



Emissie en depositie van stikstof in Vlaanderen tijdens de periode 2015-2021

Een ruimtelijk-temporele analyse

Studie uitgevoerd in opdracht van: Departement Omgeving,
Vlaamse Overheid, i.h.k.v. Referentietask PAS

Referentie: 2023/RMA/R/2843

Maart 2024

Emissie en depositie van stikstof in Vlaanderen tijdens de periode 2015-2021

Een ruimtelijk-temporele analyse

VITO

Boeretang 200

2400 MOL

Belgium

BTW No: BE0244.195.916

vito@vito.be – www.vito.be

IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB

Naam Project Manager VITO

Stijn Janssen

Naam expert VITO

Wouter Lefebvre

Hans Hooyberghs

Felix Deutsch



Vision on technology
for a better world

vito.be

AUTEURS

Lefebvre Wouter, VITO
Hooyberghs Hans, VITO
Deutsch Felix, VITO

INHOUDSTAFEL

Auteurs	I
Inhoudstafel	II
1 Inleiding.....	1
2 Methodologie.....	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Emissies	2
2.2.1 Landbouw in het Vlaams Gewest.....	3
2.2.2 Wegverkeer in Vlaams Gewest.....	4
2.2.3 Scheepvaart in het Vlaams Gewest	6
2.2.4 Luchtvaart in het Vlaams Gewest.....	6
2.2.5 Industrie en energiesector in het Vlaams Gewest	7
2.2.6 Andere emissies in het Vlaams Gewest.....	8
2.2.7 Emissies buiten het Vlaams Gewest	8
2.3 Depositieberekeningen - configuratie VLOPS-IFDM	9
2.4 PAS-toetspunt 2030.....	10
2.5 Onzekerheden	11
3 Trends in emissies van stikstof.....	13
3.1 Methodologie	13
3.2 Emissietotalen	14
3.3 Emissietrends per sector.....	17
3.3.1 Opsplitsing landbouw en niet-landbouw emissies	17
3.3.2 Detailanalyse landbouwemissies	20
3.3.3 Detailanalyse niet-landbouw emissies.....	31
3.4 Emissies van de nabije buurlanden.....	37
4 Trends in stikstofconcentraties	38
5 Trends in stikstofdeposities	39
5.1 Stikstofdepositie in 2021	39
5.2 Analyse van de depositie op Vlaamse schaal (VLOPS)	40
5.2.1 Constante meteo	40
5.2.2 Variabele meteo.....	54
5.3 Analyse binnen SBZ-H's (VLOPS-IFDM)	57
5.3.1 Alle locaties	57
5.3.2 Locaties met overschrijdingen van de KDW in 2021	59
6 Bijkomende analyses.....	62
6.1 Effect van Vlaamse bronnen op Zuid-Nederland.....	62
6.2 Gevalsstudies	65
6.2.1 Turnhouts Vennengebied.....	65

6.2.2	Kalmthoutse Heide	66
6.2.3	Natura 2000-gebieden in het zuiden van Nederland	67
6.2.4	Brabantse Wal	68
6.2.5	Westerschelde & Saeftinghe.....	69
7	Conclusie	70
	Bijlage A: Gebruikte formules.....	72
	Bijlage B: Sectoromzetting van de emissies tussen VLEM10/SNAP en GNFR.....	73
	Bijlage C: Actualisatie van de emissieprognoses voor Nederland voor het toetspunt 2030 .	77

1 INLEIDING

De in maart 2023 vastgestelde Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) moet helpen om de natuur in een gunstige staat van instandhouding te brengen, door de stikstofdepositie¹ op de stikstofgevoelige Europees beschermde habitats te doen dalen. Conform paragrafen 6.2 en 6.3 van de Habitatrichtlijn, die doorvertaald werden in artikel 36ter van het Vlaamse Natuurdecreet, moet de PAS kunnen waarborgen dat:

- wat de stikstofproblematiek betreft, de natuurlijke kenmerken, nodig voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen (IHD), in geen enkele speciale beschermingszone aangewezen met toepassing van de Habitatrichtlijn (SBZ-H) op termijn meer worden aangetast;
- het realiseren van de IHD in de afzonderlijke SBZ-H niet onmogelijk wordt gemaakt, en dat de verslechtering van de kwaliteit van de Europees beschermde habitattypen en leefgebieden van soorten, te beoordelen ten opzichte van de IHD voor het betrokken gebied, in elk SBZ-H wordt voorkomen.

De PAS bevat kaders voor de impactbeoordeling van stikstofemissies bij vergunningverlening met de nodige garanties om te voorkomen dat er in de SBZ-H een betekenisvolle aantasting plaatsgrijpt van de natuurlijke kenmerken van deze gebieden. De maatregelen in de PAS voor emissiereductie, impactbeoordeling en natuurherstel vormen een samenhangend, nodig en voldoende pakket om de PAS-doelstellingen 2030 te realiseren. Een adequate monitoring en borging van de PAS-maatregelen moet garanderen dat de verdere ontwikkeling van economische activiteiten mogelijk blijft en plaatsgrijpt binnen het kader van duurzaam behoud van de te beschermen habitats en soorten.

Om na te gaan of er sprake is van een dalende depositietrend op habitats waarvan de KDW actueel wordt overschreden en of deze trend in lijn ligt met het traject nodig om tegen 2030 de doelstellingen te realiseren, werd het in dit rapport beschreven onderzoek uitgevoerd. Voor de periode 2015–2021 worden de jaarlijkse emissies van stikstofverbindingen in kaart gebracht en wordt de jaarlijkse stikstofdepositie gemodelleerd op hoge resolutie in alle SBZ-H waarbij andere parameters zoals meteo en kalibratiefactoren constant gehouden werden. Op die manier kan per habitat/SBZ-H ingeschat worden of en waar er sprake is van een netto depositiedaling, door een verandering in de emissies.

Daarnaast wordt onderzocht wat het effect van de jaarspecifieke meteorologische gegevens bovenop de veranderingen in emissies teweeg brengt. Op deze manier kan bepaald worden hoe de waargenomen trend in emissies in verhouding gebracht kan worden ten opzichte van de variatie in meteorologie.

Voorliggend rapport "Emissie en depositie van stikstof in Vlaanderen tijdens de periode 2015-2021" biedt een diepgaande analyse van de ruimtelijke patronen en de trends in stikstofdepositie in Vlaanderen met een focus op de stikstofgevoelige habitats. Het rapport biedt kwantitatieve analyses en inzichten over de evolutie van de stikstofdepositie in Vlaanderen en aangrenzende gebieden tijdens de voorbije jaren en gaat na in hoeverre dit in overeenstemming is met de doelstellingen van de vastgestelde PAS.

¹ Doorheen dit rapport wordt, tenzij waar uitdrukkelijk anders vermeld, met stikstof enkel reactief stikstof bedoeld. Zie ook: <https://www.vmm.be/lucht/stikstof>

2 METHODOLOGIE

2.1 Inleiding

De stikstofdepositie (te wijten aan NH_x en NO_y) op de Vlaamse SBZ-H wordt op hoge resolutie doorgerekend met de modelketen VLOPS-IFDM. Voor de SBZ-H's in Zuid-Nederland werd enkel VLOPS doorgerekend. Vervolgens worden de emissies gerapporteerd en worden de deposities zowel over het volledige Vlaamse grondgebied als gebiedsspecifiek in elk SBZ-H geanalyseerd. Deze oefening analyseert de trends in de jaarlijkse stikstofemissie en stikstofdepositie en gaat na of de huidige evolutie volstaat om, bij aanhoudende trends, de 2030-doelstellingen te realiseren. Dit hoofdstuk beschrijft in detail de gebruikte methodologie om dit in kaart te brengen.

2.2 Emissies

Voor de analyses in dit rapport werd voor elk jaar in de periode 2015-2021 een gedetailleerd emissiebestand samengesteld op basis van de emissieinventaris lucht van de VMM. Waar deze emissiebestanden afwijken van de emissieinventaris is dit duidelijk weergegeven in de volgende hoofdstukken.

De emissies worden verwerkt met behulp van E-MAP (het emissiespreidingsmodel van VITO om de emissiedata per sector te spreiden naar de locaties van de emissies). E-MAP is vooral belangrijk voor emissies waarvan geen exacte emissielocatie bekend is, zie bijvoorbeeld bijinschattingen industrie in §2.2.5), op basis van input van EIL (emissie-inventaris lucht van VMM). Via VLOPS worden alle emissies doorgerekend; IFDM verfijnt dan voor een aantal belangrijke goed gelokaliseerde bronnen.

Dit rapport² hanteert de zogenaamde GNFR-sectorindeling (Geaggregeerde NFR (Nomenclature for Reporting)). Deze indeling maakt gebruik van volgende sectoren:

- A: Public Power, bevat emissies van energiecentrales
- B: Industry, bevat emissies van industrie
- C: Other Stationary Combustion, bevat voornamelijk emissies ten gevolge van gebouwenverwarming, maar ook een aantal andere stationaire verbrandingsbronnen, zoals deze gerelateerd aan landbouw
- D: Fugitives, bevat emissies van vluchtige stoffen
- E: Solvents, bevat emissies van solventen
- F: RoadTransport, bevat emissies van wegtransport
- G: Shipping, bevat scheepvaartemissies
- H: Aviation, bevat luchtvaartemissies van de LTO-cyclus
- I: Offroad, bevat offroad emissies, inclusief offroad van landbouw
- J: Waste, bevat emissies van afvalbehandeling
- K: AgriLivestock, bevat emissies afkomstig van stallen en van de opslag van stalmest
- L: AgriOther, bevat emissies afkomstig van gebruik van kunstmest, mestverwerking, compostering, beweiding en het uitrijden van dierlijke mest.

² in tegenstelling tot de sectorindeling in het Plan-MER (9 maart 2023) van door de Vlaamse Regering definitief vastgestelde PAS (10 maart 2023)

De GNFR-sectorindeling komt niet 1-op-1 overeen met de SNAP/VLEM10-sectoren die voorheen (o.a. in het Plan-MER PAS) gebruikt werden, onder meer door de verschuiving van een aantal landbouwbronnen naar de categorieën “Offroad” en “OtherStationaryCombustion” (meer informatie over omzetting: zie bijlage B). Deze aanpassing heeft echter geen effect op de analyses in dit document, enkel voor rechtstreekse vergelijking met de emissiedoelstelling uit het Luchtbeleidsplan en de prognose voor 2030 zijn aanpassingen nodig. In het vervolg van dit rapport benoemen we de impact waar van toepassing.

Naast de aanpassing aan de sectorindeling, werden een aantal actualisaties doorgevoerd ten opzichte van eerdere doorrekeningen, die hieronder in detail beschreven worden. De voornaamste aanpassing betreft de emissies voor Nederland, waarbij de E-MAP-emissies worden vervangen door OPS-emissies aangeleverd door RIVM. Deze aanpassing wordt doorgevoerd om tot een zo correct mogelijke modellering te komen. De volgende paragrafen beschrijven in detail hoe de emissies bepaald worden.

2.2.1 Landbouw in het Vlaams Gewest

2.2.1.1 Stalemissies

De emissies van stallen en mestopslag in stallen voor een consistente tijdsreeks 2015-2021 werden berekend met EMAV 2.1. Voor rundvee werd ook voor het jaar 2015 gerekend met de emissiefactoren die voor de periode 2016-2021 van toepassing zijn om tot een consistente emissietijdsreeks te komen. De stallen zijn dan *as is*, zowel qua emissies als qua coördinaten, doorgegeven aan VLOPS-IFDM als puntbronnen.

2.2.1.2 Emissies van interne opslag van mest

Voor interne opslag van mest werden de resultaten uit EMAV 2.1, zoals ook gebruikt in de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietaak ‘Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering’ voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), rechtstreeks doorgegeven aan VLOPS-IFDM als puntbronnen.

2.2.1.3 Mestverwerking

Voor mestverwerking zijn de emissies per puntbron opgenomen uit EMAV 2.1, zoals ook gebruikt in de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietaak ‘Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering’ voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). Deze puntbronnen worden zowel in VLOPS als IFDM expliciet als puntbron gemodelleerd.

2.2.1.4 Kunstmest, uitrijden van dierlijke mest en beweiding

Emissies voor de sectoren ‘kunstmest, uitrijden van dierlijke mest en beweiding’ zijn voor de volledige tijdsreeks overgenomen uit de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietaak ‘Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering’ voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) die op hun beurt afkomstig zijn uit EMAV 2.1.

Deze bronnen worden in VLOPS als oppervlaktebron gemodelleerd en niet verder in IFDM verfijnd.

2.2.1.5 Andere landbouwbronnen

Andere landbouwbronnen werden voor de volledige tijdsreeks overgenomen uit de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietask 'Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering' voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). Hierop gebeurt geen verdere verfijning door IFDM.

Tabel 1 : Overzicht van de verwerking van emissies sector landbouw

EMISSIEBRON	INSCHATTING VANUIT ...	FORMAAT	VLOPS	IFDM
Stallen	EMAV 2.1, met aangepaste emissiefactoren rundvee reeds vanaf 2015	Puntbronnen	Rechtstreeks	Rechtstreeks
Opslag	EMAV 2.1	Puntbronnen	Rechtstreeks	Rechtstreeks
Mestverwerking	EMAV 2.1	Puntbronnen	Rechtstreeks	Rechtstreeks
Kunstmest, uitrijden van dierlijke mest en beweiding	Emissietotalen uit EMAV 2.1	Overname uit EMAV 2.1 als oppervlaktebronnen	Oppervlaktebronnen	Alleen door koppeling met VLOPS
Andere landbouwbronnen	Jaarlijkse doorrekening voor VLOPS	Oppervlaktebronnen	Oppervlaktebronnen	Alleen door koppeling met VLOPS

2.2.2 Wegverkeer in Vlaams Gewest

De emissies voor het wegverkeer zijn gebaseerd op een schaling van de emissies die gebruikt werden in de officiële Vlaamse jaarkaart van VMM voor 2015. Uit eerdere analyses is immers gebleken dat de emissies uit de jaarkaarten van VMM geen homogene tijdsreeks vormen³, en dus niet gebruikt kunnen worden voor een tijdsreeksanalyse. Vandaar dat we het geografische patroon van de emissies uit de VMM jaarkaart van 2015 overnemen, maar de totale emissies herschalen met de emissietotalen van de betreffende jaren (2015 – 2021).

Ondanks dat deze tijdsreeks homogener is dan een tijdsreeks op basis van de netwerken uit alle jaardoorrekeningen, is er nog steeds een trendbreuk tussen de periode 2015 – 2020 en het jaar 2021. Voor de eerste 6 jaren worden de voertuigkilometers immers berekend op basis van een ander propagatiemodel dan voor 2021 (Promovia voor 2015 - 2020, FLOMOVIA voor 2021)⁴. Dit leidt inherent tot een niet-homogene tijdsreeks en er moet dus rekening gehouden worden met een mogelijke sprong door niet-homogenisering tussen 2020 en 2021⁵.

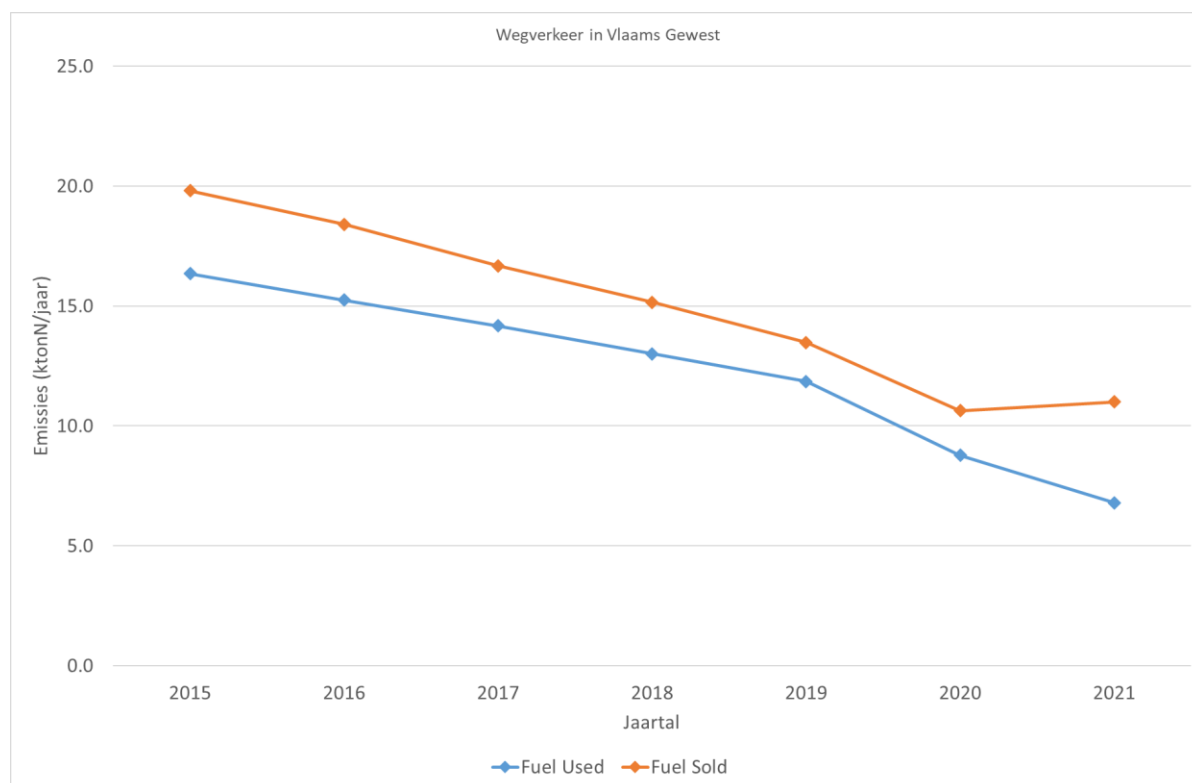
³ Er zijn hiervoor verschillende oorzaken. Enerzijds wordt voor de periode 2015 – 2020 een ander propagatiemodel gebruikt om de voertuigkilometers te bepalen dan voor 2021 (Promovia versus FLOMOVIA) anderzijds zijn ook in de periode 2015 – 2020 al artificiële sprongen in de geografische spreiding te vinden, onder meer door problemen in telposten voor een aantal jaren.

⁴ Zie <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/mobiliteit/voertuigkilometer/metadata-voertuigkilometer> voor meer details hierover.

⁵ Algemeen moet er voor wegverkeer gesteld worden dat het essentieel is om tot een gehomogeniseerde tijdsreeks te komen. Aangezien we in 2024 data hebben voor het eerste jaar zonder significante afwijkingen door maatregelen omwille van COVID-19 (2022), lijkt het ons aangewezen dat dan op te nemen en te kijken wat er mogelijk is.

Verder bestaan er twee opties om de totale verkeersemissies te berekenen. Enerzijds kan men vertrekken van de totale brandstofverkoop ('fuel sold' methode), anderzijds van het brandstofverbruik, berekend op basis van de gemodelleerde voertuigkilometers ('fuel used' methode). Deze methoden resulteren in verschillende inschattingen, voornamelijk vanwege factoren zoals tanktoerisme en de verkoop van brandstof aan voertuigen die niet of slechts gedeeltelijk op de weg rijden, zoals tractoren en werkvoertuigen op bouwplaatsen. Tot en met 2022 hanteerde VMM de 'fuel used' methode in zijn emissierapportage, maar vanaf 2023 werd overgestapt op de 'fuel sold' methode, conform Europese regelgeving voor dergelijke rapportages. Desondanks adviseren Europese emissie-experts het gebruik van 'fuel used' emissies voor modellering van luchtkwaliteit en depositie⁶. Daarom blijft in zowel de luchtkwaliteitsmodellering (waaronder de concentratiekaarten van VMM) als in de depositiemodellering de 'fuel used' data gehanteerd worden. Ook in de analyse in dit rapport wordt dus uitsluitend gebruik gemaakt van de 'fuel used' emissies voor wegverkeer.

Over het algemeen zijn de emissies voor 'fuel sold' hoger dan voor 'fuel used' (Figuur 1). Ze volgen echter hetzelfde patroon. Uitzondering hiervoor is het jaar 2021. De reden voor deze afwijking is nog niet gekend. Beide emissiedatasets tonen een significante daling van de emissies. We vinden een lineaire trend van $-1,57$ $[-1,87; -1,27]$ kt N/jaar⁷ en $-1,61$ $[-1,86; -1,37]$ kt N/jaar respectievelijk voor 'fuel used' en 'fuel sold'. Logaritmische trends komen op respectievelijk -13 $[-9; -17]$ %/jaar en -10 $[-8; -12]$ %/jaar.



Figuur 1 : De vermestende emissies van de sector wegverkeer in Vlaanderen bepaald met de twee verschillende methodes (in ktonN/jaar). Data zoals gerapporteerd door de VMM op https://www.vmm.be/data/internationale-rapporteringen/LRTAP_Vlaanderen (gedownload op 6 september 2023).

⁶ Uit persoonlijke communicatie met Emisia.

⁷ In het vervolg van de tekst verwijzen de getallen tussen vierkante haakjes naar het 95% betrouwbaarheidsinterval.

Bemerk dat de impact van de Covid19-maatregelen op de emissies wordt meegenomen, aangezien de emissietotalen voor 2020 en 2021 rekening houden met de lagere totale voertuigkilometers in 2020 en 2021. Voor de snelwegen (wegen van het type “highway” volgens de indeling gebruikt in de VMM-modellering) is dit in beide jaren op basis van de tellingen van de tellussen, en de onzekerheid op deze emissies is dus niet groter dan deze voor andere jaartallen. Voor het onderliggende wegennetwerk (wegen van het type “urban” en “rural”) wordt in beide jaren een verschillende methodologie gebruikt:

- De verkeersdata voor 2020 op het onderliggende netwerk zijn opgemaakt door de verkeersdata van 2019 op het onderliggende netwerk te herschalen volgens de schaalfactoren afgeleid op basis van de tellingen op de snelwegen. We nemen hier dus aan dat de reductie in verkeersvolumes even groot is op het onderliggende netwerk dan op de snelwegen.
- De verkeersdata voor 2021 op het onderliggende netwerk zijn opgemaakt op basis van de FLOMOVIA methodologie, welke de jaartotalen inschat door het opschalen van een typedag op basis van mobiliteitsdata. Hierbij wordt het COVID effect dus ingeschat door de invoerdata in dit propagatiemodel aan te passen.

Voor beide jaartallen gaan de verkeersemissies op het onderliggende wegennet gepaard met aanzienlijke onzekerheid.

De verkeersemissies worden door VLOPS behandeld als oppervlaktebronnen. IFDM verfijnt dan de resultaten gebruik makende van lijnbronnen.

2.2.3 Scheepvaart in het Vlaams Gewest

De scheepvaartemissies in Vlaanderen zijn afkomstig van VMM en berekend met het EMMOSS-model.⁸ Voor elk van de jaren wordt het betreffende sectortotaal gebruikt en dit wordt, door E-MAP, gespreid over de bekende scheepvaart-lijnbronnen.

VLOPS behandelt deze bronnen als oppervlaktebronnen en IFDM verfijnt dan het resultaat met behulp van lijnbronnen.

2.2.4 Luchtvaart in het Vlaams Gewest

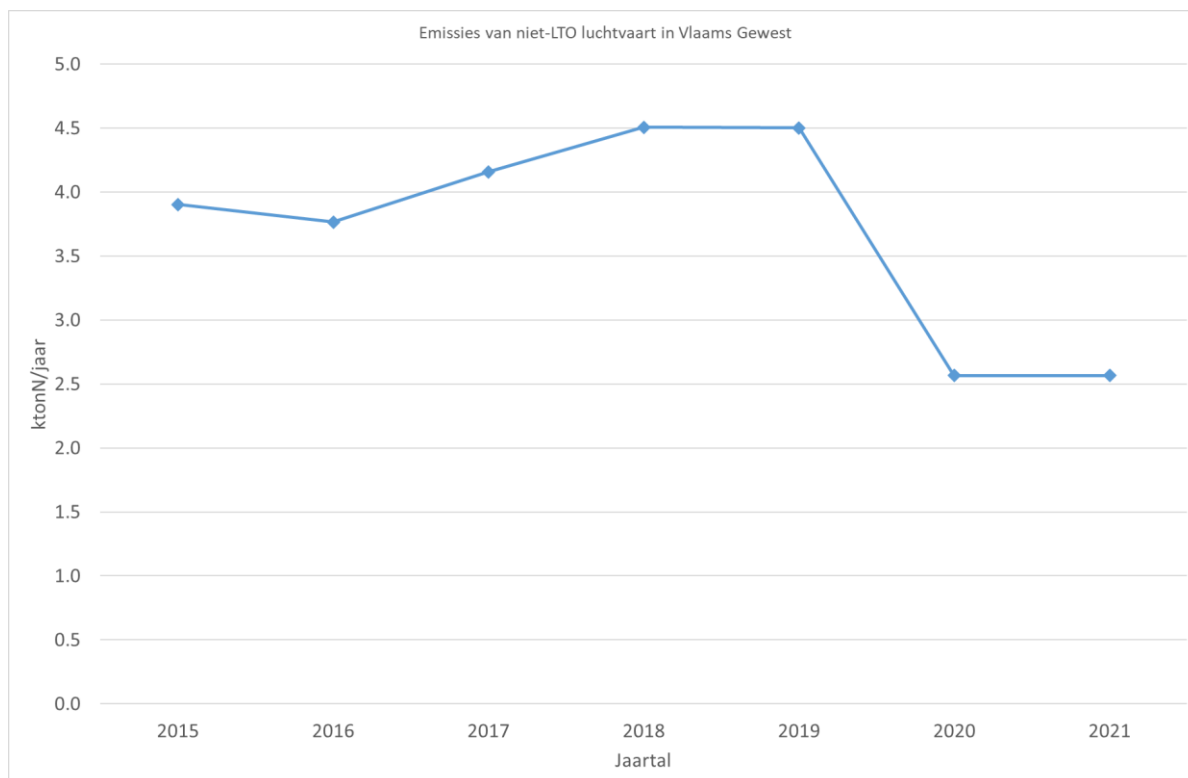
De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door luchtvaart werd ingeschat door VMM met het emissiemodel EMMOL.⁹ Voor de emissies van de luchtvaart worden in het depositiemodel enkel de emissies van de LTO-cyclus, dit wil zeggen, de emissies onder 3000 voet, meegenomen. De emissies boven 3000 voet kunnen niet voldoende accuraat door de gebruikte depositiemodellen doorgerekend worden. Aangezien het depositiemodel gekalibreerd wordt op de metingen waarin de effecten van de depositie van de emissies boven 3000 voet wel zitten, betekent dit dat de totaaldepositie in Vlaanderen niet te laag wordt gemodelleerd. In §5.1 van het rapport ‘Advies Luchtvaartsector, advies van het adviescollege stikstofproblematiek, 2020’¹⁰ wordt het volgende gesteld: ‘Zoals toegelicht in het vorige hoofdstuk, bevindt de inschatting van de aanvullende depositie van de luchtvaart uit hogere luchtlagen (boven 3.000 voet) zich in de range tussen 8 en 15 mol N/ha/jaar. Deze depositie

⁸ Meer informatie hierover is te vinden bij dienst EIL (emissieinventaris lucht) van de VMM (Vlaamse Milieumaatschappij).

⁹ Meer informatie hierover is te vinden bij dienst EIL (emissieinventaris lucht) van de VMM (Vlaamse Milieumaatschappij).

¹⁰ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-a71fc0c4-e37c-4f01-84ce-6f8b55d2f1d2/pdf>

is niet één op één te relateren aan de emissiebron, maar is op basis van de op dit moment beschikbare informatie voor het grootste deel te relateren aan de luchtvaart. Door het grote verspreidingsgebied van deze emissies, is de bijdrage van de emissies boven 3.000 voet aan alle Natura 2000-gebieden ongeveer hetzelfde.' Er is geen reden om aan te nemen dat deze conclusie anders is in Vlaanderen: 8-15 mol/ha/jaar komt overeen met 0,11 à 0,21 kgN/ha/jaar. Deze waarde ontbreekt in het model maar wordt ondervangen in de totalen door de kalibratie (en kan beschouwd worden als achtergronddepositie). *As such* kunnen we in brontoewijzingen deze extra 0,11 à 0,21 kg N/ha/jaar toekennen aan luchtvaart.



Figuur 2 : De vermistende emissies van de luchtvaart (in ktonN/jaar): niet-LTO-gedeelte zoals gerapporteerd door de VMM op https://www.vmm.be/data/internationale-rapporteringen/LRTAP_Vlaanderen (gedownload op 6 september 2023).

Door de grote hoogte waarop de emissies plaatsvinden is de depositiebijdrage (0,11-0,21 kgN/ha/jaar) klein ten opzichte van de emissies. De emissies van luchtvaart worden ingeschat door VMM en worden weergegeven (niet-LTO-gedeelte) in Figuur 2. We zien hierop een stijging van de emissies in de periode 2015-2019 maar daarna een grote daling in de periode 2020-2021 vanwege de impact van de maatregelen tegen COVID19.

2.2.5 Industrie en energiesector in het Vlaams Gewest

De belangrijkste puntbronnen uit de industrie- en energiesector zijn gekend uit de databank van EIL. Deze werden voor de volledige tijdsreeks overgenomen uit de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietoek 'Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering' voor de Vlaamse Milieumaatschappij. De databank wordt dan ook rechtstreeks gebruikt in IFDM en VLOPS. In beide gevallen worden deze bronnen als puntbronnen beschouwd.

Daarnaast zijn er ook nog emissies van industrie en energie die niet gekend zijn omdat de betreffende bedrijven niet IMJV-plichtig zijn. Deze emissies worden op een collectieve manier ingeschat¹¹, en worden gespreid als diffuse oppervlaktebronnen en aldus meegenomen in VLOPS. In IFDM wordt op deze emissies geen verdere verfijning gedaan.

2.2.6 Andere emissies in het Vlaams Gewest

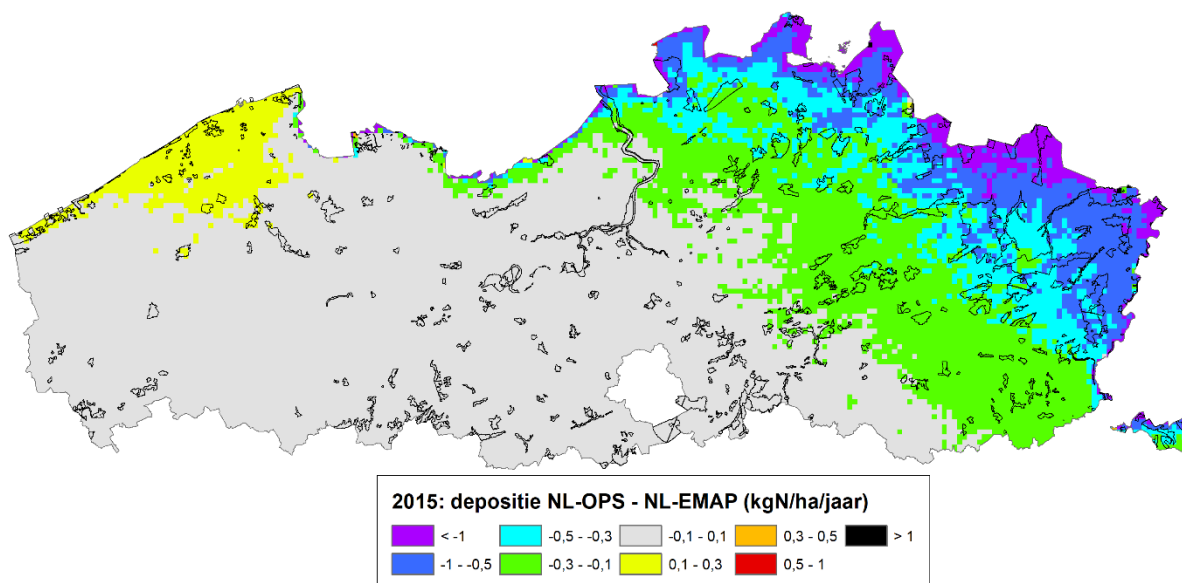
De stikstofemissies afkomstig uit de overige sectoren (sectoren C, D, E, I en J) worden meegenomen in VLOPS als oppervlaktebronnen (overname uit de jaarlijkse doorrekening van de VLOPS-bestanden in het kader van de VITO-referentietask 'Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering' voor de Vlaamse Milieumaatschappij). Deze emissies zijn beperkt ten opzichte van andere hierboven vermelde bronnen en worden niet verfijnd in IFDM.

2.2.7 Emissies buiten het Vlaams Gewest

De effecten van de emissies buiten Vlaanderen op het Vlaamse grondgebied worden gemodelleerd door VLOPS. Hiervoor worden de door de lidstaten voor de jaren 2015-2021 aan Europa gerapporteerde emissies gebruikt. Deze werden verkregen via de website van CEIP (Centre on Emission Inventories and Projections, www.ceip.at). Voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en het Waals Gewest werden de emissies verkregen via de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL). Deze emissies komen overeen met het Brusselse en het Waalse gedeelte van de emissies die België rapporteert aan Europa in het kader van het LRTAP-verdrag over grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand. De omzetting van de buitenlandse bronnen naar VLOPS-compatibele bestanden gebeurt jaarlijks in het voorjaar binnen de VITO-referentietask 'Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering' voor de Vlaamse Milieumaatschappij, aan de hand van de E-MAP emissie-preprocessor.

Gezien de grote bijdrage van Nederlandse emissies tot de deposities in Vlaanderen, worden de E-MAP-emissies voor Nederland vervangen door de OPS-emissies aangeleverd door RIVM. Deze emissies werden aangeleverd voor de periode 2015 – 2020 samen met schalingsfactoren per sector voor 2021. Deze emissies hebben een resolutie van 1 km². Het gaat hierbij dus bijvoorbeeld niet om puntbronemissies (zoals bijvoorbeeld voor stallen en industriële installaties) zoals we deze wel gebruiken langs Vlaamse kant.

¹¹ <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/hoe-wordt-de-uitstoot-berekend> (2e paragraaf onder titel 'Sector industrie')



Figuur 3 : Het verschil in depositie tussen de simulatie met de Nederlandse emissiebronnen zoals aangeleverd door RIVM (NL-OPS) en de bronnen ingeschat door E-MAP (NL-E-MAP) in kg N/ha/jaar voor het jaar 2015. (positieve verschilwaarden: depositie met NL-OPS is hoger dan met NL-E-MAP).

De verschillen tussen beide datasets zijn belangrijk, zoals gezien kan worden in Figuur 3. Het gebruik van Nederlandse data leidt tot licht hogere deposities afkomstig van Nederlandse emissies aan de Vlaamse kust en in het noorden van West-Vlaanderen en duidelijk lagere deposities in NO-Vlaanderen. De verschillen lopen in het uiterste noordoosten van Vlaanderen, in de grensregio met Nederland, op tot meer dan 1 kg N/ha/jaar (paars in Figuur 3).

2.3 Depositieberekeningen - configuratie VLOPS-IFDM

De VLOPS-IFDM keten werd gebruikt in het kader van dit rapport voor de berekening van de jaardepositie van stikstofverbindingen op habitatgebieden in Vlaanderen en het zuiden van Nederland. VLOPS rekent hierbij gebiedsdekkend op een resolutie van 1x1 km² en IFDM verfijnt vervolgens voor de habitatgebieden naar een resolutie van 100x100 m². Dit laatste gebeurt enkel in Vlaanderen aangezien enkel daar de puntbronnen beschikbaar zijn. VLOPS (door VMM) en IFDM (door VITO) worden voor elk van de emissiejaren doorgerekend met eenzelfde jaarmeteo (2015) en met constante kalibratiefactoren (deze van het jaar 2015) voor de volledige tijdsreeks van zeven jaren. Op die manier weerspiegelen de berekende deposities in hoofdzaak verschillen in de jaarlijkse emissiepatronen en wordt de invloed van andere factoren beperkt.

Een overzicht van de gebruikte modelversies staat in Tabel 2. De achtergrondconcentraties voor VLOPS bestaan uit de kaarten van de VMM-tijdreeksdoorrekeningen en het receptorenrooster voor Vlaanderen, uitgebreid met een aantal Nederlandse provincies.

Bij de analyse van de sectoren is er voor gekozen om, zoals in de screeningstool Turnhouts Vennengebied¹², de kalibratiefactoren in te werken in de sector- en pollutentbijdragen. Dit wil zeggen dat sector- en pollutentbijdragen in dit rapport niet de resultaten van de ruwe VLOPS-berekeningen zijn maar reeds de kalibratiefactoren in zich hebben. Dit geldt niet voor de DON (Dissolved Organic Nitrogen)-bijdrage. De totale stikstofdepositie is dan ook gelijk aan de som van de bijdrages van NH_x, van NO_y en de constante factor voor DON (2,1 kgN/ha/jaar).

Tabel 2 : Overzicht van de gebruikte modelversies

MODEL	VERSIE
EMAV	v2.1
E-MAP	v3.1.0
VLOPS	VLOPS23, gebaseerd op OPS5.1.0.2
IFDM	v5.5.1
IFDM processing tools	v1.0

2.4 PAS-toetspunt 2030

Ter voorbereiding van de PAS is er een Plan-MER opgesteld. Daarin zijn een aantal scenario's opgesteld waarvan het G8 scenario passend beoordeeld werd. Het G8-maatregelenpakket komt overeen met de emissies zoals vervat in de PAS. Verderop in dit rapport zullen we 2030-G8 gebruiken als naamgeving voor de emissies gerelateerd aan dit maatregelenpakket voor 2030.

Binnen het Plan-MER PAS is dit G8-scenario ook gebruikt om een depositiekaart 2030 te bepalen. Sinds de opmaak van het Plan-MER zijn er een aantal datasets geactualiseerd. Vermits dit rapport kadert in de voortgangsmonitoring zoals die voorzien is in de PAS, vereisen deze actualisaties de opmaak van een nieuwe prognose 2030.

Deze actualisaties betreffen

- Een actualisatie van het VLOPS-model gebruikt voor de inschatting van de regionale deposities
- Een aanpassing aan de emissies (spreidingspatroon en totaalemissies) voor Nederland. Voor de andere buurregio's zijn er geen nieuwe emissiecijfers beschikbaar. Wel zijn er herindelingen gemaakt wat betreft de sectorbijdrages voor Vlaanderen. Meer uitleg hierover is te vinden in bijlage B.

Beide actualisaties hebben een invloed op de deposities 2030 die als toetspunt gebruikt worden in dit rapport. Zoals beschreven wordt in bijlage C zijn deze aanpassingen essentieel om zo correct mogelijk de historische trends in depositie te vergelijken met het vastgestelde pad naar 2030.

In de rest van het rapport zal voor 2030 het scenario 2030prognose (in figuren soms afgekort tot 2030prog) gebruikt worden als wordt gekeken naar de totale depositie en de totale depositie per pollutent bij vergelijkingen met het toekomstscenario. Het is belangrijk om te stellen dat de aanpassingen aan het 2030-scenario enkel een effect zullen hebben wanneer

¹² Lefebvre W., Deutsch F. (2023). Opzetten van een screeningstool voor het Turnhouts Vennengebied, 2023/RMA/R/2939, https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/PAS/Intendant/Opzetten%20screeningstool%20Turnhouts%20Vennengebied_vs2.pdf

er gekeken wordt naar de totale depositie of de depositie per pollutant (dus niet als er bijvoorbeeld gekeken wordt naar enkel de Vlaamse bronnen) en uiteraard ook enkel wanneer er gekeken naar of vergeleken wordt met het toekomstscenario. Aangezien voor de Vlaamse emissies er geen verschil is tussen het G8-scenario en het 2030prognose-scenario wordt in hoofdstuk 3, dat naar deze Vlaamse emissies kijkt, verder verwezen naar het G8-scenario.

2.5 Onzekerheden

Bij iedere modellering zijn er onzekerheden, zowel in de modellering zelf (bv. gebruikte parameters voor het bestuderen van bepaalde processen) als in de invoerdata (bv. onzekerheden op de sterkte en locatie van emissies). De absolute onzekerheid op de resultaten is in deze studie vooral relevant bij aftoetsing van de depositie aan de KDW.

Om emissies en deposities in de tijd te vergelijken, worden vele parameters (meteo, DEPAC, landgebruik, ...) constant genomen tussen de jaren, waardoor de onzekerheid of er een depositiestijging is, vooral bepaald wordt door de onzekerheid op de emissies. We nemen in deze studie aan dat de onzekerheid op de emissies uit EMAV vergelijkbaar is met deze van de emissies die gebruikt werden in kader van eerdere validatieoefeningen uitgevoerd door VMM en VITO.

Ook is er een onzekerheid op de locaties van de stalemissies. De locatie van de stalemissies (berekend stalemissiepunt) wordt bepaald als middelpunt van een 'stalperceel'. Dit is een polygoon die de landbouwer jaarlijks intekent in de Eenmalige Perceelsregistratie (EPR) en die één of meerdere stallen kan omvatten, maar ook aangrenzend erf. Tussen verschillende jaren kan het berekende stalemissiepunt, bij wijziging van de vorm of omvang van het stalperceel, verschuiven. Een dergelijke verschuiving kan het reële emissiepunt beter (bv. een aangrenzende staluitbreiding met bijkomend uitstootpunt) of minder goed (bv. er wordt een stuk erf of gebouw zonder dierlijke productie mee opgenomen in de polygoon) benaderen. Bovendien worden dierenaantallen en staltypes bij de VLM aangegeven op exploitatieniveau. Wanneer een exploitatie meerdere stallen omvat die niet binnen één 'stalperceel' passen, kunnen de stalemissies niet langer eenduidig aan elk van de verschillende stallocaties worden toegewezen. Als voorlopig beste oplossing verdeelt EMAV2.1 in zo'n gevallen de berekende stalemissies evenredig over de locaties van ieder stalperceel mits de stallocaties ver genoeg uit elkaar liggen (meer dan 125m afstand tussen de afzonderlijke stallen en het zwaartepunt van de stallen samen).

Er zijn onzekerheden in de emissiedata die niet altijd gemakkelijk gekwantificeerd worden. Specifiek voor het jaar 2020 en 2021 is de onzekerheid op de NO_x emissies voor wegtransport zeer groot, aangezien deze emissies vooral zijn ingeschat op basis van tellingen van voertuigkilometers op snelwegen (aangezien er weinig data beschikbaar is voor het onderliggende wegennet). Ook de trend voor wegverkeer van 2020 naar 2021 is onduidelijk (zie §2.2.2).

Bij het berekenen van de deposities komen er extra onzekerheden bij. Depositie bestaat uit zowel natte depositie als droge depositie. Natte depositie kan relatief eenvoudig gemeten worden en het model wordt vergeleken en gekalibreerd op deze metingen. Metingen van droge depositie (een belangrijk onderdeel van de depositie) zijn echter heel complex en worden weinig uitgevoerd¹³. Daardoor kan er in de kalibratie niet vergeleken worden met

¹³ Zie bv.

<https://www.vmm.be/lucht/stikstof/depositie>;

S. Rutledge-Jonker et al. (2023). Ammonia deposition measured with Conditional Time-Averaged Gradient (COTAG) systems in the Netherlands, RIVM report 2022-0202;

metingen van depositie maar wordt er vergeleken met concentratiemetingen. Er wordt ingeschat dat de onzekerheden op de droge depositie groot zijn. Maar veel van deze onzekerheden zijn systematische onzekerheden die weinig invloed hebben op de inschattingen van de trend.

De onzekerheden die vermeld worden in dit rapport zijn de statistische onzekerheden die ontstaan door de variabiliteit tussen verschillende jaren die de trend opmaken. Zij geven dus een enge inschatting van de onzekerheid van de trends.

Di Marco C., Staelens J., Twigg M., Stephens A., Nemitz E., (2024). Dry deposition measurements of ammonia at two heathland sites in Flanders (Nov 2021 – July 2023)., <https://www.vmm.be/publicaties/droge-depositiemetingen-van-ammoniak-in-twee-heidegebieden-november-2021-juli-2023/>

3 TRENDS IN EMISSIES VAN STIKSTOF

3.1 Methodologie

Het eerste onderdeel van dit rapport is een analyse van de emissietrends. In deze analyse maken we voor alle onderzochte sectoren en activiteiten gebruik van de totale emissie van die sector/activiteit in Vlaanderen. De trends worden zowel aan de hand van een lineair als een logaritmisch regressiemodel bepaald. Voor de lineaire regressie gaan we uit van een relatie $Emissie = a * Jaar + b$, met b het intercept en a de helling (slope) van de trendlijn. Hierbij is vooral de helling een belangrijke parameter, want hij is een maat voor de trend van de evolutie: de gemiddelde afname of toename van de emissies per jaar (bijvoorbeeld, een helling van -100 (t N/j)/j betekent dat de emissie van stikstof over de onderzochte periode jaarlijks gemiddeld met 100 ton/j afgenomen is). Een lineaire regressie geeft een goede inschatting van de verandering van de emissie gedurende de voorbije jaren, maar is, in sommige gevallen, minder geschikt om projecties voor de toekomst te maken. Ze neemt immers aan dat de emissies in dezelfde mate blijven dalen, terwijl in een realistisch scenario de dalingen vermoedelijk afvlakken voor scenario's met een snelle daling, aangezien de eerste emissiedalingen makkelijkere maatregelen behelzen dan de laatste.

Daarom voeren we ook telkens een logaritmische regressie uit, $Emissies = b * e^{a*Jaar}$. De belangrijkste parameter in deze regressie is de factor a , die de jaarlijkse relatieve daling van de emissies weergeeft (bijvoorbeeld, een waarde 0.95 komt overeen met een gemiddelde jaarlijkse afname van de emissies met 5%). Ook de standaarddeviatie op de trendlijn wordt bepaald, volgens de formules uit bijlage A (zie pagina 72). Deze standaarddeviatie wordt vervolgens omgezet in een 95% betrouwbaarheidsinterval op de trend, op basis van een eenzijdige (one-tailed)¹⁴ test met vrijheidsgraad 5.

We gebruiken verder de lineaire en logaritmische trendlijn om een projectie te maken van het emissieverloop naar 2030. Hiertoe worden, bij gelijkblijvende trend, emissiewaarden voor het 2030 berekend voor het jaar 2030. Deze waarden geven dus weer op welke emissies we zouden uitkomen als de huidige absolute (lineaire regressie) of relatieve (logaritmische regressie) daling ongewijzigd blijft aangehouden tot 2030. Ook voor deze inschatting wordt een onzekerheid berekend, volgens de formules voor de standaardfout uit bijlage A (zie pagina 72). Deze waarden worden vergeleken met de inschattingen zoals opgenomen in het beleidsscenario van het Luchtbeleidsplan en met de doelstelling van de PAS. Aangezien een andere sectorindeling gebruikt werd bij het opstellen van deze plannen, gaat het bij dit laatste niet steeds om een exacte vergelijking. Voor deze sectoren kunnen de absolute getallen dus niet steeds vergeleken worden, maar er kan wel een vergelijking met de algemene trend gebeuren.

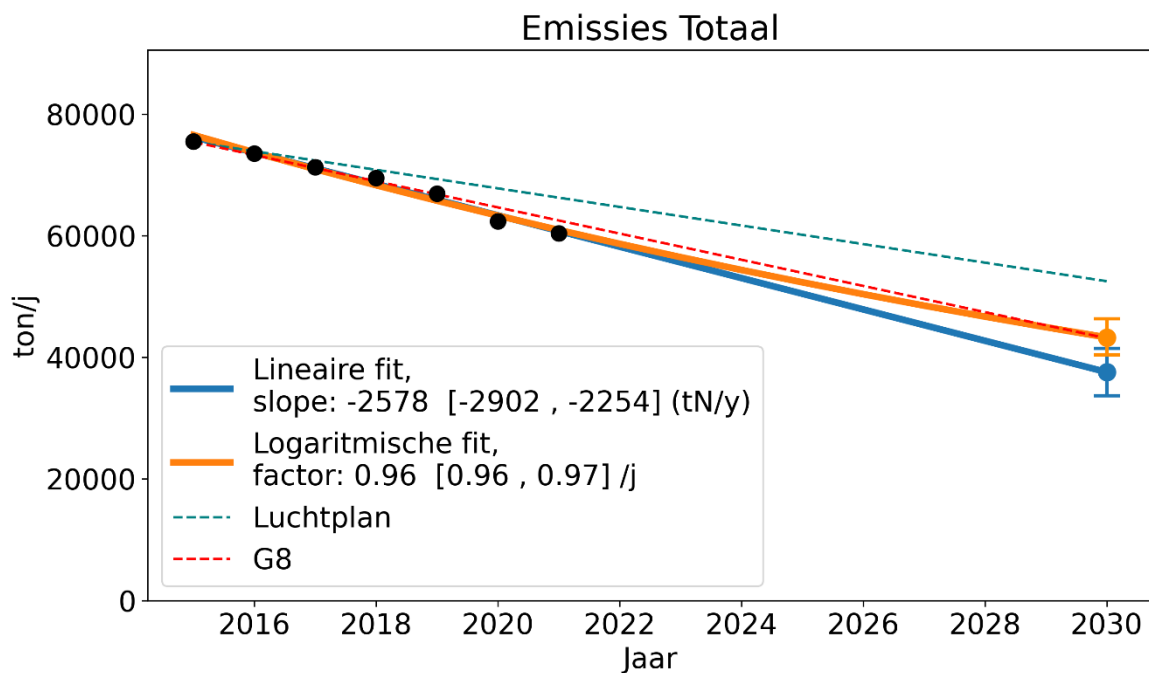
Eerst bespreken we in de volgende paragraaf de emissietotalen, de daaropvolgende secties geven een analyse per (sub)sector volgens de GNFR-indeling. We zoomen daarbij gaandeweg in op een fijner detailniveau.

¹⁴ We verkiezen een one-tailed test, aangezien we een daling proberen aan te tonen.

3.2 Emissietotalen

3.2.1.1 Totale stikstofemissies

Figuur 4 toont het verloop van de totale (reactieve) stikstofemissies in Vlaanderen. De zwarte bollen geven de gerapporteerde emissies voor de jaren 2015 tot en met 2021, zoals beschreven in hoofdstuk 2 weer. Het betreft de reële emissies, niet de vergunde emissies. De blauwe en oranje lijn tonen de lineaire respectievelijk logaritmische trend van deze datapunten, geëxtrapoleerd tot het jaar 2030. We houden bij deze extrapolatie enkel rekening met de statistische onzekerheid op de trendlijn, en niet met de grote onzekerheid die er is door de extrapolatie. Het is immers niet zeker dat de huidige trends zich op dezelfde manier zullen verderzetten tegen 2030. Bemerkt ook dat het verschil tussen de lineaire en de logaritmische extrapolatie een indicatie geeft van de onzekerheid veroorzaakt door de aannames rond de extrapolatie. Met de onzekerheid gerelateerd aan de extrapolatie moet rekening gehouden worden bij de interpretatie van de figuren. Om deze redenen is de vergelijking met de projecties uit het Luchtbeleidsplan en de PAS-doelstelling in 2030 ook louter illustratief.



Figuur 4 : Verloop van de totale (reactieve) stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe data beschrijft een lineaire regressie door deze punten (blauwe lijn: lineaire trendlijn van de gerapporteerde emissies; blauw punt in 2030: projectie van de emissies volgens een lineaire trend; blauwe balk in 2030: onzekerheid (2-sigma) op de projectie). Oranje data beschrijft een logaritmische regressie (oranje lijn: logaritmische trendlijn van de gerapporteerde emissies; oranje punt in 2030: projectie van de emissies volgens een logaritmische trend; oranje balk in 2030: onzekerheid (2-sigma) op de projectie). De trendanalyse voor beide regressies wordt in de legende weergegeven. De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).

De emissies vertonen een significante¹⁵ daling over de periode 2015-2021. Als we uitgaan van een lineaire daling, nemen de emissies met 2600 [2250; 2900] ton N per jaar af. Bij de aanname van een logaritmische relatie, is er een jaarlijkse daling van 3,7 [3,2; 4,3] percent. Als we de komende jaren emissies zouden reduceren volgens de lineaire trend in de periode 2015 t.e.m. 2021, zouden we tegen 2030 op een emissiewaarde van ongeveer 38 [34; 41] kton N uitkomen. Indien we aannemen dat de reductie verder verloopt volgens de logaritmische trend over de periode 2015 tem. 2021, komen we uit op 43 [40; 46] kton N in 2030.

We kunnen deze waarden en trends vergelijken met de emissieprognose voor 2030 van het Luchtbeleidsplan en ook met deze van het G8-scenario van de definitief vastgestelde PAS. De 2030 emissieprognose volgens het Luchtbeleidsplan ligt bij ongeveer 53 kton en deze van het G8-scenario bij ongeveer 43 kton. De prognose o.b.v. de geleverde inspanningen van de laatste jaren valt, zowel op basis van een lineaire als een logaritmische extrapolatie, dus rond de doelstelling uit het G8-scenario, uitgemiddeld op Vlaams niveau, en onder de doelstellingen van het Luchtbeleidsplan.

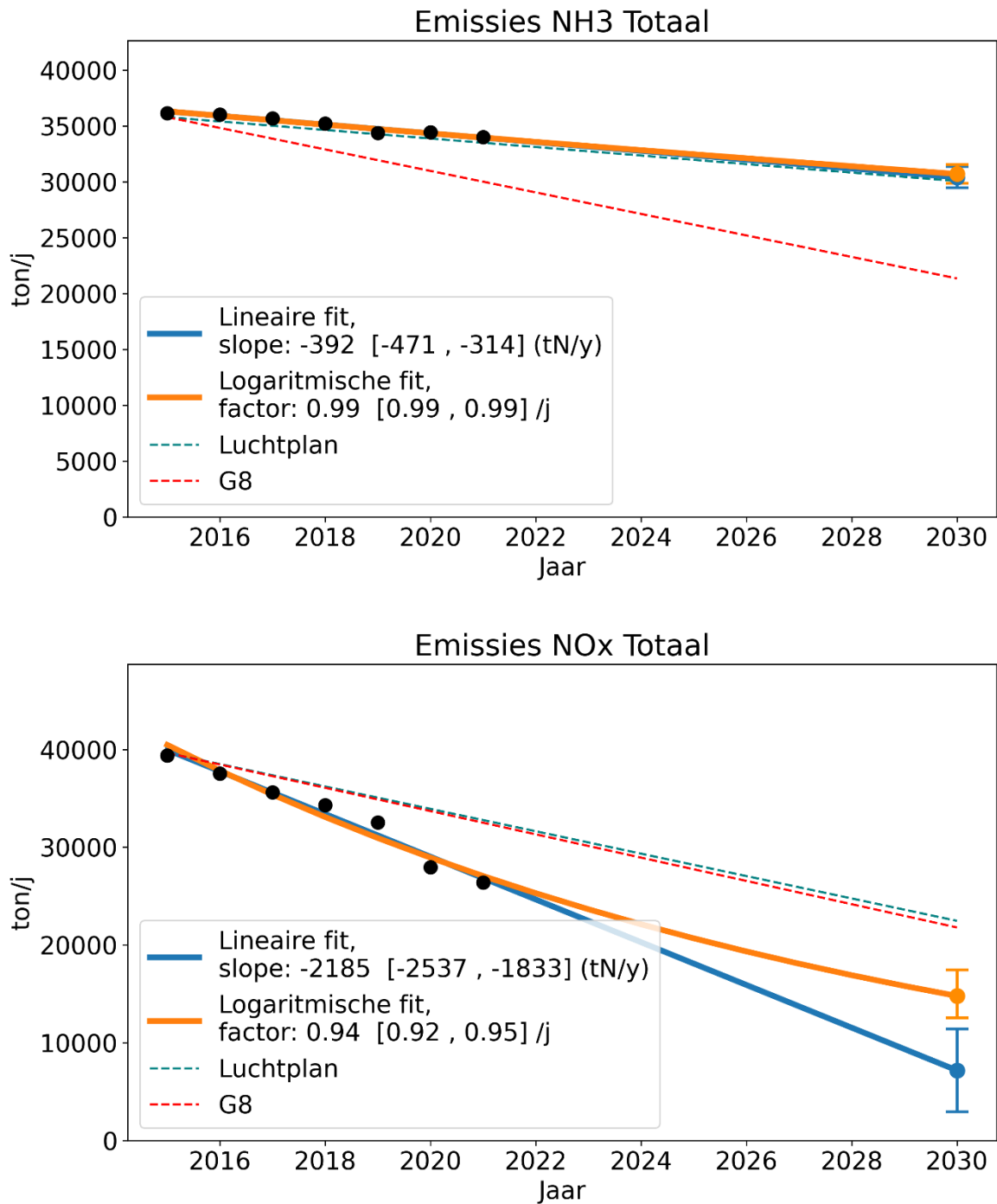
3.2.1.2 Opsplitsing per pollutie

We kunnen de situatie ook bekijken voor de twee pollutanten ammoniak (NH_3) en stikstofoxides (NO_x) apart, zoals getoond in Figuur 5. Daarbij valt een duidelijk verschil in de evolutie voor NO_x en NH_3 op. De emissie van ammoniak kent een statistisch significante, doch beperkte daling van 400 [310; 470] ton N per jaar (lineaire trend) of 1,1 [0,9; 1,3] percent per jaar (logaritmische trend). Voor stikstofdioxide doet zich een significante en sterke daling van 2200 [1800; 2500] ton N per jaar (lineaire trend) of 6,5 [5,2; 7,8] percent per jaar (logaritmische trend) voor.

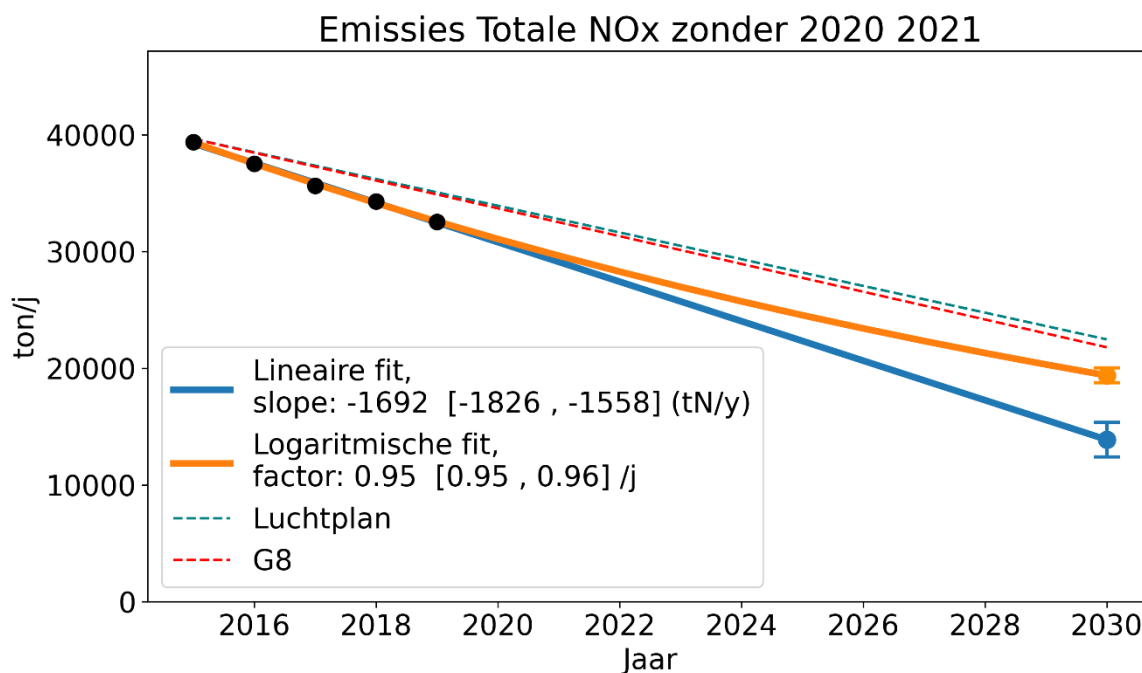
Voor ammoniak ligt de trendlijn (zowel de lineaire als de logaritmische extrapolatie) van de emissies van de periode 2015 – 2021 in de buurt van de trendlijn die naar de 2030-prognose van het Luchtbeleidsplan leidt. De trendlijn naar de 2030-emissiewaarde van het G8-scenario ligt beduidend lager, reeds in 2021 had de emissiewaarde ongeveer 4 kton lager moeten liggen om de trendlijn van het G8-scenario te kunnen volgen. Voor ammoniak lijkt dus een trendbreuk nodig te zijn om de 2030-doelstelling van het G8-scenario alsnog te behalen. Anderzijds zien we dat de NO_x -emissies in de periode 2015-2021 zich gunstiger ontwikkeld hebben dan aangenomen in de doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario. Dit heeft voor een groot deel te maken met de EURO 6 emissienormen voor personenwagens, die in de beschouwde periode de NO_x -emissies van vooral dieselveertuigen onder reële rijcondities aanzienlijk hebben verlaagd. Daarnaast beïnvloeden de lagere emissies als gevolg van de maatregelen om de verspreiding van het COVID19 virus te beperken in 2020 en 2021 de trendlijn. Maar zelfs als deze twee jaren worden weggelaten, en de analyse herhaald wordt voor de periode 2015–2019, wordt een sterk dalende trend gevonden (Figuur 6). Zowel de lineaire trend als de logaritmische trend leiden in dat geval nog steeds naar de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario.

Samengevat tonen deze resultaten aan dat de dalende trend voor de totale stikstofemissies (Figuur 4) het gevolg is van een beperkte daling van de NH_3 -emissies, welke overgecompenseerd wordt door een sterke daling van de NO_x -emissies.

¹⁵ Met een significante daling bedoelen we dat het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de helling van de lineaire trendlijn volledig onder nul ligt (waardoor ook het betrouwbaarheidsinterval voor de logaritmische regressie onder één ligt).



Figuur 5 : Verloop van de emissies (tonN/jaar) van ammoniak (bovenste figuur) en stikstofdioxide (onderste figuur) in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).



Figuur 6 : Verloop van de stikstofdioxide-emissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2019. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).

3.3 Emissietrends per sector

We splitsen de emissies nu verder op per (sub)sector volgens de GNFR-indeling. In eerste instantie splitsen we de sectoren gerelateerd aan landbouw en de emissies gerelateerd aan andere sectoren op. In de daaropvolgende paragrafen worden respectievelijk de landbouwemissies en de niet-landbouwemissies verder uitgesplitst.

3.3.1 Opsplitsing landbouw en niet-landbouw emissies

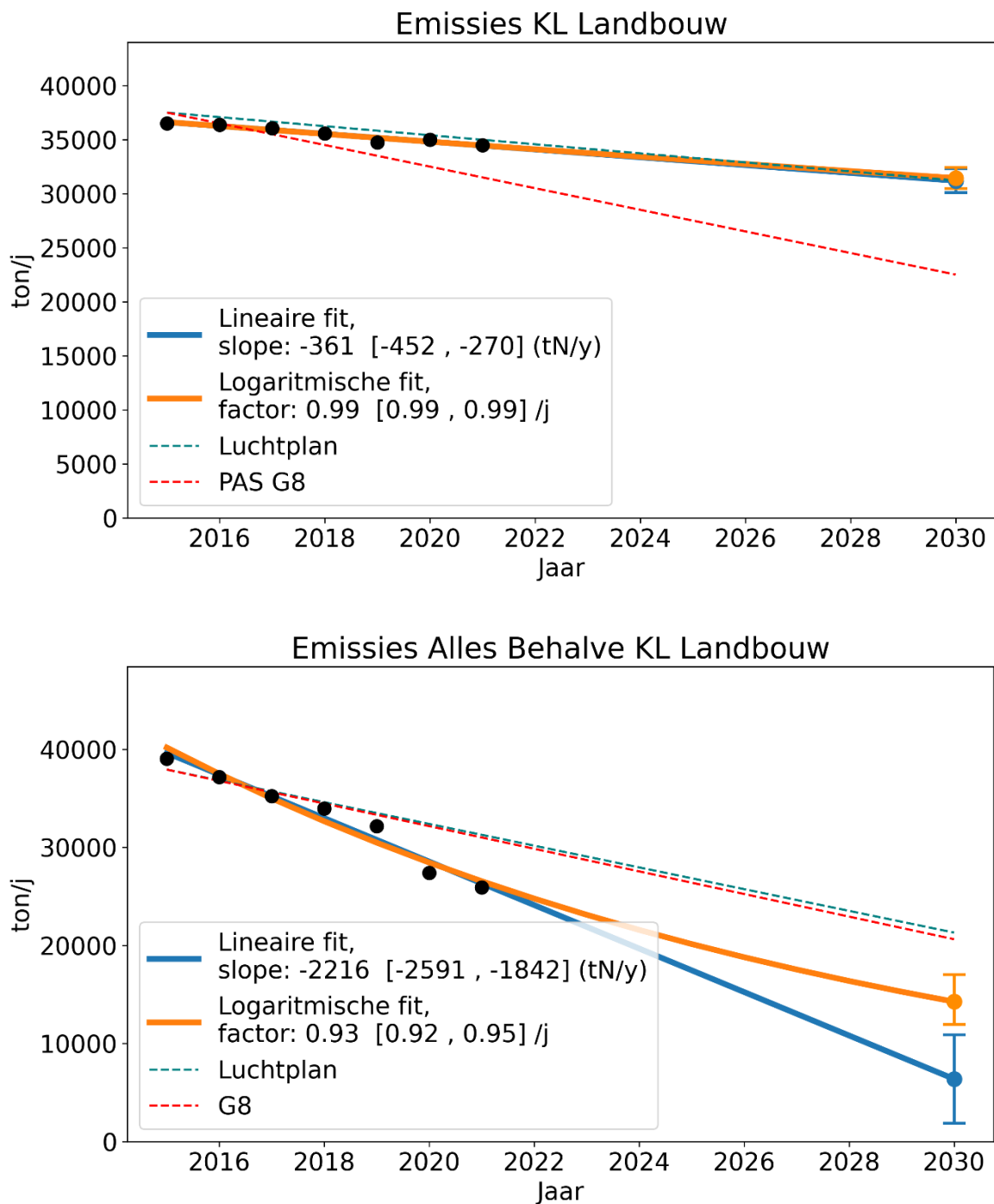
In een eerste analyse splitsen we de landbouw en niet-landbouw emissies (Figuur 7). Meer in detail bekijken we enerzijds de sectoren K ("AgriLiveStock") en L ("AgriOther"), en anderzijds alle andere sectoren. Bemerk dat deze indeling eigenlijk niet 100% overeenkomt met een opsplitsing tussen alle landbouwemissies en alle andere emissies, aangezien er een beperkt deel van de landbouwemissies is opgenomen in de andere sectoren (o.a. off-road in sector I, en stationaire bronnen door verwarming in sector C). Dit gaat echter om een beperkt emissietotaal¹⁶, en deze bijdrage heeft geen invloed op de trendanalyse uit deze studie. De andere indeling zorgt er wel voor dat de emissietotalen uit het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario niet dezelfde indeling gebruiken als de totalen op basis van de huidige analyse. Als

¹⁶ In het 2015-basisjaar uit het Plan-MER PAS is de stikstofemissie van de sectoren off-road landbouw en off-road bosbouw samen gelijk aan 1 à 2 % van de stikstofemissies van de sector landbouw. Het gedeelte van de landbouwemissies dat nu in sector C opgenomen is kan moeilijker op deze manier numeriek ingeschat worden maar is tevens heel beperkt. Zie ook Tabel 12 in bijlage B en de bespreking van de vergelijking van kolommen '2015' en '2015PAS' van Tabel 12 in bijlage B.

gevolg hiervan komt de verdeling van de totale emissies over de sectoren voor 2015 volgens de toekomstprojecties niet volledig overeen met deze uit de huidige analyse, zoals ook te zien is in Figuur 7. Voor landbouw liggen de cijfers op basis van de beleidsscenario's in 2015 immers iets hoger dan de emissies op basis van de jaartotalen uit de inventarissen, voor de andere sectoren wordt het omgekeerde vastgesteld. Ook de emissieprojecties voor 2030 worden natuurlijk beïnvloed door dit sectorverschil, maar ook hier worden de algemene conclusies uit de trendanalyse niet beïnvloed door het verschil in sectorindeling.

Figuur 7 toont een duidelijk verschil tussen de evolutie voor landbouw en deze voor niet-landbouw. Enerzijds geeft de trend voor landbouw een significante, doch beperkte daling van 360 [270; 450] ton N per jaar (lineaire trend) of 1,0 [0,8; 1,3] percent per jaar (logaritmische trend). Anderzijds wordt voor de niet-landbouw emissies een significante en sterke daling van 2200 [1800; 2600] ton N per jaar (lineaire trend) of 6,7 [5,3; 8,0] percent per jaar (logaritmische trend) waargenomen. Bemerkt dat dit onderscheid tussen beide sectoren grotendeels een doorslag is van de eerder getoonde veranderingen in de emissies voor stikstofdioxide en ammoniak, maar nu uitgedrukt op basis van de bronsector.

Opnieuw kunnen we de analyse doortrekken naar de doelstellingen voor 2030. Voor landbouw ligt de trendlijn op basis van de evolutie van de emissies van de periode 2015 – 2021 in de buurt van de trendlijn die ons naar de 2030-prognose van het Luchtbeleidsplan zou leiden (zowel voor de lineaire als de logaritmische extrapolatie). De trendlijn naar de 2030-emissiewaarde van het PAS-maatregelenpakket ligt beduidend lager. Voor landbouw lijkt dus een trendbreuk nodig te zijn om de 2030-doelstelling van het G8-scenario te behalen. Anderzijds zien we dat de niet-landbouw emissies in de periode 2015 – 2021 zich gunstiger ontwikkeld hebben dan aangenomen in de doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario. Samengevat tonen deze resultaten aan dat de dalende trend voor de totale stikstofemissies (Figuur 4) dus het gevolg is van een beperkte daling van de landbouwemissies, welke overgecompenseerd wordt door een sterke daling van de emissies van de andere sectoren.



Figuur 7 : Verloop van de stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de sectoren gerelateerd aan landbouw (sector K en L), de onderste figuur de emissies voor de andere sectoren. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstellingen van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).

3.3.2 Detailanalyse landbouwemissies

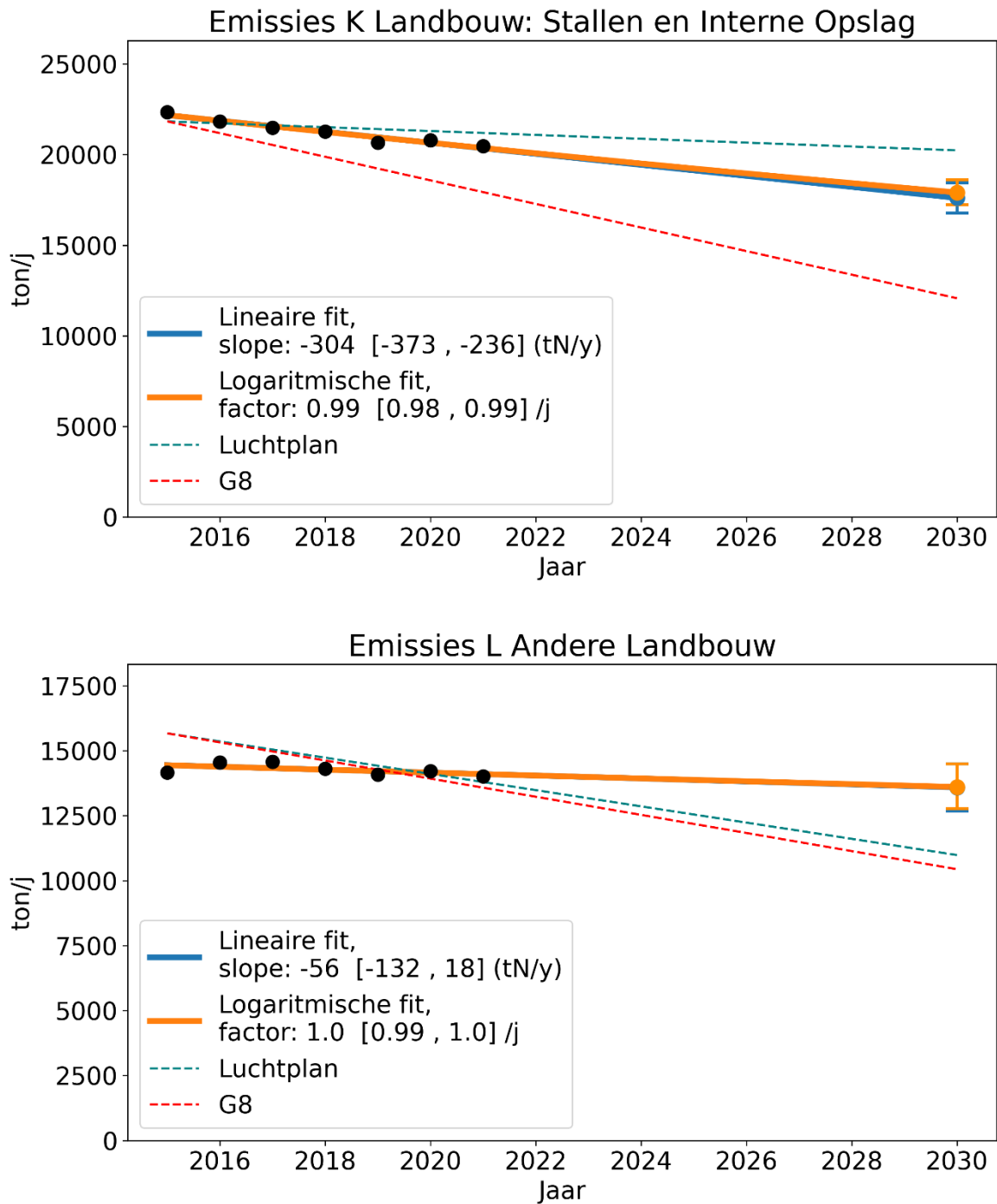
In deze sectie splitsen we de landbouwemissies verder op. In eerste instantie bekijken we daarbij het onderscheid tussen de sector K (“AgriLivestock”) en de sector L (“AgriOther”). De eerste sector bevat alle emissies gerelateerd aan stallen en interne opslag, terwijl de tweede sector alle andere landbouwemissies bevat.

Figuur 8 visualiseert de trend voor beide sectoren. Voor de stallen en opslag observeren we een significante, dalende trend. De projecties naar 2030 liggen zowel voor de lineaire als de logaritmische extrapolatie tussen de trends volgens het Luchtbeleidsplan en de PAS. Dit is belangrijk, want deze emissies vertegenwoordigen een grote bijdrage aan de totale stikstofemissies en ze spelen bovendien een belangrijke rol bij de stikstofdepositie. Maar ondanks deze dalende trend volstaat het huidige traject dus niet om de doelstellingen van de PAS te behalen, en verdergaande inspanningen zijn dus nodig om de doelstelling te bereiken.

Een ander beeld wordt geobserveerd voor de andere landbouwemissies, welke voornamelijk bestaan uit emissies voor uitrijden van dierlijk mest en beweiden, toedienen kunstmest en mestverwerking. Vooreerst merken we op dat voor deze sector de evolutie richting de doelstellingen uit het Luchtbeleidsplan en de PAS bemoeilijkt wordt doordat het net voor deze sector is dat een aantal subsectoren (off-road, stationaire verbranding gerelateerd aan landbouw) bij de overgang naar de GNFR-indeling aan een andere sector zijn toegewezen. Als gevolg hiervan liggen de inschattingen volgens het Luchtbeleidsplan en de PAS voor de referentietoestand in 2015 hoger dan deze uit de rapportering die gebruikt is voor de trendanalyse.

Niettegenstaande deze moeilijkheden bij het vergelijken van de taakstellingen van de beleidsplannen, geeft Figuur 8 duidelijk aan dat de emissies uit deze sectoren niet het gewenste traject volgen. Volgens beide prognoses wordt immers een daling van de emissies verwacht, terwijl de trend op basis van de laatste zeven jaar geen significante daling aangeeft (volgens het 95% betrouwbaarheidsinterval). Voor deze sectoren is dus een duidelijke trendbreuk nodig om de doelstellingen van de beleidsplannen te halen.

In de volgende secties bekijken we achtereenvolgens de stal- en opslagemissies respectievelijk de andere landbouwemissies in detail.



Figuur 8 : Verloop van de landbouw-gerelateerde stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de opslag en stallen (sector K), de onderste figuur de overige landbouwemissies (sector L). Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).

3.3.2.1 Stalemissies veehouderijen en emissie van interne opslag in stallen

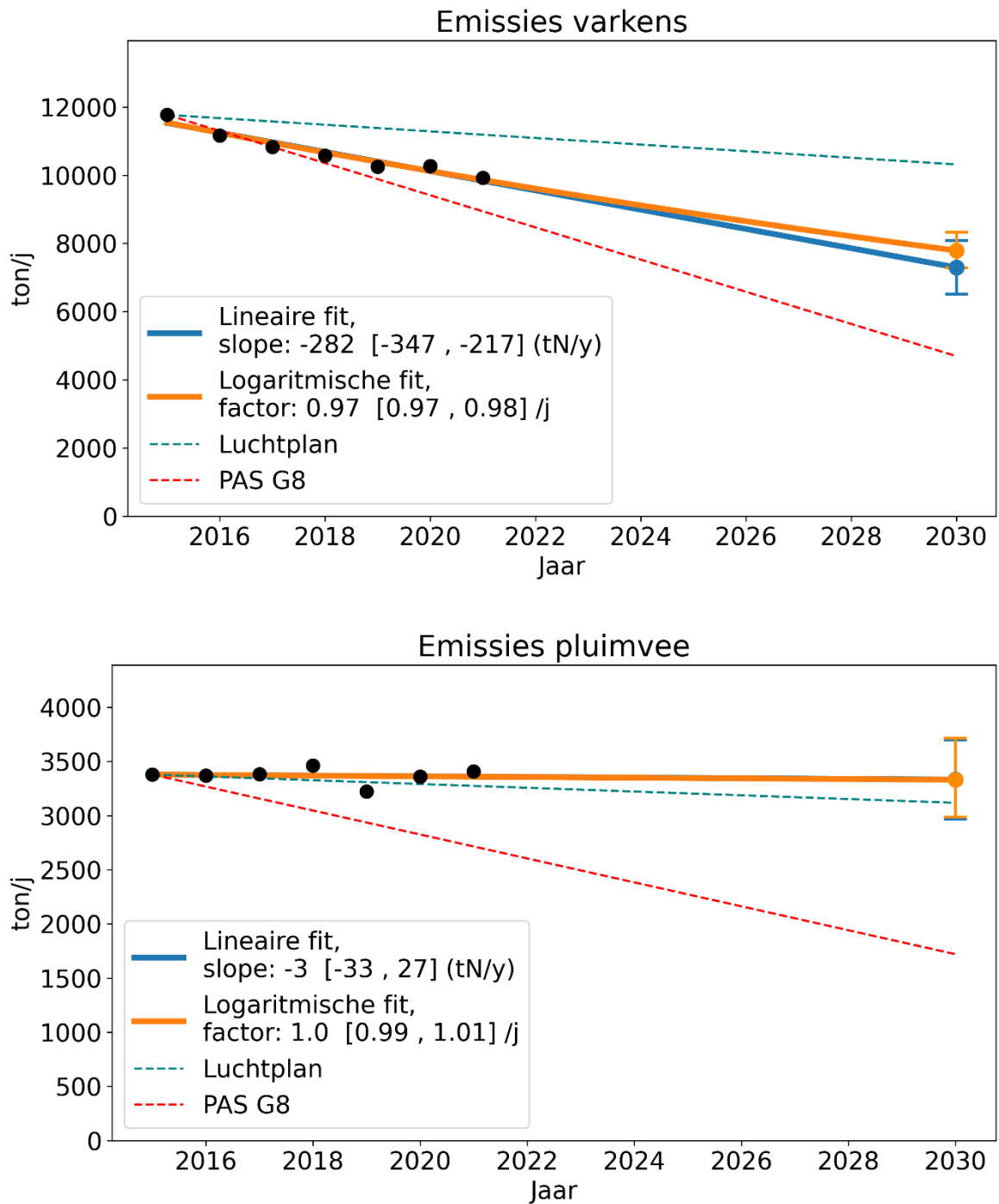
Bij de stal- en opslagemissies bekijken we eerst de stalemissies per diercategorie. Figuur 9 - Figuur 11 visualiseren de trends voor de varkensstallen, pluimveestallen, runderstallen, paardenstallen, en stallen van andere dieren.

Voor varkensstallen (Figuur 9, boven) observeren we een significante daling van de emissies. De evolutie over de periode 2015 – 2021 ligt tussen de doelstellingen van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario. Bemerkt hierbij dat de sterkste dalingen zich voordeden tijdens de eerste jaren van de zevenjarige periode die beschouwd wordt in de analyse, en dat de emissies in 2020 hoger lagen dan deze in 2019. De emissies 2021 liggen weliswaar opnieuw lager maar slechts weinig ten opzichte van deze van 2019. Niettegenstaande de dalende trend over de hele periode, lijkt er in de laatste jaren dus een afvlakking op te treden. Bijgevolg is een trendbreuk met het traject uit de laatste jaren nodig om de doelstelling uit het G8-scenario te behalen in 2030.

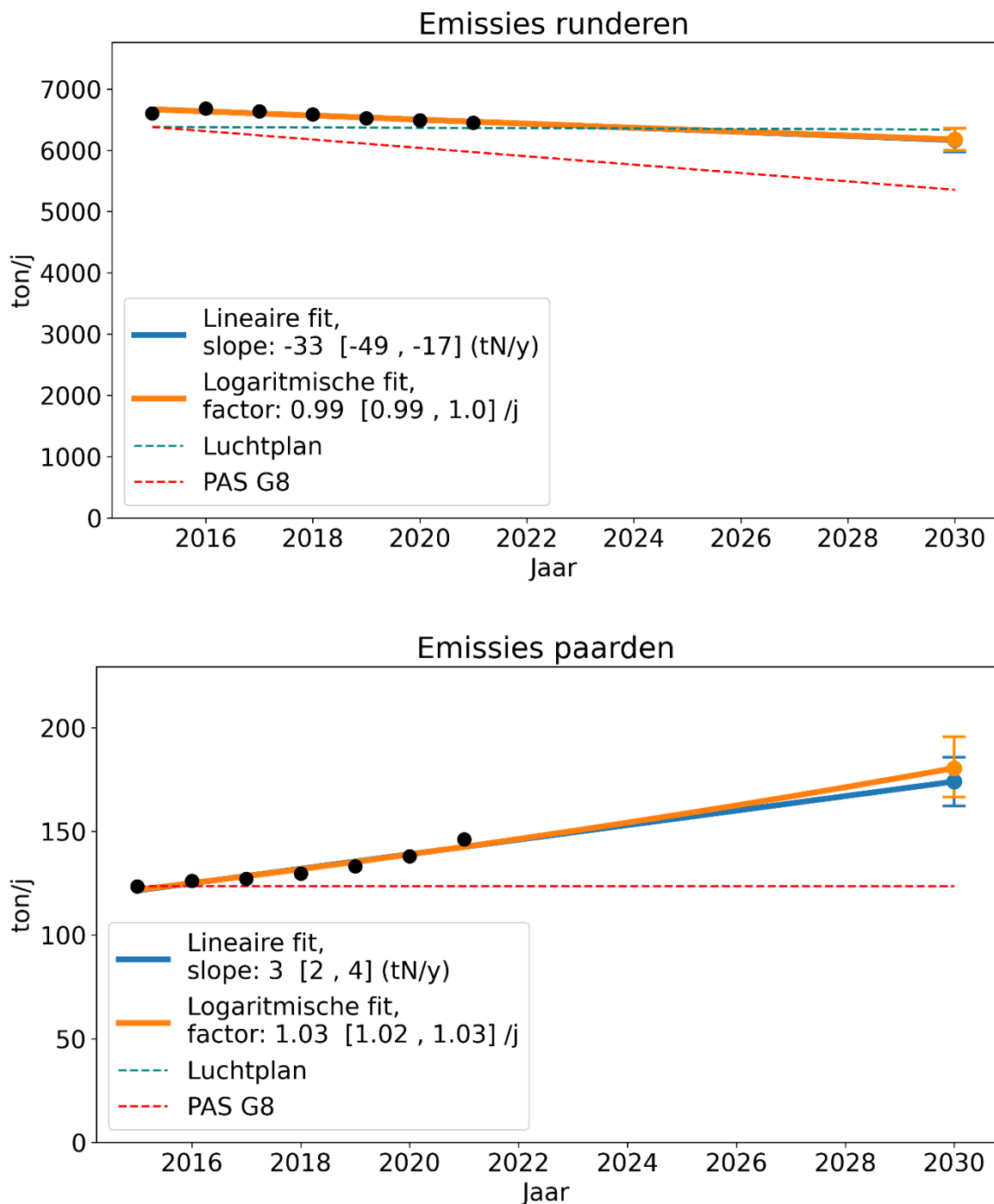
Figuur 9 (onder) toont verder dat er geen significante trend wordt gevonden voor pluimvee (volgens het 95% betrouwbaarheidsinterval). Voor deze stallen voorziet het Luchtbeleidsplan in een beperkte daling van de emissies, waardoor de huidige trend nog steeds ongeveer in lijn is met de vooropgestelde doelstelling. De PAS voorziet echter veel sterkere dalingen van de emissies van pluimveestallen. De trend die ons zou leiden naar de 2030-doelstelling van de PAS lijkt ver af te zijn en de doelafstand wordt bij een ongewijzigde trend ieder jaar groter, wat erop duidt dat ook voor pluimvee een trendbreuk nodig is.

De emissies van runderstallen (Figuur 10) vertonen een licht dalende trend, die volgens het 95% betrouwbaarheidsinterval ook significant is. Het Luchtbeleidsplan gaat voor deze diercategorie uit van een status quo ten opzichte van 2015, en het gevolgde traject heeft dus een iets grotere dalende trend. Het huidige emissiereductiepad wijkt echter sterk af van een lineaire afname richting PAS-doelstellingen, en opnieuw is dus een trendbreuk nodig om de PAS-doelstellingen voor 2030 te behalen. Verderop worden deze emissies van runderen nog verder opgedeeld in de subcategorieën melkvee, vleesvee en mestkalveren.

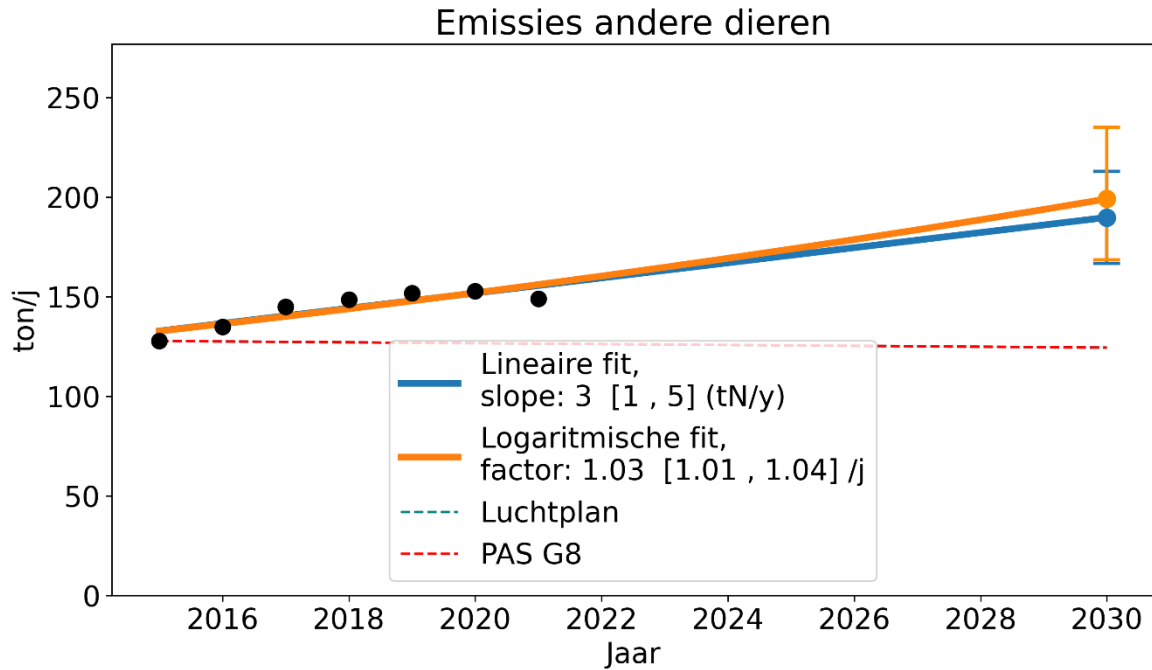
Paardenstallen en stallen van andere dieren (o.a. konijnen, nertsen, geiten en schapen) hebben slechts een beperkte bijdrage in de totale stalemissies. Figuur 10 (onder) en Figuur 11 tonen dat de trendlijn voor beide categorieën duidelijk wijst op een significante toename van deze emissies in de laatste jaren. Het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario gaan echter uit van een status quo wat deze emissies betreft. Voor deze dieren zouden er dan ook extra maatregelen nodig zijn om de 2030-doelstelling niet buiten bereik te laten komen.



Figuur 9 : Verloop van de stikstofemissies van varkens- (bovenste figuur) en pluimveestallen (onderste figuur) in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).



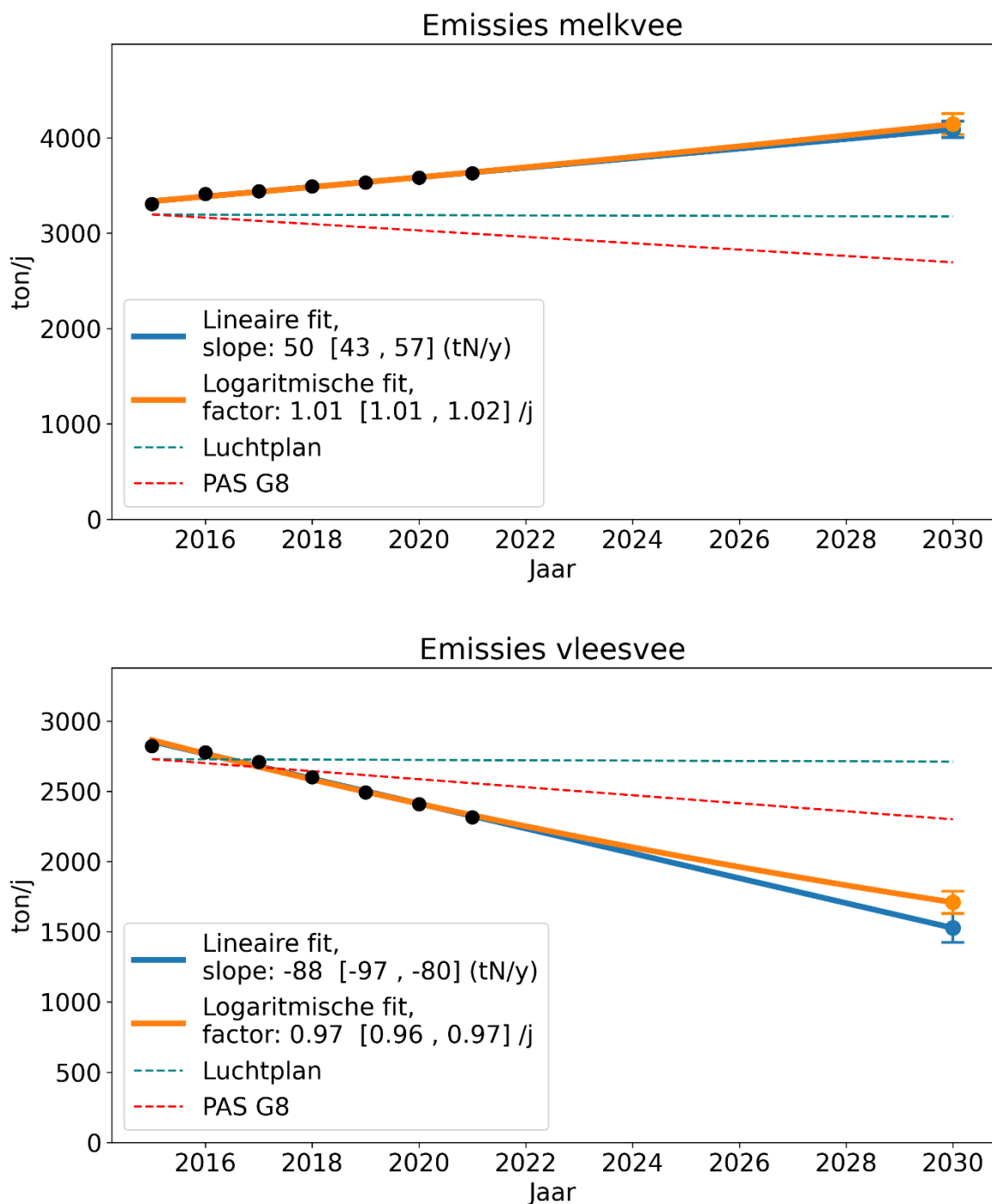
Figuur 10 : Verloop van de stikstofemissies van stallen voor runderen (bovenste figuur) en stallen voor paarden (onderste figuur) in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). Voor de figuur onderaan vallen beide stippellijnen op elkaar.



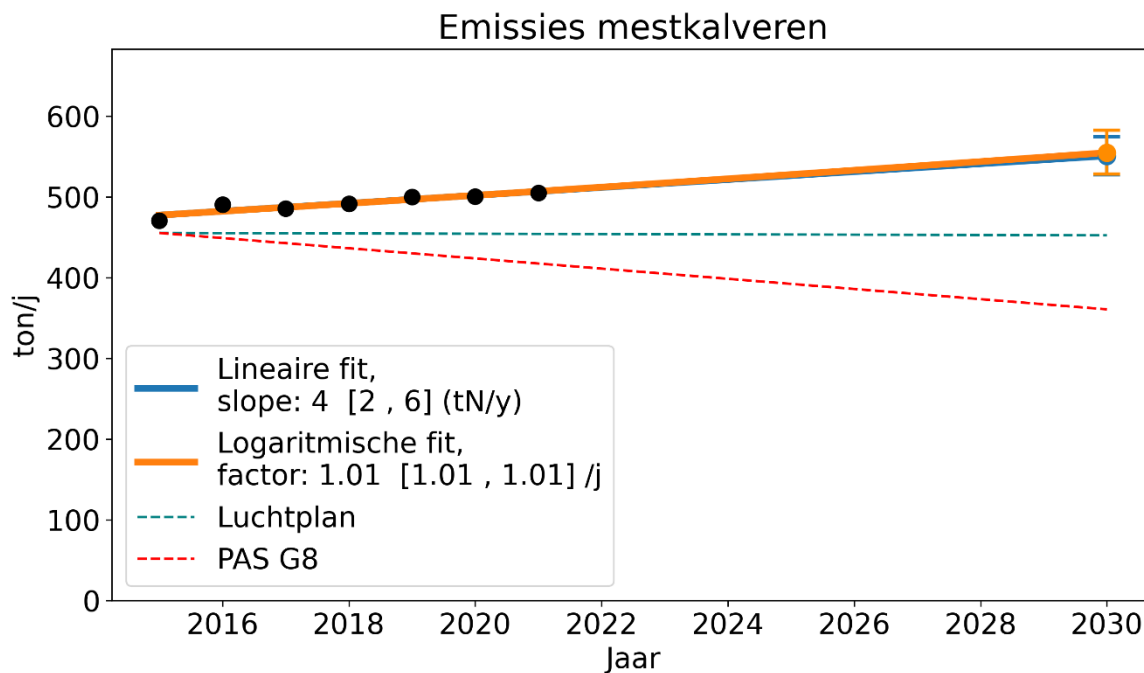
Figuur 11 : Verloop van de stikstofemissies van stallen voor andere dieren in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). In dit geval liggen deze lijnen exact op elkaar.

De emissies voor de runderstallen kunnen nog verder opgedeeld worden op basis van subcategorieën van runderen (Figuur 12 en Figuur 13). Er tekent zich dan een duidelijk verschil op tussen vleesvee enerzijds en melkvee en mestkalveren anderzijds. De emissies voor vleesvee volgen een duidelijk dalende trend, welke een stuk sneller gaat dan wat verwacht wordt in het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario. Bij melkvee en mestkalveren wordt dan weer een significante, stijgende trend geobserveerd in de periode 2015 – 2021. Voor beide sectoren gaat het Luchtbeleidsplan uit van een status quo ten opzichte van 2015, terwijl het G8-scenario uitgaat van een daling van de emissies. De geobserveerde stijging is dus in tegenstelling tot het verwachte traject volgens de beleidsplannen, en een trendbreuk dringt zich dan ook op.

De algemene trend voor runderstallen (lichte emissiedaling) is dus het gevolg van een sterke emissiedaling voor vleesvee, die tegengewerkt wordt door een emissiestijging voor melkvee en mestkalveren.

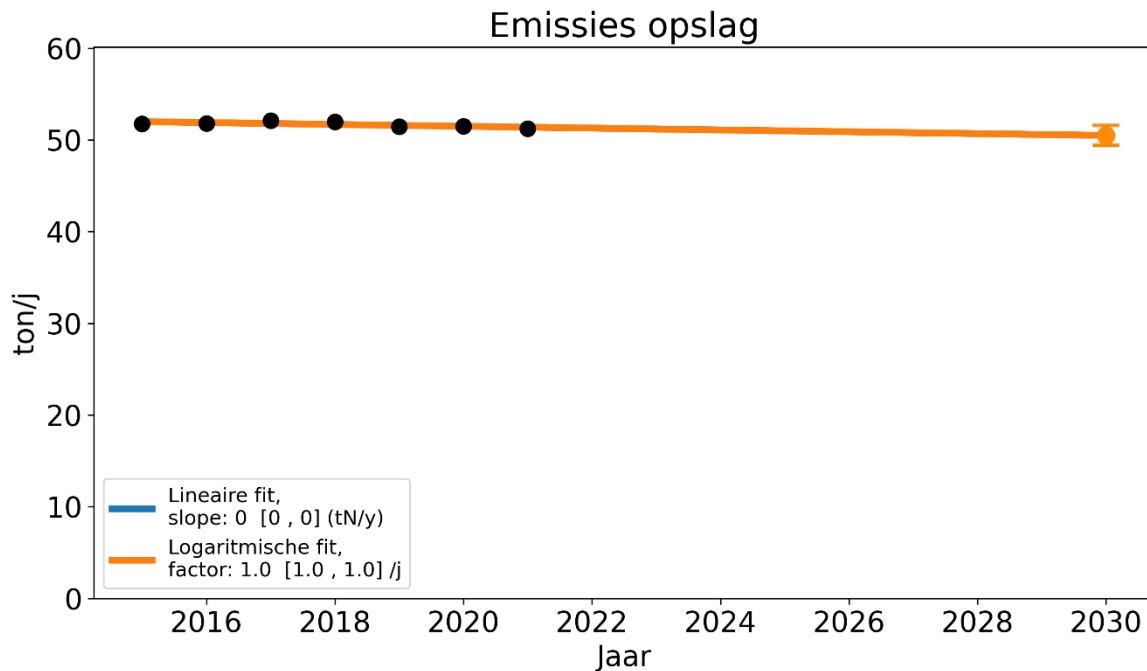


Figuur 12 : Verloop van de stikstofemissies van stallen voor melkvee (bovenste figuur) en stallen voor vleesvee (onderste figuur) in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).



Figuur 13 : Verloop van de stikstofemissies van stallen voor mestkalveren in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).

Figuur 14 toont tenslotte de trend van de opslagemissies. Dit gaat om een beperkte subsector, waarvoor in de beleidsplannen geen doelstellingen zijn opgesteld. De analyse geeft aan dat er geen significante trend waar te nemen is voor deze emissies.



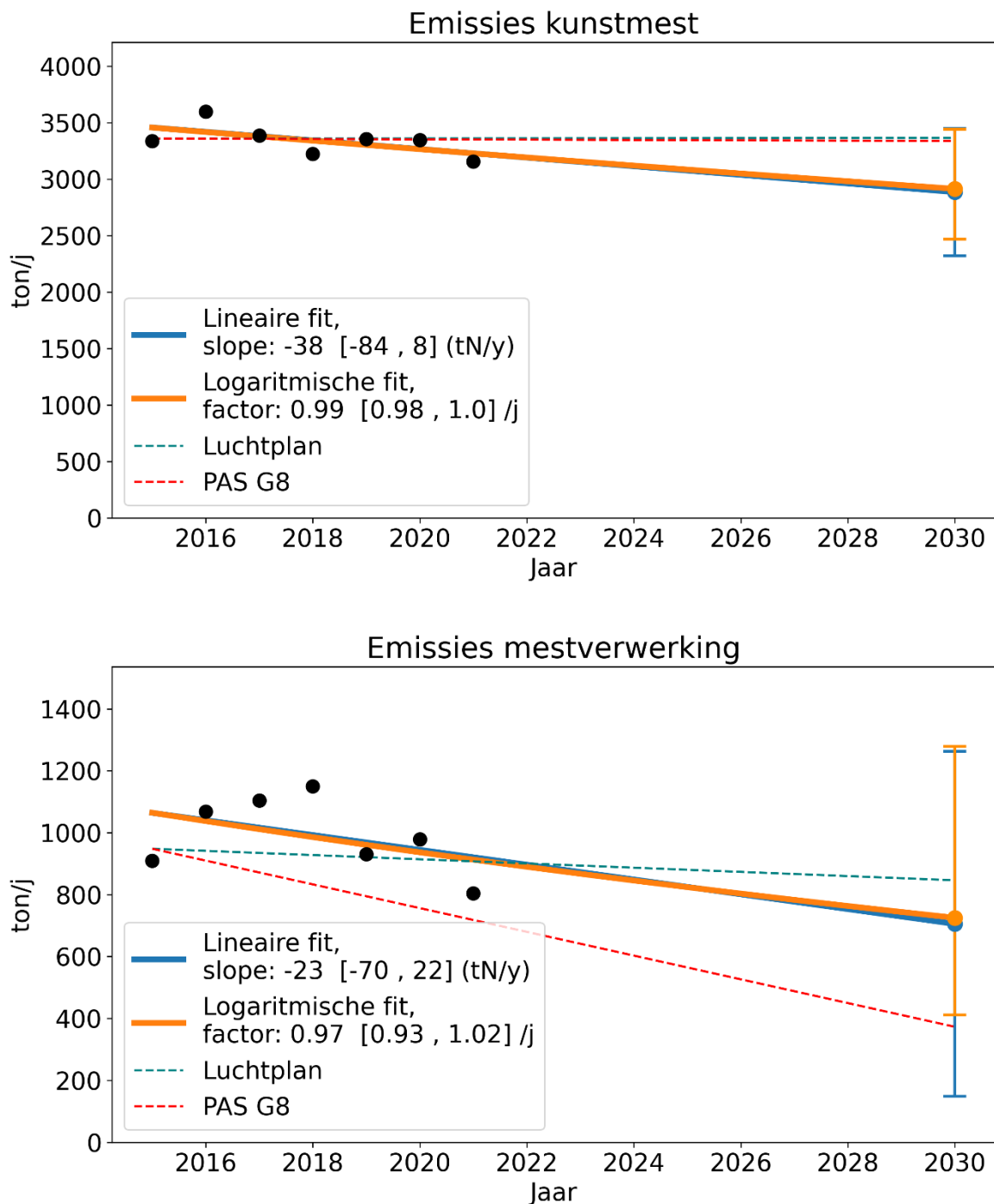
Figuur 14 : Verloop van de opslag stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details).

3.3.2.2 Details voor andere landbouwemissies

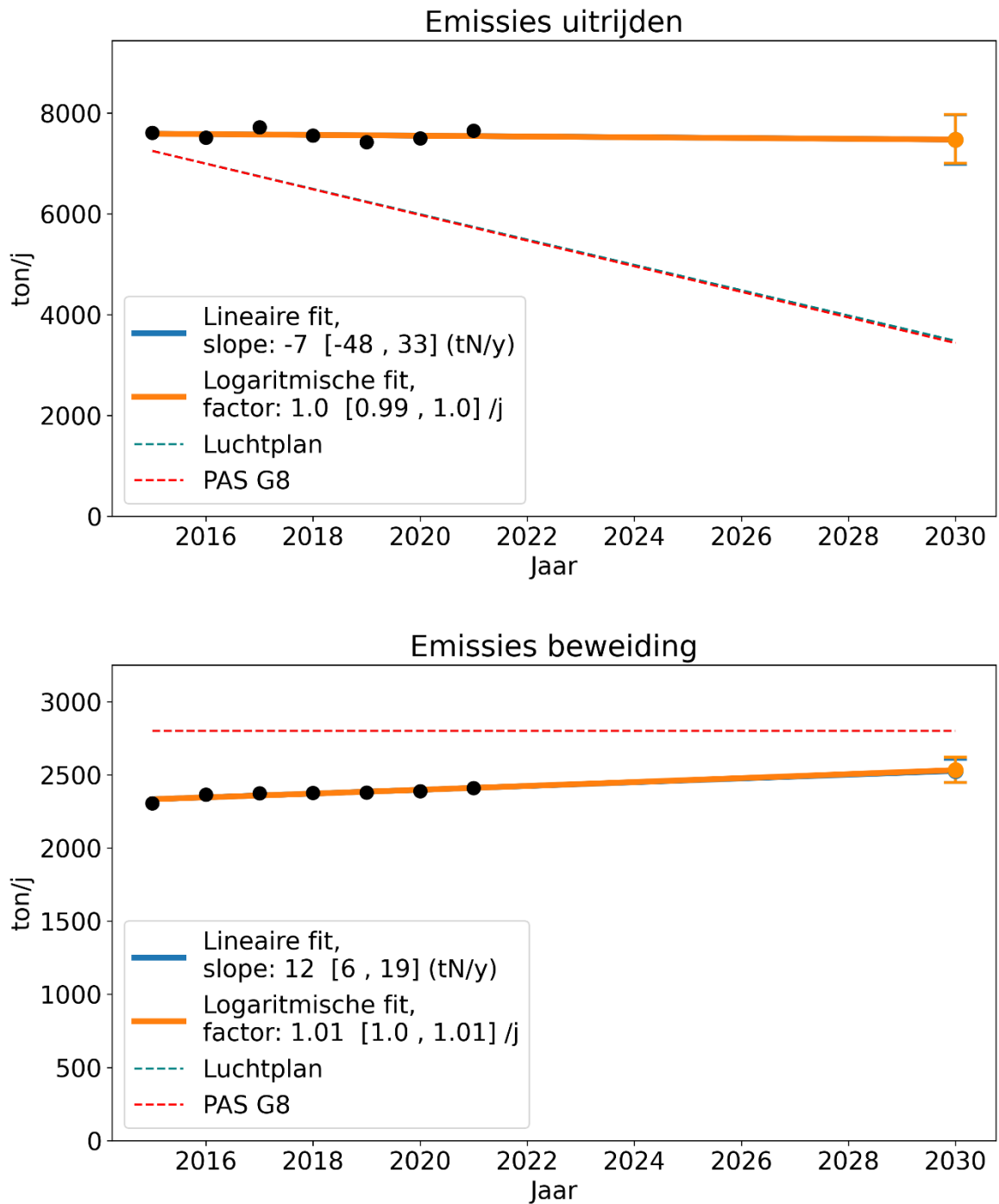
Voor de andere landbouwemissies bekijken we nog een aantal subsectoren in detail: kunstmest, mestverwerking, beweiden en uitrijden.

Figuur 15 geeft de resultaten voor kunstmest en mestverwerking. Beide sectoren vertonen sterke schommelingen van jaar tot jaar, en er is dan ook geen significante trend waar te nemen. Als gevolg hiervan zijn ook de inschattingen voor 2030 zeer onzeker. Voor kunstmest gaan zowel het Luchtbeleidsplan als de PAS niet uit van een duidelijke verandering. Voor mestverwerking wordt in het Luchtbeleidsplan een beperkte daling verwacht, terwijl onder het G8-scenario een sterkere daling verwacht wordt. Ondanks de grote onzekerheid door de variatie van jaar tot jaar, volgen de emissies in de periode 2015 – 2021 niet het gewenste traject om de doelstelling van de PAS te behalen.

Figuur 16 geeft de trend voor de emissies van het uitrijden van dierlijk mest en de beweiding. Voor uitrijden wordt er geen significante trend vastgesteld. Om de doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario te behalen, zou er echter een dalend traject gevolgd moeten worden. Er lijkt hier dus dringend een trendbreuk nodig te zijn. Bij beweiding wordt een licht stijgende trend vastgesteld. Bemerkt dat voor deze sector de emissie-inschatting voor 2015 uit de beleidsplannen sterk afwijkt van de huidige inschatting, als gevolg van voortschrijdende kennis. Als gevolg hiervan blijven de emissies in 2030, indien de huidige stijgende trend behouden blijft, toch nog onder de doelstellingen uit het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario.



Figuur 15 : Verloop van de stikstofemissies van de sectoren kunstmest (bovenste figuur) en mestverwerking (onderste figuur) in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn).



Figuur 16 : Verloop van de stikstofemissies van de sectoren uitrijden van dierlijk mest (bovenste figuur) en beweiding (onderste figuur) in tonN/jaar in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). In dit geval liggen deze lijnen exact op elkaar.

3.3.3 Detailanalyse niet-landbouw emissies

In deze sectie bekijken we de niet-landbouw emissies in detail. We groeperen de sectoren tot de volgende zes categorieën:

- AB: Energie en industrie
- F: Wegtransport
- G: Scheepvaart
- C: Andere stationaire verbrandingsbronnen (voornamelijk residentiële emissies)
- H: Luchtvaart¹⁷
- DEIJ: Alle andere sectoren¹⁸

Bemerk dat voor de meeste van deze sectoren de emissiedoelstelling uit de PAS overeenkomt met de vooropgestelde emissietaakstelling uit het Luchtbeleidsplan. In deze gevallen vallen de lineaire evoluties op basis van de beleidsplannen dus samen en wordt enkel deze van het G8-scenario gevisualiseerd.

Voor de sectoren industrie en energie (AB, Figuur 17, boven) wordt een dalende trend geobserveerd, die een iets sterkere daling aangeeft dan de doelstellingen uit het Luchtbeleidsplan en de PAS. Deze sectoren lijken in de periode 2015 – 2021 dan ook op schema om de doelstelling van 2030 te halen, zij het dat 2021 duidelijk boven de trendlijn lag. Als zou blijken dat dit meer dan een toevallige fluctuatie is, zal er mogelijks in de toekomst hier ingegrepen moeten worden.

Figuur 17 (onder) geeft een sterke daling van de emissies gerelateerd aan wegverkeer voor de periode 2015 – 2021. Het is hierbij belangrijk op te merken dat de trend voor de periode 2015 – 2021 sterk beïnvloed wordt door drie specifieke zaken die vermoedelijk een beperktere impact zullen hebben in de toekomst. Ten eerste komen de dalingen in de periode 2015 – 2019 voor een belangrijk deel voort uit het feit dat de reële emissies van dieselloertruigen voordien ver boven de EU-norm lagen en de recente dieselloertruigen nu wél voldoen aan de (weliswaar bijgestelde) norm. Hierdoor konden binnen enkele jaren belangrijke emissiereducties in het wegverkeer gerealiseerd worden. Het is echter onwaarschijnlijk dat zulke sterke dalingen ten gevolge van technische maatregelen zich kunnen voortzetten in de toekomst. Ten tweede wordt de trend sterk beïnvloed door de maatregelen om de verspreiding van het COVID-19-virus in te perken in 2020 en 2021. Het is momenteel, meer dan drie jaar na de start van de pandemie, ook nog steeds onduidelijk in hoeverre de lange termijn voertuigkilometers (en emissies) beïnvloed worden door bijhorende paradigmashifts zoals de invoering van thuiswerk. Ten derde is er de sprong in datasets tussen 2020 en 2021 (§2.2.2). Extrapolaties naar de toekomst komen dan ook met een grote onzekerheid. De projecties in Figuur 17 tonen dit ook aan. Indien de huidige lineaire trend zou aanhouden, komen we uit op negatieve emissies, wat natuurlijk geen realistische situatie is. De logaritmische trend leidt (logischerwijze) wel tot een inschatting van positieve emissies, maar ook deze komt met een grote onzekerheid. Door de hierboven vermelde onzekerheden bestaat hierbij ook het gevaar dat de trendlijn de komende jaren minder gunstig zal evolueren dan de logaritmische of lineaire lijn die hier getoond wordt. Dit kan ook geïllustreerd worden door de trendlijn voor de periode 2015 – 2019 (dus zonder de jaren 2020 en 2021 te beschouwen) te bekijken (zie Figuur 20). Dit toont dat het niet zeker is dat de emissies in 2030 lager uitkomen dan de doelstellingen uit het Luchtbeleidsplan. Er is dus momenteel zeker geen wetenschappelijke

¹⁷ We beschouwen deze sector voornamelijk als aparte sector omdat ze in 2020 en 2021 een afwijkend gedrag vertoonde.

¹⁸ Sectoren D en E worden soms onder industrie en energie geplaatst, soms onder andere sectoren. Deze sectoren zijn echter klein en het verschuiven van deze sectoren zal de resultaten niet significant veranderen.

onderbouwing betreffende de stelling dat de wegverkeeremissies in 2030 veel lager uitkomen dan de beleidsdoelstellingen, en andere sectoren kunnen er dus niet vanuit gaan dat wegverkeer ook in de toekomst systematisch zijn emissies in sterkere mate zal reduceren dan opgenomen in de beleidsplannen.

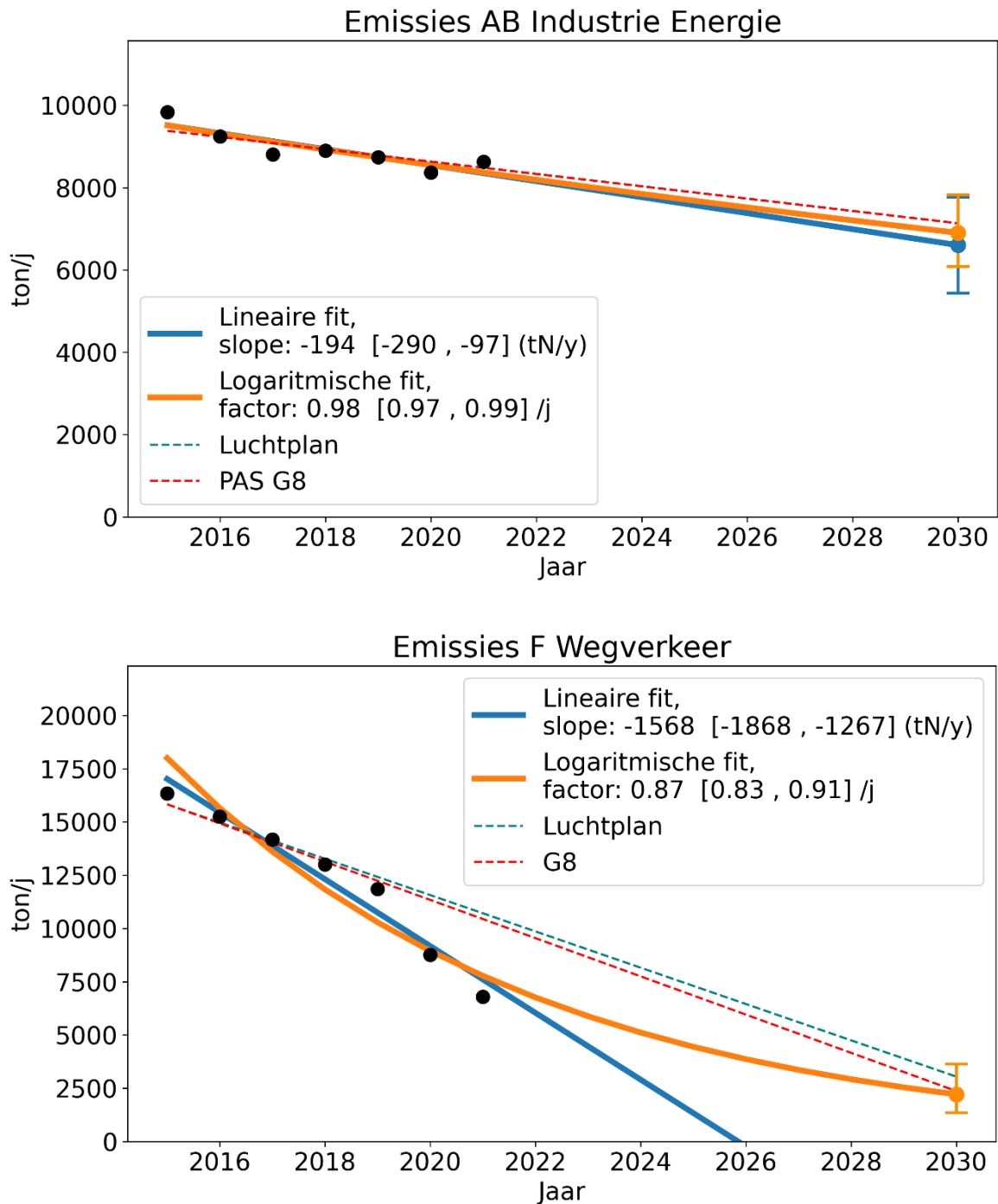
De emissies van de sector scheepvaart (Figuur 18, boven) vertonen een dalende trend, die duidelijk onder de verwachte trend uit het Luchtbeleidsplan en het (identieke) G8-scenario ligt. Op dit moment lijkt deze sector dan ook op de goede weg. Specifiek voor deze sector valt het wel af te wachten in hoeverre dit een duurzame trend is. De prognoses over het volume scheepvaart voorspellen een toename die de gunstige effecten van de vergroening van de vloot kan tegenwerken.

Voor de andere stationaire verbrandingsbronnen (sector C, Figuur 18, onder), die voornamelijk de emissies van residentiële bronnen bevatten, observeren we een licht dalende trend. Ook deze sector lijkt dus op de goede weg, al blijft het belangrijk om de evoluties van de emissies van houtverbranding de komende jaren op te volgen.

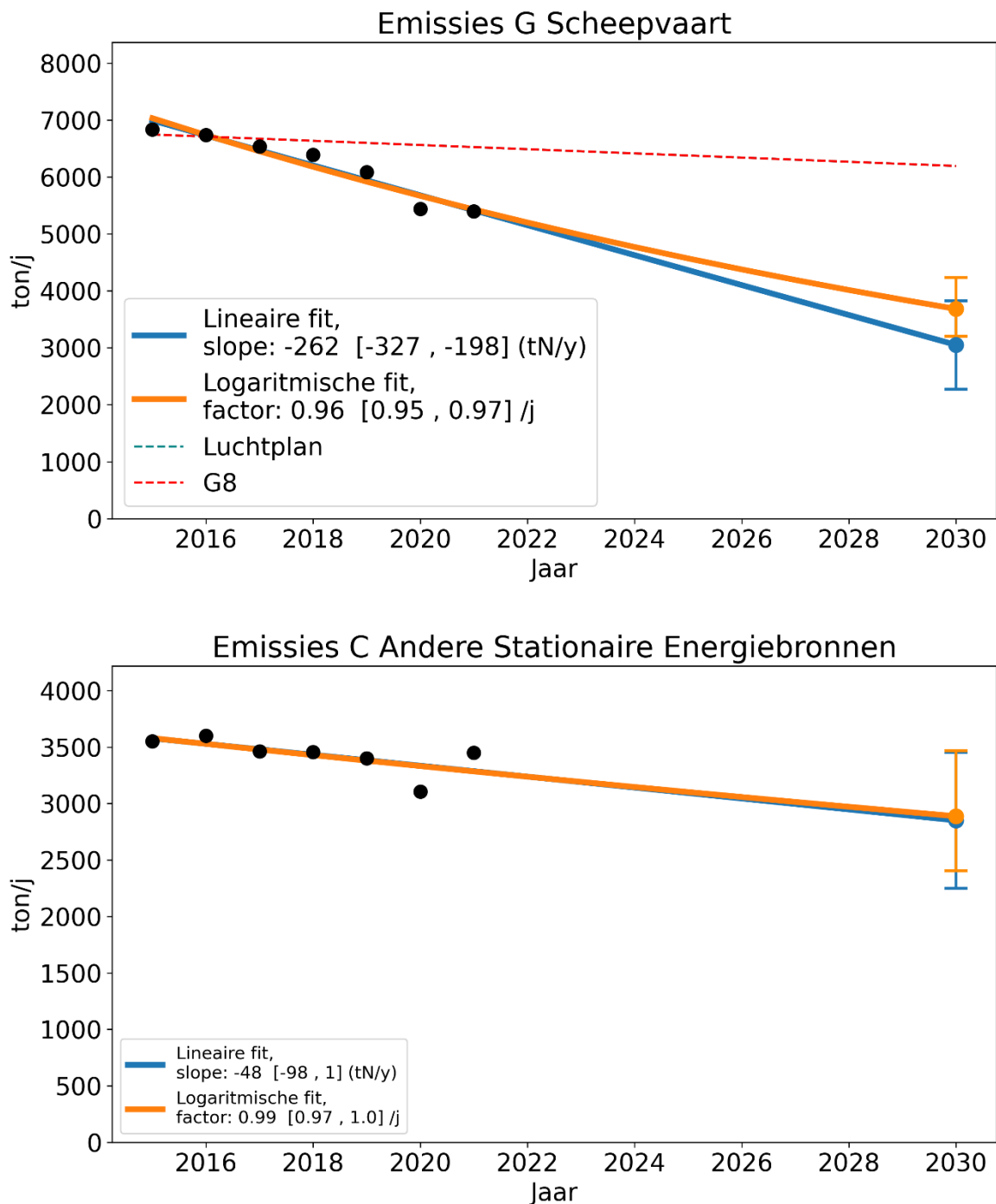
Luchtvaart (Figuur 19, boven) is zeer sterk beïnvloed geweest door de COVID19-maatregelen waardoor de emissies in 2020 en 2021 veel lager zijn dan deze in 2019. Het is moeilijk om op basis van de periode 2015 – 2021 in te schatten hoe de langetermijnevolutie van deze sector eruit zal zien. In elk geval lijkt een trendanalyse op basis van de periode 2015-2021 een incorrecte inschatting te geven voor deze evolutie, aangezien de passagiersaantallen¹⁹ van het najaar van 2022 eerder in lijn liggen met deze van 2019. Gezien de specifieke situatie voor deze sector, is het echter momenteel onmogelijk om eenduidige langetermijnprojecties te maken op basis van de trend (zie ook Figuur 20). Bemerkt tenslotte dat de luchtvaartemissies slechts beperkt bijdragen tot de totale Vlaamse stikstofemissies, en dat hier enkel de emissies van de LTO-cyclus worden opgenomen.

De overige sectoren (vluchtige stoffen, afvalverwerking, off-road en solventen) vertegenwoordigen slechts een beperkte fractie van de totale stikstofemissies. Deze sectoren volgen een sterk dalende trend, zoals te zien in Figuur 19 (onder). Gezien de specifieke samenstelling van deze restsector, is het moeilijk deze te vergelijken met de doelstellingen uit de beleidsplannen.

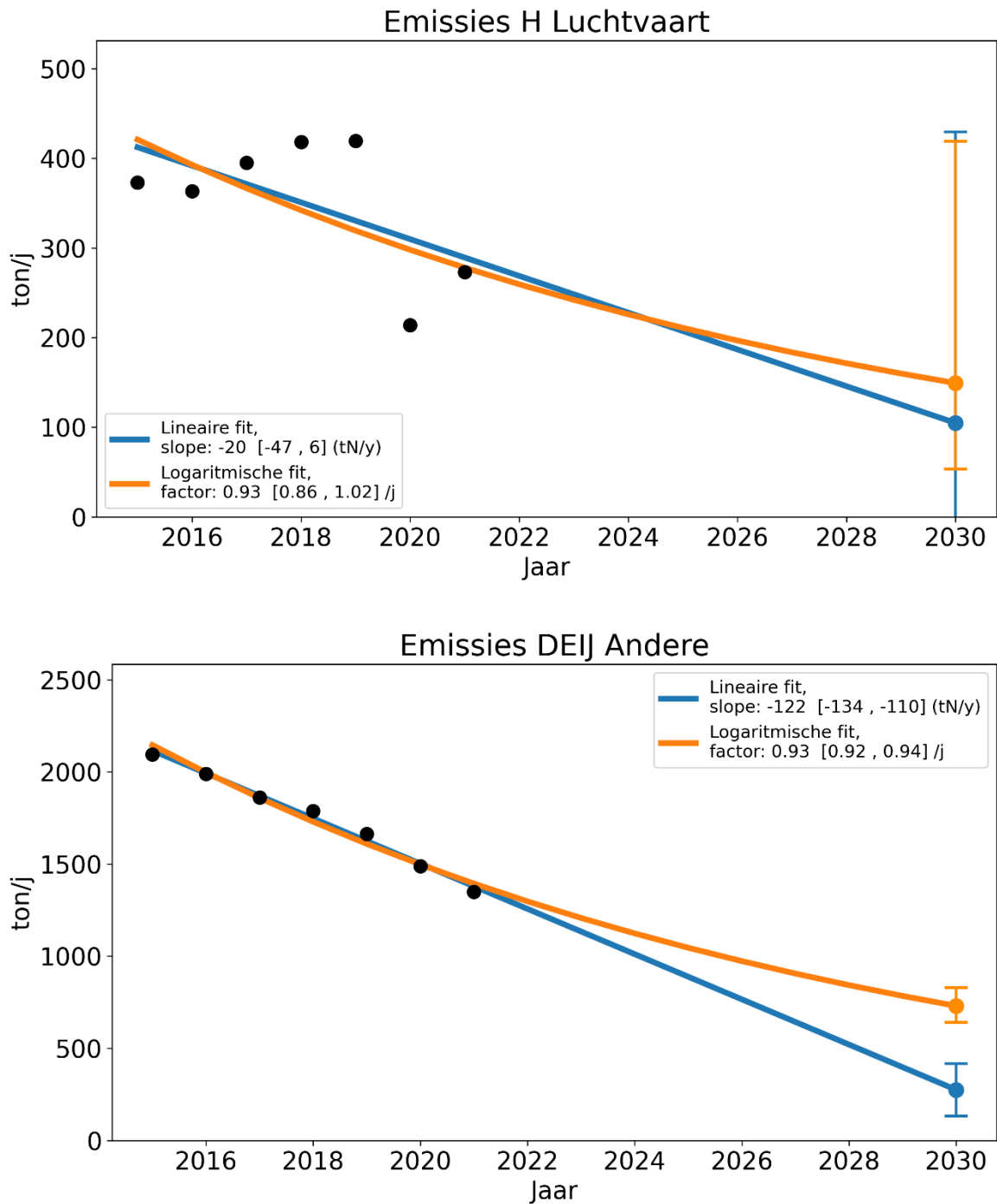
¹⁹ <https://www.brusselsairport.be/nl/onze-luchthaven/cijfers-weetjes/maandelijkse-verkeerscijfers>



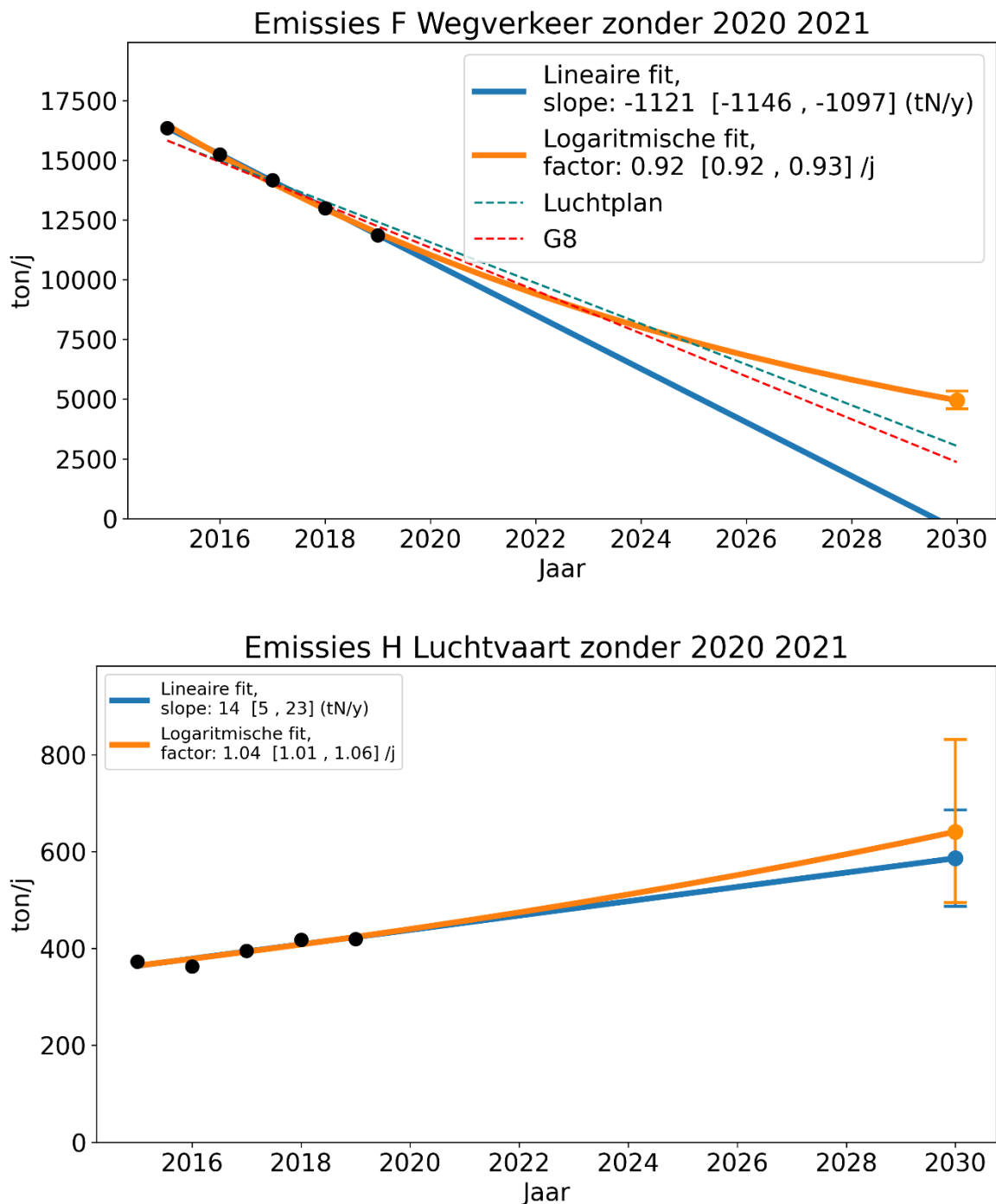
Figuur 17 : Verloop van de stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de sectoren energie en industrie (sector A en B), de onderste figuur de emissies voor wegverkeer (sector F). Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). Bij de figuur bovenaan liggen deze lijnen exact op elkaar.



Figuur 18 : Verloop van de stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de sector scheepvaart (sector G), de onderste figuur de emissies voor de andere stationaire verbrandingen (sector C). Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). Bij de figuur bovenaan liggen deze lijnen exact op elkaar. Bij de figuur onderaan zijn ze door een andere sectorindeling niet beschikbaar.



Figuur 19 : Verloop van de stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de sector luchtvaart (sector I), de onderste figuur de emissies voor een aantal restsectoren (sectoren D, E, I en J). Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). Door de speciale situatie in 2020 en 2021 worden deze jaren niet opgenomen in de regressies voor de luchtvaartemissies, enkel de jaren 2015 – 2019 worden gebruikt om de trendlijn te bepalen.

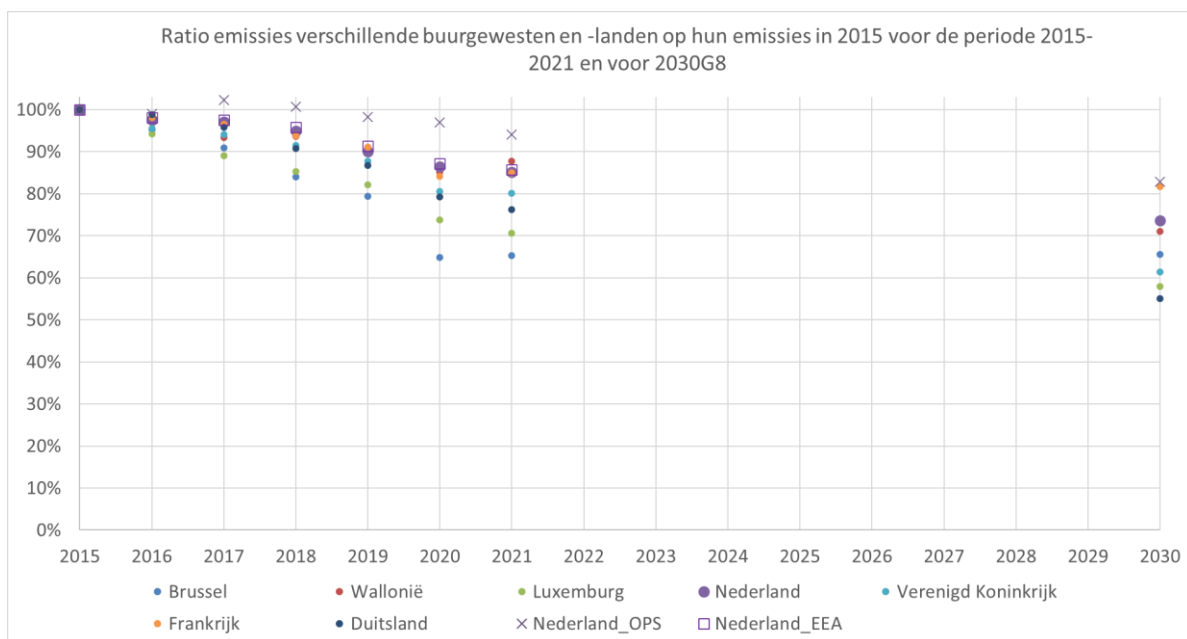


Figuur 20 : Verloop van de stikstofemissies (tonN/jaar) in Vlaanderen. De bovenste figuur beschrijft de data voor de sectoren wegverkeer (sector F), de onderste figuur de emissies voor luchtvaart (sector H). Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2019. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen geven de lineaire evolutie tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en van de PAS (G8, rode stippellijn). Bij de figuur onderaan zijn ze door een andere sectorindeling niet beschikbaar.

3.4 Emissies van de nabije buurlanden

De emissietotalen voor reactief stikstof zijn te vinden in Figuur 21, samen met de emissieprognoses voor die regio's in 2030. Alles in deze figuur is uitgedrukt als een ratio ten opzichte van de emissie voor de respectievelijke regio in 2015. Voor Nederland zijn zowel de emissies uit E-MAP gegeven (cirkels), de emissies zoals Nederland ze rapporteert aan de EEA (vierkanten)²⁰ als de emissies uit de OPS-bestanden die gebruikt zijn als invoer in dit rapport (kruisjes) weergegeven. De eerste twee datasets zijn heel gelijkend, maar de OPS-dataset is duidelijk verschillend.

Over het algemeen kan men stellen dat de evolutie van de emissies in de buurregio's op schema zit om de emissiereducties zoals opgenomen in de onderbouwing van de PAS te realiseren. Een mogelijke uitzondering is Nederland, afhankelijk van welke dataset men bekijkt (zie ook §2.4).

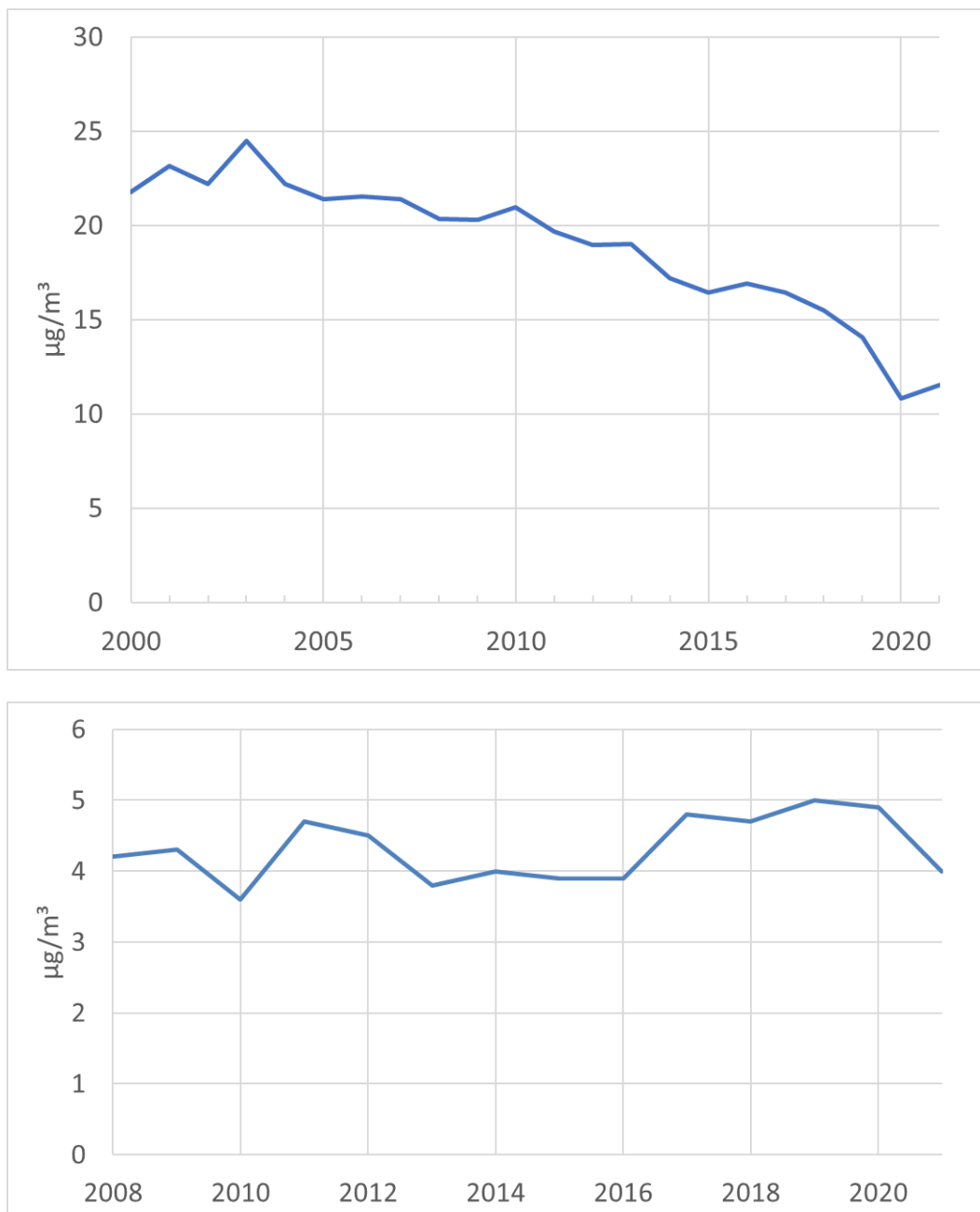


Figuur 21 : Verloop van de stikstofemissies in de nabije buurgewesten en -landen als functie van hun emissies in 2015. Voor Nederland zijn zowel de emissies uit E-MAP gegeven, de emissies zoals Nederland die rapporteert aan de EEA als de emissies van Nederland uit OPS. Het cijfer voor 2030 is het cijfer voor de regio in het G8-scenario. De uitzondering is het cijfer aangeduid met het kruisje wat de emissie-prognose is voor Nederland zoals beschreven in §2.2.7.

²⁰ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-5>

4 TRENDS IN STIKSTOFCONCENTRATIES

Het programmadocument van de PAS²¹ bevat een trendanalyse van de atmosferische concentraties van NO₂ en ammoniak in Vlaanderen tot en met 2021. We hernemen in dit rapport diezelfde figuren en resultaten.²² De belangrijkste conclusie is dat de evolutie van NO₂ een significant dalende trend vertoont, terwijl er zich voor NH₃ geen significante daling voordoet.



Figuur 22 : Boven: jaargemiddelde NO₂-concentratie (in µg/m³) over Vlaanderen voor de periode 2000-2021 (bron: IRCEL). Onder: jaargemiddelde NH₃-concentratie (in µg/m³) op 13 meetlocaties in Vlaanderen voor de periode 2008-2021 (bron: VMM).

²¹ VR 2023 1503 MED.0103/2

²² Vanaf 2024 wordt deze analyse geactualiseerd.

5 TRENDS IN STIKSTOFDEPOSITIES

5.1 Stikstofdepositie in 2021

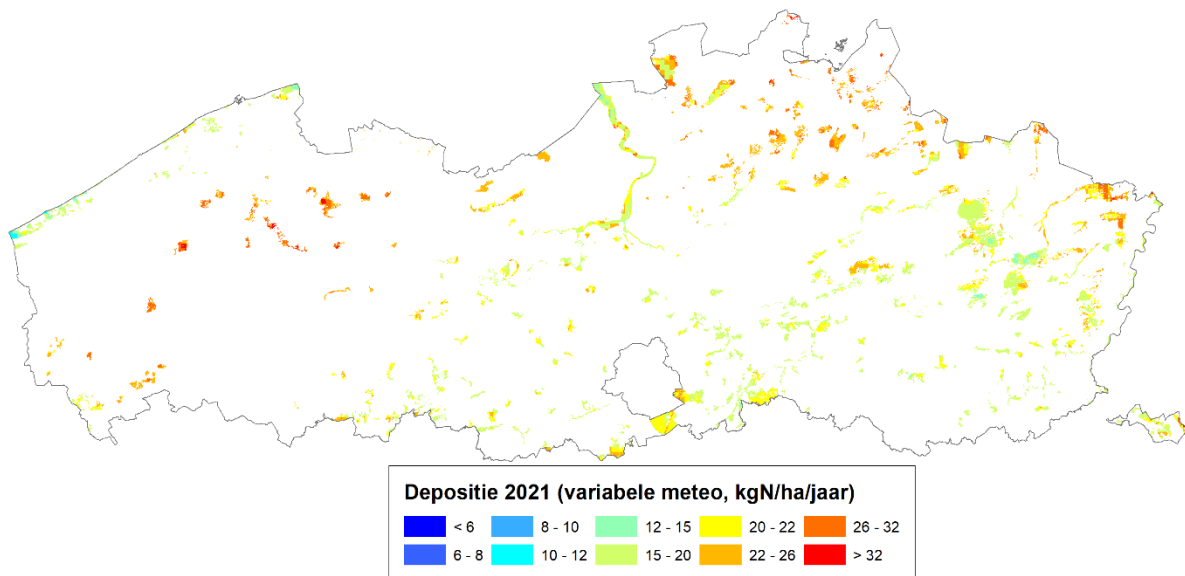
Naast de trends die we zullen bespreken in de volgende hoofdstukken is het belangrijk om te bepalen wat de totale depositie van stikstof was in Vlaanderen in 2021 en hoe die zich verhoudt tot de stikstofgevoeligheid van de natuur binnen de Habitatrichtlijngebieden.

Dit rapport gebruikt hiervoor een zogenaamde KDW-kaart, samengesteld op basis van volgende bronnen:

- BWK-habitatkaart 2023²³
- Natuurstreefbeelden juli 2023²⁴
- Zoekzones v0.2²⁵

Bij overlap tussen de Natuurstreefbeelden juli 2023 en de Zoekzones v0.2 wordt de KDW van de Natuurstreefbeelden gebruikt. Bij overlap tussen de andere bronlagen wordt steeds de laagste KDW van de overlappende percelen genomen.

De depositie in 2021, met meteorologie van 2021 op de Europees te beschermen habitats (dus inclusief natuurstreefbeelden en zoekzones) in de Habitatrichtlijngebieden (SBZ-H) is te vinden in Figuur 23.



Figuur 23 : De stikstofdepositie in 2021 (variabele meteo, in kgN/ha/jaar) op de te beschermen habitats in SBZ-H.

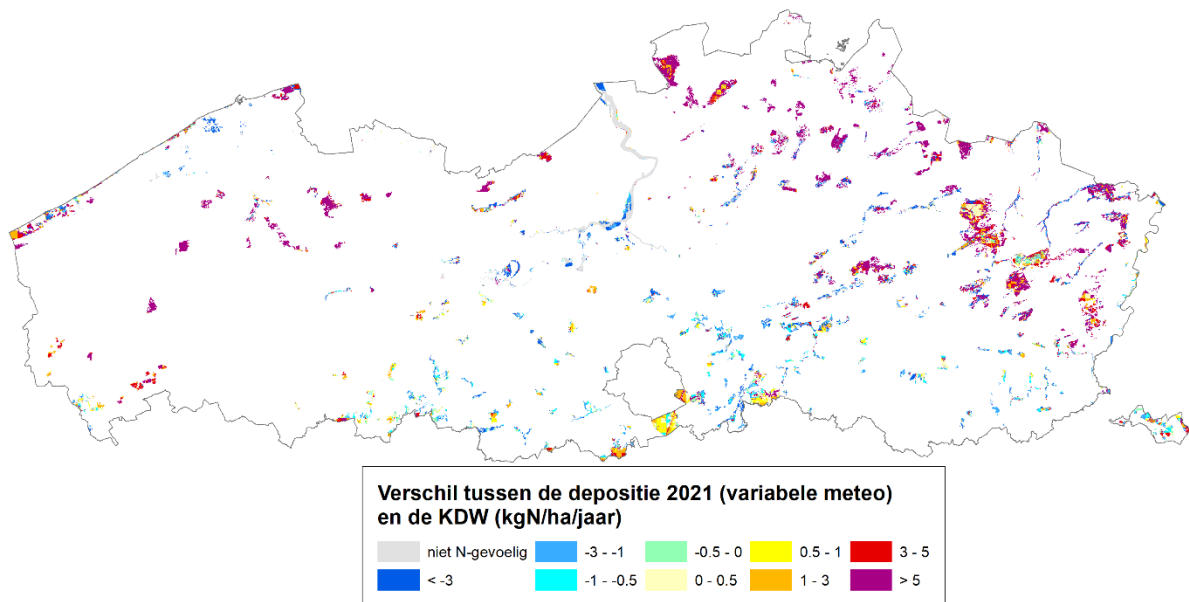
In Figuur 24 is de verschilkaart tussen de depositie en van de KDW in 2021 te vinden, gebruik makende van de meteorologie voor 2021. 11,9% van de oppervlakte aan te beschermen natuur binnen SBZ-H is niet stikstofgevoelig. Daarnaast is 28,9% stikstofgevoelig maar niet in overschrijding. In 26,1% van de oppervlakte was de overschrijding (berekend als het verschil

²³ <https://www.vlaanderen.be/DataCatalogRecord/9fffedd9-5076-4310-a366-198947717725>

²⁴ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/natuurstreefbeelden> versie juli 2023

²⁵ <https://www.vlaanderen.be/DataCatalogRecord/c1c4d674-f94a-42b8-a70d-098ddb0e9ced>

tussen de depositie in 2021 en de KDW) kleiner dan 5 kg N/ha/jaar en in de resterende 33,2% is ze groter.



Figuur 24 : Verschil tussen de depositie in 2021 (variabele meteo) en de KDW (in kgN/ha/jaar).

5.2 Analyse van de depositie op Vlaamse schaal (VLOPS)

5.2.1 Constante meteo

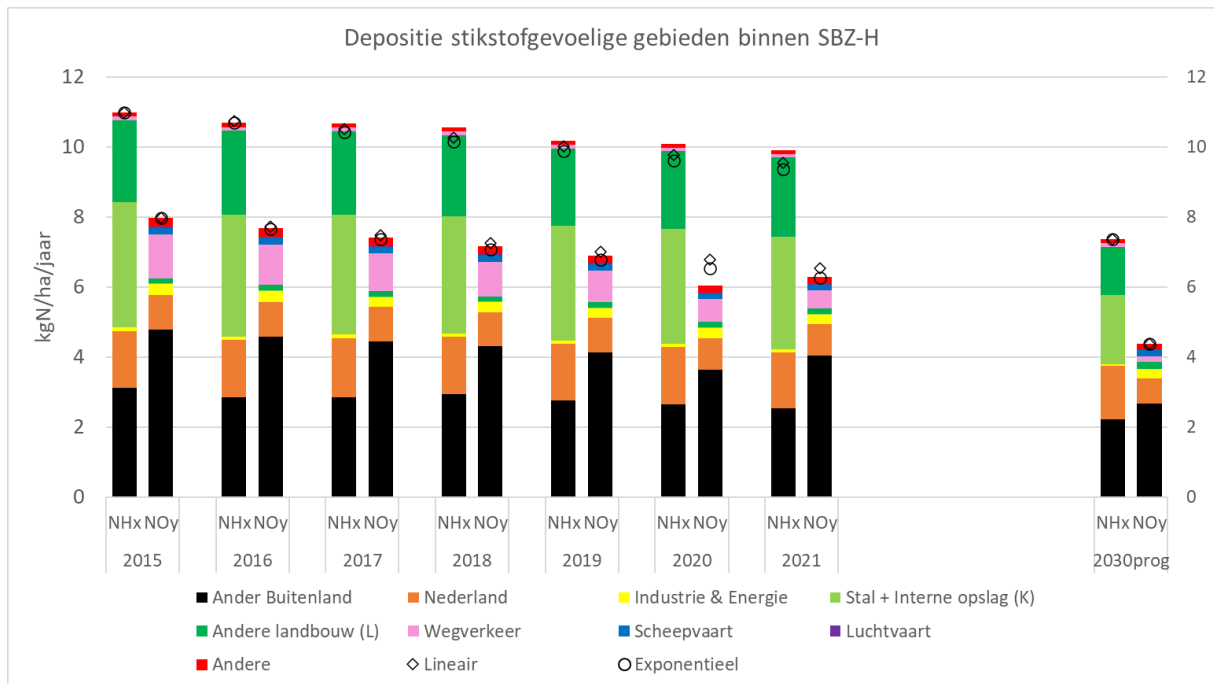
5.2.1.1 Depositieopbouw

Vooraleer de analyse van de veranderingen van de deposities doorheen de tijd te starten is het interessant om te kijken naar de depositiebijdrage per GNFR-sector (of aggregatie van sectoren). Deze is, uitgemiddeld over de stikstofgevoelige habitats binnen SBZ-H, te vinden in Figuur 25.

Het is belangrijk om op te merken dat deze brontoewijzing op niveau van stikstofgevoelige habitats binnen SBZ-H verschilt van de brontoewijzing op niveau van ganse Vlaanderen, zoals die bijvoorbeeld gepubliceerd werd door de VMM²⁶. Daar zijn verschillende redenen voor waarvan de eerstgenoemde veruit de belangrijkste is:

- VMM berekent het gemiddelde over volledig Vlaanderen. De berekening hier is enkel voor de stikstofgevoelige habitats binnen SBZ-H.
- VMM heeft de kalibratiefactoren niet ingewerkt in de depositiebijdrages per sector. In voorliggend rapport gebeurt dit wel. Zie ook einde van §2.3.
- VMM gebruikt de meteorologie van 2021. In Figuur 25 wordt de vaste meteorologie van 2015 gebruikt.

²⁶ <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/stikstofdepositie>



Figuur 25 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats binnen SBZ-H voor zowel NH_x - als NO_y -depositie (kleurbalken; in kgN/ha/jaar). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat de depositie zou moeten zijn bij een lineaire evolutie tussen 2015 en 2030prognose, idem voor de bolletjes bij een logaritmische trend.

We zien volgende zaken op Figuur 30:

- De ammoniakbijdrage aan de stikstofdepositie is hoger dan de NO_y -bijdrage.
- Binnen zowel de ammoniakbijdrage als de NO_y -bijdrage is het buitenland belangrijk. Voor NO_y loopt deze op tot meer dan 75%.
- Voor de Vlaamse bronnen zijn vooral de landbouw- NH_x -bronnen relevant.
- Er is, gemiddeld over de stikstofgevoelige gebieden binnen SBZ-H, een daling te zien van zowel de ammoniak- als de NO_y -bijdrage.
- De daling voor de ammoniakbijdrage is duidelijk minder uitgesproken dan de trendlijnen 2015-2030prognose.
- De daling voor de NO_y -bijdrage is in de range van de trendlijnen 2015-2030prognose. Het jaar 2020 toont een duidelijk effect van de maatregelen tegen het COVID-19-virus. Dit effect was ook nog aanwezig in 2021.

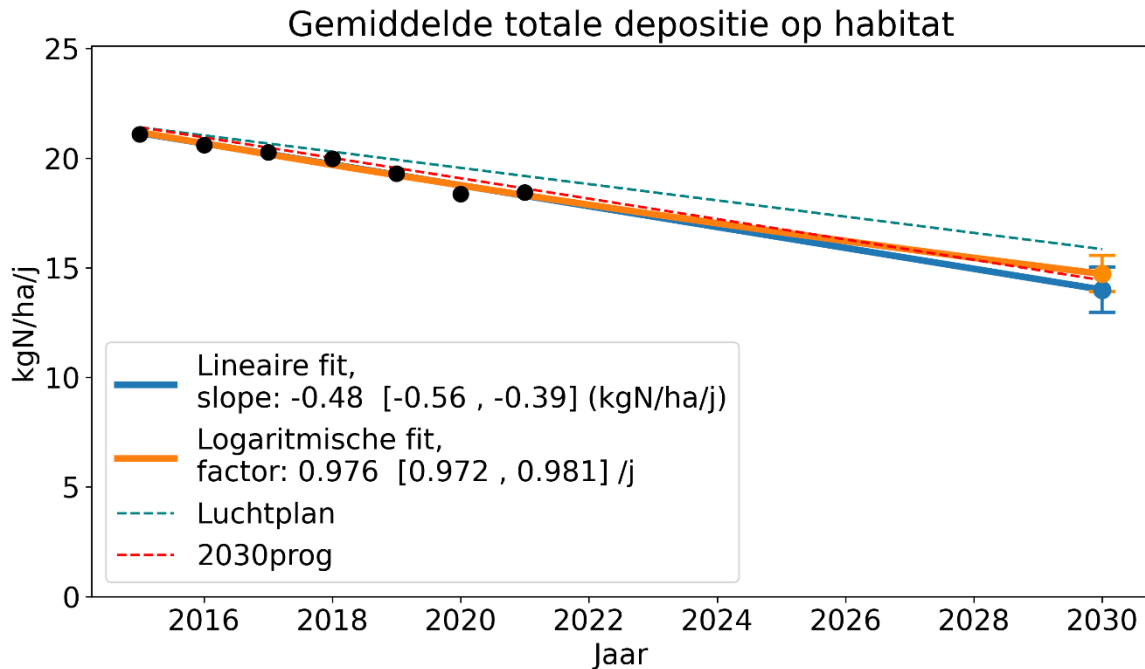
Enkele belangrijke cijfers staan ook nog in Tabel 3.

Tabel 3 : Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in Vlaamse SBZ-H's; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021.

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [kgN/ha/jaar]	7,14	2,48	6,58
Lineaire trend 2015-2021 [(kgN/ha/jaar)/jaar]	-0,23 [-0,26; -0,21]	-0,02 [-0,04; 0,00]	-0,24 [-0,32; -0,16]

5.2.1.2 Gemiddelde depositie op Vlaamse SBZ-H

We bepalen eerst de lineaire trend van de stikstofdepositie doorheen de jaren. Hiertoe vertrekken we van de uitvoer van het VLOPS-model, dat deposities modelleert op een regulier rooster met een resolutie van 1 km². Op basis van de VLOPS-deposities voor de periode 2015 – 2021 (gebruikmakend van de meteo 2015), bepalen we in eerste instantie de evolutie van de gemiddelde depositie op actueel habitat, percelen onder passend beheer en zoekzones binnen SBZ-H's in Vlaanderen, voor zover het stikstofgevoelige habitats betreft. Hiertoe worden de formules uit bijlage A gebruikt.



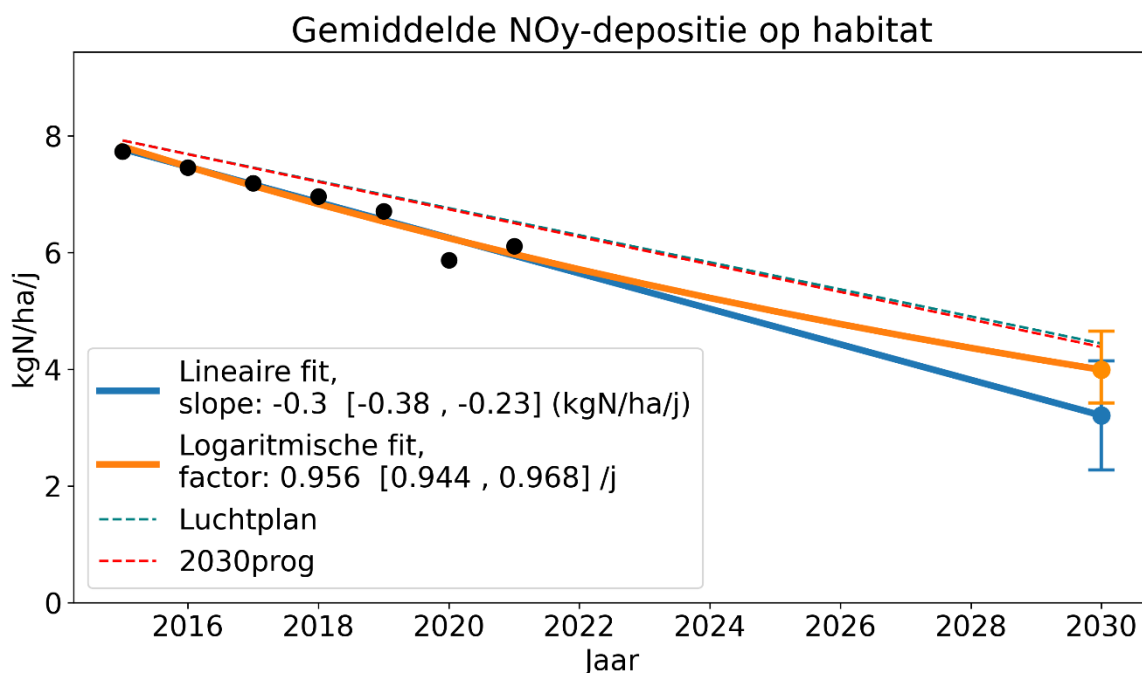
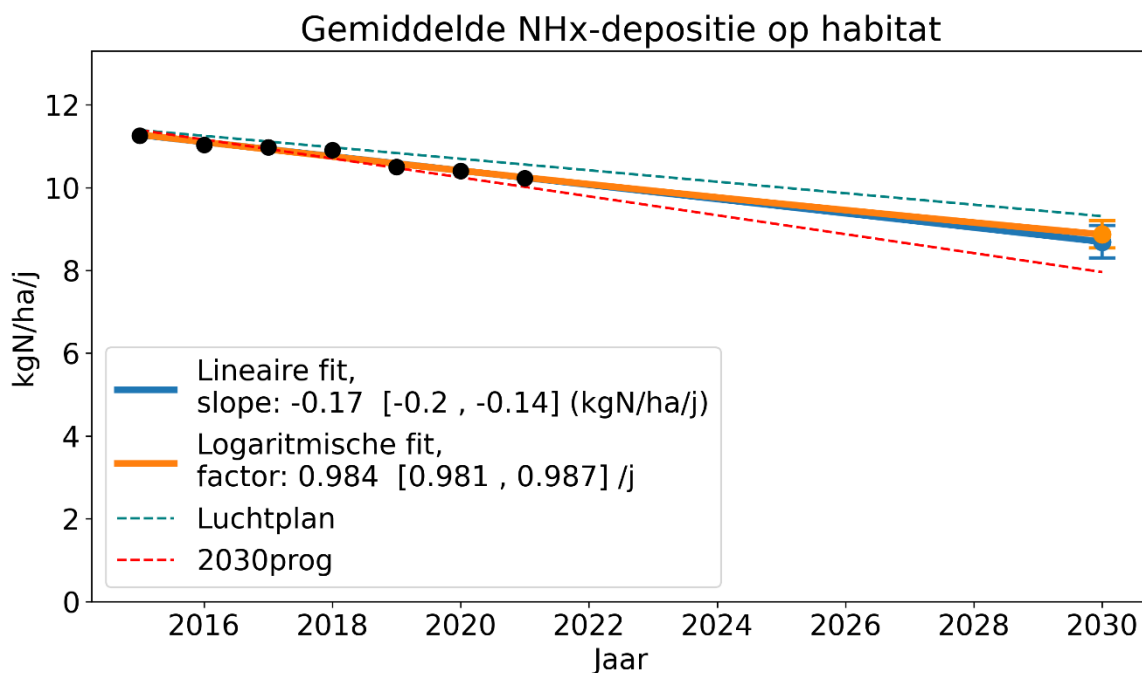
Figuur 26 : Verloop van de gemiddelde depositie (kgN/ha/jaar) op de stikstofgevoelige habitats in de SBZ-H's in Vlaanderen. Zwarte punten tonen de deposities voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen beschrijven de trend tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en het scenario 2030prognose (rode stippellijn).

Figuur 26 toont de evolutie van de gemiddelde depositie op de habitats in Vlaanderen. De figuur geeft een significante, dalende trend aan over de periode 2015 – 2021. Als we uitgaan van een lineaire daling, neemt de gemiddelde depositie af met 0,48 [0,39 ; 0,56] kgN/ha/jaar per jaar; bij de aanname van een logaritmische relatie is er een jaarlijkse daling van 2,4 [1,9 ; 2,8] percent per jaar. Als deze trends ongewijzigd blijven de komende jaren, komen we in 2030 uit op een gemiddelde depositie van 14,01 [12,98 ; 15,04] kgN/ha/jaar (lineaire trend) of 14,73 [13,93 ; 15,58] kgN/ha/jaar (logaritmische trend). De inschattingen voor het Luchtbeleidsplan en het 2030prognose-scenario liggen respectievelijk op 15,85 en 14,43 kgN/ha/jaar. Op basis van een extrapolatie van de lineaire trend uit de periode 2015 – 2021 is de prognose voor 2030 dus binnen bereik, op basis van een logaritmische trend zijn er nog wat extra reducties nodig, maar de doelstelling is zeker niet onhaalbaar. We dienen hier wel bij op te merken dat deze relaties uitgaan van een ongewijzigde trend. Gezien de opmerkingen die geplaatst werden rond de emissiedalingen (voornamelijk voor de sector wegverkeer), valt het af te wachten of de trend uit de periode 2015 – 2021 volgehouden kan worden tot in 2030.

Bovendien gaat het hier om een gemiddelde depositie, met name uitgemiddeld over alle stikstofgevoelige habitats binnen de SBZ-H's. Om aan het G8-scenario in het kader van de definitief vastgestelde PAS te voldoen moeten de reductiedoelen uit dit scenario per habitat en per SBZ-H afgetoetst worden.

Om meer inzicht te krijgen in deposities splitsen we, net zoals voor de emissies, de bijdrages van NH_x en NO_y (zie Figuur 27) op. Daarbij valt een duidelijk verschil tussen de evolutie voor beide pollutanten op. Enerzijds geeft de trend voor ammoniak en ammoniumverbindingen een significante, doch beperkte daling van 0,17 [0,14; 0,2] kgN/ha/j per jaar (lineaire trend) of 1,6 [1,3; 1,9] percent per jaar (logaritmische trend). Anderzijds wordt voor stikstofdioxide en geoxideerde stikstofverbindingen een significante en sterke daling van 0,3 [0,23; 0,38] kgN/ha/j per jaar (lineaire trend) of 4,4 [3,2; 5,6] percent per jaar (logaritmische trend) gevonden. Bij de vergelijking van de depositie met de doelstellingen uit het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario zien we hetzelfde. De trendlijn van NH_x -depositie van de periode 2015-2021 ligt tussen de trendlijnen van het Luchtbeleidsplan en deze met het 2030prog-scenario (zowel voor de lineaire als de logaritmische extrapolatie, en rekening houdend met de offset tussen de beleidsplannen en de werkelijke situatie in 2015). Voor ammoniak lijken dus nog extra inspanningen nodig te zijn om de 2030-doelstelling in het kader van de definitief vastgestelde PAS alsnog te behalen. Anderzijds zien we dat de NO_y -deposities in de periode 2015-2021 zich gunstiger ontwikkeld hebben dan aangenomen in de doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het 2030prog-scenario. Zowel de lineaire trend als de logaritmische trend leiden in dat geval nog steeds naar een inschatting die in 2030 onder de doelstelling van het Luchtbeleidsplan en het G8-scenario ligt. Hierbij dienen we wel op te merken dat de trend hier ook sterk beïnvloed wordt door de maatregelen om het COVID19-virus in te perken in 2020, en in mindere mate in 2021, en dat we moeten afwachten of de trend uit de periode 2015 - 2021 behouden blijft in de toekomst.

Samengevat tonen deze resultaten aan dat de trend voor de totale gemiddelde deposities dus het gevolg is van een beperkte daling van de NH_x -deposities, welke gecompenseerd wordt door een sterke daling van de NO_y -deposities, waarbij het echter onzeker is of de dalingen van deze laatste bijdrage even groot kunnen blijven in de toekomst. We herhalen hier dat om aan de definitief vastgestelde PAS te voldoen de reductiedoelen uit het G8-scenario per habitat en per SBZ-H afgetoetst moeten worden.



Figuur 27 : Verloop van de gemiddelde depositie (kgN/ha/jaar) op SBZ-H's in Vlaanderen. De bovenste figuur geeft de resultaten voor de NH_x-depositie, de onderste voor de NO_y-depositie. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen beschrijven de trend tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en het 2030prog-scenario (rode stippellijn).

5.2.1.3 Depositie per VLOPS grid cel

5.2.1.3.1 Totale depositie

We kunnen verder ook kijken naar de evolutie van de depositie op elke VLOPS-roostercel. We focussen hierbij enkel op de lineaire trend en bepalen deze over de periode 2015 – 2021 op basis van de formules uit bijlage A. De onzekerheid van de trend wordt bepaald door de standaarddeviatie op de trend volgens de formules in bijlage A te berekenen. We beschouwen vervolgens de verhouding tussen de trend en de standaarddeviatie van de trend als een maat voor de onzekerheid op het teken van de trend (positief: stijging, negatief: daling). De combinatie van een grote trend (sterk stijgend of sterk dalend) en een kleine standaardafwijking op deze trend geeft immers aan dat de relatieve onzekerheid op de trend klein is. Om deze onzekerheid te kwantificeren wordt op basis van de cumulatieve distributiefunctie van de studentverdeling, deze teststatistiek omgezet in een p-waarde. Het is belangrijk te duiden dat deze p-waarde enkel een maat is voor de onzekerheid op de regressie.

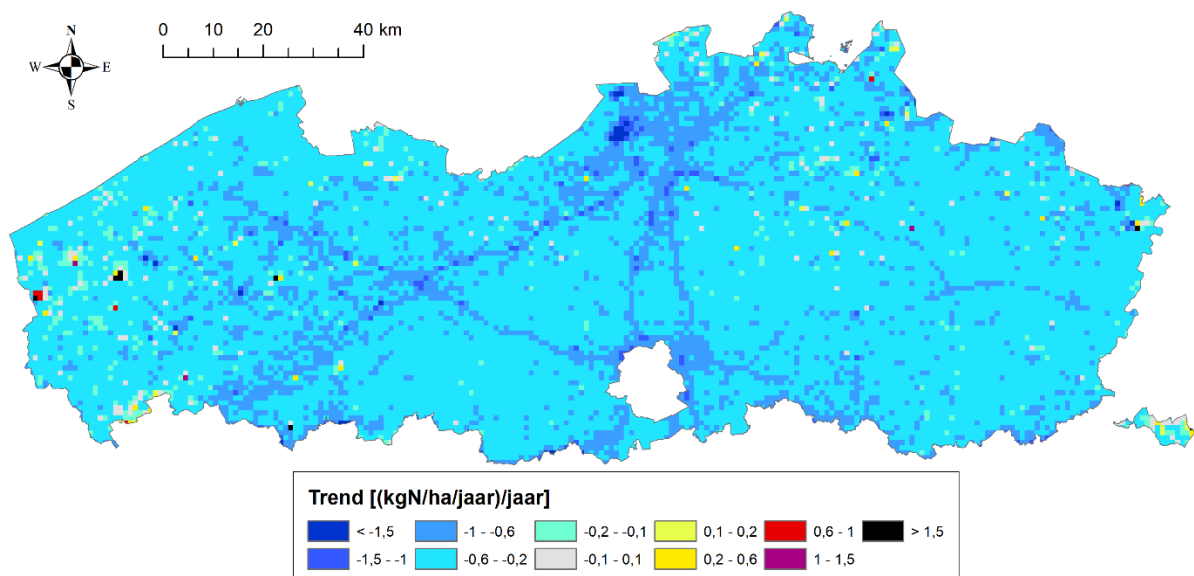
In Figuur 28 vinden we de lineaire trend in stikstofdepositie tussen 2015 en 2021. Negatieve waarden (blauw-groen) wijzen op een dalende trend van de stikstofdepositie in die periode, positieve waarden op een stijging (oranje-rood-zwart). De blauwgroene kleuren overheersen op de kaart en geven aan dat er over het algemeen een dalende trend wordt waargenomen over de periode 2015 – 2021. Het feit dat het wegenpatroon duidelijk zichtbaar is wijst erop dat de daling in emissies van het wegverkeer hierin een belangrijke rol speelt. Enkel lokaal vinden we regio's met toenames van de deposities.

Deze trendkaart moet samen bekeken worden met Figuur 29, die de p-waarde van de trend toont. We kunnen de trends immers enkel interpreteren als we ook in rekening brengen hoe significant ze zijn. Een trend gecombineerd met een hoge p-waarde (vale kleuren) wijst op sterke schommelingen van jaar tot jaar in de stikstofdepositie, en dus statistisch zwakke trend, terwijl een trend gecombineerd met een lage p-waarde (heldere kleuren) wel op een statistisch sterke daling wijst. De figuur toont dat de dalende trend op de meeste locaties significant is ($p < 0,05$), terwijl dit maar op een beperkt aantal locaties het geval is voor de stijgende trend. Tabel 4 geeft een overzicht van de richting van de trend en de bijhorende significantie voor alle VLOPS-roostercellen. Van ongeveer 99,2% van de Vlaamse oppervlakte is sprake van een dalende trend waarvan 96,3% significant is (minstens $p < 0,05$, 91,3% heeft $p < 0,01$). Van de 0,8% met stijgingen is slechts 0,2% significant (minstens $p < 0,05$, 0,1% heeft $p < 0,01$). De locaties met een stijging hoeven nog geen probleem te zijn, als deze stijgingen enkel voorkomen op plaatsen waar geen (stikstofgevoelige) habitats aanwezig zijn. Dit zou zelfs mogelijks een effect van de uitvoering van het PAS-programma kunnen zijn: wanneer depositiestijgingen enkel voorkomen in vlekken ver verwijderd van de SBZ-H's en depositiedalingen of status-quo in gebieden dicht bij de SBZ-H's. De PAS, focust zich dan ook op de SBZ-H's, niettegenstaande het streven naar een gunstige staat van instandhouding voor elk beschermd habitattypen, ook buiten de SBZ-H's. Of deze stijgingen enkel voorkomen buiten SBZ-H's wordt verderop in het rapport bekeken (§5.3).

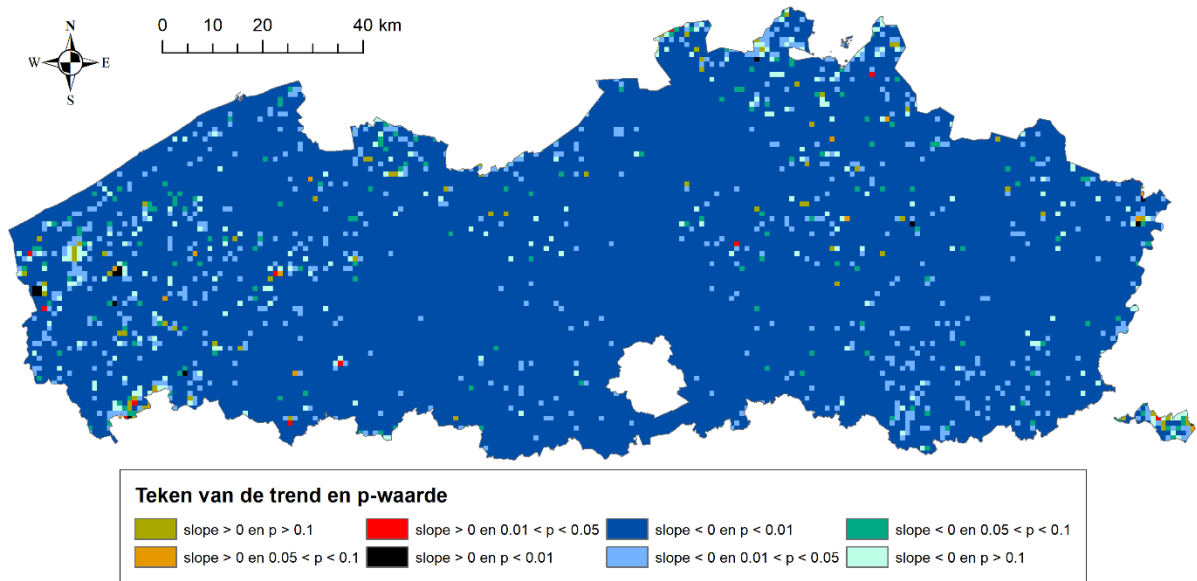
Tenslotte kunnen we ook kijken naar het jaar met de laagste depositie voor alle locaties in Vlaanderen (zie Figuur 30). We krijgen dan een kaart waarin vooral de jaren 2020 en 2021 voorkomen, wat consistent is met de dalende trend die we eerder gezien hebben. Enkel in het westen van West-Vlaanderen, en in de omgeving van de Nederlandse grens vinden we meerdere plaatsen met een ander jaartal voor de minimale depositie.

Tabel 4 : Analyse van de richting van de trend en de bijhorende significantie voor alle gridcellen in Vlaanderen. Voor elk van de categorieën is zowel de oppervlakte in ha gegeven als het percentage van de oppervlakte dat in deze categorie valt. Slope < 0 = dalende depositietrend; slope > 0 = stijgende depositietrend.

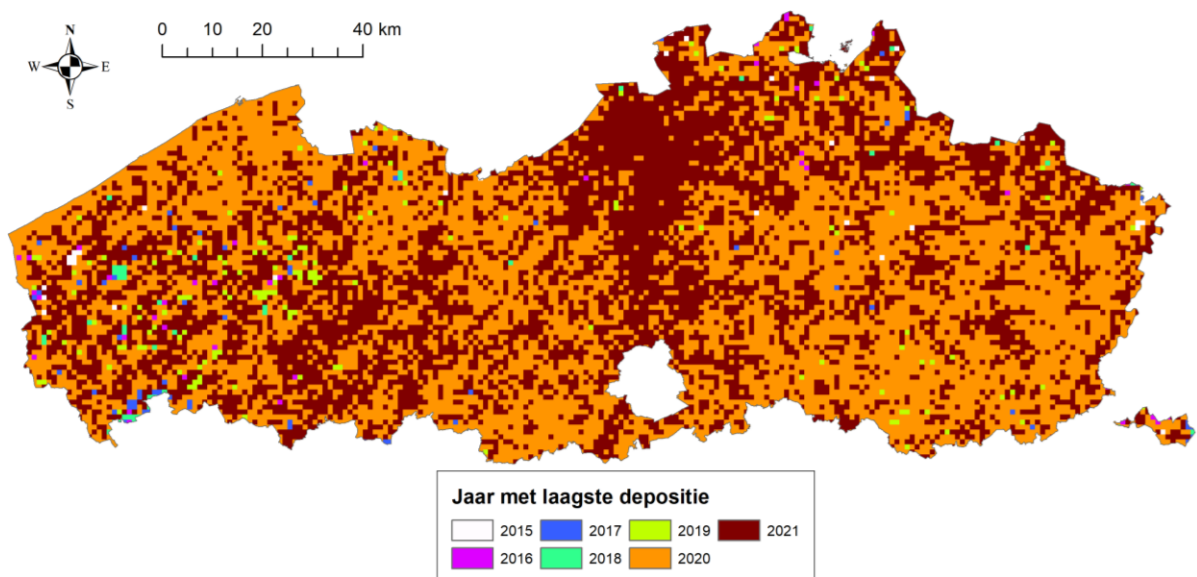
INDELING	RELATIEVE OPPERVLAKTE (%)	OPPERVLAKTE (HA)
slope < 0 en p > 0,1	1,7%	231
slope < 0 en 0,05 > p > 0,1	1,2%	163
slope < 0 en 0,01 > p > 0,05	5,0%	673
slope < 0 en 0,01 > p	91,3%	12411
slope > 0 en 0,01 > p	0,1%	14
slope > 0 en 0,01 > p > 0,05	0,1%	11
slope > 0 en 0,05 > p > 0,1	0,1%	14
slope > 0 en p > 0,1	0,5%	71



Figuur 28 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities op 1 km² resolutie in de periode 2015 – 2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.



Figuur 29 : Tekenen van de trend in N-depositie en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021). Alle data op een 1 km² resolutie.



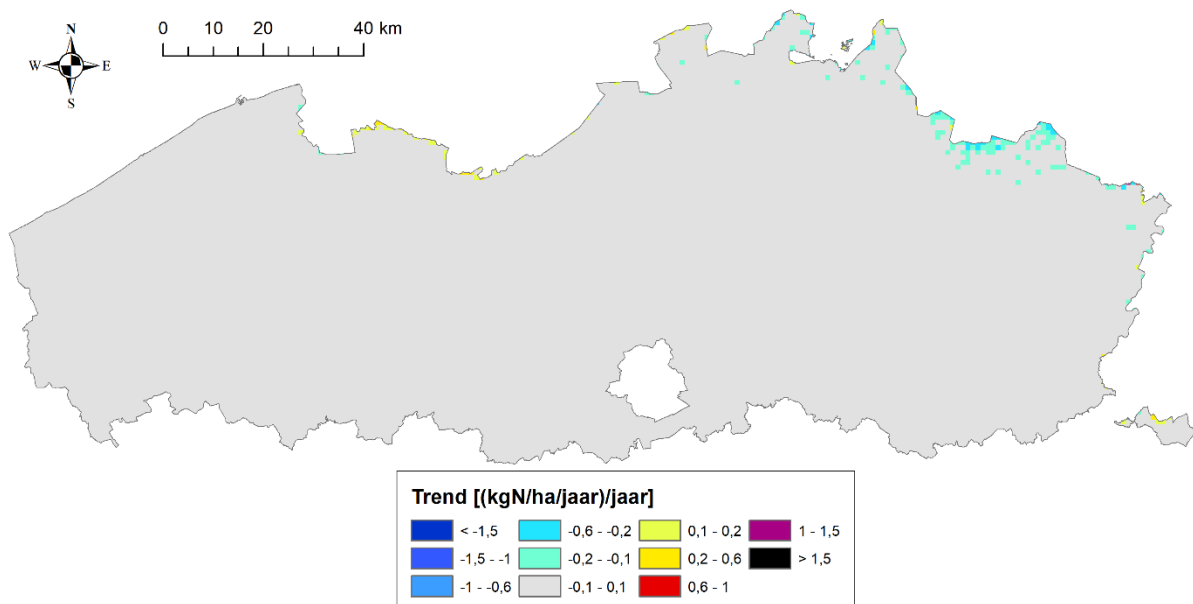
Figuur 30 : Jaar met de laagste depositie uit de periode 2015-2021. Alle data op een 1 km² resolutie.

5.2.1.3.2 Depositie vanuit Nederlandse bronnen

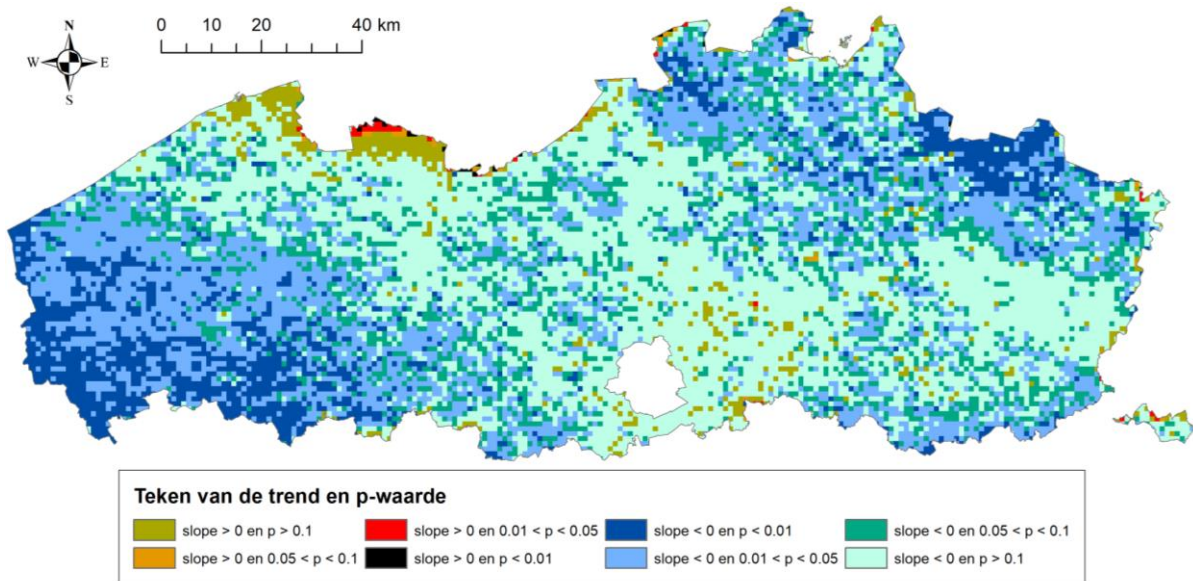
Focussen we ons op de depositie afkomstig van bronnen uit Nederland, dan kunnen we ook hier trends afleiden.

In Figuur 31 vinden we de lineaire trend in stikstofdepositie tussen 2015 en 2021. Negatieve waarden (blauw-groen) wijzen op een dalende trend van de stikstofdepositie in die periode, positieve waarden op een stijging (oranje-rood). De kaart is grotendeels grijs, wat wijst op een heel kleine trend vanuit Nederland. De trend is licht dalend in het noorden van de provincies Antwerpen en Limburg en licht stijgend in het noorden van Oost-Vlaanderen en delen van Voeren. Dit past bij de geringe emissiereducties die te zien zijn in de Nederlandse OPS-emissies (zie Figuur 21).

Figuur 32 toont dat de kleine trend vanuit Nederlandse bronnen vaak niet statistisch significant is.



Figuur 31 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities afkomstig van bronnen uit Nederland op 1 km² resolutie in de periode 2015 – 2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.



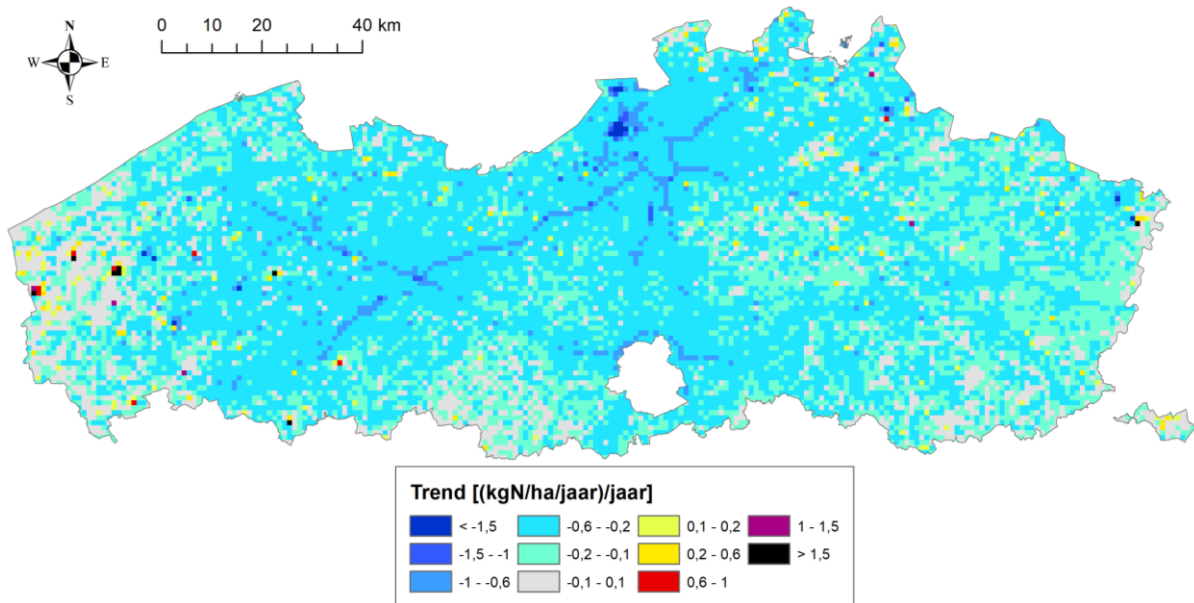
Figuur 32 : Teken van de trend in N-depositie afkomstig van bronnen uit Nederland en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021). Alle data op een 1 km² resolutie.

5.2.1.3.3 Depositie vanuit Vlaamse bronnen

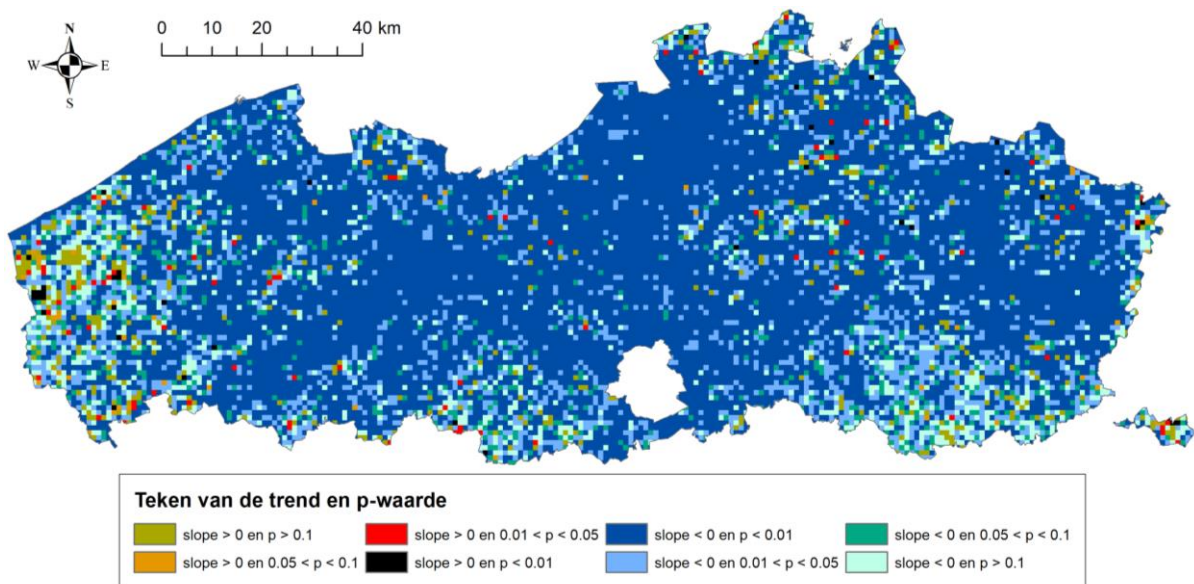
Focussen we op de depositie afkomstig van bronnen uit Vlaanderen, dan kunnen we ook hier trends afleiden.

In Figuur 33 vinden we de lineaire trend in stikstofdepositie tussen 2015 en 2021. Negatieve waarden (blauw-groen) wijzen op een dalende trend van de stikstofdepositie in die periode, positieve waarden op een stijging (oranje-rood-zwart). De blauwgroene kleuren overheersen op de kaart en geven aan dat er over het algemeen een dalende trend wordt waargenomen over de periode 2015 - 2021. Het feit dat het wegepatroon duidelijk zichtbaar is wijst erop dat de daling in emissies van het wegverkeer hierin een belangrijke rol speelt. Enkel lokaal vinden we regio's met toenames van de deposities.

Figuur 34 toont dat de dalende trend op de meeste locaties significant is ($p < 0,05$), terwijl dit maar op een beperkt aantal locaties het geval is voor de stijgende trend. Vergeleken met de totale depositie, dus inclusief de buitenlandse bronnen (Figuur 29), zijn er wel meer locaties met een significant stijgende trend en minder met een significant dalende trend.



Figuur 33 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities afkomstig van bronnen uit Vlaanderen op 1 km² resolutie in de periode 2015 – 2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.



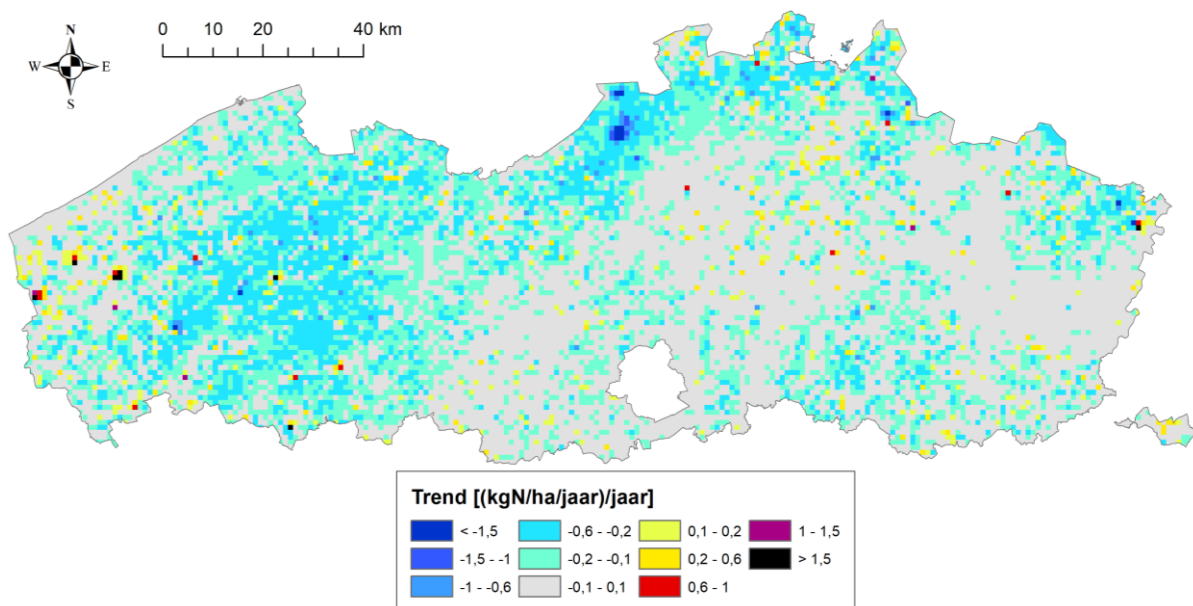
Figuur 34 : Teken van de trend in N-depositie afkomstig van bronnen uit Vlaanderen en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021). Alle data op een 1 km² resolutie.

5.2.1.3.4 Depositie vanuit Vlaamse NH₃-bronnen

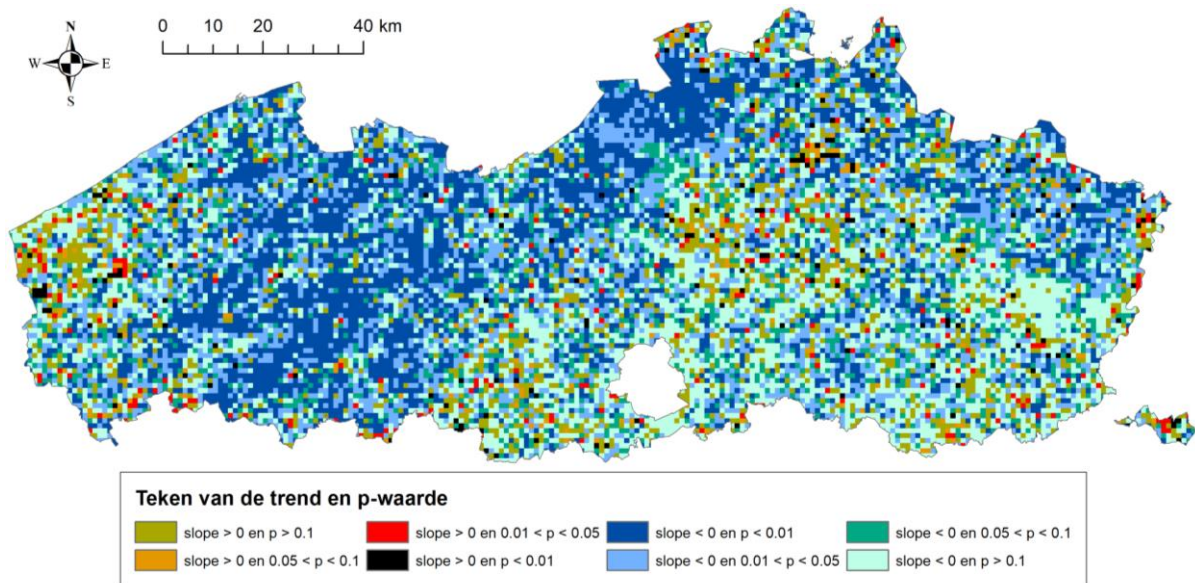
De Vlaamse bronnen kunnen verder opgesplitst worden per pollutant om ook daaruit trends af te leiden.

In Figuur 35 vinden we de lineaire trend in stikstofdepositie van Vlaamse ammoniakbronnen tussen 2015 en 2021. Negatieve waarden (blauw-groen) wijzen op een dalende trend van de stikstofdepositie in die periode, positieve waarden op een stijging (oranje-rood). Er is meer blauw-groen te zien op de kaart dan oranje-rood, wat erop duidt dat er over het algemeen een dalende trend wordt waargenomen over de periode 2015 - 2021. Enkel lokaal vinden we regio's met toenames van de deposities. Belangrijk is de significantie van de trend in rekening te brengen om conclusies te trekken.

Figuur 36 toont enerzijds dat er voor heel wat VLOPS-cellen geen significante trend waar te nemen is ($p > 0,05$) en anderzijds dat de dalende trend vooral in het oosten van de provincie West-Vlaanderen, in Oost-Vlaanderen en het westen van de provincie Antwerpen op de meeste locaties significant is ($p < 0,05$).



Figuur 35 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities afkomstig van NH₃-bronnen uit Vlaanderen op 1 km² resolutie in de periode 2015–2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.



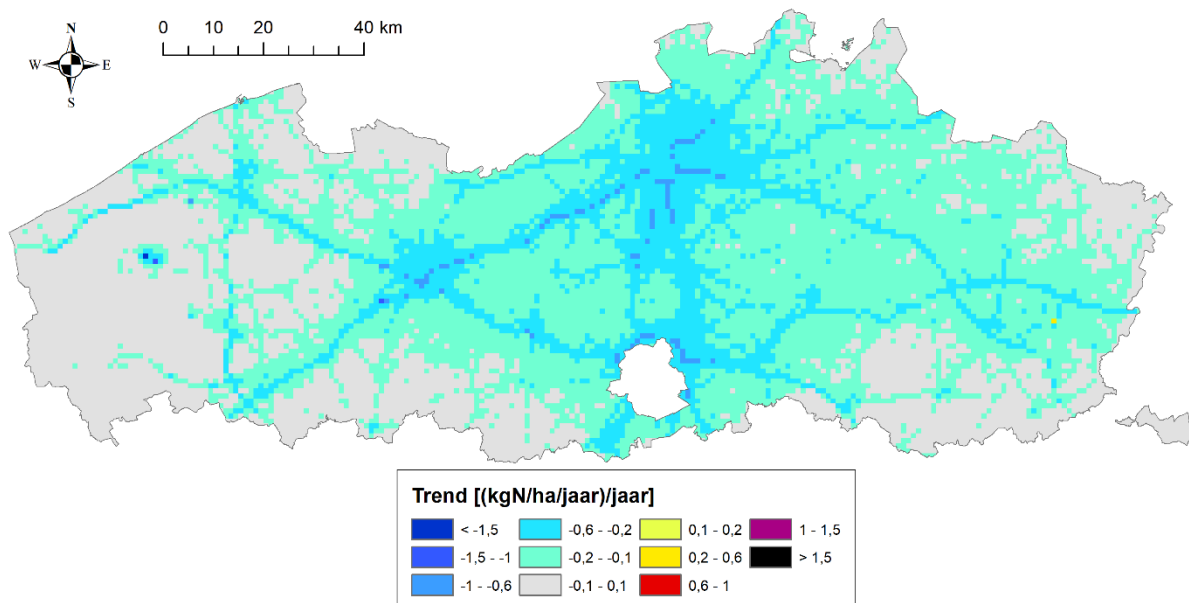
Figuur 36 : Teken van de trend in N-depositie afkomstig van NH₃-bronnen uit Vlaanderen en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021). Alle data op een 1 km² resolutie.

5.2.1.3.5 Depositie vanuit Vlaamse NO_x-bronnen

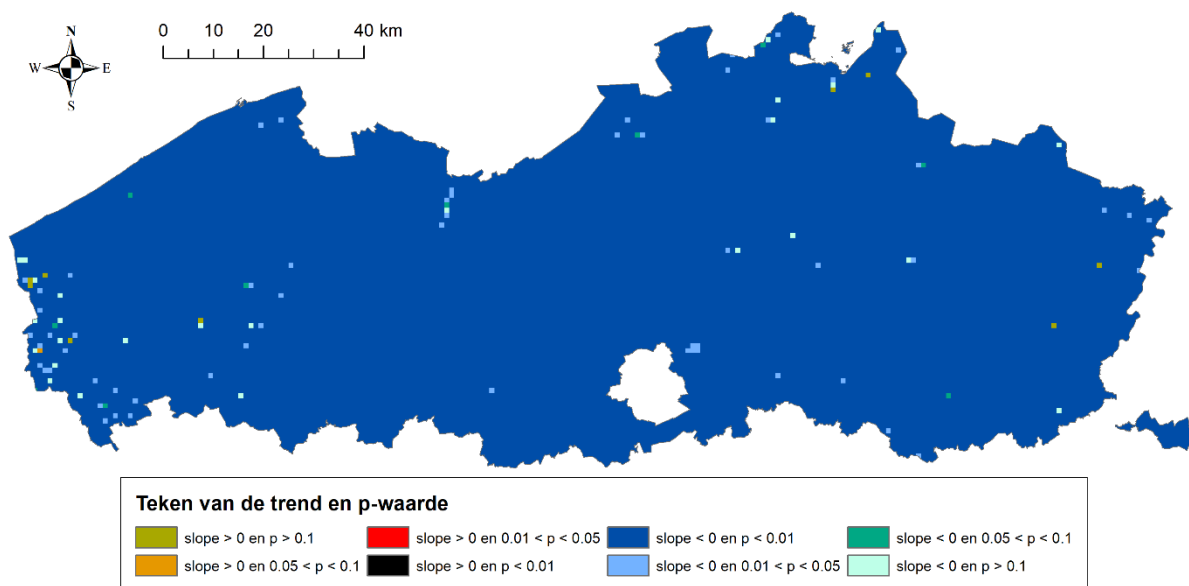
We sluiten dit deel af met de Vlaamse NO_x-bronnen.

In Figuur 37 vinden we de lineaire trend in stikstofdepositie van Vlaamse stikstofbronnen tussen 2015 en 2021. Negatieve waarden (blauw-groen) wijzen op een dalende trend van de stikstofdepositie in die periode, positieve waarden op een stijging (oranje-rood). Er zijn enkel dalingen te zien op de kaart, vooral in de omgeving van belangrijke wegen. Figuur 38 toont dat de dalende trend quasi overal significant is.

Er dient opgemerkt te worden dat de data ook per sector beschikbaar is, maar hier niet getoond wordt om het rapport niet te overladen.



Figuur 37 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities afkomstig van NO_x-bronnen uit Vlaanderen op 1 km² resolutie in de periode 2015– 2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.

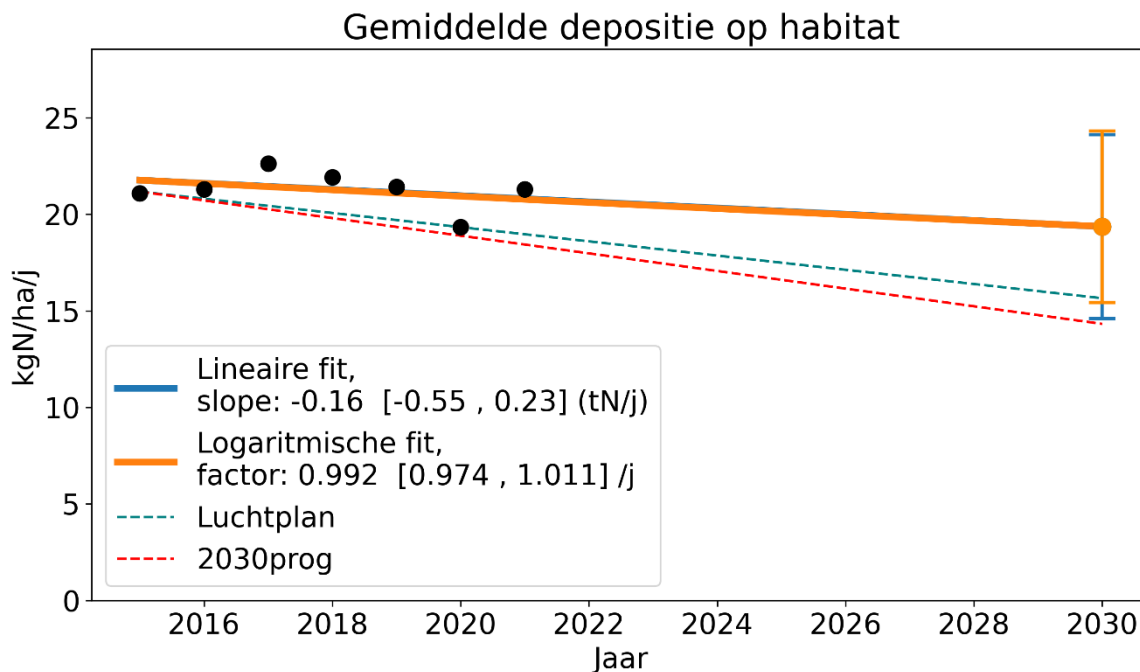


Figuur 38 : Teken van de trend in N-depositie afkomstig van NO_x-bronnen uit Vlaanderen en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021). Alle data op een 1 km² resolutie.

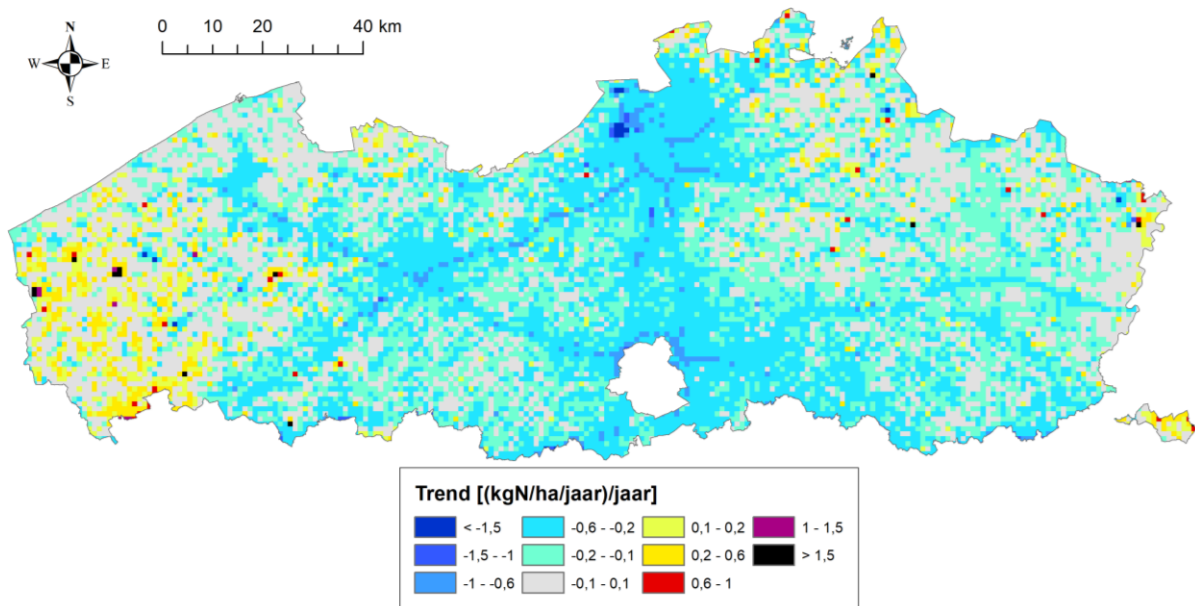
5.2.2 Variabele meteo

De standaardberekeningen in dit rapport zijn gebaseerd op een vaste meteorologie. Voor elk jaar wordt daarbij gebruik gemaakt van de meteorologische data voor 2015, zodat de depositietrends een duidelijk beeld geven van de evolutie veroorzaakt door veranderingen in de emissies. In deze gevoeligheidsstudie wordt geanalyseerd wat het effect van de veranderende meteorologie bovenop de veranderingen in emissies teweeg brengt. Op deze manier kunnen we zien hoe de trend die we zien in de emissies en deposities in verhouding gebracht kan worden ten opzichte van de variatie die we zien in de meteorologie. Hiertoe wordt de kern van de analyse uit secties 5.2.1.2 en 5.2.1.3.1 herhaald op basis van VLOPS-resultaten welke afgeleid worden door variabele meteo te gebruiken.

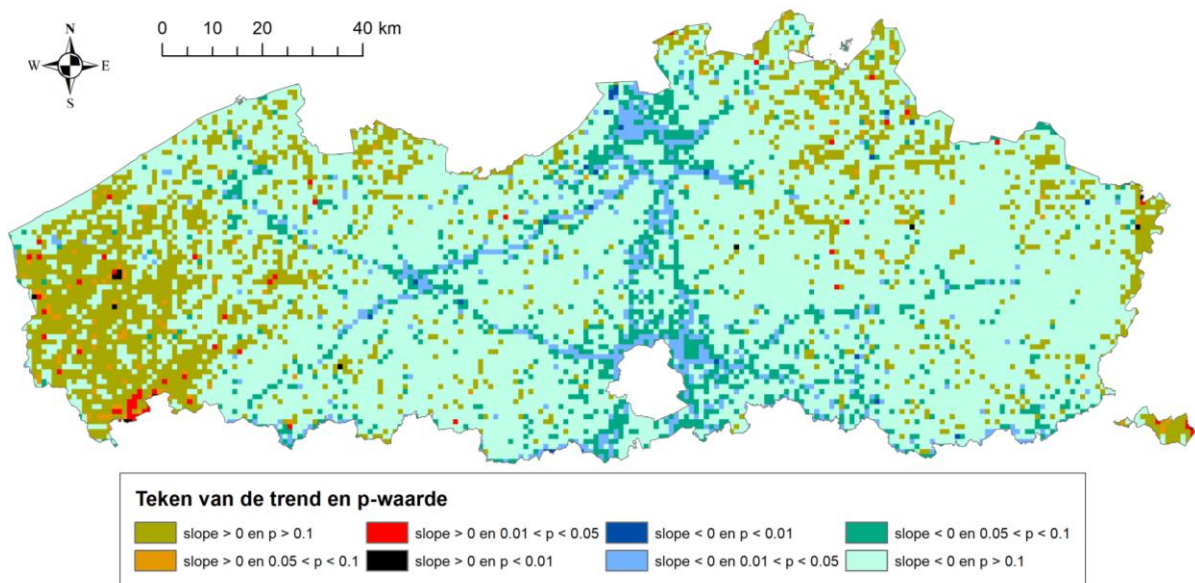
Figuur 39 toont de evolutie van de gemiddelde depositie op de habitats, en de kaarten met de trend, p-waarde en jaar met laagste depositie worden getoond in Figuur 40, Figuur 41 en Figuur 42. De resultaten tonen aan dat de meteorologie een belangrijk effect heeft op de uitgevoerde analyse. Toch zien we de dalende trend in deposities ook terug in de resultaten indien we gebruik maken van de variabele meteorologie, zij het dat de trend veel minder uitgesproken is (-0,16 vs. -0,48 met constante meteo) en een stuk meer gemaskeerd wordt door de jaarlijkse variabiliteit. Aangezien er weinig reden is om aan te nemen dat de meteorologie standaard verschuift naar een meer ongunstige situatie (meer depositie voor zelfde emissies) kunnen we dus vermoeden dat, indien de trend in emissies de komende jaren aanhoudt, de (dalende) trend in deposities ook terug duidelijker zichtbaar zou moeten worden. We zien ook dat het jaar met de laagste depositie voor de bekeken tijdsreeks op veel locaties 2020 is.



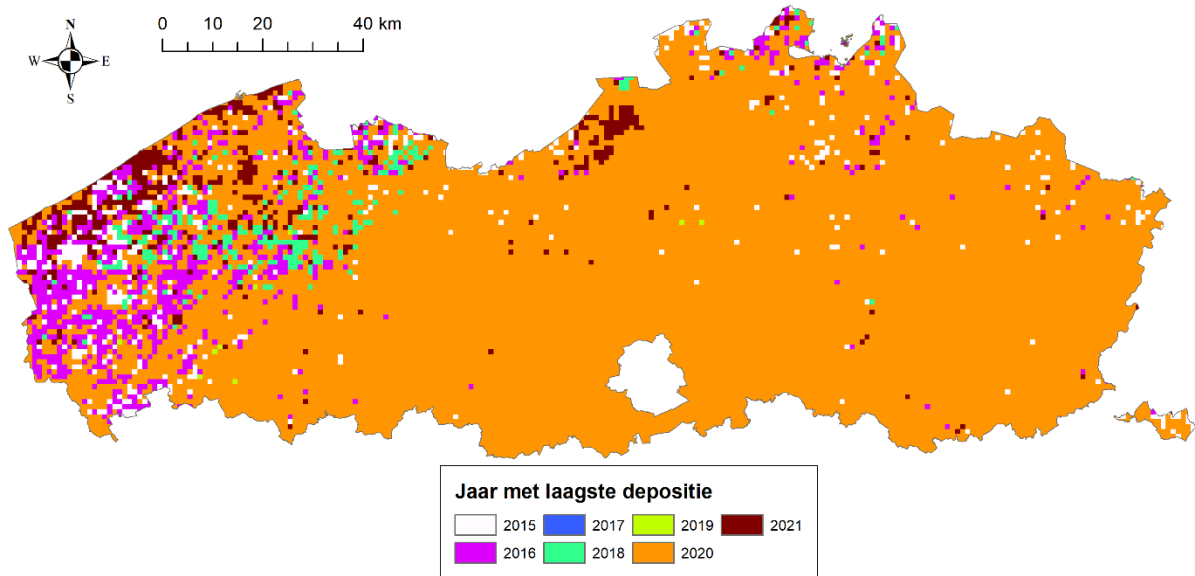
Figuur 39 : Verloop van de gemiddelde depositie (kgN/ha/jaar) op SBZ-H's in Vlaanderen, indien de analyse wordt uitgevoerd op basis van de meteorologie uit het desbetreffende zichtjaar. Zwarte punten tonen de gerapporteerde (reële, niet vergunde) emissies voor de jaren 2015 t.e.m. 2021. Blauwe en oranje data beschrijven een lineaire en logaritmische regressie (zie beschrijving in Figuur 4 voor details). De streepjeslijnen beschrijven de trend tussen 2015 en de 2030-doelstelling van het Luchtbeleidsplan (groene stippellijn) en het 2030prog-scenario e stippellijn).



Figuur 40 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities op 1 km² resolutie in de periode 2015 – 2021, zoals gemodelleerd door het VLOPS model, indien de analyse wordt uitgevoerd op basis van de meteorologie uit het desbetreffende zichtjaar.



Figuur 41 : Teken van de trend in N-depositie en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021), indien de analyse wordt uitgevoerd op basis van de meteorologie uit het desbetreffende zichtjaar. Alle data op een 1 km² resolutie.



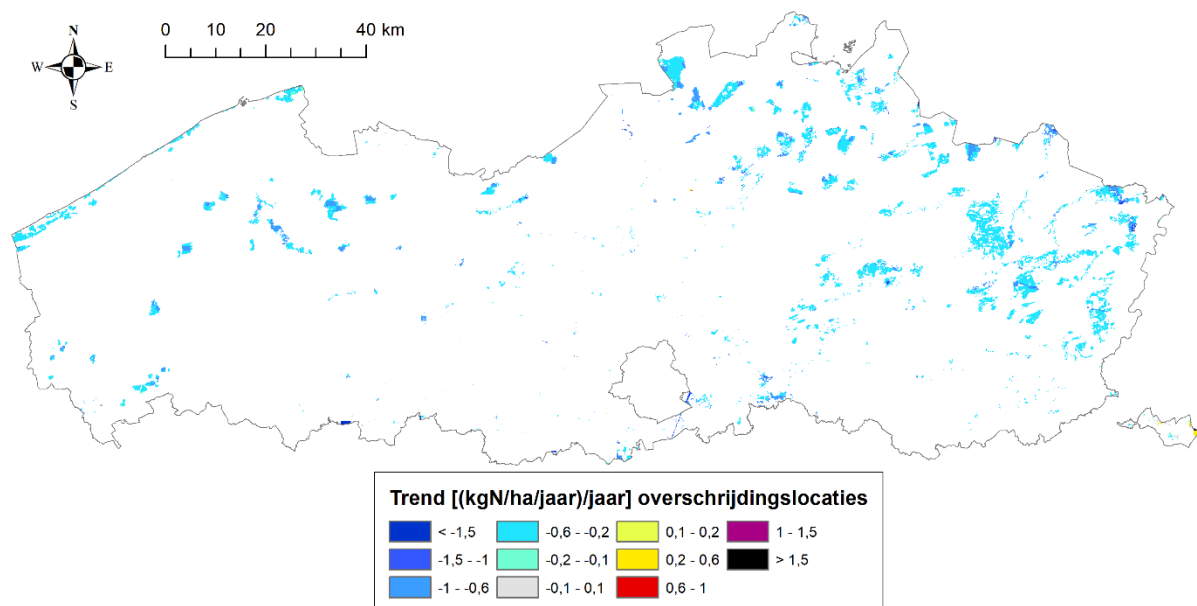
Figuur 42 : Jaar met de laagste depositie uit de periode 2015-2021, indien de analyse wordt uitgevoerd op basis van de meteorologie uit het desbetreffende zichtjaar. Alle data op een 1 km² resolutie.

5.3 Analyse binnen SBZ-H's (VLOPS-IFDM)

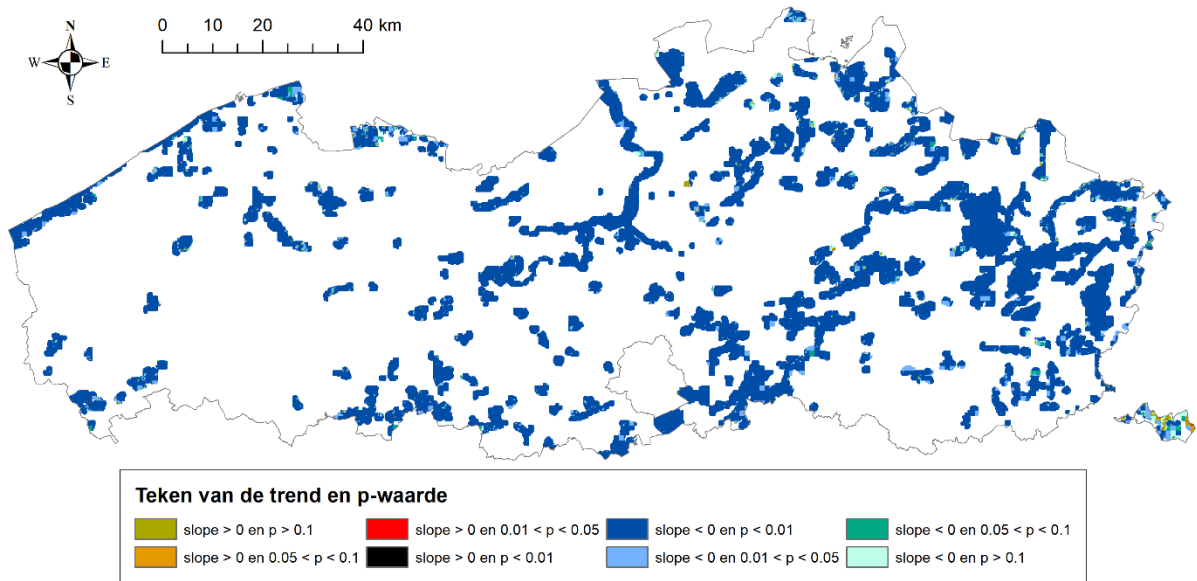
5.3.1 Alle locaties

We kunnen de trendanalyse die uitgevoerd werd voor alle locaties in Vlaanderen verfijnen tot op SBZ-H-niveau. In dit geval vertrekken we van de uitvoer van het VLOPS-IFDM model, dat deposities modelleert op een regulier rooster met een resolutie van 1 ha, maar enkel voor de SBZ-H's en hun onmiddellijke omgeving in Vlaanderen. De verdere berekening gebeurt volgens de methode voorgesteld in paragraaf 5.2.1.3, en we maken opnieuw dezelfde kaarten op die voor VLOPS werden aangemaakt.

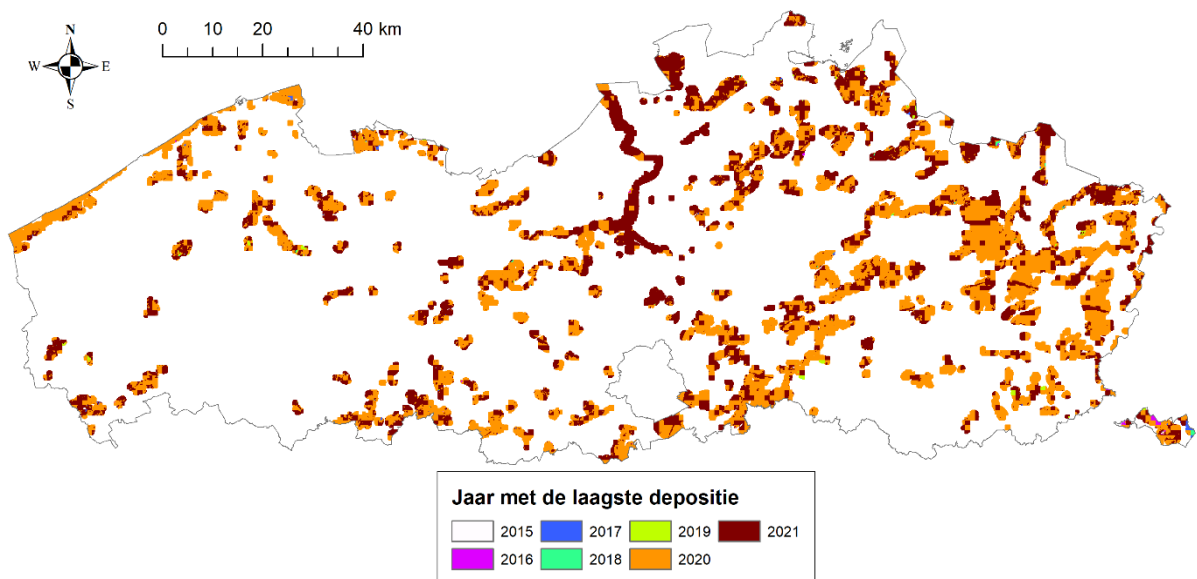
De respectievelijke kaarten zijn terug te vinden in Figuur 43, Figuur 44 en Figuur 45. De analyse van deze figuren ligt in lijn met de analyse voor de figuren op basis van het VLOPS-model voor heel Vlaanderen, al vinden we een nog iets meer dalende trend terug als we enkel focussen op de SBZ-H's. Blauwgroene kleuren overheersen op de trendkaart, wat erop duidt dat er over het algemeen een dalende trend wordt waargenomen over de periode 2015 – 2021. De combinatie met de p-waardes toont ook aan dat voor de meeste locaties de trend duidelijk significant is. Tenslotte is voor vele locaties ofwel het jaar 2020 ofwel het jaar 2021 het jaar met de laagste depositie. De betere cijfers binnen SBZ-H wijzen er mogelijks op dat de genomen maatregelen wel al (deels) succesvol geweest zijn om de deposities weg te duwen van de SBZ-H's.



Figuur 43 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities in de SBZ-H's in de periode 2015 – 2021. Alle data op ha resolutie, en zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.



Figuur 44 : Teken van de trend in N-depositie en classificatie van de p-waarde in en rond de SBZ-H's (periode 2015-2021). Alle data op ha resolutie zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.

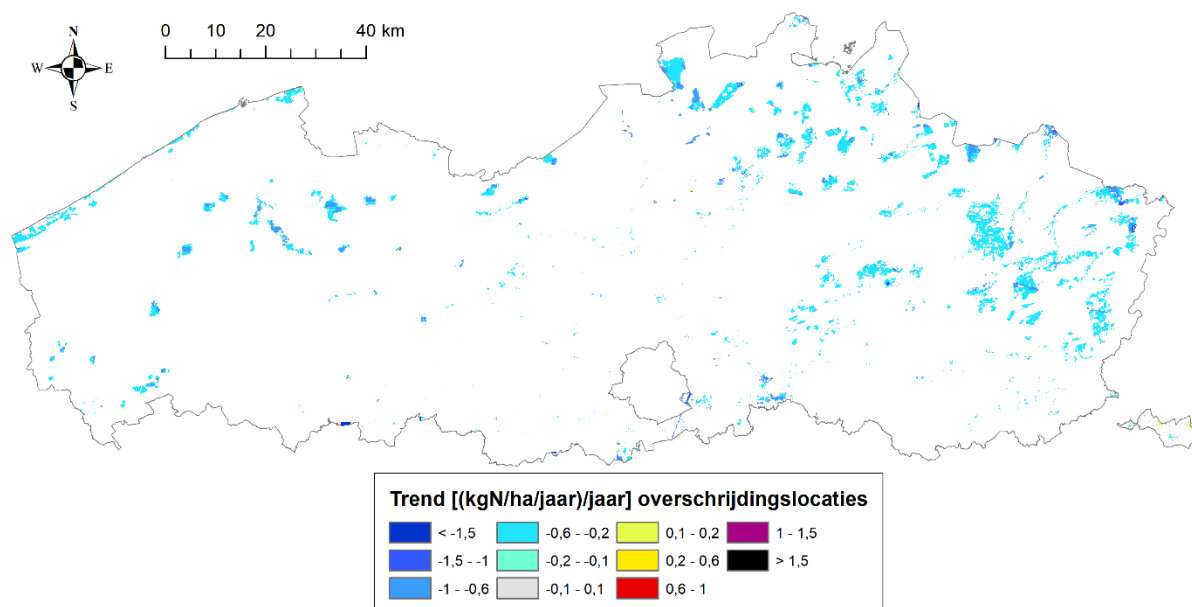


Figuur 45 : Jaar met de laagste depositie uit de periode 2015-2021. Alle data op ha resolutie zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.

5.3.2 Locaties met overschrijdingen van de KDW in 2021

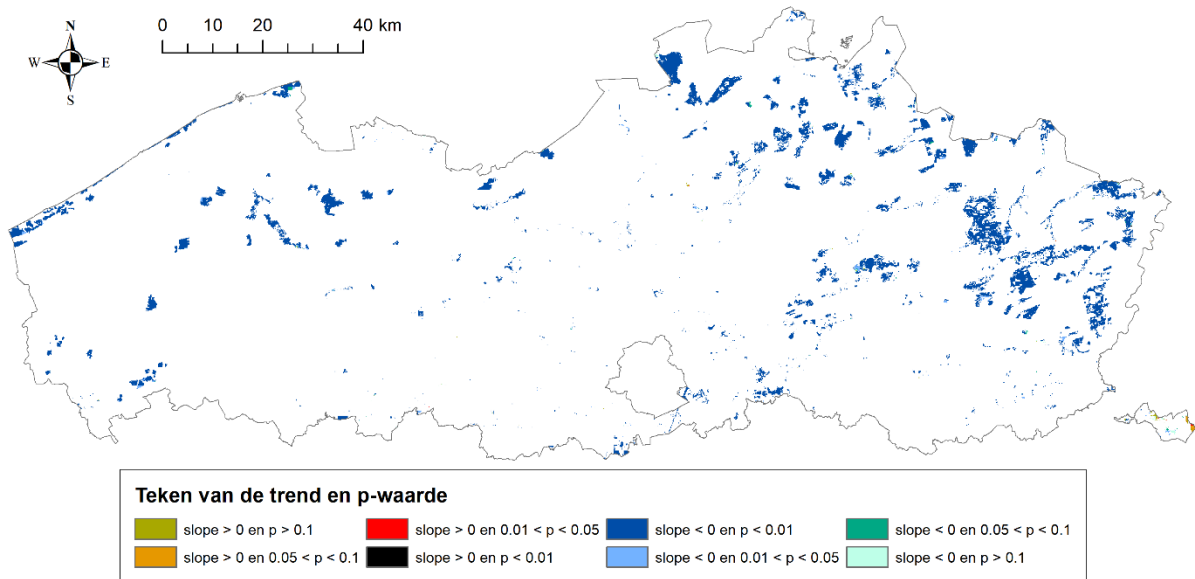
De locaties met depositiestijgingen hoeven nog geen probleem te zijn, als deze stijgingen enkel te vinden zijn op plaatsen waar geen te beschermen habitat ligt of gepland wordt, of als op die locaties geen habitats in overschrijding zijn van de KDW in het meest recent beschikbare jaar. Daarom focust deze sectie op gebieden in overschrijding van de KDW, aangezien het beleid daarop gebouwd werd en laten we habitats met stikstofdepositie onder de KDW buiten beschouwing. Om deze analyse te maken, worden de resultaten van het VLOPS-IFDM model gecombineerd met de KDW kaart. Enkel locaties met een overschrijding van de KDW in 2021 worden verder opgenomen in de resultaten.

Figuur 46, Figuur 47 en Figuur 48 brengen uitsluitend de locaties in beeld waar de KDW in 2021 nog overschreden wordt. Om de analyse te kwantificeren, geeft Tabel 5 een overzicht van de richting van de trend en de bijhorende significantie voor alle locaties in overschrijding van de KDW in 2021. Voor 99,29% van de Vlaamse oppervlakte aan habitats in overschrijding in SBZ-H is een dalende trend waarneembaar waarvan 98,0% significant is ($p < 0,05$, 95,5% heeft $p < 0,01$). Van de 0,71% habitats met stijgingen is slechts 0,1% significant ($p < 0,05$, 0,01% heeft $p < 0,01$). Deze stijgingen doen zich voor in de gemeente Maaseik (significantie $p < 0,01$), en in Brakel²⁷, Mortsel, Oudsbergen, Voeren en een andere locatie in Maaseik (significantie tussen 0,01 en 0,05). De afwijking tussen de cijfers in Tabel 5 en de cijfers in §5.1 is te wijten aan het verschil tussen het gebruik van de meteorologie van 2015 en de meteorologie van 2021 (§5.1).

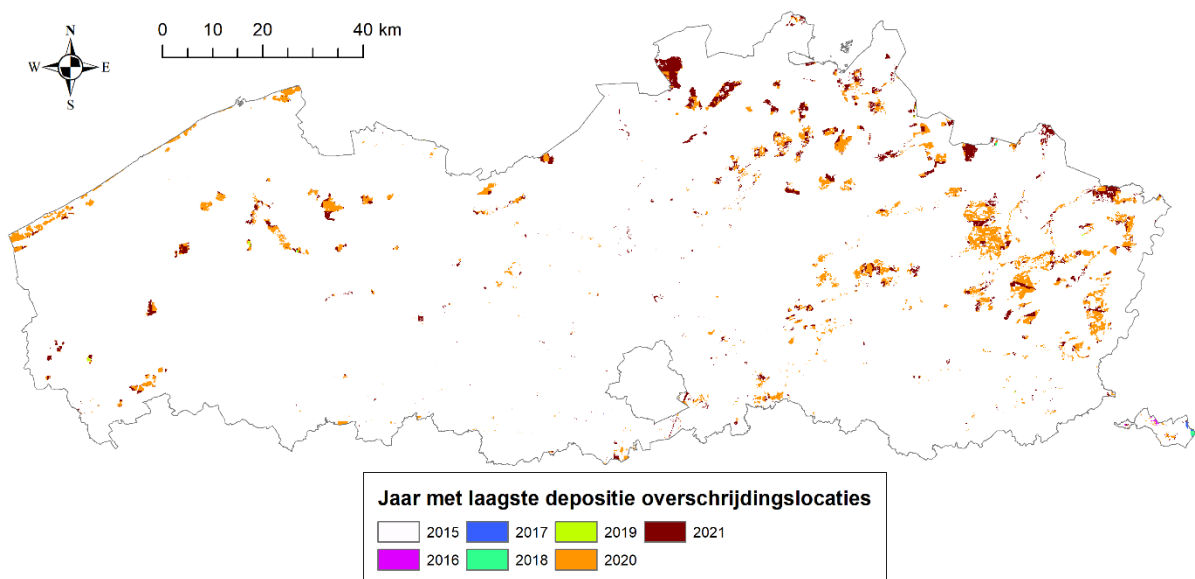


Figuur 46 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities in de SBZ-H's in overschrijding in de periode 2015 – 2021. Alle data op ha resolutie, en zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.

²⁷ Weliswaar in Brakel op een zone kleiner dan 100 m².



Figuur 47 : Tekenen van de trend in N-depositie en classificatie van de p-waarde op de SBZ-H's in overschrijding (periode 2015-2021). Alle data op ha resolutie zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.



Figuur 48 : Jaar met de laagste depositie uit de periode 2015-2021 voor de habitats in overschrijding in 2021. Alle data op ha resolutie zoals gemodelleerd door het VLOPS-IFDM model.

Tabel 5 : Analyse van de richting van de trend en de bijhorende significantie voor habitats in overschrijding in 2021. Voor elk van de categorieën is zowel de oppervlakte in ha gegeven als het percentage van de oppervlakte dat in deze categorie valt. Slope < 0 = daling van depositie, slope > 0 = stijging van depositie.

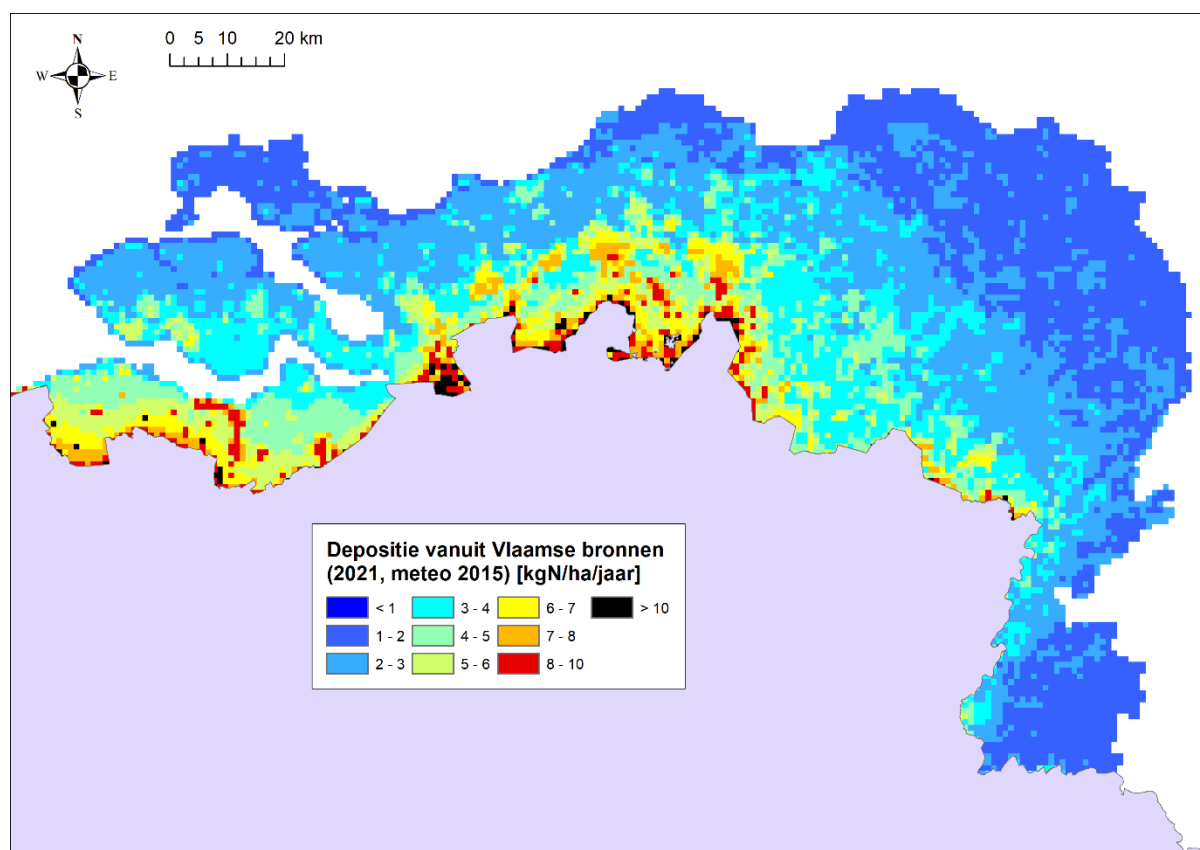
INDELING	RELATIEVE OPPERVLAKTE (%)	OPPERVLAKTE (HA)
Niet N-gevoelig	11,9%	8851,76
N-gevoelig, niet in overschrijding	45,7%	34130,22
slope < 0 en $p > 0,1$	0,3%	202,26
slope < 0 en $0,1 > p > 0,05$	0,3%	193,78
slope < 0 en $0,05 > p > 0,01$	1,1%	819,99
slope < 0 en $0,01 > p$	40,5%	30265,97
slope > 0 en $0,01 > p$	0,004%	3,14
slope > 0 en $0,05 > p > 0,01$	0,038%	28,53
slope > 0 en $0,1 > p > 0,05$	0,131%	98,00
slope > 0 en $p > 0,1$	0,129%	96,53

6 BIJKOMENDE ANALYSES

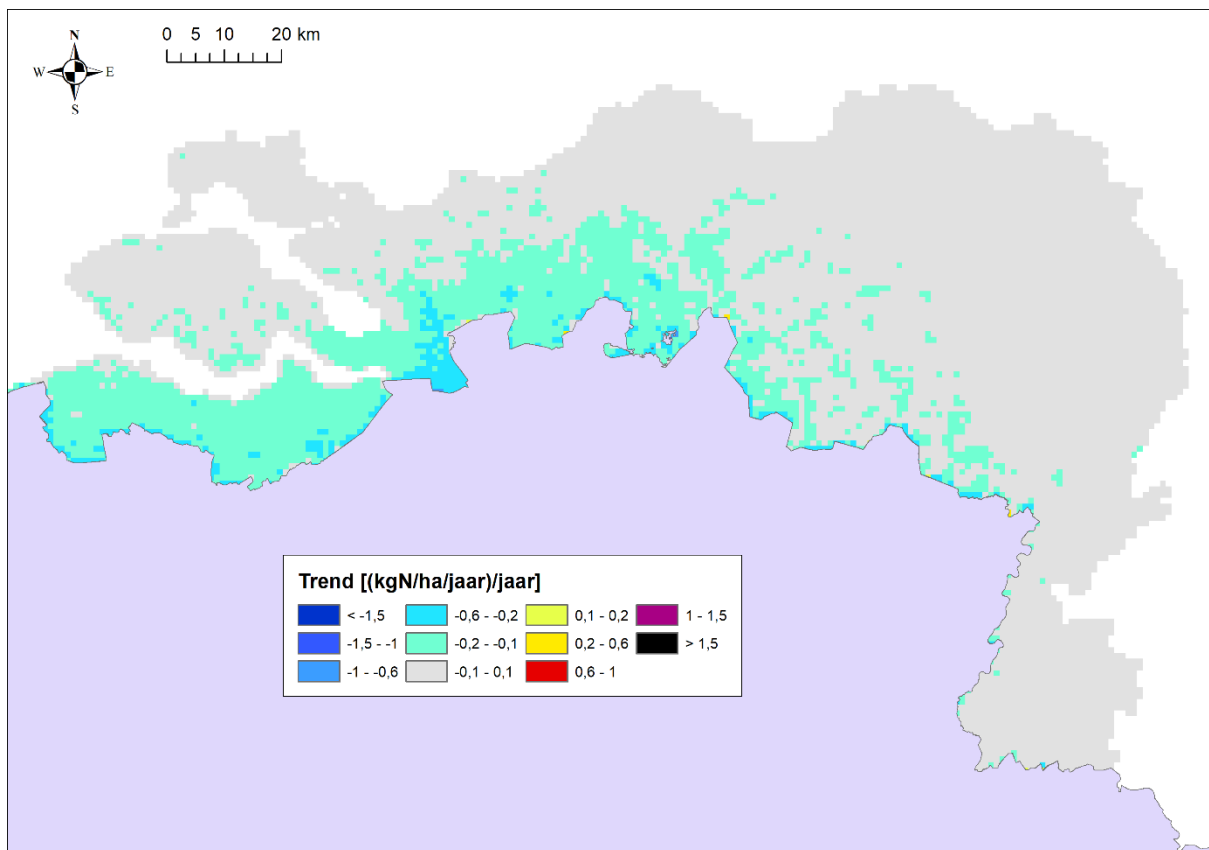
6.1 Effect van Vlaamse bronnen op Zuid-Nederland

De in het kader van dit rapport uitgevoerde depositieberekeningen beperken zich niet tot depositie op het Vlaams Gewest. De depositie op de drie Nederlandse grensprovincies (Zeeland, Noord-Brabant, Limburg) werd eveneens doorgerekend. Dat laat toe om een trendanalyse door te voeren van o.a. de depositiebijdrage vanuit Vlaanderen op het zuiden van Nederland. Figuur 49 toont de absolute depositiebijdragen van Vlaamse emissies in 2021, Figuur 50 toont dat deze trend in het ganse onderzochte gebied dalend is en Figuur 51 toont dat deze dalende trends quasi overal statistisch significant zijn. Naarmate de afstand tot de Vlaams-Nederlandse grens toeneemt, nemen zowel de absolute depositiebijdrage als de absolute trend af.

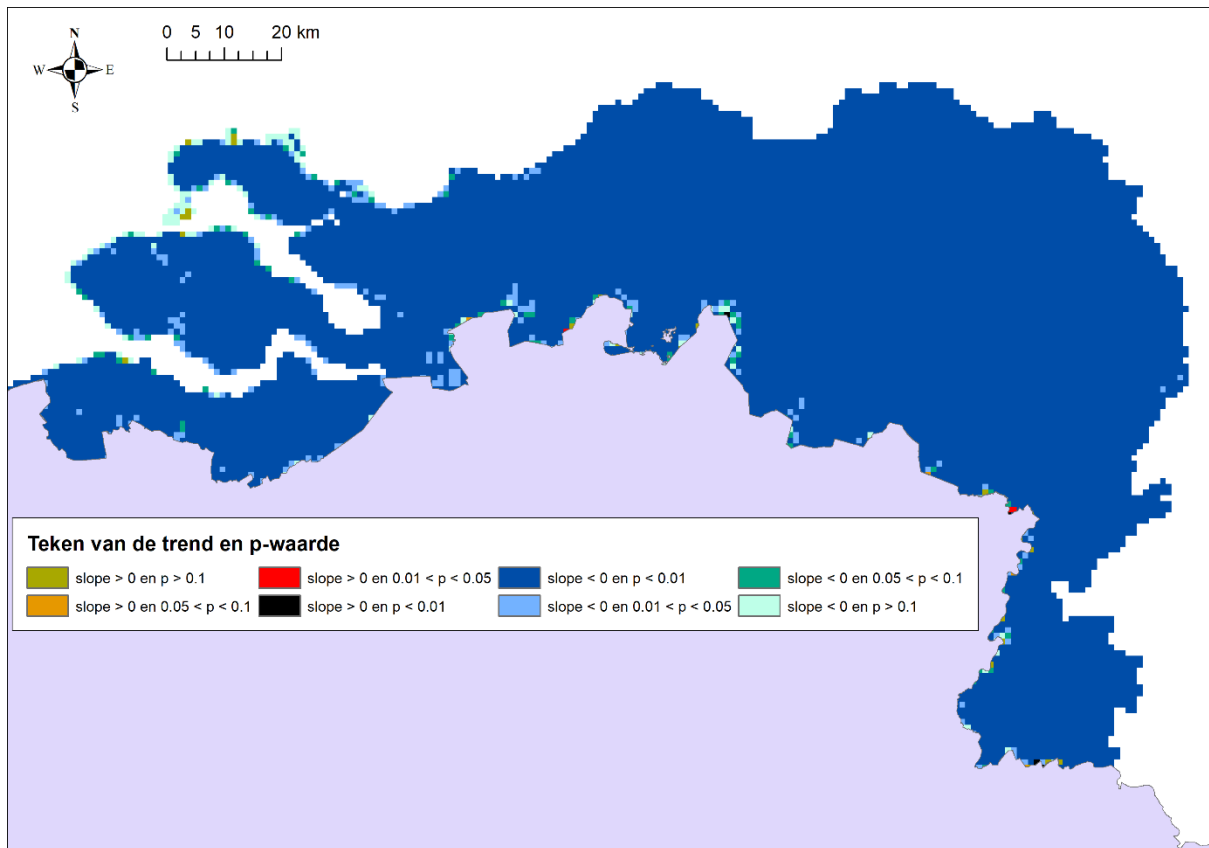
Gemiddeld over de stikstofgevoelige habitats in Zuid-Nederland bedraagt de bijdrage in 2021 (meteo 2015) van Vlaamse emissies 3,24 kgN/ha/jaar (zie ook Tabel 8 in §6.2.3). Dit is een daling ten opzichte van 2015 toen deze waarde 3,87 kgN/ha/jaar was. Zowel het gedeelte gereduceerde als geoxideerde stikstofdepositie vanuit Vlaanderen is gedaald, zij het dat er een sterkere daling is van de geoxideerde stikstofdepositie. Dit maakt dat het percentage dat gelinkt is aan ammoniakemissies van de depositie ten opzichte van de totale Vlaamse stikstofdepositie in Nederland stijgt van 68% in 2015 tot 74% in 2021.



Figuur 49 : Absolute stikstofdeposities afkomstig van bronnen uit Vlaanderen op 1 km² resolutie in 2021 (meteo 2015) boven Zuid-Nederland, zoals gemodelleerd door het VLOPS model (in kgN/ha/jaar).



Figuur 50 : Lineaire trend (slope) in stikstofdeposities afkomstig van bronnen uit Vlaanderen op 1 km² resolutie in de periode 2015 – 2021 boven Zuid-Nederland, zoals gemodelleerd door het VLOPS model.



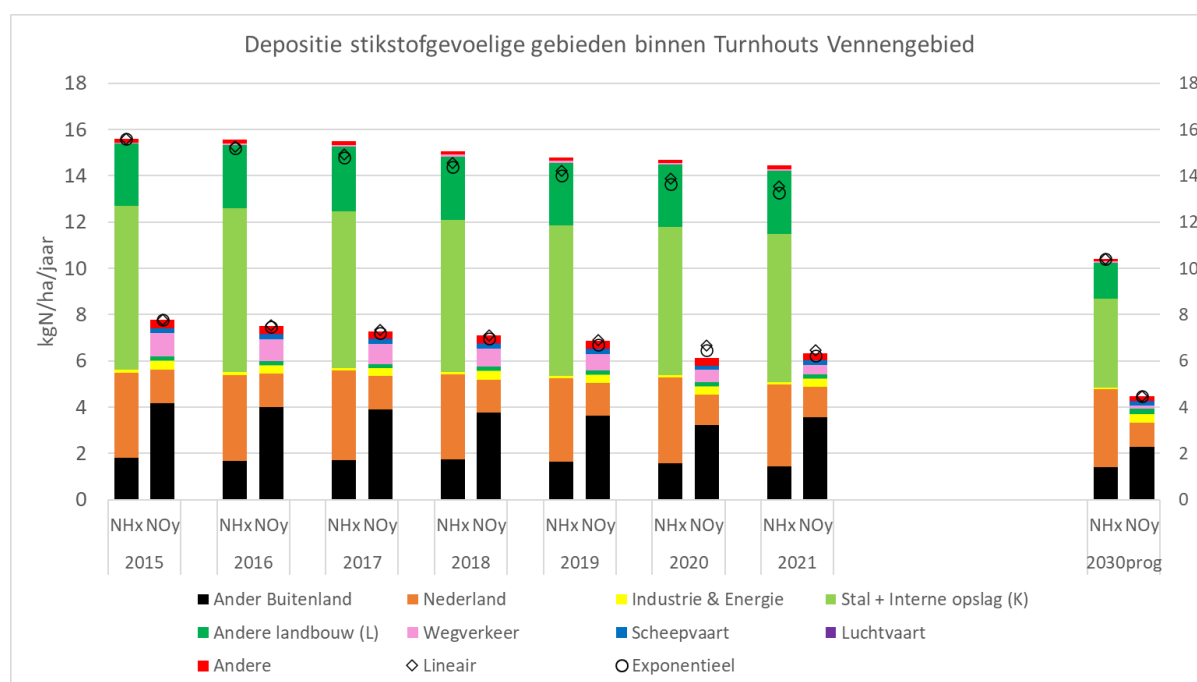
Figuur 51 : Teken van de trend in N-depositie afkomstig van bronnen uit Vlaanderen en classificatie van de p-waarde (periode 2015-2021) boven Zuid-Nederland. Alle data op een 1 km² resolutie.

6.2 Gevalsstudies

De emissie van stikstof in Vlaanderen en Nederland leidt tot een wederzijdse, grensoverschrijdende impact: Vlaamse emissies dragen bij de stikstofdepositie op Nederlandse Natura 2000-gebieden, en emissies in Nederland dragen bij tot depositie op Vlaamse speciale beschermingszones. Deze sectie zoomt in op een aantal specifieke gebieden in de Vlaams-Nederlandse grensstreek. De uitgevoerde analyses bieden inzicht in de depositiebijdragen van de verschillende emissiebronnen op die gebieden, en in de evolutie ervan tijdens de periode 2015–2021.

6.2.1 Turnhouts Vennengebied

Een analoge figuur als Figuur 25 werd gemaakt voor de depositie op de stikstofgevoelige natuur in het SBZ-H Turnhouts Vennengebied. Enkele kerncijfers worden samengevat in Tabel 6.



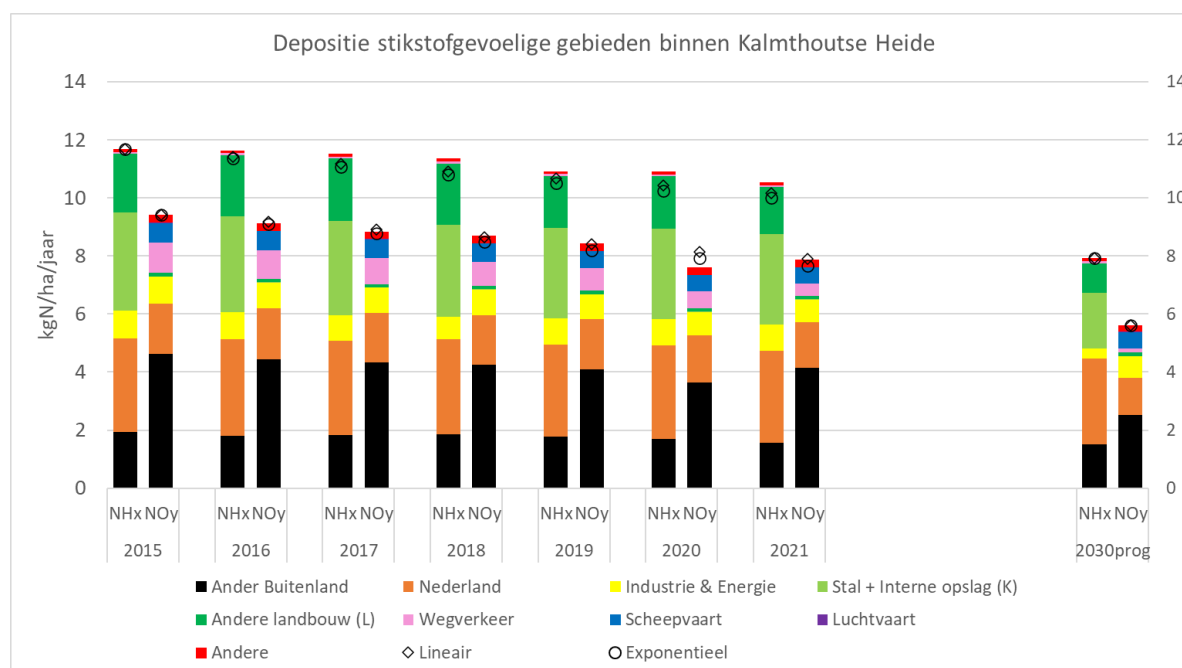
Figuur 52 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats binnen het Turnhouts Vennengebied voor zowel NH_x - als NO_y -depositie (kleurbalken; in kgN/ha/jaar). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat een lineaire trend tussen 2015 en 2030prognose zou betekenen, de bolletjes tonen een logaritmische trend.

Tabel 6 : Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in het SBZ-H Turnhouts Vennengebied; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021.

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [kgN/ha/jaar]	10,94	4,84	5,01
Lineaire trend 2015-2021 [(kgN/ha/jaar)/jaar]	-0,25 [-0,21; -0,28]	-0,05 [-0,09; -0,00]	-0,18 [-0,24; -0,13]

6.2.2 Kalmthoutse Heide

Een analoge figuur als Figuur 25 werd gemaakt voor de depositie op de stikstofgevoelige natuur in het SBZ-H Kalmthoutse Heide. Enkele kerncijfers worden samengevat in Tabel 7.



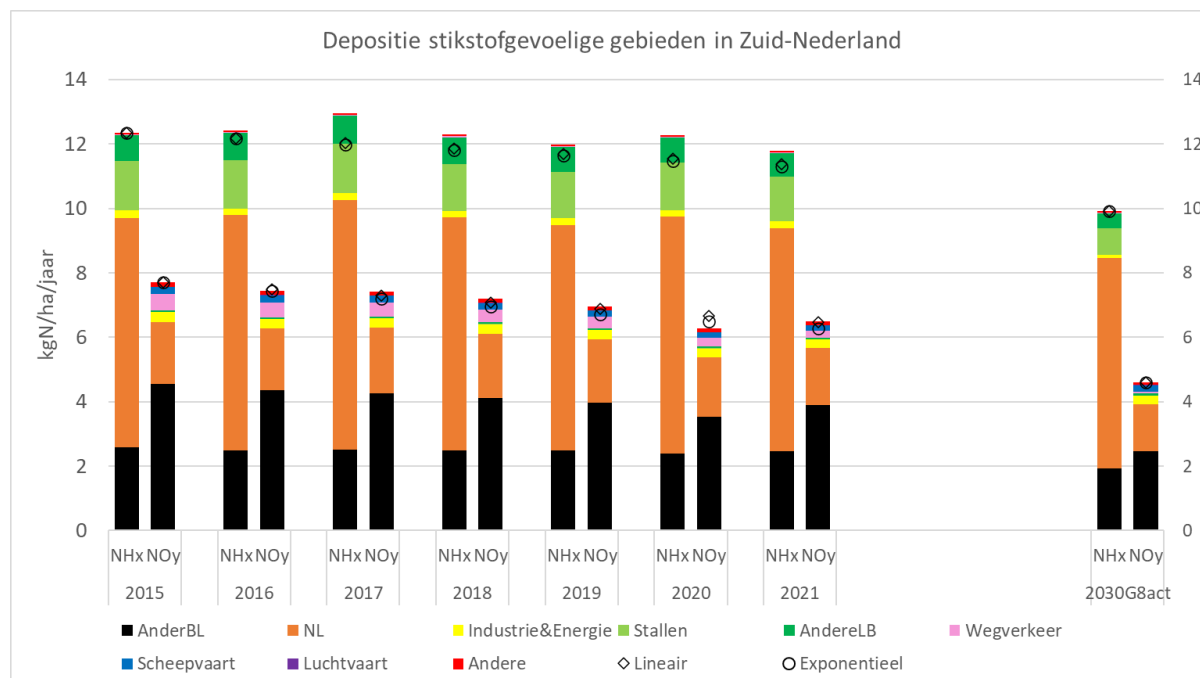
Figuur 53 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats binnen de Kalmthoutse Heide voor zowel NH_x - als NO_y -depositie (kleurbalken; in $kgN/ha/jaar$). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat een lineaire trend tussen 2015 en 2030prognose zou betekenen, de bolletjes tonen een logaritmische trend.

Tabel 7 : Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in het SBZ-H Kalmthoutse Heide; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021.

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [$kgN/ha/jaar$]	7,94	4,76	5,70
Lineaire trend 2015-2021 [$(kgN/ha/jaar)/jaar$]	-0,28 [-0,25; -0,31]	-0,04 [-0,07; -0,02]	-0,16 [-0,23; -0,10]

6.2.3 Natura 2000-gebieden in het zuiden van Nederland

Een analoge figuur als Figuur 25 werd gemaakt voor de totaliteit van alle Natura 2000-gebieden in de Nederlandse provincies Zeeland, Noord-Brabant en Limburg. Tabel 8 bevat enkele kerncijfers.



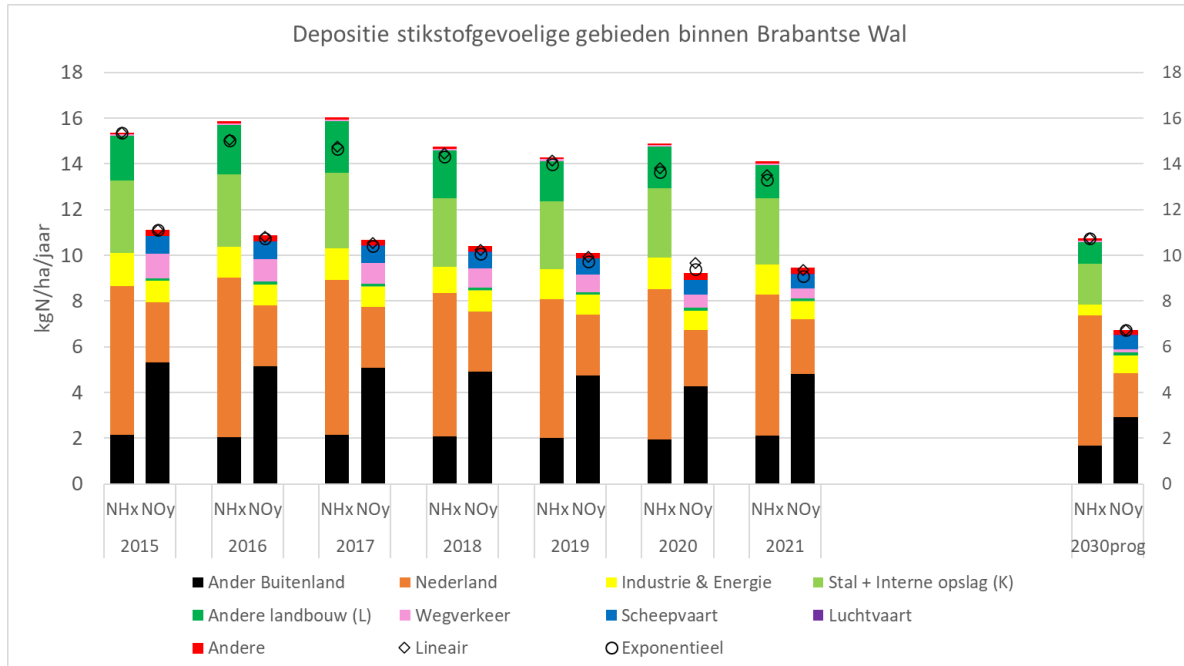
Figuur 54 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats in Zuid-Nederland voor zowel NH_x- als NO_y-depositie (kleurbalken; in kgN/ha/jaar). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat een lineaire trend tussen 2015 en 2030prognose zou betekenen, de bolletjes tonen een logaritmische trend.

Tabel 8 : Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in Zuid-Nederland; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021.

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [kgN/ha/jaar]	3,24	8,70	6,36
Lineaire trend 2015-2021 [(kgN/ha/jaar)/jaar]	-0,11 [-0,13; -0,08]	-0,07 [-0,19; 0,06]	-0,16 [-0,24; -0,09]

6.2.4 Brabantse Wal

Een analoge figuur als Figuur 25 werd gemaakt voor de depositie op de stikstofgevoelige natuur in het Nederlandse Natura 2000-gebied Brabantse Wal. Ook werden enkele belangrijke cijfers opgelijst in Tabel 9.



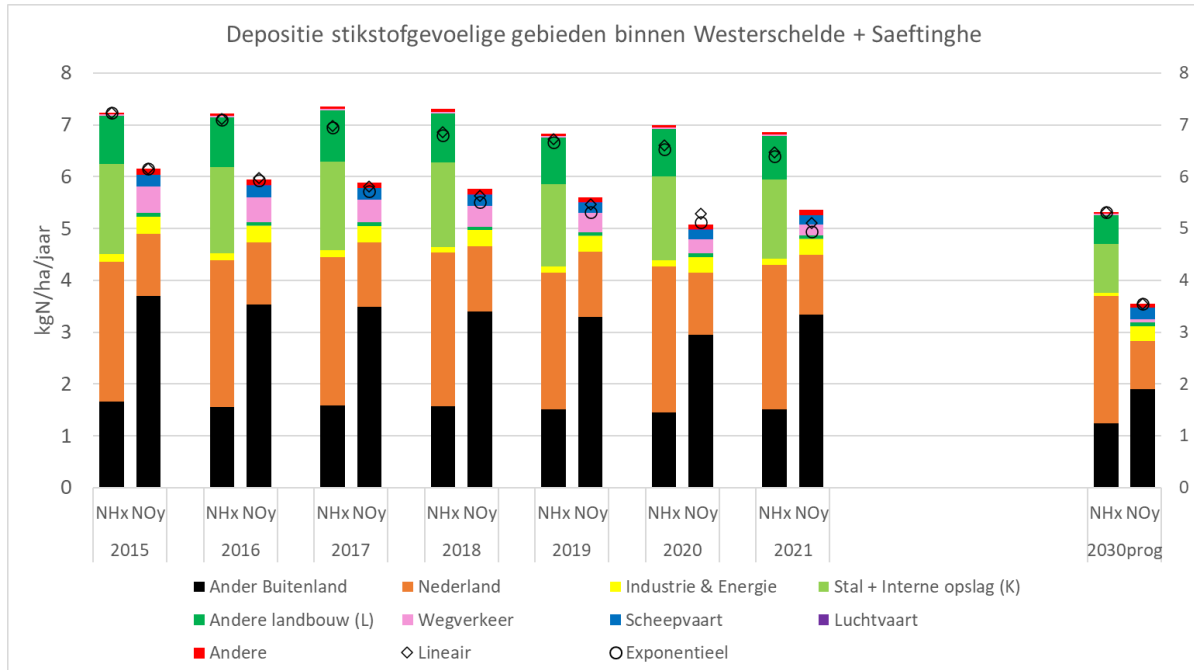
Figuur 55 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats binnen de Brabantse Wal voor zowel NH_x- als NO_y-depositie (kleurbalken; in kgN/ha/jaar). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat een lineaire trend tussen 2015 en 2030prognose zou betekenen, de bolletjes tonen een logaritmische trend.

Tabel 9 : Stikstofdepositie op Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in het SBZ-H Brabantse Wal; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021., opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) van de depositiebijdragen tijdens

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [kgN/ha/jaar]	8,07	8,54	6,94
Lineaire trend 2015-2021 [(kgN/ha/jaar)/jaar]	-0,31 [-0,42; -0,20]	-0,13 [-0,24; -0,02]	-0,14 [-0,25; -0,04]

6.2.5 Westerschelde & Saeftinghe

Een analoge figuur als Figuur 25 werd gemaakt voor de depositie op de stikstofgevoelige natuur in het Nederlandse Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. Ook werden enkele belangrijke cijfers opgelijst in Tabel 10.



Figuur 56 : Opbouw van de deposities op stikstofgevoelige habitats binnen de SBZ-H Saeftinghe en Westerschelde voor zowel NH_x - als NO_y -depositie (kleurbalken; in kgN/ha/jaar). Ook het resultaat van het 2030prognose-scenario is weergegeven. De ruitjes tonen per jaar wat een lineaire trend tussen 2015 en 2030prognose zou betekenen, de bolletjes tonen een logaritmische trend.

Tabel 10 : Stikstofdepositie (emissies 2021, meteo 2015) op de stikstofgevoelige habitats in het SBZ-H Westerschelde & Saeftinghe; opgesplitst naar herkomst van de emissies (Vlaanderen, Nederland, en andere herkomstgebieden) en de lineaire trend van de depositiebijdragen tijdens de periode 2015-2021.

	Vlaanderen	Nederland	Ander buitenland
Absolute bijdrage (2021) [kgN/ha/jaar]	2,33	3,38	3,15
Lineaire trend 2015-2021 [(kgN/ha/jaar)/jaar]	-0,12 [-0,14; -0,09]	-0,01 [-0,06; 0,04]	-0,11 [-0,18; -0,04]

7 CONCLUSIE

Dit rapport "Emissie en depositie van stikstof in Vlaanderen tijdens de periode 2015–2021" biedt een diepgaande analyse van stikstofdepositie in Vlaanderen met een focus op de habitatrichtlijngebieden. Het rapport analyseert de evolutie in stikstofdepositie sinds 2015 en gaat na of deze evolutie in overeenstemming is met de doelstellingen en het vooropgestelde reductiepad van de definitief vastgestelde PAS.

Hiervoor werd een gedetailleerde modellering uitgevoerd van stikstofdepositie uit alle relevante sectoren (landbouw, transport, industrie, ...) over de periode 2015-2021. De deposities op Vlaanderen en op de Nederlandse grensprovincies werden hierbij berekend. Hierbij werd gebruik gemaakt van de best beschikbare gegevens inzake emissies en gebiedskenmerken (stand september 2023) en van een constante meteorologie. Dit laat een accurate beoordeling toe van netto depositieveranderingen ten gevolge van emissieveranderingen. Daarnaast vergelijkt dit rapport de waargenomen trends met de doelstellingen zoals vastgelegd in de definitief vastgestelde PAS en het Luchtbeleidsplan.

Een belangrijke bevinding van het rapport is de algemene afname van de reactieve stikstofemissies, met opmerkelijke verbeteringen in de transportsector. Een deel van de verbeteringen in de transportsector zijn echter toe te wijzen aan de effecten van maatregelen tegen het COVID-19-virus. De landbouwsector toont een minder uitgesproken afname, wat suggereert dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om de doelstellingen voor 2030 te halen. Het rapport bespreekt ook de onzekerheid in emissiegegevens en de impact van buitenlandse emissies op het Vlaamse grondgebied. Uit de analyse van de emissies volgt dat, hoewel de algemene trends significant dalend zijn met afnames van reactieve stikstofemissies in de meeste sectoren, er een noodzaak is voor voortdurende en mogelijk intensievere inspanningen om de doelstellingen voor 2030 te bereiken, in het bijzonder met betrekking tot de emissies uit de landbouw.

Voor de landbouwsector wordt een onderscheid gemaakt tussen emissies uit stallen en opslag en andere landbouwemissies. Er bestaat een significante daling in emissies uit stallen en opslag, maar dit rapport wijst erop dat extra inspanningen nodig zijn om de 2030-doelstellingen van de PAS te behalen. Voor andere landbouwemissies, zoals het uitrijden van dierlijk mest, het beweiden en het toedienen van kunstmest en mestverwerking, doet zich geen significante daling voor. Om de beleidsdoelstellingen te realiseren is een trendbreuk nodig.

Voor de niet-landbouwsectoren worden de emissies opgedeeld in energie en industrie, wegtransport, scheepvaart, andere stationaire verbrandingsbronnen, luchtvaart en een restcategorie. De emissies van industrie en energie tonen een dalende trend, evenals de emissies gerelateerd aan wegverkeer, hoewel deze laatste beïnvloed zijn door maatregelen om de COVID19-pandemie in te dijken en door een veranderende methodologie in de bepaling van de verkeersemissies. De sector scheepvaart toont ook een dalende trend, maar met de kanttekening dat de toekomstig verwachte toename in scheepvaartvolume de behaalde emissiereducties kan teniet doen. Voor luchtvaart en residentiële bronnen zijn de trends minder duidelijk, gedeeltelijk vanwege de invloed van de pandemie op de luchtvaartsector.

Verder wordt de depositie van stikstof (NH_x en NO_y) in de omgeving geanalyseerd, met een focus op de bijdrage per sector en de impact van buitenlandse emissies op Vlaanderen. De resultaten tonen aan dat er algemeen een dalende trend is in de stikstofdepositie, vooral gedreven door reducties in depositie van stikstofoxiden. Er is echter een minder sterke daling

voor ammoniakdepositie, wat extra inspanningen vereist om de doelstellingen van 2030 te bereiken.

Op de stikstofgevoelige habitats binnen SBZ-H zijn er slechts een beperkt aantal plaatsen waar een significante stijging in depositie waargenomen wordt, gekoppeld aan een overschrijding van de KDW.

Finaal zijn er ook nog enkele aanvullende analyses uitgevoerd voor verschillende gebieden die besproken worden in hoofdstuk 6.

BIJLAGE A: GEBRUIKTE FORMULES

We bepalen de lineaire trend van de stikstofdeposities en -emissies doorheen de jaren volgens de formules uit deze bijlage.

Voor iedere dataset hebben we N verschillende datapunten (in dit geval is N=7, want er worden 7 jaren bekeken) die elk van de vorm $[X_i, Y_i]$ zijn. Het eerste deel (X_i) is dus altijd het jaartal, het tweede deel (Y_i) een depositie of emissie.

We bepalen dan de lineaire trendlijn en de onzekerheid hierop volgens onderstaande formules:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N};$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{N};$$

$$sxx = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N};$$

$$sxy = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{N};$$

$$slope = \frac{sxy}{sxx};$$

$$intercept = (\bar{Y} - slope * \bar{X});$$

$$std_{trend} = \sqrt{\frac{\sum [Y_i - (slope * X_i + intercept)]^2}{(N - 2) \sum (X_i - \bar{X})^2}};$$

$$std_{intercept\ at\ \bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum [Y_i - (slope * X_i + intercept)]^2}{(N - 2)N}};$$

$$std_{trendlijn\ op\ X} = \sqrt{(std_{intercept\ at\ \bar{X}})^2 + ((X - \bar{X}) * std_{trend})^2};$$

De onzekerheid wordt ingeschat als twee maal de standaardfout.

Om de logaritmische trendlijn ($Y = b * e^{a*X}$) en zijn onzekerheden te bepalen, nemen we eerst het logaritme van alle datapunten, en gebruiken nadien de bovenstaande formules voor het koppel $[\log(X_i), \log(Y_i)]$. De lineaire trend (slope) geeft dan de factor a weer uit de regressie.

BIJLAGE B: SECTOROMZETTING VAN DE EMISSIES TUSSEN VLEM10/SNAP EN GNFR

De gegevensbestanden uit het Plan-MER horende bij de definitief vastgestelde PAS zijn gebaseerd op de emissies van het beleidsscenario uit het Luchtbeleidsplan en gebruiken voor Vlaanderen de Vlaamse VLEM10-indeling. De emissiebestanden voor de tijdsreeks in dit rapport gebruiken deze indeling niet meer, maar wel de GNFR/NFR-indeling, in lijn met de aanpassingen bij de internationale rapportering. Om een vergelijking tussen de emissies en deposities mogelijk te maken, moest er een omzetting gebeuren van de gegevensbestanden. De omzettingstabel is overgenomen uit de berekeningen voor de screeningstool voor het Turnhouts Vennengebied (Lefebvre en Deutsch, 2023²⁸) met volgende wijzigingen:

- Voor de sector landbouw wordt een opsplitsing gemaakt tussen de puntbronnen in sector 23 (stallen en opslag) en de oppervlaktebronnen omdat er vertrokken wordt vanuit de basisbestanden van de definitief vastgestelde PAS waar geen NFR-sector aan gekoppeld is. Op zich is dit niet relevant aangezien landbouw als één geheel behandeld zal worden, waarbij dus sowieso VLEM-sectoren 22 en 23, of GNFR-sectoren K en L bij elkaar geteld worden.
- VLEM-sector 1 (huishoudelijke verwarming) is verschoven naar GNFR-sector C.

Tabel 11 : Benaderende omzetting van de VLEM10-sectoren naar de GNFR-sectoren.

VLEM10-SECTOREN	GNFR-SECTOR	HOOFDSECTOR
18,19,20,39	A_PublicPower	Energie
4,5,7,9,10,15,16,17	B_Industry	Industrie
1,21,24,40	C_OtherStationaryCombustion	Andere
	D_Fugitive	Industrie
2,6,8,11	E_Solvents	Industrie
29	F_RoadTransport	Wegverkeer
31,32	G_Shipping	Scheepvaart
30	H_Aviation	Luchtvaart
3,12,13,25,26,27,28,33,41,42,43,44,45	I_OffRoad	Andere
35,37	J_Waste	Andere
Puntbronnen uit 23	K_AgriLiveStock	Landbouw
22, Oppervlaktebronnen uit 23	L_AgriOther	Landbouw
14,34,36,38	Niet toegekend	

Enkele opmerkingen hierbij:

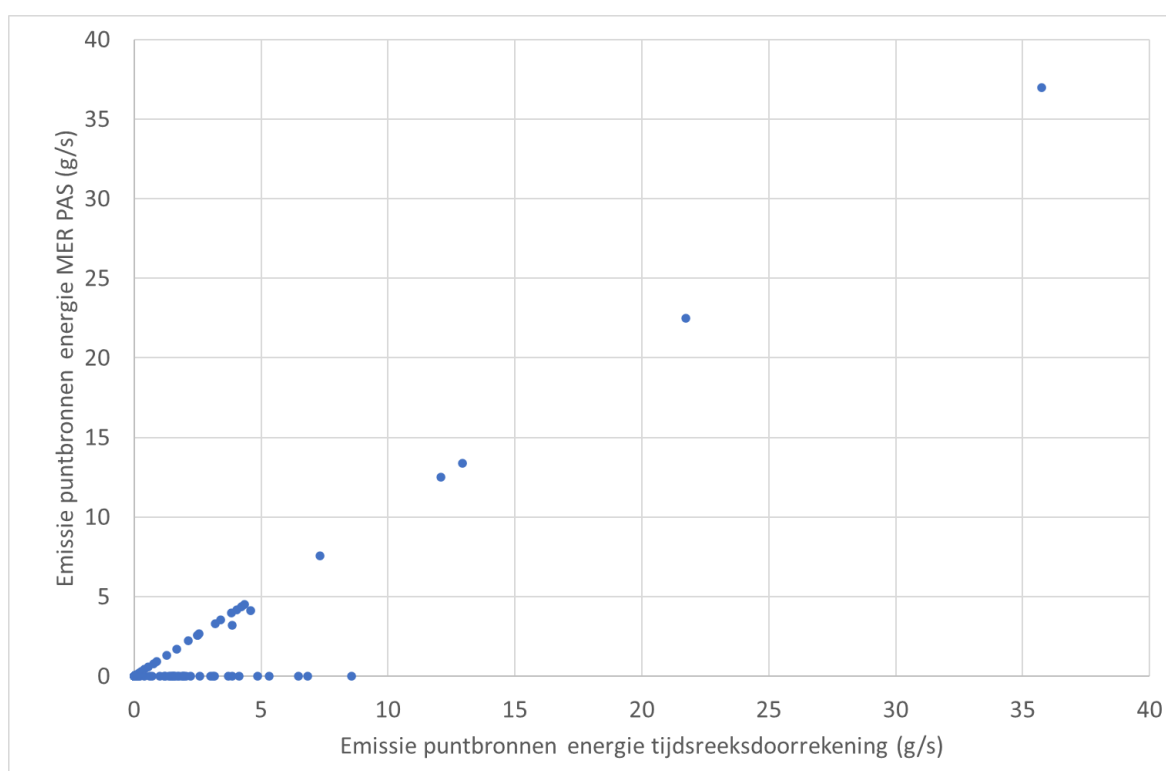
- Bij sommige sectoren (ihb binnen de sector industrie) zal de onderlinge verdeling van de emissies over de GNFR-sectoren niet perfect zijn. Als er echter op hoofdsectorniveau gekeken wordt, is dit geen probleem.
- VLEM10-sectoren 14, 34, 36 en 38 hebben noch NO_x, noch NH₃-emissies.
- VLEM10-sector 29/GNFR-sector F gebruikt de “fuel-used” emissies in de modellering, niet de “fuel-sold” emissies zoals in de rapportering. In het rapport verderop wordt dan ook altijd vergeleken met de “fuel-used” emissies (zie ook §2.2.2).
- VLEM10-sector 31/GNFR-sector G is inclusief “International maritime navigation” (NFR 1A3di(i)).

²⁸ Lefebvre W. en Deutsch F., 2023. Opzetten van een screeningstool voor het Turnhouts Vennengebied, 2023/RMA/R/2939, https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/PAS/Intendant/Opzetten%20screeningstool%20Turnhouts%20Vennengebied_vs2.pdf

- VLEM10-sector 30/GNFR-sector H is exclusief “Cruising aviation” (NFR-sectoren 1A3ai(ii) en 1A3aii(ii)) (zie ook §2.2.4).

Indien de emissies op hoofdsectoren vergeleken worden, vinden we enkel grote afwijkingen in de sectoren energie en industrie. Om dit te onderzoeken vergelijken we voor NO_x de puntbronemissies (alle emissies in de sector energie zijn puntbronemissies) tussen de PAS2015-dataset en de 2015-dataset zoals aangemaakt voor de tijdsreeksdoorrekening in 2022²⁹. Hierbij worden de emissies van de verschillende bronnen gekoppeld op coördinaat (Figuur 57). We zien op deze grafiek grosso modo twee lijnen:

- Een horizontale lijn van punten die wel in de tijdsreeksdoorrekening voorkomen maar niet in de doorrekening van het Plan-MER PAS binnen de sector energie. Dit zijn punten die in de doorrekening van het Plan-MER PAS toegekend werden aan de sector industrie en die nu toegekend worden aan de sector energie.
- Een diagonale lijn van punten die in beide sets voorkomen en dan (quasi) dezelfde emissies hebben in beide datasets.



Figuur 57 : Scatterplot van de emissies per puntbron (in g/s) in de sector energie in de tijdsreeksdoorrekening (X-as) en in de sector energie in de doorrekening van het Plan-MER PAS (Y-as). Ieder punt stelt een coördinaat voor waarop een puntbron te vinden is in de sector energie in de tijdsreeksdoorrekening.

Een analyse op kaart heeft uitgewezen dat veel van de puntbronnen, die wel in de tijdsreeks onder energie zitten maar in de sector industrie in de databestanden van het Plan-MER PAS, energieopwekkingseenheden binnen industriële bedrijven zijn. Deze puntbronnen werden omgezet naar de sector industrie zodat ze samen met de andere industriële bronnen

²⁹ Er is geen update gebeurd in 2023 (van de 2015-emissies in de tijdsreeksdoorrekening van VMM), dus het gaat over dezelfde set die hier gebruikt wordt (op de EF voor de landbouw na, zie §2.2.1.1). Aangezien de vergelijking hier over industrie en energie gaat is de afwijking voor landbouw niet relevant.

behandeld worden. De GNFR-bestanden zoals gerapporteerd door de VMM werden dan ook op sectorbasis aangepast om deze verschuiving tussen sectoren te doen³⁰.

Aangezien er geen duidelijk onderscheid kan gemaakt worden tussen de energiesector en de industriële sector is het onze aanbeveling om verder deze sectoren als één sector te behandelen, zoals vaak ook gebeurd is binnen de analyses in het Plan-MER PAS. Dit is ook noodzakelijk aangezien er nieuwe energiecentrales komen en deze anders handmatig iedere maal correct moeten toegekend worden wat heel foutgevoelig is. Daarnaast behandelt het voorgesteld vergunningenschema industrie en energie als één type. Op basis van deze redenering worden in dit rapport de sectoren 'industrie' en 'energie' altijd samen behandeld.

Tabel 12 : Emissiecijfers (in ktN/jaar) voor de verschillende hoofdsectoren (met opsplitsing transport) voor de verschillende datasets. 2015 = E-MAP-uitvoer (gespreide emissies) voor het jaar 2015 na verschuiving van puntbronnen van energie naar industrie. 2020 = E-MAP-uitvoer (gespreide emissies) voor het jaar 2020 na verschuiving van puntbronnen van energie naar industrie. 2030-G8 = E-MAP-uitvoer (gespreide emissies) 2030-G8 zoals omgezet naar GNFR-sectoren met de tabel hierboven. 2015VMM = gerapporteerde emissies per sector door VMM voor 2015. 2015PAS = E-MAP-uitvoer (gespreide emissies) van het scenario 2015PAS uit de databestanden zoals gebruikt in het Plan-MER PAS zoals omgezet naar GNFR-sectoren met de tabel hierboven.

SECTOR	GNFR	2015	2020	2030G8	2015VMM	2015PAS
Energie	A	1,326	0,960	1,084	2,162	1,414
Industrie	BDE	8,654	7,540	7,301	7,819	9,403
Wegverkeer	F	15,797	7,801	2,366	15,797	15,829
Scheepvaart	G	6,834	5,441	6,193	6,834	6,746
Luchtvaart	H	0,373	0,215	0,548	0,373	0,461
Landbouw	KL	36,504	35,010	22,016	36,284	36,190
Andere	CIJM	5,268	4,356	3,411	5,268	5,001
Totaal		74,757	61,323	42,918	74,537	75,043

De finale vergelijking per hoofdsector is te vinden in Tabel 12. Hier kunnen veel elementen vergeleken worden.

- Indien we kolom '2015' en kolom '2015VMM' vergelijken zien we afwijkingen:
 - Voor de sectoren energie en industrie. Dit heeft te maken met de verschuiving van de puntbronnen energie zoals hierboven beschreven. De som van beide sectoren komt wel overeen.
 - Voor de sector landbouw. Dit heeft te maken met het gebruik van de nieuwere emissiefactoren (in de dataset 2015) voor de runderen. In de rapportage gebruikt VMM de lagere EF voor runderen t.e.m. 2015.
- Indien we kolom '2015' en kolom '2015PAS' vergelijken zien we de verschillen tussen de emissies 2015 zoals die gebruikt werden binnen de definitief vastgestelde PAS en de emissies 2015 zoals die nu gerapporteerd worden. Een belangrijk verschil tussen beide zit in de behandeling van de off-road emissies die in de huidige rapportage een groter aandeel van de emissies beslaan dan in de vroegere rapportage. Dit heeft een verschuiving tot gevolg van de emissies van de verschillende andere sectoren naar de

³⁰ Ter aanvulling: sommige van de energie-opwekkers op industriële sites zitten ook al in de PAS-dataset in de sector energie. Ook daar is het dus niet altijd duidelijk wat de opsplitsing industrie-energie is.

sector 'andere'. Tevens zien we dat de industriële sectoren (energie en industrie) nu lager geschat worden dan in de PAS-doorrekeningen. 'Andere' wordt hoger ingeschat. Het gaat in al deze sectoren om afwijkingen van minder dan 10%. Voor luchtvaart is er relatief gezien wel een belangrijke afwijking tussen beide datasets met de huidige prognoses die bijna 20% lager zijn dan de prognoses binnen de definitief vastgestelde PAS. Deze sector is echter absoluut gezien klein.

- Alle afwijkingen zoals hierboven beschreven zijn echter kleiner (soms zelfs véél kleiner) dan de verschillen die er zijn tussen 2020 en 2015.

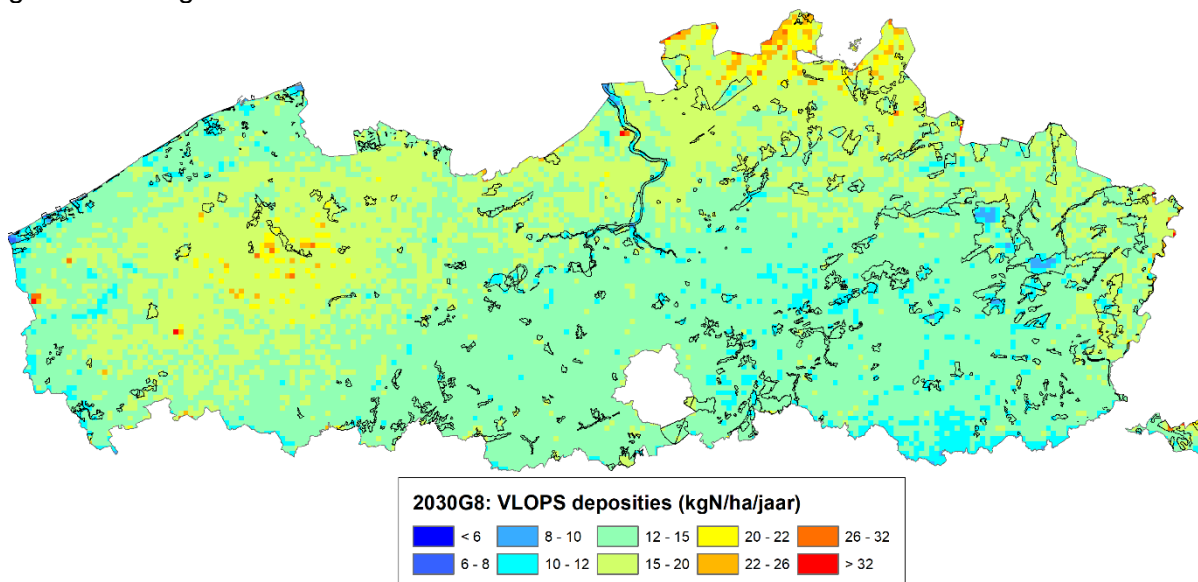
Op basis van deze data en op basis van de logica van de definitief vastgestelde PAS, maken we dus volgende keuzes om mee verder te werken:

- Voor wat betreft de actuele en de historische jaren werken we op de nieuwste emissie-inschattingen door de VMM waarbij we enkel een correctie doen voor de verschuiving van de puntbronnen tussen de sectoren energie en industrie (en voor 2015 voor de EF voor de runderen).
- Voor wat betreft het toekomstjaar gaan we uit van de basis-cijfers uit 2030-G8 en behouden deze (na aanpassing van de sectorindeling). Door de andere sectorindeling is het niet mogelijk om exact dezelfde waardes zoals opgenomen in de definitief vastgestelde PAS, te bekomen.

Kortom, in dit rapport wordt er gewerkt met de cijfers uit de eerste drie kolommen van Tabel 12.

BIJLAGE C: ACTUALISATIE VAN DE EMISSIEPROGNOSES VOOR NEDERLAND VOOR HET TOETSPUNT 2030

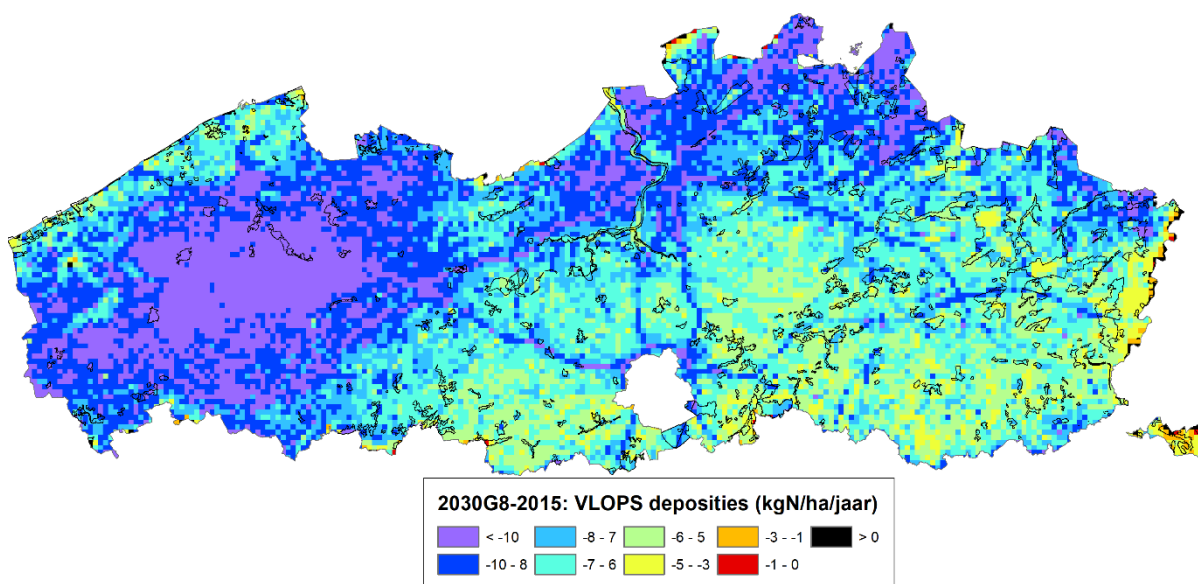
De impact van de eerste aanpassing beschreven in §2.4, de doorrekening van de emissies uit 2030-G8 met versie 23 van het VLOPS-model, levert een depositiepatroon op zoals getoond in Figuur 58.



Figuur 58 : De stikstofdepositie volgens scenario 2030-G8 in kg N/ha/jaar (emissies voor scenario 2030-G8 doorgerekend met VLOPS-versie VLOPS23)

De impact van de tweede aanpassing beschreven in §2.4, de actualisatie van de Nederlandse emissies, vraagt meer uitleg. De inschatting van Nederlandse emissies in 2030 kan gebeuren aan de hand van de E-MAP-inschattingen voor Nederland maar aangezien de verschillen tussen de versie met NL-emissies (zoals in dit rapport gebruikt voor periode 2015–2021) en de versie met de E-MAP-emissies (zoals gebruikt voor 2030) lokaal groot zijn (Figuur 3) is het moeilijk om de huidige trend te vergelijken met wat verwacht wordt in de toekomst³¹. Dit is te zien in Figuur 59 waarin de deposities gelinkt aan het emissiescenario 2030-G8, zonder aanpassingen aan de emissiepatronen in Nederland (maar doorrekening met de nieuwe VLOPS), vergeleken wordt met de resultaten voor het jaar 2015, met aanpassingen aan de emissiepatronen in Nederland (OPS-data, gebruik makend van de nieuwe VLOPS). Het resultaat is dat bij deze vergelijking op sommige locaties (ten noorden van de Kalmthoutse Heide, aan de Maas en in delen van Voeren) de deposities groter ingeschat worden in het 2030-scenario dan in 2015. Deze stijging heeft enkel te maken met de verschillende emissiepatronen in Nederland (E-MAP of OPS) en heeft dus geen invloed op de deposities zoals deze berekend worden voor de Vlaamse bronnen.

³¹ Dit speelt uiteraard alleen als er gekeken wordt naar de totaaldepositie en niet als er enkel gekeken wordt naar de Vlaamse depositie in 2030.



Figuur 59 : Het verschil in depositie tussen de simulatie van 2030-G8 (incl. E-MAP-emissies voor Nederland) en de berekening voor 2015 (incl. OPS-emissies voor Nederland) in kgN/ha/jaar (beide met nieuwe VLOPS-versie).

Dit rapport baseert zich op de meest actueel beschikbare informatie (september 2023). Vanuit dat oogpunt is geopteerd om de deposities te berekenen aan de hand van de OPS-emissiepatronen in Nederland. Momenteel zijn er geen Nederlandse emissieprognoses op voldoende hoge ruimtelijke resolutie publiek beschikbaar voor 2030. Daarom baseren we ons op de prognoses beschikbaar op landniveau, nl. de tabellen 2.1 (NO_x-emissies) en 3.1 (NH₃-emissies) van het Nederlandse rapport PBL (2023)³². Wanneer sprake van een emissierange (NO_x-emissies, voor 2030) nemen we het midden van de range als emissiewaarde. We bepalen de verhouding van de emissies in 2030 ten opzichte van de emissies voor 2019 voor beide pollutanten³³ en passen deze verhouding toe op het emissiepatroon van de Nederlandse bronnen voor het jaar 2019. Dit geeft respectievelijk een verhouding van 0,9355 voor ammoniak en 0,7365 voor stikstofoxides.

Er is in de PBL-data, voor alle duidelijkheid, nog geen rekening gehouden met de mogelijke emissiedaling ammoniak komende uit het Nationaal Programma Landelijk Gebied. Uit het doorgerekende 2030-G8-scenario vervangen we het nieuw doorgerekende depositiepatroon en bekomen aldus een nieuwe prognose voor 2030-G8. Dit benoemen we als 2030prognose (of 2030prog wanneer een kortere naam nodig is).

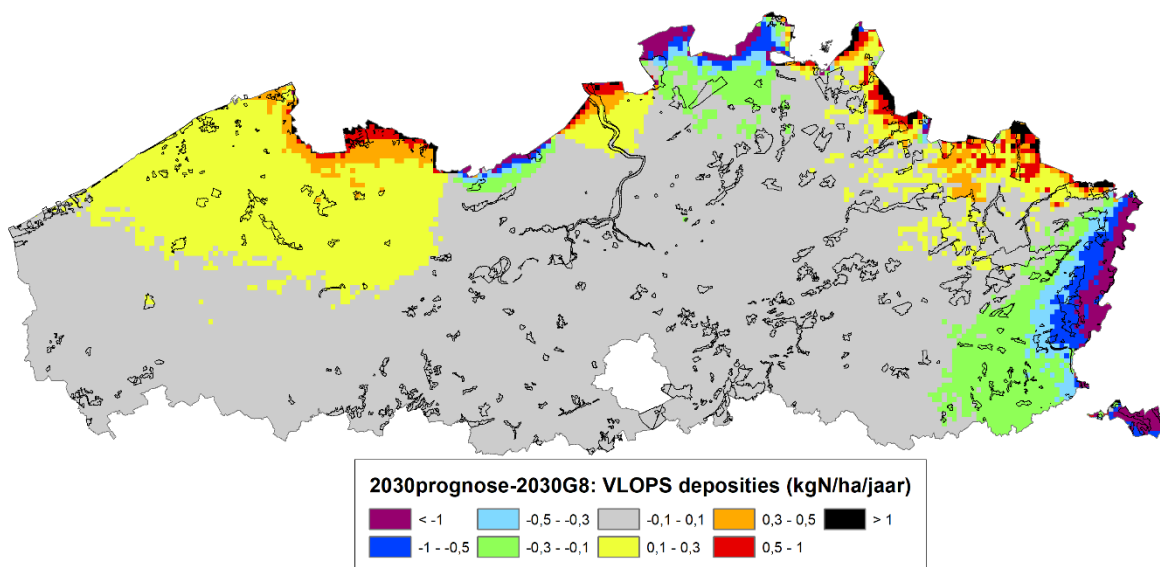
In Figuur 60 zien we de veranderingen in het depositiepatroon tussen 2030prognose en 2030-G8. Deze zijn soms aanzienlijk en bestaan, afhankelijk van de locatie, uit combinaties van stijgingen en dalingen. Dalingen zijn vooral te vinden in het gebied van Essen tot Hoogstraten, in Voeren en in Oost-Limburg. Stijgingen zijn vooral te vinden in het noorden van West-

³² PBL (in samenwerking met RIVM, TNO en WUR), 2023. Geraamde ontwikkelingen in nationale emissies van luchtverontreinigende stoffen 2023; rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2022, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-geraamde-ontwikkelingen-in-nationale-emissies-van-luchtverontreinigende-stoffen-2023_4930.pdf. Bij de prognoses wordt nog geen rekening gehouden met mogelijke emissiereducties NH₃ komende uit het Nationaal Plan Landelijk Gebied (zie Hoofdstuk 3 van rapport).

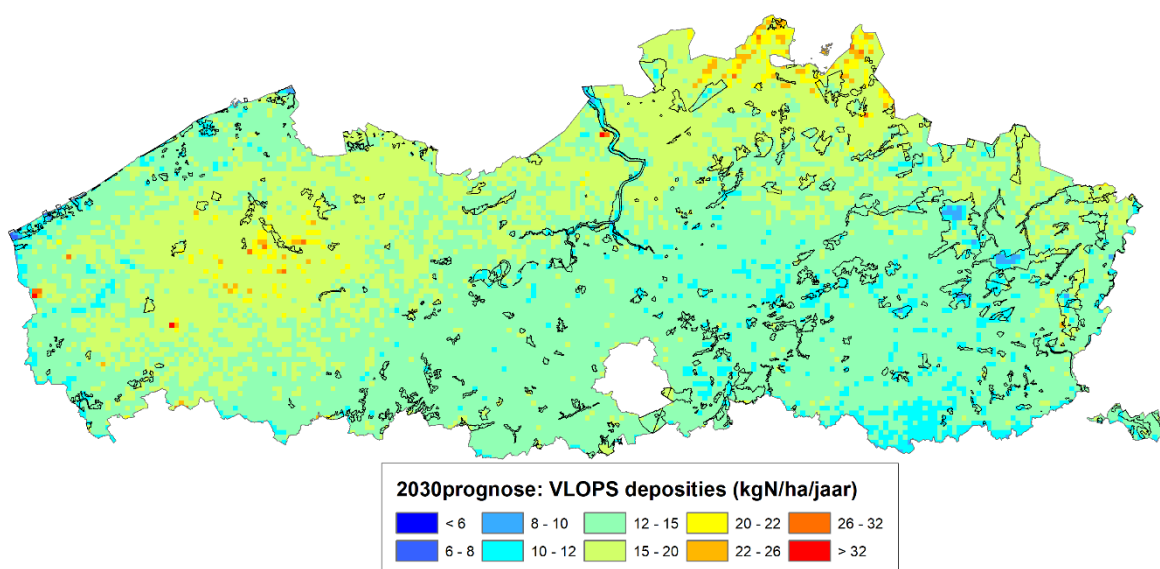
³³ Het jaar 2019 is gekozen omdat 2019 het laatste jaar is waarvoor de benodigde data beschikbaar was en waarvan de emissiepatronen niet beïnvloed werden door maatregelen tegen het COVID-19-virus.

Vlaanderen, het noordwesten van Oost-Vlaanderen, rond en in de Antwerpse Haven, het noordoosten en oosten van de provincie Antwerpen en in Noord-Limburg.

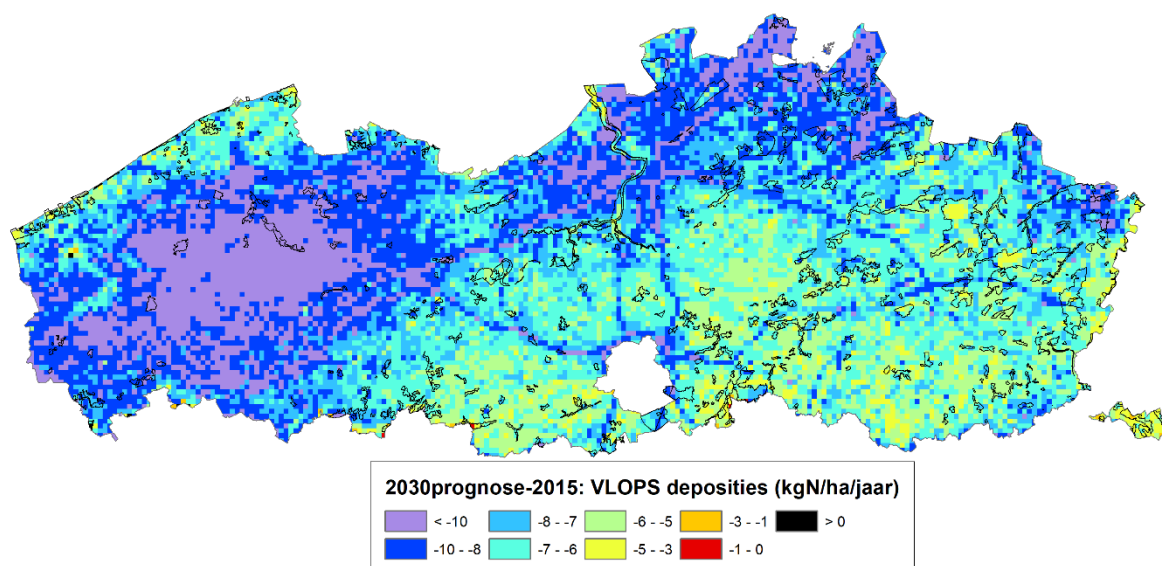
Op het algehele beeld van de depositie in 2030 zijn de verschillen echter klein (vergelijk Figuur 61 met Figuur 58). De eerdere stijgingen in 2030 ten opzichte van 2015 (Figuur 59) zijn verdwenen bij scenario 2030prognose (Figuur 62).



Figuur 60 : Het verschil in depositie tussen de simulatie van 2030prognose en 2030-G8 in kgN/ha/jaar.



Figuur 61 : De depositie in scenario 2030prognose in kgN/ha/jaar.



Figuur 62 : Het verschil in depositie tussen de simulatie van 2030prognose en de berekening voor 2015 (incl. OPS-emissies voor Nederland) in kgN/ha/jaar.

**vision on technology
for a better world**

