



Opdrachtgever:
Vlaamse Landmaatschappij, Afdeling Mestbank
Gulden-Vlieslaan 72, 1060 Brussel

**Bepalen van procesfactoren voor oppervlaktewater
en grondwater ter
evaluatie van de nitraatstikstofresidu-norm**

Uitgebreide samenvatting

Consortium	
KULeuven Departement Aard- en Omgevingswetenschappen Celestijnenlaan 200e, 3001 Leuven	 DEPARTEMENT AARD- EN OMGEVINGSWETENSCHAPPEN K.U.LEUVEN
Bodemkundige Dienst van België vzw W. de Croylaan 48, 3001 Leuven-Heverlee	 Bodemkundige Dienst van België vzw
Onderaannemer	
Forschungszentrum Jülich GmbH Agrosphere Institute, ICG-4 D52425 Jülich, Duitsland	 JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

Consortiumleden:

Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, K.U.Leuven

Koen Van Overtveld, Philippe Van De Vreken, Luk Peeters, Okke Batelaan, Jos Van Orshoven, Jan Vanderborght en Jan Diels.

Bodemkundige Dienst van België

Davy Vandervelpen, Mia Tits, Annemie Elsen Jan Bries en Hilde Vandendriessche.

Agrosphere Institute, Forschungszentrum Jülich

Petra Kuhr, Jan Vanderborght en Frank Wendland

Stuurgroepleden:

Koen Cochez (VLM), Karl Cordemans (VLM), Koen Desimpelaere (VLM), Sofie Ducheyne (VLM), Tom D'heygere (VMM), Ralf Eppinger (VMM), Bruno Fernagut (VLM), Els Lesage (VLM), Hari Neven (LNE), Joost Salomez (LNE-ALBON), Dirk Van Gijseghem (LV-AMS), Kor Van Hoof (VMM).

Uitgebreide samenvatting studieopdracht: Bepalen van procesfactoren voor oppervlaktewater en grondwater ter evaluatie van de nitraatstikstofresidu-norm

Inleiding

Deze studieopdracht heeft als doel het evalueren en differentiëren van de huidige nitraatstikstofresidunorm en de nitraatstikstofresidu-richtwaarde aan de hand van een evaluatie van historische nitraatstikstofresidumetingen en het leggen van de link tussen nitraatstikstofresiduwwaarden en nitraatconcentraties gemeten in het oppervlakte- en grondwater.

Deze studie bestaat uit drie fasen, waarbij in een eerste fase de nitraatresidumetingen van de VLM worden geëvalueerd en waarbij verder voorspellende modellen worden opgesteld. Deze modellen worden gebruikt in fase twee van het onderzoek om het nitraatresidu te schatten van niet bemonsterde percelen.

In een tweede fase worden procesfactoren bepaald voor oppervlaktewater en grondwater. Een procesfactor is een empirische of „black box” factor die alle processen omvat die plaatsvinden tussen de nitraatuitspoeling uit het bodemprofiel (vertrekkende van het nitraatresidu in het najaar) en de gemeten nitraatconcentraties in oppervlaktewater of grondwater. Deze procesfactoren leggen dus een link tussen de uitspoeling uit het bodemprofiel en de waterkwaliteitsmetingen in het oppervlaktewater of het grondwater.

Een derde fase van dit onderzoek spitst zich toe op het op basis van de wetenschappelijke aannames in deze studie vertalen van deze nieuwe procesfactoren naar maximale nitraatresidu's opdat de grenswaarde van de Europese nitraatrichtlijn (50 mg nitraat per liter water) niet wordt overschreden.

Fase 1: Statistische analyse van de beschikbare nitraatresidumetingen van de VLM

De gegevens die in de eerste fase van deze studie werden gebruikt zijn aangeleverd door de VLM-Mestbank, met name de nitraatresidumetingen voor de jaren 2000 t/m 2008 in de percelen met Beheersovereenkomst Water, de Mestbankcontrolemetingen en opvolgstalen in de periode van 2004 t/m 2008, alsook de perceelsgegevens en de bedrijfsgegevens voor dezelfde perioden. Ook werd intensief gebruik gemaakt van de databank nitraatresidumetingen van de Bodemkundige Dienst van België met o.a. gegevens omtrent de pH en het humusgehalte van de

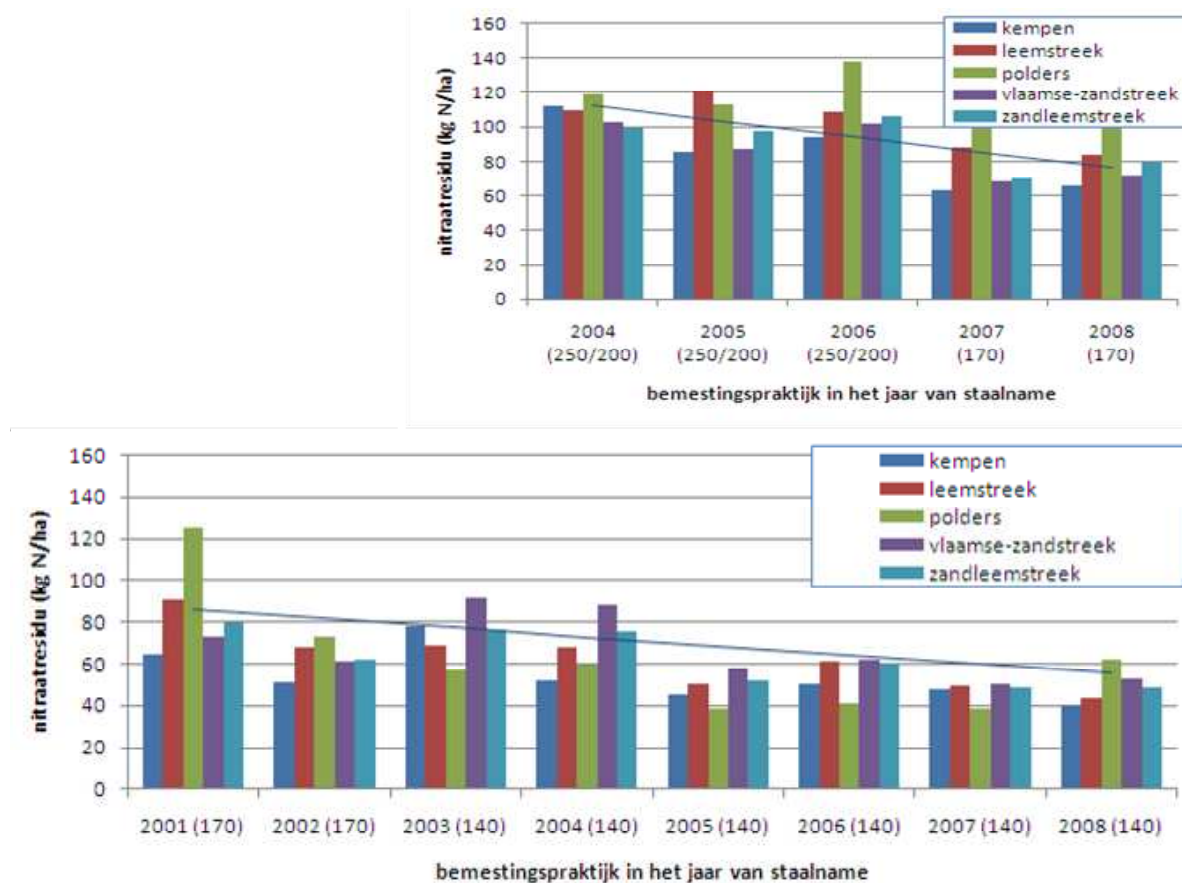
bodem, het gebruik van organische bemesting en groenbemesters, enz.. Daarnaast werden nog een groot aantal meteo- en bodemgegevens verzameld.

Uit al deze datasets werden 37 variabelen gegenereerd waarvan de invloed op of het verband met het nitraatresidu geanalyseerd werd (beschrijvende analyse) en die vervolgens gebruikt werden om een voorspellend model op te stellen voor het nitraatresidu (MANCOVA-model).

Alhoewel de beschikbare datasets niet helemaal representatief zijn voor alle landbouwpercelen in Vlaanderen kunnen toch een aantal besluiten geformuleerd worden uit de beschrijvende analyse.

Vooreerst worden de substantiële verschillen in nitraatresidu tussen percelen met Beheersovereenkomst Water (dataset BO-BDB) enerzijds en percelen waarin controlemetingen werden uitgevoerd door de Mestbank (dataset MB-BDB) anderzijds duidelijk aangetoond. Het gemiddelde nitraatresidu van alle percelen in de dataset BO-BDB was 22 kg N/ha lager dan het gemiddelde nitraatresidu in de dataset MB-BDB. Deze verschillen waren voornamelijk te wijten aan verschillen in bemestingspraktijken. De variabelen met een significante invloed op het nitraatresidu waren in beide groepen percelen grotendeels dezelfde, alhoewel hun invloed in de percelen met Beheersovereenkomst Water meestal geringer was.

Van alle variabelen die geanalyseerd werden, zijn volgende variabelen de belangrijkste: de hoofdteelt (gewasgroep), de bemestingspraktijk in het jaar van staalname (BPJS: gecombineerd effect van o.a. evolutie van de algemene bemestingspraktijken, implementatie van het mestbeleid, bemestingshistoriek, ...), de landbouwstreek en hiermee samenhangend de bodemtextuur, het koolstofgehalte en de pH, de nateelt gekoppeld aan de bodembedekking bij staalname en het tijdstip van staalname (i.f.v. de oogstdatum van het hoofdgewas of de groeiperiode van de na- of volgteelt) evenals, in mindere mate, de weersomstandigheden (neerslagoverschot en temperatuur) en bedrijfstype (bedrijven met of zonder dieren). In Figuur 1 wordt de invloed van de Bemestingspraktijk in het jaar van staalname (BPJS) en de Landbouwstreek voorgesteld. Ook de verschillen tussen de Mestbankcontrolepercelen en de percelen met Beheersovereenkomst Water komen in deze figuur tot uiting.



Figuur 1 - Invloed van de Bemestingspraktijk in het jaar van staalname (BPJS) op het gemiddeld totaal nitraatresidu per landbouwstreek, voor de Mestbankcontrolerpercelen (grafiek bovenaan) en voor de percelen met Beheersovereenkomst Water (grafiek onderaan).

Derogatie had, in 2007 en 2008, geen enkel effect bij gras en wintertarwe. Bij maïs vertoonden percelen met derogatie steeds een iets hoger gemiddeld nitraatresidu, maar wanneer enkel maïspercelen met nateelt gras bekeken werden, kon er geen effect meer aangetoond worden.

Wat groenten betreft werden in beide datasets de hoogste nitraatresidu's bekomen na bloemkool, spinazie en bonen en de laagste nitraatresidu's na spruitkool.

In percelen waarin meerdere metingen werden uitgevoerd (percelen > 2 ha) werd de variatiecoëfficiënt van het nitraatresidu bepaald als maat voor de variabiliteit binnen percelen. Deze bedroeg gemiddeld 0.25, wat betekent dat de nitraatresidu's binnen de percelen relatief weinig van elkaar verschillen. De variabiliteit binnen percelen was kleiner in de Leemstreek en in leemgronden dan in de lichtere texturen en was ook kleiner in percelen met granen en suikerbieten dan in percelen met maïs of fruitbomen. De variabiliteit binnen percelen was het grootst bij grasland.

Voor de percelen die zowel in 2007 als in 2008 gecontroleerd werden door de Mestbank gaven de bemonsteringen van 2008 gemiddeld een significant lager nitraatresidu dan de bemonsteringen van 2007. In de overgrote meerderheid van de percelen die in 2007 een hoger nitraatresidu

hadden dan 90 kg N/ha werd dit, onder andere dank zij de begeleidende maatregelen en toegenomen aandacht voor de bemesting, gecorrigeerd in 2008, en dit voor alle gewasopeenvolgingen.

Voor de percelen met Beheersovereenkomst Water die gedurende meerdere jaren bemonsterd werden en waarvoor meerdere keren een overschrijding van de nitraatresidunorm (90 kg N/ha) vastgesteld werd kon geen correlatie vastgesteld worden van het (meermaals) overschrijden van de nitraatresidunorm met het koolstofgehalte, het ammoniumgehalte of de toediening van organische mest.

In 2008 werd er in percelen met verlengde uitrijregeling gemiddeld een significant hoger nitraatresidu gemeten dan in percelen zonder verlengde uitrijregeling. Het effect van de verlengde uitrijregeling was niet afhankelijk van de bodemtextuur of van de landbouwstreek.

Per gewasgroep werd een apart voorspellend MANCOVA-model ontwikkeld op basis van de Mestbankcontrolemetingen en opvolgstalen. Deze modellen kunnen gebruikt worden om de totale nitraatresidu's en de nitraatresidu's per bodemlaag te voorspellen in andere percelen.

Ondanks het soms groot aantal verklarende variabelen die in deze modellen werden opgenomen konden ze slechts een relatief klein gedeelte van de variatie van de betreffende dataset (per gewasgroep) verklaren: de R^2 -waarden varieerden van 0.09 (gewasgroep Maïs) tot 0.19 (gewasgroep Aardappelen) voor het totale nitraatresidu.

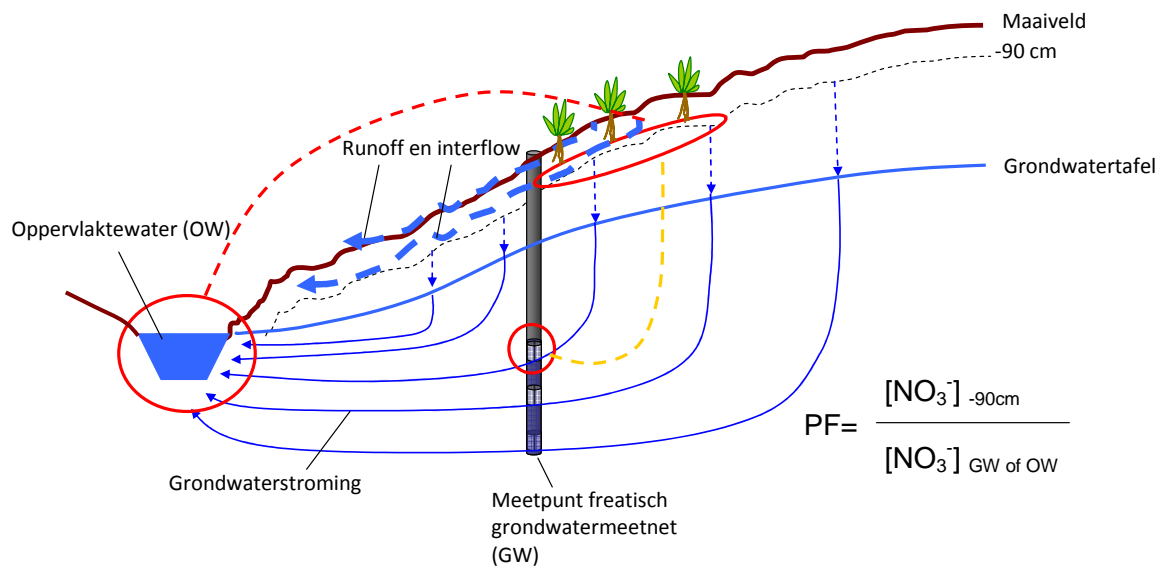
De globale R^2 -waarden van het gecombineerde MANCOVA-model (bestaande uit de submodellen van de verschillende gewasgroepen), voor het totale nitraatresidu en voor het nitraatresidu per bodemlaag, lagen tussen 0.23 en 0.25. Dit wil zeggen dat ongeveer 1/4 van de totale variatie van de (log-getransformeerde) nitraatresidu's van de Mestbankcontrolemetingen en opvolgstalen verklaard wordt door dit gecombineerde model.

De semivariogramanalyse van de modelfouten toonde aan dat de modelfouten slechts een geringe ruimtelijke autocorrelatie vertoonden op de schaal van een afstroomgebied. Dat betekent dat verwacht kan worden dat het inbrengen van bijkomende verklarende variabelen met een duidelijke ruimtelijke structuur over perceelsgrenzen heen geen gevoelige verbetering zal opleveren van het model. De grote 'nugget' variantie geeft aan dat een verbetering van het model vooral verwacht kan worden met inbreng van bijkomende perceelspecifieke informatie (zoals bemesting, gebruikshistoriek). De structurele variantie bedroeg slechts 15 tot 25% van de totale variantie en daarom mogen we ruimtelijke afhankelijkheid verwaarlozen bij de berekening van het betrouwbaarheidsinterval op de schatting van de procesfactor voor een stroomgebied.

Fase 2: Bepalen en evalueren van procesfactoren voor oppervlaktewater en grondwater

Fase 2 van dit onderzoek spitste zich toe op het bepalen van procesfactoren voor zowel oppervlaktewater als voor grondwater, alsook op de ruimtelijke differentiatie ervan. De empirische procesfactor kenmerkt de mate van verdunning en afbraak van nitraat, vanaf het moment dat het nitraat de wortelzone op 90 cm onder het maaiveld verlaat tot op het moment dat het ofwel in het oppervlaktewater ofwel in het grondwater terecht komt en gemeten wordt. Bij lage procesfactoren (≈ 1) zal het nitraat dat de wortelzone verlaat in een bijna gelijke concentratie in het oppervlakte- of grondwater terug te vinden zijn, daar waar bij hoge procesfactoren het nitraat verdund en/of afgebroken wordt en dus in een lagere concentratie terug te vinden is in het oppervlakte- of grondwater.

In Figuur 2 wordt de grondwaterstroming doorheen een hypothetisch profiel weergegeven. De procesfactor oppervlaktewater is de verhouding tussen de gemiddelde nitraatconcentratie onderaan de wortelzone op -90 cm en de gemiddelde nitraatconcentratie in het oppervlaktewater. Het water dat de wortelzone verlaat kan via runoff en interflow of via het grondwater, het oppervlaktewater bereiken. De procesfactor grondwater op zijn beurt is de verhouding tussen de gemiddelde nitraatconcentratie op -90 cm en de gemiddelde nitraatconcentratie in de eerste filter van het MAP-meetpunt grondwater.



Figuur 2 - Schematische voorstelling van grondwaterstroming en het verband met de procesfactoren oppervlaktewater en grondwater.

De procesfactor oppervlaktewater wordt bepaald als de verhouding tussen de gemiddelde nitraatconcentratie over de winterperiode onderaan de wortelzone en de gemiddelde concentratie in het oppervlaktewater (rode stippellijn).

De procesfactor grondwater wordt bepaald als de verhouding tussen de gemiddelde nitraatconcentratie over de winterperiode onderaan de wortelzone en de gemiddelde concentratie in de eerste filter van een Meetpunt van het freatisch grondwater (gele stippellijn).

De Europese nitraatrichtlijn (91/676/EEG) stelt dat de grenswaarde voor nitraat in oppervlakte- of grondwater 50 mg NO₃⁻ per liter water bedraagt. Procesfactoren voor oppervlakte- en grondwater zijn dus een nuttig middel om de maximale nitraatconcentratie onderaan de wortelzone van een perceel te bepalen, opdat deze grens van 50 mg/l water niet overschreden wordt.

Bepalen en evalueren van procesfactoren voor oppervlaktewater.

De procesfactor oppervlaktewater werd in het N-(eco)² project (2002) gedefinieerd als de verhouding tussen de gemiddelde nitraatconcentratie in het percolatiewater dat de wortelzone verlaat (op -90 cm) en de gemiddelde nitraatconcentratie in het oppervlaktewater en dit voor kleine, door landbouw beïnvloede oppervlaktewatersystemen.

In deze studie wordt de procesfactor oppervlaktewater bepaald voor 50 meetpunten van het MAP-meetnet oppervlaktewater en wordt aan de hand van een statistische analyse getracht de verklarende variabelen voor de variatie in procesfactoren te bepalen om zo gebiedsdekkende uitspraken voor Vlaanderen te kunnen doen.

Het MAP-meetnet oppervlaktewater is een meetnet van 794 meetplaatsen in kleine waterlopen, waarvan het afstroomgebied voornamelijk agrarisch van karakter is. Voor elk van deze 794 meetplaatsen werd aan de hand van de ArcGIS extensie “ArcSWAT” voor een 5m × 5m raster het afstroomgebied bepaald, dat het gebied afbakt, waarbinnen neerslagwater naar het overeenkomstig MAP-meetpunt stroomt. Voor elk afstroomgebied werden een aantal karakteristieken berekend, zoals de oppervlakte van het afstroomgebied, de lengte van de waterlopen, het aandeel landbouwpercelen, de Hydrogeologische Homogene Zone (HHZ) waartoe het afstroomgebied behoort, de dominante textuur van de bodems het landgebruik binnen het afstroomgebied en enkele indicatoren voor de nitraatoverschrijdingen in het meetpunt.

Op basis van deze selectiecriteria werden de 50 meest geschikte afstroomgebieden geselecteerd, waarbij telkens een zo groot mogelijke homogeniteit binnen elk afstroomgebied en contrasterende kenmerken tussen de afstroomgebieden werden nagestreefd.

Voor de berekening van de procesfactor oppervlaktewater werd de gemiddelde nitraatconcentratie over de winterperiode bepaald op 90 cm diepte voor elk van de 50 afstroomgebieden. De nitraatconcentratie onderaan de wortelzone werd bekomen door de nitraatuitspoeling over de winterperiode (1 november - 31 maart) te berekenen uit het nitraatresidu aan de hand van een analytisch uitspoelingsmodel. De nitraatuitspoeling wordt

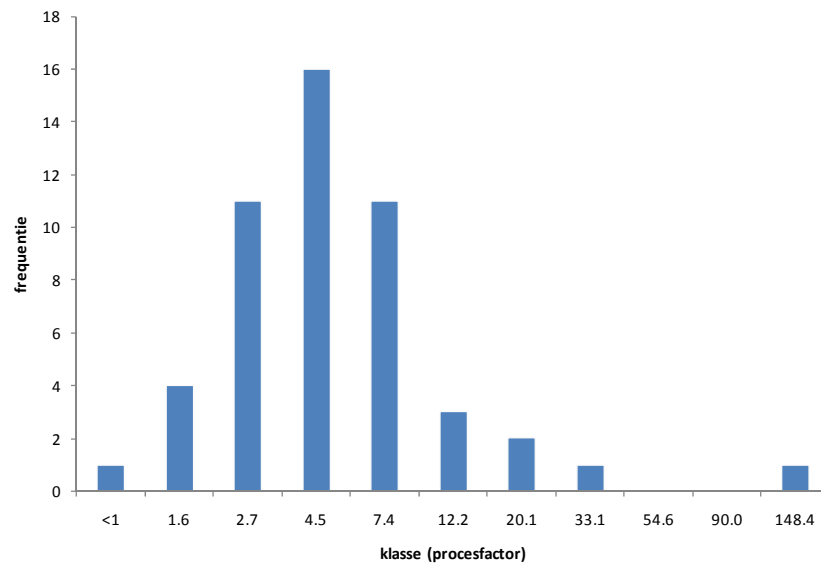
berekend voor 4 winterjaren (2004-2005, 2005-2006, 2006-2007 en 2007-2008), en dan gemiddeld over deze 4 winterjaren. Op deze manier wordt een gemiddelde procesfactor bekomen voor deze periode, vermits de werkelijke reistijd van het water niet gekend is.

Alvorens de nitraatuitspoeling te kunnen berekenen, dient aan elk perceel binnen een afstroomgebied een hoeveelheid aan gegevens te worden gekoppeld. In eerste instantie werd aan elk perceel voor elk van de 4 jaren het nitraatresidu gekoppeld op basis van hetzij metingen (indien deze werden uitgevoerd), ofwel werd het nitraatresidu geschat aan de hand van de MANCOVA modellen uit de eerste fase. Voor de landoppervlakten die geen landbouwperceel zijn (bos, natuurgebied, bebouwing, ...) werd het nitraatresidu geschat aan de hand van de atmosferische depositie van dat jaar. Vervolgens werd aan de hand van de Belgische bodemkaart het bodemtype bepaald (zand, zandleem, leem of klei) en werd aan elk type een gemiddelde korrelgrootteverdeling en een organisch koolstofgehalte toegekend. Voor diepere grondlagen (dieper dan 90 cm) werd de korrelgrootteverdeling bepaald aan de hand van boorrappporten van het freatisch meetnet. Aan elk perceel werden uiteindelijk ook de gemiddelde grondwaterstand en het gemiddeld neerslagoverschot over de winterperiode gekoppeld.

Aan de hand van bovenstaande gegevens is het mogelijk om met een analytisch uitspoelingsmodel (analytische oplossing van de convectie-dispersie vergelijking) de nitraatconcentratie onderaan de wortelzone over de winterperiode te berekenen voor elk perceel. De gemiddelde nitraatconcentratie onderaan de wortelzone voor het gehele afstroomgebied wordt berekend door de concentraties voor de individuele percelen te wegen naar de relatieve oppervlakteaandelen van de percelen. Voor elk winterjaar (2004-2005, 2005-2006, 2006-2007 en 2007-2008) wordt een gemiddelde nitraatconcentratie bekomen. Deze concentraties werden dan over de vier jaren gemiddeld.

Een volgende stap in de bepaling van de procesfactor oppervlaktewater is de berekening van de gemiddelde nitraatconcentratie in het oppervlaktewater voor de 50 geselecteerde meetpunten. Hiervoor werden de beschikbare tijdsreeksen van de nitraatconcentratie voor de 50 meetpunten gebruikt. Het tijdsverloop van de nitraatconcentratie voor elk meetpunt werd geanalyseerd op de aanwezigheid van een maandeffect, het voorkomen van autocorrelatie of de aanwezigheid van een trend. Het finaal model dat gebruikt wordt voor de berekening van de gemiddelde waarde is een combinatie van een jaar en/of maandeffect (al dan niet autogecorreleerd). Indien er een maandeffect aanwezig is, wordt de nitraatconcentratie bepaald als het gemiddelde van de gemiddelde maandconcentraties gewogen over een debietfactor (gemiddeld debiet van die maand gedeeld door de som van de maanddebieten), waarvan de som der factoren 1 is. Indien er een jaareffect aanwezig is wordt de gemiddelde waarde bepaald over de periode van 2004 tot 2007.

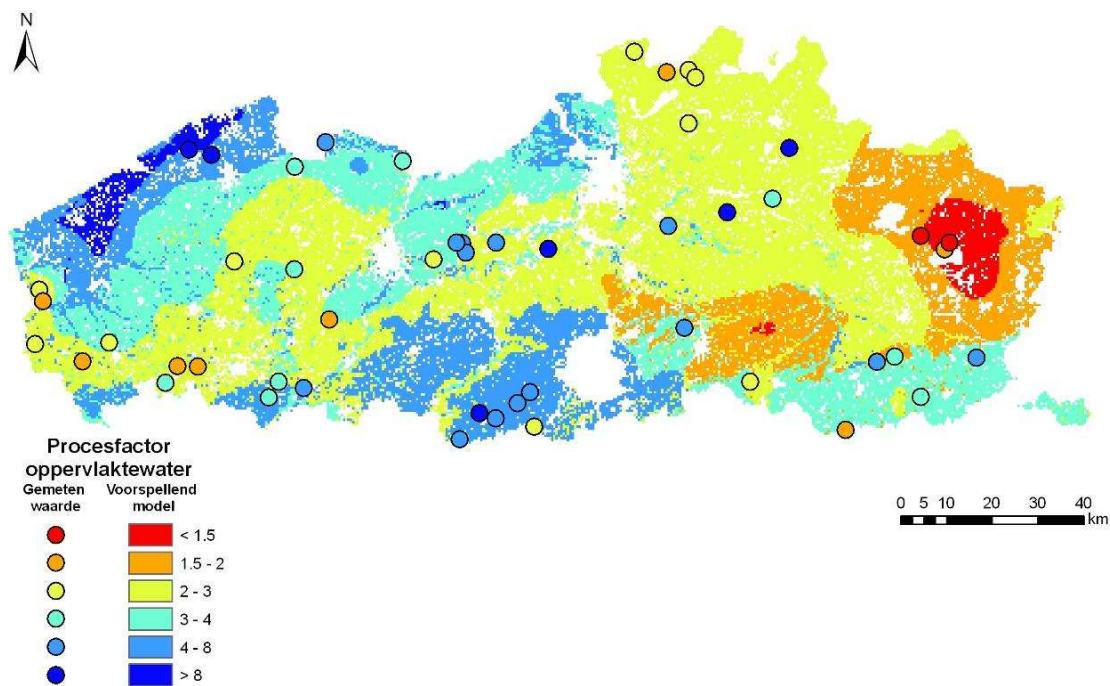
Indien geen van de effecten aanwezig is wordt het rekenkundig gemiddelde van de meetwaarden berekend.



Figuur 3 - Histogram van de procesfactor oppervlaktewater (x-as in logaritmische schaal)

De procesfactoren oppervlaktewater werden bekomen door per afstroomgebied de gemiddelde nitraatconcentratie onderaan de wortelzone te delen door de (gewogen) gemiddelde nitraatconcentratie in het MAP-meetpunt. De procesfactoren vertonen een lognormale verdeling, met een mediane waarde van 3.3 (Figuur 3)

Aan de hand van een statistische analyse bleek dat de dominante textuur van het afstroomgebied en de redoxpotentiaal van de onderliggende aquifer twee significante verklarende variabelen zijn. Deze twee variabelen werden dan ook gebruikt voor de opbouw van een voorspellend regressiemodel. Met dit model werden gebiedsdekkende voorspellingen gedaan voor heel Vlaanderen (Figuur 4). De procesfactor oppervlaktewater vertoont een duidelijke regionale variatie, die echter maar ten dele kan worden verklaard.



Figuur 4 - Rasterkaart met de voorspelde procesfactor voor de procesfactor oppervlaktewater voor Vlaanderen met aanduiding van de 50 afstroomgebieden oppervlaktewater met hun geobserveerde waarde voor de procesfactor. (Raster van 500 m × 500 m)

Aan de hand van het WEKU-model, een raster-gebaseerd, stochastisch reistijd-denitrificatiemodel, werd de nitraatvrucht naar het oppervlaktewater modelmatig berekend voor elk van de 50 geselecteerde afstroomgebieden.

Het WEKU-model gaat uit van een snelle afvoercomponent (overland flow, interflow, drainage) van het neerslagoverschot en een trage component, via het grondwater. Tijdens het transport van nitraat via de snelle afvoercomponent wordt geen denitrificatie verondersteld, terwijl tijdens het transport in het grondwater het nitraat via een eerste orde reactie wordt afgebroken, met een snelheid die afhankelijk is van de aquifereigenschappen. De voorspelling van de nitraatvrucht naar het oppervlaktewater met het WEKU model is aanvaardbaar. Er is echter geen significante correlatie tussen de gemodelleerde en geobserveerde procesfactoren. Wel worden procesfactoren van eenzelfde grootteorde gemodelleerd. Vermoedelijk zijn enkele onzekerheden op de invoerdata van het model te groot om een goede overeenkomst tussen model en voorspelling te geven. Ook zijn de gebruikte afstroomgebieden vermoedelijk te klein om het model optimaal te gebruiken.

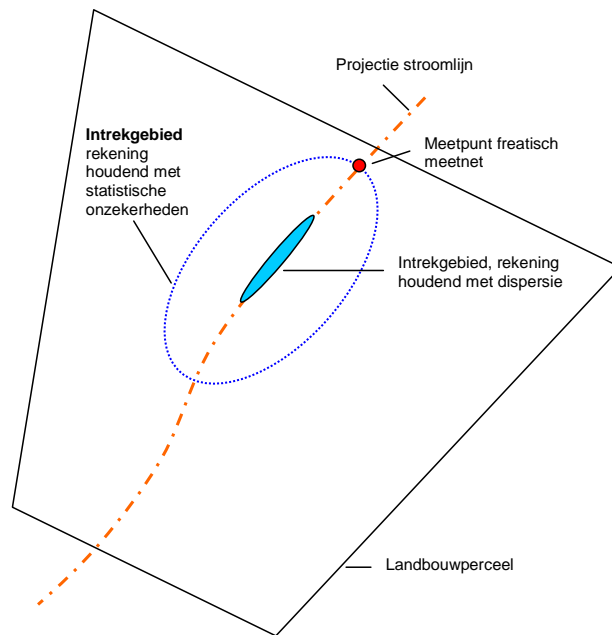
Bepalen en evalueren van procesfactoren voor grondwater

De kwaliteit van het grondwater in Vlaanderen wordt opgevolgd in een meetnet van peilbuizen (freatisch grondwatermeetnet), waarbij het bemonsterde water afkomstig is van een klein aantal percelen stroomopwaarts van het meetpunt volgens de grondwaterstroming. De 1ste filter van elke peilbuis wordt preferentieel in de oxische zone van de aquifer geplaatst, omdat in deze zone het nitraat niet wordt afgebroken door micro-organismen. De gemeten nitraatconcentratie is er dus een weerspiegeling van de bemestingsactiviteit op de beïnvloedende percelen. De eerste filter bevindt zich echter niet steeds in de oxische zone, maar soms in de gereduceerde zone, waar veel van het nitraat reeds gedenitrificeerd is.

Omwille van de stabiliteit van nitraat in de geoxideerde zone van het freatische grondwater, wordt deze zone als referentie beschouwd om de kwaliteit te toetsen aan de nitraatrichtlijn, vermits in deze zone doorgaans de hoogste nitraatconcentraties gemeten worden. De opdeling van filters in geoxideerde of gereduceerde filters blijkt moeilijk te onderbouwen op basis van chemische karakteristieken en daarom werd besloten om geen meetpunten a priori uit te sluiten uit de verdere analyse.

De procesfactor grondwater werd bepaald voor een subset van 525 meetpunten van het freatisch grondwatermeetnet, geselecteerd op basis van hun ligging in enkele contrasterende HHZ's (contrasterend in gebruik van stikstof en potentiële uitspoeling van het stikstof), de ligging in de verschillende Vlaamse landbouwstreken en het hydrografisch bekken. Verder werden die meetpunten geweerd, waarvoor de reistijd langer is dan 5 jaar, omwille van het bereik van de beschikbare nitraatresidumetingen en nitraatmetingen in het grondwater

Voor elk meetpunt werd het intrekgebied bepaald als een ellipsvormig gebied, stroomopwaarts gelegen ten opzichte van het meetpunt, waarbinnen met 75% zekerheid het water dat door de peilbuis stroomt, afkomstig is (Figuur 5). Voor elk van de meetpunten werd de reistijd door de onverzadigde en de verzadigde zone berekend.

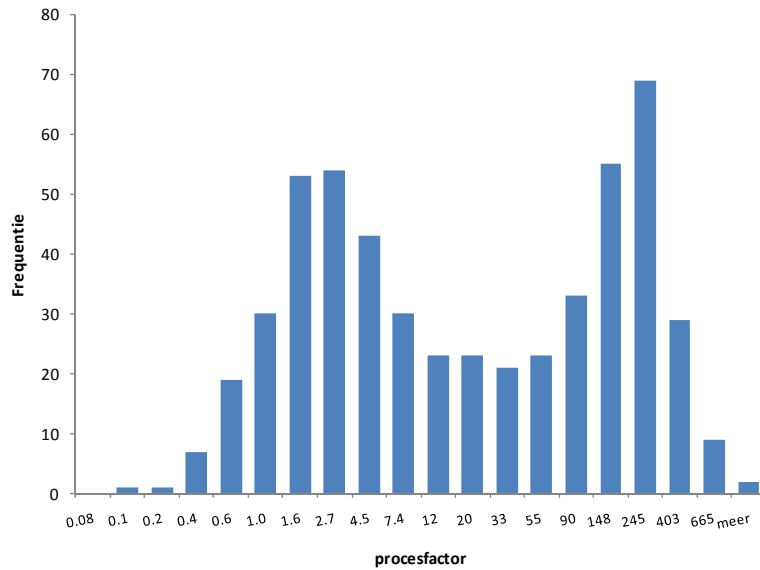


Figuur 5 - Bovenaanzicht van een hypothetisch landbouwperceel met een meetpunt van het freatisch meetnet grondwater en bijhorend intrekgebied.

Analoog aan de procesfactor oppervlaktewater werden ook hier aan elk van de intrekgebieden de nodige data gekoppeld om via het analytisch uitspoelingsmodel de gemiddelde nitraatconcentratie onderaan de wortelzone voor het winterjaar 2004-2005 te berekenen uit gemeten of geschatte nitraatresidu's voor 2004. De nitraatconcentraties voor de verschillende percelen werden hier echter gewogen aan de hand van de intrekgebieden waarbij de wegingsfactor afneemt vanuit het centrum naar de rand van de ellips.

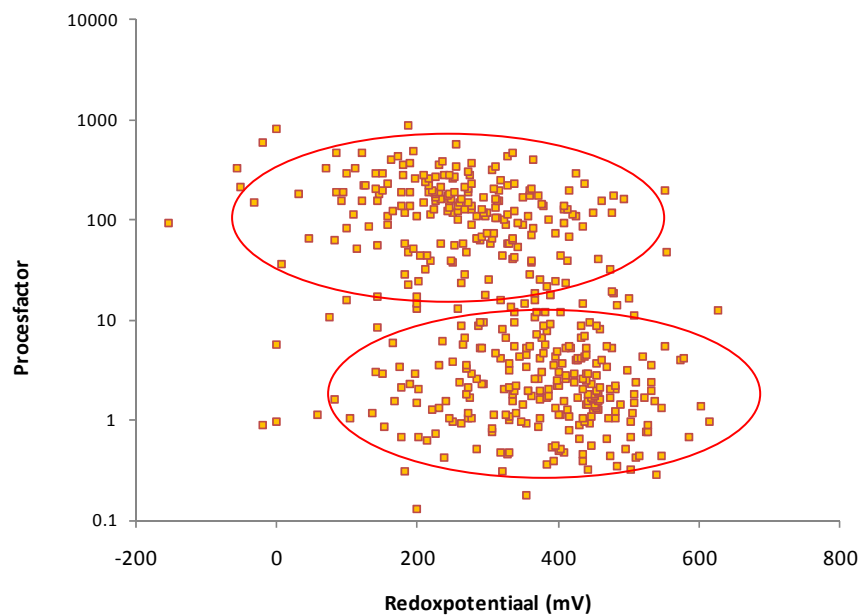
Om de procesfactor grondwater te berekenen werd de gewogen gemiddelde nitraatconcentratie onderaan de wortelzone gedeeld door de nitraatconcentratie in de filter van het overeenkomstig meetpunt voor dat jaar, gelijk aan het winterjaar 2004-2005 vermeerderd met de reistijd van het water.

De frequentieverdeling van de procesfactoren toont twee opvallende pieken, met een eerste piek rond de waarde 2.1 en een tweede rond de waarde 200 (Figuur 6).



Figuur 6 - Frequentieverdeling van de ln-getransformeerde procesfactor grondwater voor 525 MAP-meetpunten grondwater. Op de X-as worden de niet-getransformeerde waarden van de procesfactor weergegeven voor de bovengrens van elke klasse.

Wanneer de procesfactoren worden uitgezet tegenover de gemeten redoxpotentiaal worden twee puntenwolken waargenomen. Een puntenwolk met lage procesfactoren en hoge redoxpotentiaal en één puntenwolk met hoge procesfactoren en lage redoxpotentiaal (Figuur 7).



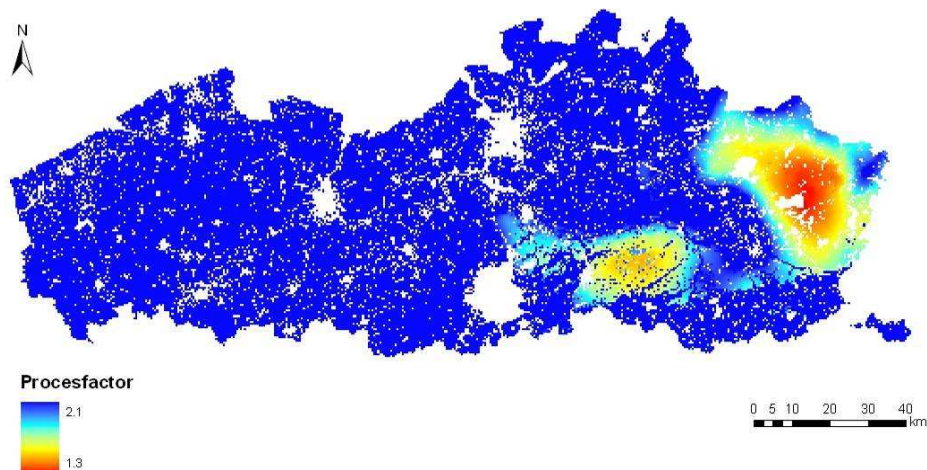
Figuur 7 - Verhouding van de procesfactor grondwater tegenover de redoxpotentiaal

Uit deze waarnemingen blijkt dus dat de steekproef uit twee populaties afkomstig is, filters in de oxische zone en filters in de gereduceerde zone. De filters in de oxische zone werden verder statistisch geanalyseerd omdat hier de invloed van bemesting gemeten wordt. In deze oxische

filters konden geen significante verschillen op basis van textuur, of HHZ worden aangetoond. Aangezien een ruimtelijke voorspelling bijgevolg niet kon gebeuren, was de mediaan van de oxische filters (2.1) de beste schatter voor de procesfactor voor het grondwater.

Gecombineerde procesfactoren oppervlaktewater-grondwater voor Vlaanderen

Om zowel in oppervlaktewater als in het grondwater te voldoen aan de nitraatgrenswaarde van 50 mg nitraat per liter, dient de strengste van de 2 procesfactoren op die plaats gerespecteerd te worden. Dit betekent in de praktijk dat daar waar de procesfactor oppervlaktewater groter is dan 2.1, ze wordt afgetopt naar deze waarde en daar waar de procesfactor oppervlaktewater kleiner is, die laatste waarde van toepassing is. Men kan spreken van de gecombineerde procesfactor oppervlaktewater-grondwater. Ruimtelijk wordt dit voorgesteld in Figuur 8.



Figuur 8 - Ruimtelijke voorstelling van de gecombineerde procesfactor oppervlaktewater-grondwater

Op basis van dit ruimtelijk patroon zullen nieuwe nitraatstikstofresidu's worden voorgesteld om een verbetering van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit te bewerkstelligen.

De nieuwe gedifferentieerde procesfactoren zijn in vergelijking met de procesfactor van 2.4 uit de N-(eco)² studie een verstrenging, vooral voor Limburg en de leemstreek tussen Leuven en Diest.

Fase 3: Voorstel van nitraatstikstofresidu's in functie van de bekomen procesfactoren

Op basis van simulaties met het stikstofbalansmodel WAVE, werden in het N-(eco)² project maximale nitraatresidu's voorgesteld voor verschillende gewassen op zandbodems en niet-zandbodems waarbij volgens de simulaties de Europese nitraatgrenswaarde (50 mg nitraat per liter water) niet wordt overschreden in het oppervlaktewater. Deze nitraatresidu's (Tabel 1) zijn

gebaseerd op een procesfactor 2.4, welke toen als geldende procesfactor voor Vlaanderen werd beschouwd.

Tabel 1 - Nitraatstikstofresidunormen (kg NO₃⁻-N/ha) voor Vlaanderen, voorgesteld binnen de N-(eco)² studie (2002) op basis van een procesfactor van 2.4.

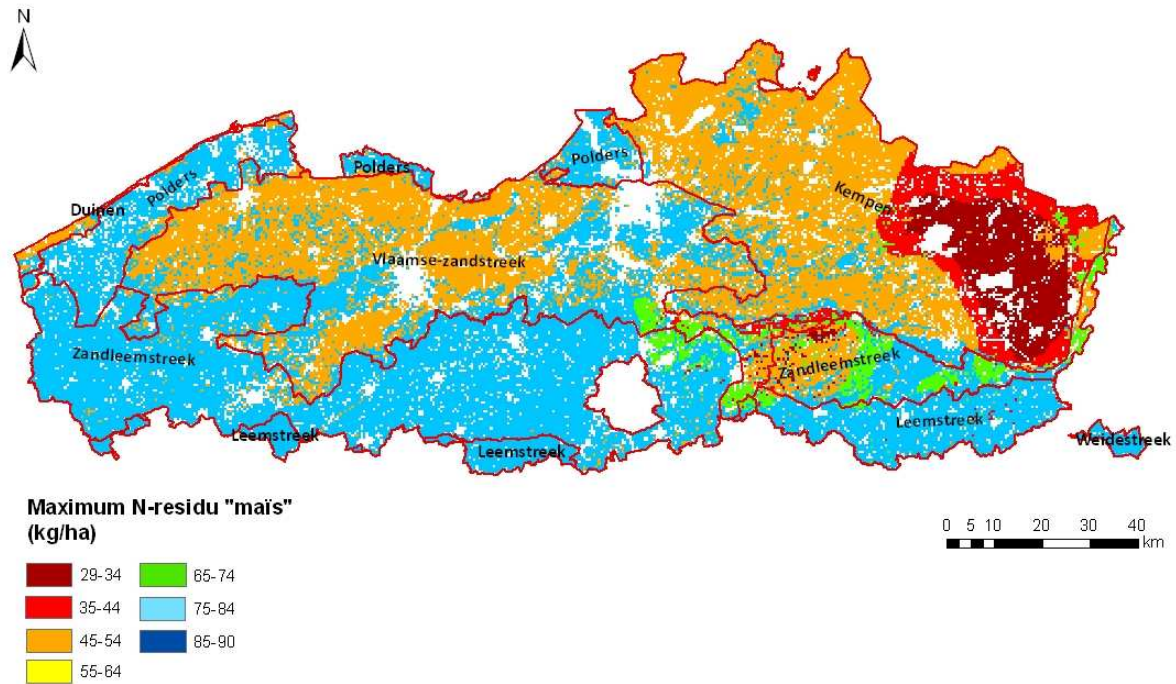
Gewas	Maximale nitraatresidu's, voorgesteld in de N-(eco) ² -studie	
	zand	niet zand
maïs	60	90
bieten	50	70
groenten zonder afvoer van oogstresten	40	50
gras	70	100
graan + groenbemester	70	100
andere gewassen	50	80

De nieuwe gedifferentieerde procesfactor in de huidige studie werd op zijn beurt eveneens vertaald naar maximale nitraatresidu's. Hiervoor werd in de eerste plaats de procesfactor geaggregeerd naar 3 klassen, namelijk 1.5 (voor procesfactoren tussen 1.3 en 1.7), 1.9 (voor procesfactoren tussen 1.7 en 2) en 2.1 (voor procesfactoren tussen 2 en 2.1). Hierna werden de nitraatresidu's uit het N-(eco)²-project geïnterpoleerd voor de nieuwe procesfactoren (met dezelfde texturen en gewasgroepen). Dit leidde tot nieuwe nitraatresidu's voorgesteld in Tabel 2.

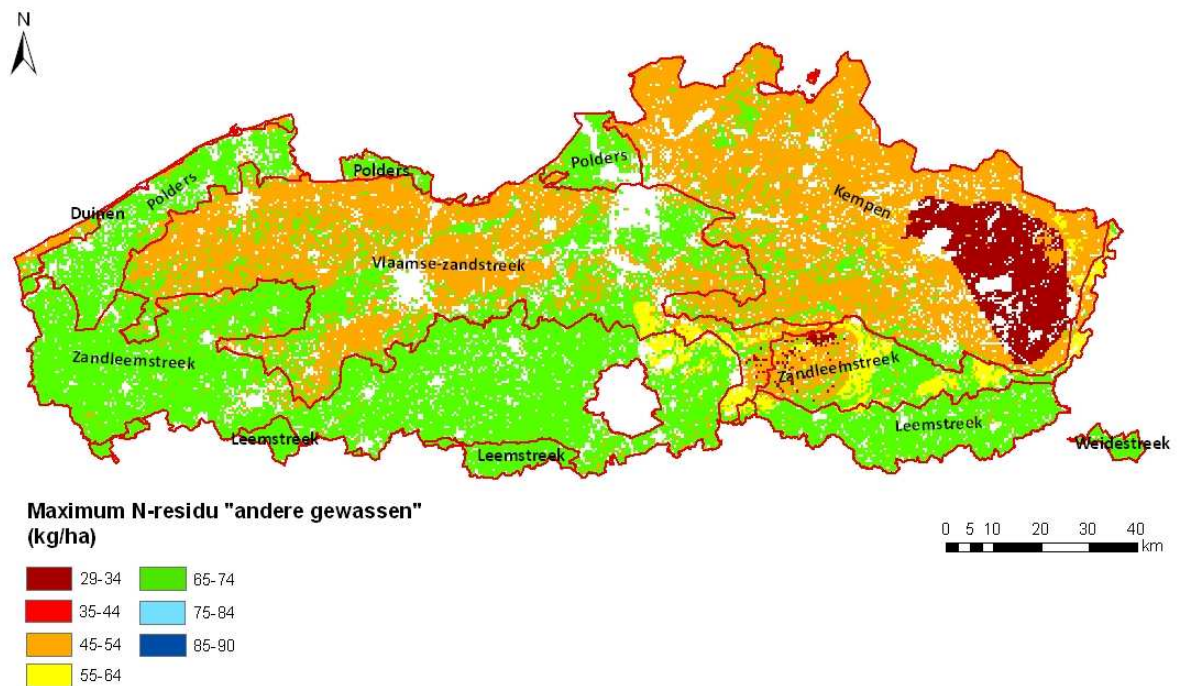
Tabel 2 - Geïnterpoleerde nitraatresidu's voor drie klassen van procesfactoren voor zes gewasgroepen op zand en niet-zandbodems naar analogie met de N-(eco)²-studie.

zandbodems	Nitraatresidu kg NO ₃ ⁻ -N/ha voor procesfactoren:			andere texturen	Nitraatresidu kg NO ₃ ⁻ -N/ha voor procesfactoren:		
	1.5	1.9	2.1		1.5	1.9	2.1
maïs	34	44	49	maïs	54	71	79
bieten	29	38	42	bieten	40	53	59
groenten zonder afvoer van oogstresten	30	34	37	groenten zonder afvoer van oogstresten	37	43	46
gras	44	57	63	gras	63	81	90
graan + groenbemester	40	51	57	graan + groenbemester	57	73	81
andere	34	46	51	andere	47	62	69

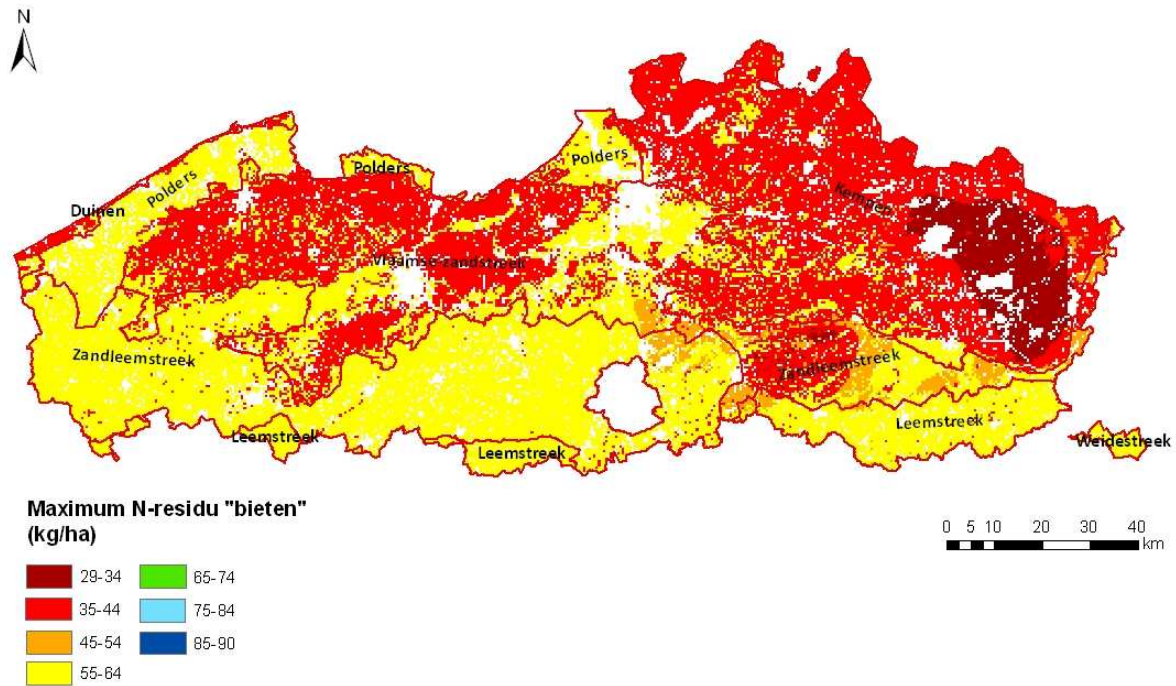
De geïnterpoleerde nitraatresidu's worden in Figuur 9 tot Figuur 14 cartografisch weergegeven.



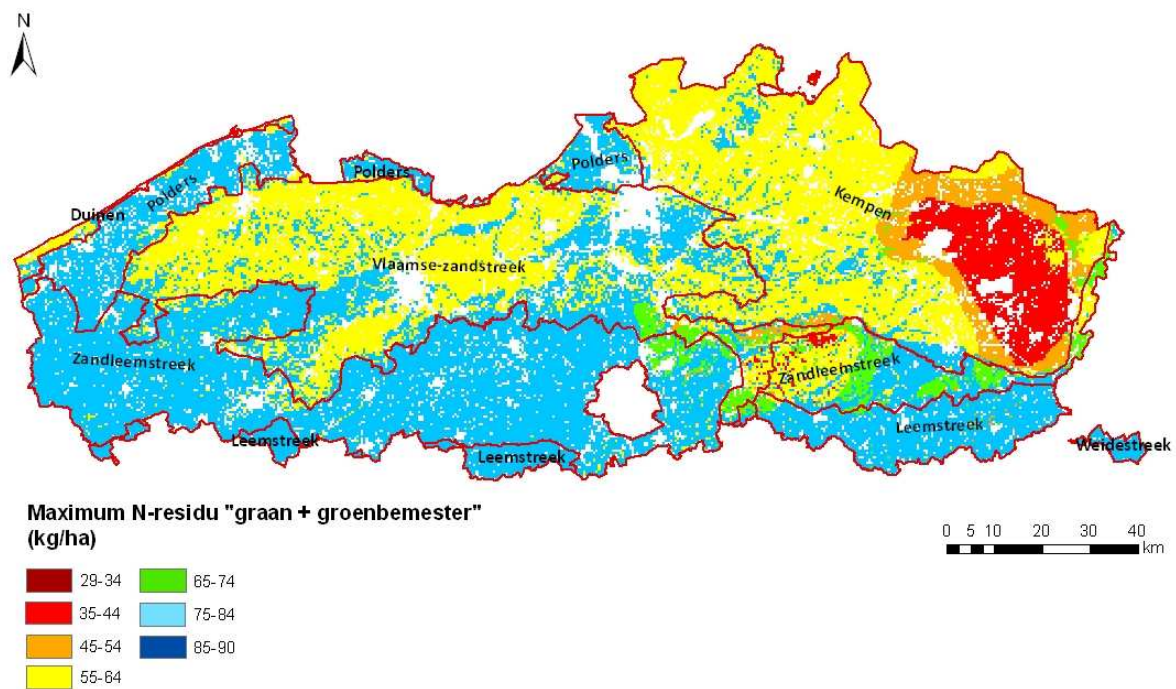
Figuur 9 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "maïs" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstroken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.



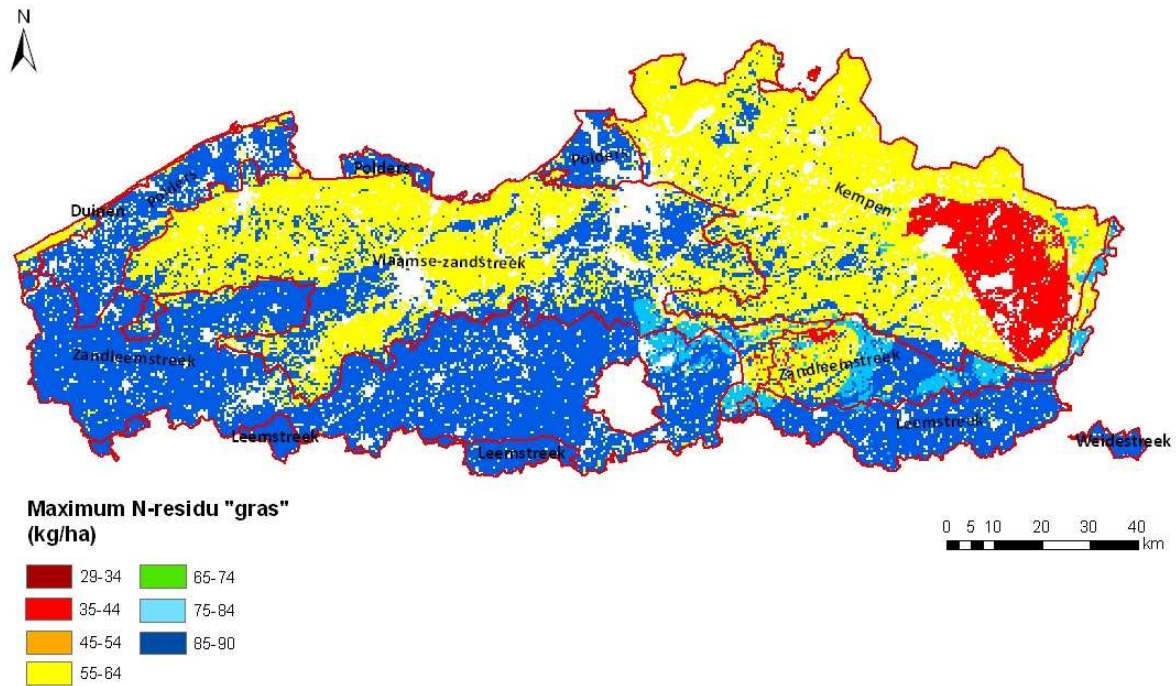
Figuur 10 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "andere gewassen" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstroken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.



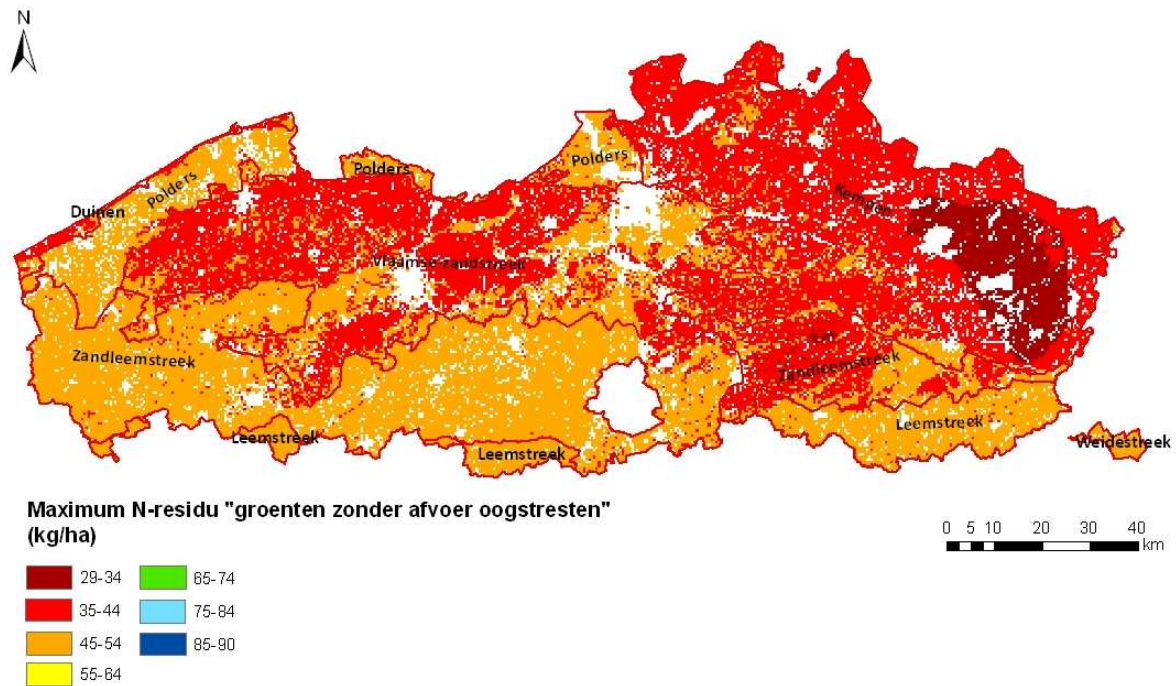
Figuur 11 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "bieten" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstreken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.



Figuur 12 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "graan + groenbemester" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstreken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.



Figuur 13 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "gras" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstrekken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.



Figuur 14 - Cartografische voorstelling van de geïnterpoleerde nitraatresidu's voor "groenten zonder afvoer van oogstresten" op basis van de nieuwe procesfactoren. De landbouwstrekken van Vlaanderen zijn weergegeven met rode lijnen.

Via betere landbouwpraktijken, zoals een aangepaste vruchtwisseling, een beredeneerde bemesting op basis van grondontleding en bemestingsadvies en het gebruik van groenbemesters, en begeleidende maatregelen kan verdere vooruitgang worden geboekt op de reeds dalende trend van de nitraatresidu's.