



Laboratorium voor Toegepaste  
Geologie en Hydrogeologie  
Geologisch Instituut  
Krijgslaan 281, S8 B-9000 Gent  
Tel.: 09/264 46 48  
09/264 46 55

Interprovinciaal Proefcentrum voor  
de Aardappelteelt (PCA) vzw  
Karreweg 6 B-9700 Kruishoutem  
T: +32 (0)9 381 86 90  
E: [pca@proefcentrum-kruishoutem.be](mailto:pca@proefcentrum-kruishoutem.be)  
W: [www.PCAinfo.be](http://www.PCAinfo.be)

Vakgroep Omgeving  
Onderzoeksgroep Bodemvruchtbaarheid  
en nutriëntenbeheer  
Coupure links 653 9000 Gent  
Tel. 09 264 60 53  
09 264 60 66

Proefcentrum voor Sierteelt (PCS) vzw  
Schaessestraat 18 B-9070 Destelbergen  
T: +32 (0)9 353 94 94  
F: +32 (0)9 353 94 95  
E: [info@pcsierteelt.be](mailto:info@pcsierteelt.be)  
W: [www.pcsierteelt.be](http://www.pcsierteelt.be)

## Project

**Gebiedsgerichte monitoring en  
regionale attenuatiefactor  
(APLM/2018/1)**

**Deelrapport luik 4**

## Opdrachtgever

**VLM**

### Leiding:

Prof. Dr. K. Walraevens  
Prof Dr. ir. S. De Neve

### Studie en verslag:

M. Van Camp  
J. De Waele

**Dossiernummer:** TGO 19/04

**Datum:** maart 2023

## **INHOUD**

1 Inleiding

2 Conclusies

3 Aanbevelingen

# 1 Inleiding

Dit document bevat het deelverslag van luik 4 van het project “Gebiedsgerichte monitoring en regionale attenuatiefactor (Bestek nr. APLM/2018/1)”. Luik 4 bevat een tekst over de conclusies en aanbevelingen van de studie. Deze is opgenomen in dit rapport.

## 2 Conclusies

De doelstelling van de opdracht was tweeërlei:

- Enerzijds, de berekening van attenuatiefactoren in de onderzochte gebieden, om te komen tot een verfijning van de kennis van de attenuatiefactor voor stikstof op niveau van een kleinschalig afstroomgebied, en een methode op te stellen zodat deze ook gebruiksvriendelijk in andere afstroomgebieden in Vlaanderen gebruikt kan worden;
- En anderzijds, het genereren van een dataset die geschikt is om het NEMO-model en zijn deelmodules te valideren/kalibreren. De validatie/kalibratie van het model zelf viel buiten de opdracht.

Uit een lijst van 15 potentiële testgebieden die door de opdrachtgever werden voorgesteld, werden 2 stroombekkens gekozen om in het project als testgebied voor de methodologie te gebruiken: Huise en Maldegem. In deze stroomgebieden werd gedurende 18 maanden een groot aantal gegevens verzameld.

Uit alle meetgegevens en interpretaties die in de twee testgebieden werden uitgevoerd, werd voor beide sites een conceptueel model beschreven om het voorkomen van nitraat in het grond- en oppervlaktewater te begrijpen.

In Huise vormen de drainagebuizen belangrijkste bron van nitraat, en de nitraatconcentratie is vooral hoog in het stroomopwaarts (westelijk) deel. Dit ontvangt water uit de top van de heuvel die sterk geoxideerd is. Stroomafwaarts wordt het verdund. Nitraatconcentraties in het grondwater zijn sterk variërend, vooral ruimtelijk. De freatische laag bestaat hier uit meer leemhoudende afzettingen die een kleinere doorlatendheid hebben. Stroming gebeurt in deze deklaag vooral verticaal naar het onderliggende zand van het Ieperiaan Aquifersysteem. Hierdoor wordt de nitraatconcentratie vooral bepaald door lokale input. Sommige peilbuizen hebben systematisch lage concentraties, andere systematisch hoge, waardoor de range van nitraatconcentraties zeer groot is. De drainagebuizen leveren bijna steeds geoxideerd ondiep water met hoge nitraatconcentraties. In het water van de Plankbeek zelf daalt de nitraatconcentratie in stroomafwaartse richting. De continue nitraatmetingen tonen dat debiets- en nitraatpieken zowel positief (in voorjaar en zomer) als negatief (in najaar) kunnen gecorreleerd zijn.

In Maldegem komt, vooral in het zuiden van het studiegebied, het tertiair kleisubstraat ondiep voor, soms op minder dan een meter diepte. In dit deel van het gebied valt de freatische laag in de zomer droog en is er geen laterale grondwaterstroming meer. Enkel in de diepste delen van de ingesneden valleien, die overeenkomen met het huidige tracé van de waterlopen, is er het hele jaar stroming. Maar hier zit de top van de reductiezone op slechts enkele meter diepte, waardoor in de zomer, wanneer de drainagebuizen gestopt zijn met lopen, vooral gereduceerd en nitraatarm grondwater de beken voedt. De nitraatconcentraties zijn dan ook laag. Maar in de winter zijn er veel drainagebuizen operationeel en stijgt de nitraatinput heel sterk. De drainagebuizen hebben hoge concentraties aan nitraat, maar uit de metingen blijkt dat zowel de debieten, het actief worden en stoppen, als de nitraatconcentraties zelf sterk variëren van drainagebuis tot drainagebuis. Hun invloed is zeer groot, maar moeilijk

voorspelbaar. Anderzijds is het aantal drains in het groot afstroomgebied van Maldegem te groot om deze allemaal op te volgen.

Met het EU-Rotate\_N model werd voor de 2 testsites de nitraatconcentratie in het bodempercolaat gesimuleerd over een periode van 53 jaar, van 1969 t.e.m. 2020. Daarbij werden gegevens op perceelsbasis gebruikt. Het model geeft jaarlijkse nitraatconcentraties in het bodempercolaat en de grondwateraanvullingsflux. Deze werden ruimtelijk uitgemiddeld tot een gebiedskarakteristieke nitraat-bodempercolaattijdreeks. Deze tijdreeksen geven een beeld van de algemene trends in het tijdsverloop van de nitraatinput in het grondwatersysteem onderaan het bodemprofiel. Deze algemene trends zijn in beide sites analoog. Ze tonen een sterke toename in de jaren 1970, dan zeer hoge waarden tot in de jaren 1990 (soms worden concentraties tot bijna 1000 mg nitraat/l gehaald), om dan geleidelijk te dalen. De laatste 10 jaar zijn de waarden gestabiliseerd.

Een hoofddoelstelling van dit project bestond uit het afleiden van attenuatiefactoren voor grond- en oppervlaktewater. Attenuatiefactoren worden gedefinieerd als de verhouding tussen de nitraatconcentratie in grondwater (voor AF GW), respectievelijk oppervlaktewater (voor AF OW) enerzijds, en de nitraatconcentratie in het bodempercolaat anderzijds. Een hoge AF zal dus een sterke verlaging van nitraat in het grondwater/oppervlaktewater betekenen, vergeleken met de concentratie die uit het bodemprofiel uitloopt, ten gevolge van processen die optreden op de weg van het water, zoals nitraatreductie en verdunning. In dit project hebben we een methodologie ontwikkeld, waarin een concrete betekenis wordt gegeven aan de begrippen "nitraatconcentratie in grondwater", "nitraatconcentratie in oppervlaktewater", "nitraatconcentratie in het bodempercolaat" (waar, wanneer, uitmiddelen of niet, ...), en een berekeningsmethode ervoor wordt uitgewerkt. Andere studies kunnen een andere interpretatie geven aan deze concepten, om de attenuatiefactor te definiëren.

Er werd een methodologie ontwikkeld om de attenuatiefactoren in het oppervlaktewater (AF-OW) af te leiden in de twee testsites, waarbij rekening gehouden wordt met de waterbalans van de testgebieden. Dit laat toe de belangrijkste componenten die bijdragen tot de waargenomen nitraatconcentraties te kwantificeren. Dat zijn de grondwaterinstroom (baseflow) en instroom vanuit drainagebuizen (drainflow) die beide veel nitraat kunnen bijdragen, en ook oppervlakkige afvoer (runoff) en afvalwaterlozingen die dan weer een verdunnend effect hebben. Om de AF juist te kunnen berekenen, moet er gecorrigeerd worden voor dit verdunnend effect. De methodiek stelt eerst een gemiddelde seizoenale waterbalans op, de balanscomponenten worden per maand begroot. Voor de grondwateraanvulling worden de met het EU-Rotate\_N model berekende jaarlijkse grondwaterfluxen via wegingsfactoren verdeeld over het jaar. De baseflow en drainflow worden berekend met een combinatie van twee lineaire reservoirs, een traag voor de grondwateraanvoer en een snel voor de drains. De verdeling tussen beide gebeurt a.d.h.v. een fractioneringscoëfficiënt. Lozingen werden ingeschat a.d.h.v. het aantal gekende lozingspunten en een gemiddeld waterverbruik. De runoff werd begroot via de Curve Number methode. Grondwaterwinningen konden via het DOV portaal bekomen worden. De AF werden berekend voor de referentieperiode 2010-2020 door de maandelijkse gemiddelde gemeten concentraties aan het MAP-meetpunt, gecorrigeerd voor de verdunning door runoff en afvalwater, te vergelijken met de

concentraties in het bodempercolaat. Dit resulteert in maandelijkse AF waarden die de seizoensfluctuatie reflecteren. Naast deze gesofisticeerde methode gebaseerd op de waterbalans, werden de AF ook nog berekend op eenvoudige wijze door gewoon de gemiddelde gemeten concentraties aan het MAP-meetpunt zonder correcties te vergelijken met het bodempercolaat.

Toegepast op de testsite Huise geeft dit met de simpele methode zonder correcties voor verdunning AF OW die in de winter rond de 5 liggen, maar in de zomer tot ruim 10 oplopen. In de testsite Maldegem is de variatie in AF over het seizoen veel groter. De laagste nitraatgehalten en dus hoogste AF komen in het voorjaar voor, wanneer de drains gestopt zijn met lopen. De AF ligt dan boven de 10. Hierna daalt de AF naar de volgende winter toe, en ligt de AF maar rond de 2.

Bij correctie van de nitraatconcentraties met de waterbalans is de variatie van de AF over het jaar op beide sites merkkelijk kleiner. In de zomermaanden ligt de gecorrigeerde AF lager omdat de runoff in deze maanden hoger is door het optreden van zomeronweders. Deze runoff werkt verdunnend waardoor de ongecorrigeerde AF verhoogt. Corrigeren voor deze verdunning leidt tot een lagere AF. In de zomer bedraagt de gecorrigeerde AF op beide sites tussen 7 en 8.

Voor andere MAP afstroomgebieden zal er evenwel geen waterbalans beschikbaar zijn en zullen er geen EU-Rotate\_N simulaties uitgevoerd zijn om de nitraatconcentratie in het bodempercolaat te simuleren. Hier dient bijgevolg een simpeler, meer pragmatische aanpak gevolgd te worden. In deze MAP afstroomgebieden wordt een empirische methode voorgesteld die de nitraatconcentratie in het bodempercolaat inschat uit beschikbare nitraatresidumetingen en de gemiddelde grondwateraanvulling, zoals die beschikbaar is in een gebiedsdekkend grid van Vlaanderen en berekend werd met het WETSPASS model. Nitraatresidumetingen zijn beschikbaar vanaf 2007. Een dataset werd gecompileerd die de periode 2007 t.e.m. 2021 omvat. Door het gemiddeld nitraatresidu te delen door het volume van de grondwateraanvulling kan de gemiddelde nitraatconcentratie berekend worden. Er wordt hierbij aangenomen dat het nitraatresidu tijdens het lopende jaar volledig uitspoelt. De AF worden dan bepaald door over de periode 2007-2021 de gemiddelde concentratie in het bodempercolaat te vergelijken met de maandgemiddelde nitraatconcentraties aan met MAP meetpunt. Dit levert per maand een AF waarde op en een beeld van de seizoenale variatie van de AF kan verkregen worden. Bij kleinere MAP afstroomgebieden kunnen (te) weinig nitraatresidu metingen binnen het bekken zelf voorhanden zijn. In dat geval kan gekeken worden naar de iets ruimere omgeving mits de aanname dat het gemiddelde van de uitgebreide zone hetzelfde is als in het betreffende MAP gebied.

Deze empirische methode werd getest op 9 (van de 10) testgebieden van het nitraatbronnenproject. Hiervoor waren immers ook EU-Rotate\_N simulaties uitgevoerd en kon de bodempercolaatconcentratie berekend uitgaande van de nitraatresidu's vergeleken worden met de EU-Rotate\_N simulaties. Dit werd ook gedaan voor de twee testsites Huise en Maldegem. Uit de vergelijkingen bleek dat de empirische methode de nitraatconcentraties onderschatte t.o.v. de simulaties met het EU-Rotate\_N model. Maar uit de vergelijking kon wel een correctiefactor afgeleid worden die toelaat de nitraatconcentraties van de empirische methode te compenseren voor deze bias. Deze

bedraagt 1.71. Als resultaat werden maandelijkse AF voor de 11 sites bekomen. Deze konden worden uitgemiddeld naar seizoenale (driemaandelijke) AF. Uit deze seizoenale AF OW kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In testsites met hoge winterpieken en lage zomer concentraties, zoals Luikbeek (Staden), Maldegem, Assenede en Huise, ligt de AF-OW tijdens de winterpieken tussen 4 en 6. In de zomer, wanneer de concentraties naar een minimum gaan, stijgt de AF naar waarden van 10 tot meer dan 20.
- In testsites waar de concentraties pieken in de zomer en lager liggen in de winter, zoals Asse, Balegem en Lubbeek, ligt de AF-OW tijdens de zomerpieken rond de 5. In de winter ligt de AF hier hoger, tussen 5 en 10.
- Op het Kempisch plateau, in Peer, en in de Noorderkempen, in Brecht, liggen de AF-OW permanent rond de 2 wat resulteert in hoge nitraatconcentraties aan het MAP meetpunt. In Overijse en in Wortegem liggen de AFs iets hoger, tussen 3 en 5, en er is weinig verschil tussen winter en zomer, wat ook hier resulteert in steeds tamelijk hoge nitraatconcentraties.

Tenslotte werden ook de attenuatiefactoren grondwater (AF-GW) bepaald. Attenuatiefactoren grondwater dienen afgeleid te worden door vergelijking van de nitraatconcentratie in het bodempercolaat met de nitraatconcentratie in het ondiep grondwater. Hierbij werd rekening gehouden met de ouderdommen van het grondwater. Op basis van de filterdiepten van de peilbuizen wordt a.d.h.v. ingeschatte verticale snelheden de reistijd van aan de watertafel tot de filter berekend. Daarna wordt elke nitraatmeting met behulp van deze reistijd tijdsgereferereerd aan het bodempercolaat waarvan de nitraatconcentraties met EU-Rotate\_N berekend zijn. Uit de verhouding kan dan de AF-GW bepaald worden.

In de testsite Huise werden op deze wijze echter sterk variërende AF gevonden, zodat de betekenis daarvan wat dubieus was. Daarom werd de AF-GW eenvoudiger bepaald door het gemiddelde van alle metingen te vergelijken met de gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat gedurende de laatste 5 jaar. Aldus werd een AF-GW bekomen van ca 7.6.

In Maldegem leverde de methode met tijdsreferentie wel consistente AF waarden op, die goed overeenkwamen met waarden die op de eenvoudige wijze werden berekend. De AF-GW ligt in de testite Maldegem tussen ca 2.5 en 2.6.

## 3 Aanbevelingen

### Aanbeveling 1

Het berekenen van AF is een bijzonder complexe oefening, waar multidisciplinaire teams vaak vele jaren aan werken om tot een bepaald resultaat te komen. Dit project, met beperkte middelen en in een beperkt tijdsbestek, heeft een **innovatieve en pragmatische methodiek** voorgesteld waarmee AF kunnen berekend worden op basis van een beperkte set aan meetgegevens. Bij het gebruik van AF in beleidsinstrumenten moet men zich bewust zijn van het feit dat deze **AF een vrij grote onzekerheidsmarge hebben**, die statistisch echter niet precies kan gekwantificeerd worden. **Beleidsmaatregelen gebaseerd op AF moeten dan ook omzichtig genomen worden, van nabij gemonitord, en indien nodig bijgestuurd.**

### Aanbeveling 2

Voor de AF grondwater: deze hangen niet af van de MAP meetpunten maar van de beschikbaarheid van peilbuizen, in casu die van het meetnet ondiep grondwater van VMM (PM8). De **regio's waarvoor AF-GW worden opgesteld hoeven dus geen afstroomgebieden** te zijn. Best zouden die zones gekozen worden op basis van

- de ligging (=beschikbaarheid) van peilbuizen van PM8
- de HHZ zonerings (de hydrogeologische gesteldheid).

Een **minimum van 5 peilbuizen is echt noodzakelijk, en 10 is aan te raden**. De peilbuizen moeten gesitueerd zijn in gebieden waar **grondwateraanvulling** optreedt (geen kwelgebieden) en moeten de **filter dicht bij de watertafel** hebben.

### Aanbeveling 3

Voor de AF-OW, empirische methode: een limiterend criterium hier is het **aantal nitraatresidumetingen**. Daarom is de empirische methode niet geschikt (aan te raden) voor kleine stroomopwaartse bekkens. De **AF-OW zouden eerst best op grotere stroombeekens worden bepaald**. Daarna kan ingezoomd worden op deelbeekens.

### Aanbeveling 4

**Attenuatiefactoren oppervlaktewater dienen maandelijks/seizoenaal** te worden bepaald, omwille van de dikwijls waargenomen seizoenale variatie van het nitraatconcentratie in het oppervlaktewater. Dit is niet het geval voor de attenuatiefactor grondwater. Uiteraard zijn voor AF OW de kleinste waarden het meest problematisch, en het beleid zou hierop moeten worden afgestemd.

### Aanbeveling 5

In het kader van dit project werden attenuatiefactoren bepaald op verschillende manieren. De attenuatiefactor oppervlaktewater werd maandelijks (en vervolgens uitgemiddeld naar seizoenaal: driemaandelijks) bepaald, enerzijds aan de hand van een balansmethode en steunend op EU-Rotate\_N berekende concentraties in het



bodempercolaat, en anderzijds **empirisch en uitgaand van nitraatresidumetingen**. Wij bevelen het gebruik van deze laatste empirische methode aan voor toepassing op alle stroomgebieden omwille van de lagere gegevensvereisten.

De attenuatiefactor grondwater werd enerzijds bepaald waarbij per individuele peilbuis de ouderdom van het grondwater in de filter werd teruggerekend naar het bodempercolaat dat in dat jaar werd geproduceerd. Om de methode robuuster te maken werd daarnaast een **vereenvoudigde methode toegepast, waarbij het gemiddelde van alle nitraatmetingen in de ondiepe filters werd vergeleken met de gemiddelde nitraatconcentratie in het bodempercolaat gedurende de laatste 5 jaar** (veronderstellend dat reistijden naar de putfilters maximaal 5 jaar zullen zijn, aangezien alle putten dicht bij de watertafel zitten). Wij bevelen het gebruik van deze laatste eenvoudige methode aan voor toepassing op alle stroomgebieden.

### Aanbeveling 6

**Nitraatresidumetingen vormen een belangrijke bron van informatie om op een pragmatische wijze attenuatiefactoren te berekenen**, die toelaten de nitraatverontreiniging van grond- en oppervlaktewater in te schatten. Het wordt **aanbevolen om ze systematisch te verwerken om attenuatiefactoren te berekenen** en hiermee de nitraatconcentraties in grond- en oppervlaktewater in te schatten. Hierbij dient evenwel voor ogen te worden gehouden dat deze inschattingen niet op individuele basis mogen worden uitgevoerd, maar dat **uitmiddelingen over het stroomgebied noodzakelijk** zijn. Een vuistregel voor het aantal gegevens dat nodig is om een betrouwbaar gemiddelde te berekenen is, dat minstens 5 metingen nodig zijn. Indien minder dan 5 nitraatresidumetingen in een stroomgebied beschikbaar zijn, dient het gebied te worden uitgebreid om een attenuatiefactor in te schatten.

### Aanbeveling 7

In het project Nitraatrijke Bronnen stelden we vast dat de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water uit de bodem in alle testgebieden hoog ligt. Dat was ook voor de testgebieden in dit project het geval. Er rekening mee houdende dat grondwater van verschillende ouderdommen in de freatische (bovenste) grondwaterlaag gemengd worden, betekent dit dat de nitraatconcentratie in het percolaat te hoog is om zonder natuurlijke afbraak (attenuatie) onder de 50 mg nitraat/l te komen. **De gemiddelde nitraatpercolatie in het stroomgebied kunnen we verlagen door de nitraatinput uit de landbouw te verlagen. Aan de hand van de attenuatiefactoren kunnen toekomstscenario's worden ingeschat, waarmee de nitraatconcentraties in grond- en oppervlaktewater worden berekend bij verlaging van de nitraatresidu's in de bodem.**

**Er zijn heel wat manieren om de nitraatresidu's, en dus de nitraatpercolatie uit de landbouw te beïnvloeden en te verminderen.** Zo kan door oordeelkundige bemesting, volgens de 4J' (juiste dosis, juiste tijdstip, juiste mestsoort en juiste aanwendingstechniek) het nitraatresidu verminderd worden.

**Naast de nitraatpercolatie uit het bodemprofiel zijn ook kunstmatige drainages, de dikte van de oxidatie zone en de reistijden van het grondwater bepalend voor de nitraatconcentraties in het oppervlaktewater.** Deze elementen zijn meebepalend voor de attenuatiefactoren van een stroomgebied. We kunnen ze **in mindere mate (drainagebuizen) of niet (dikte oxidatiezone en reistijden) beïnvloeden, maar ze zijn belangrijk voor de responstijden op maatregelen aan het oppervlak.** Responstijden zullen variëren van slechts enkele jaren voor MAP meetpunten die vooral door drains worden beïnvloed, tot decennia voor MAP meetpunten die in heuvelgebieden zoals b.v. de Vlaamse Ardennen liggen. Om 90% van het effect van een genomen maatregel te kunnen detecteren aan het MAP meetpunt, moet er ongeveer driemaal de mediaanleeftijd van het grondwater gewacht worden. Dus als de mediaanleeftijd 5 jaar bedraagt, zal pas na 15 jaar het effect grotendeels gerealiseerd zijn.

### **Aanbeveling 8**

In het project Nitraatrijke Bronnen stelden we de belangrijke invloed van drainages vast, op de nitraatverontreiniging van oppervlaktewater. In dit project werd dit opnieuw bevestigd. De aanwezigheid van drainagebuizen draagt er in belangrijke mate toe bij dat de attenuatiefactoren oppervlaktewater in de winter gevoelig lager zijn dan in de zomer. Een belangrijk knelpunt is dat weinig bekend is over drainages. **Er is nood aan extra gegevens over drainage:** Drainagebuizen zijn vaak niet bekend, en/of er is niet geweten in welke mate ze nog effectief werken. Er is nood aan metingen van nitraatconcentraties aan drainagebuizen om de impact van drainage op de oppervlaktewaterkwaliteit beter te kunnen nagaan in gebieden met veel kunstmatige drainage.

### **Aanbeveling 9**

Het verdient aanbeveling om in **vervolgonderzoek** de methodiek verder uit te testen, mogelijks in andere gebieden waar AF berekend zijn op andere manieren, waardoor AF bekomen via deze methodiek worden vergeleken met die bekomen volgens een andere methodiek, waarbij we in eerste instantie denken aan buitenlandse cases waar nitraatresidu metingen voorhanden zouden zijn. Verder zouden de AF uit deze studie ook vergeleken kunnen worden met deze uit D'Haene et al. (2022) en kunnen mogelijke discrepanties gebruikt worden om eventuele problemen te identificeren.

#### Referentie

D'Haene, K; De Waele, J; De Neve, S; Hofman, G (2022). Spatial distribution of the relationship between nitrate residues in soil and surface water quality revealed through attenuation factors. Volume 330, Article Number 107889; DOI 10.1016/j.agee.2022.107889