



Uitstroompunt Vinkenloop: trailer met meetapparatuur (temp, EGV, tot-P, NH4, NO3)

AUTEURS



Peter Schipper en Piet Groenendijk
(Wageningen Environmental Research)



Saskia Lukacs
(RIVM)



Arnaut van Loon
(KWR)



Joachim Rozemeijer
(Deltares)

INNOVATIEVE MONITORING EN MODELLERING ONDERSTEUNT GEBIEDSGERICHTE AANPAK AF- EN UITSPOELING MESTSTOFFEN

In de strijd tegen af- en uitspoeling van meststoffen is het laaghangend fruit inmiddels wel geplukt. Om een effectieve gebiedsgerichte aanpak te ondersteunen is een innovatieve, intensieve monitoringsmethode opgezet in twee gebieden: het stroomgebied van de Vuursteentocht (Flevopolder, kleigrond) en van de Vinkenloop (Noord-Brabant, zandgrond). Welke nieuwe kennis levert dit op en welke handelingsperspectieven volgen hieruit voor een gebiedsgerichte verdere aanpak van nutriëntenverliezen?

Om te voldoen aan de Nitraatrichtlijn en de KRW-doelen voor grond- en oppervlaktewater, moet de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor verder worden teruggedrongen. Naast generieke regels voor het mestbeleid zet het Rijk in op een gebiedsgerichte aanpak. Tal van maatregelen kunnen daarvoor worden ingezet, maar welke en waar zijn deze zinvol en effectief?

Gebiedsgerichte aanpak

Om voor deze aanpak effectieve maatregelen te vinden is in het onderzoeksprogramma van de Kennisimpuls Waterkwaliteit in twee stroomgebieden (Vinkenloop en Vuursteentocht, 7 en 13 km²) een intensief en innovatief meetnet opgezet. Het meetnet is bedoeld om beter inzicht te krijgen in de bronnen en routes van de nutriëntenstromen. Waar liggen hotspots, en wanneer en waardoor treden *hot moments* op? Hoe functioneert het bodem- en watersysteem, hoe hangen nutriëntenverliezen samen met het weer, mestgift en landgebruik? Het onderzoek is daarnaast bedoeld om de meerwaarde van het combineren van verschillende meettechnieken te demonstreren. De monitoring is sinds eind 2020 operationeel. Daarna volgden anderhalf jaar meten en aansluitend modelleren.

Perceels- en stroomgebiedsmonitoring

Verschiedende meettechnieken zijn met elkaar gecombineerd om op stroomgebiedsniveau en perceelsniveau te monitoren. Op diverse locaties zijn sensoren ingezet om *hot moments* en hotspots van de uitspoeling van stikstof en fosfor te detecteren. Daarnaast zijn handmatige metingen gedaan om ruimtelijke patronen, met achterliggende bronnen en processen, in beeld te brengen. De tabel geeft op hoofdlijnen een overzicht van de monitoringstechnieken

en van de aandachtspunten en de resultaten die dat opleverde.

Routings

Met een routing worden op één dag de concentraties en andere parameters in de sloten en grotere watergangen gemeten, zodat een ruimtelijk beeld ontstaat. Hierbij wordt gebruik gemaakt van sensoren en een nitraat-app die achter een kano of aan een hengel worden bevestigd. In beide gebieden (Vinkenloop en Vuursteentocht) is zo op vijf momenten de temperatuur, geleidbaarheid en nitraatconcentraties gemeten. Dit leverde relatief goedkoop een goed beeld op van de belangrijkste routes en hotspots voor nitraatuitspoeling in de gebieden.

In de Vinkenloop werd herhaaldelijk vastgesteld dat de hoogste nitraatconcentraties (ca. 30 mg/l NO₃-N) vanuit een lelieteeltperceel kwamen; in het voorjaar was dit zelfs de enige bron van nitraat in het stroomgebied. Rond de Vuursteentocht kwam het nitraat met concentraties rond 8 mg/l NO₃-N via de drains en kavelsloten naar de tochten, met enkele uitschieters rond de 20 mg/l NO₃-N. In oppervlakkige afstroming werd geen nitraat aangetroffen, maar in het lekwater uit onbedekte mesthopen was de concentratie boven de 50 mg/l NO₃-N.

De temperatuurmetingen uit de routings laten zien welke

Tabel. Evaluatie resultaten monitoring op stroomgebiedsniveau

	Meetmethode	Evaluatie
Stroomgebiedsniveau	Continue metingen op de uitstroompunten (van Vinkenloop in Oploosche Molenbeek en van Vuursteentocht in Lage Vaart)	<ul style="list-style-type: none"> • waardevolle inzichten over pieken, reactietijden, basisafvoer, puntlozingen. Kwantificering belangrijke processen • soms storingen (sediment, ijzerneerslag) • duur (niet breed inzetbaar) • vaak onderhoud sensoren nodig
	Stroomgebied routings 4x/jaar (Nitraat App, EC & tempsensor)	<ul style="list-style-type: none"> • ruimtelijke variaties/hotspots snel en relatief goedkoop in beeld • nuttig in communicatie agrariërs en DAW-proces
	Passive sampling oppervlaktewater met Sorbicells	<ul style="list-style-type: none"> • geen goede metingen, o.a. door te snelle verzadiging van de sorbent (gel)
	Remote sensing (satellietbeelden)	<ul style="list-style-type: none"> • goed inzicht op perceelsniveau • eenvoudig opschaalbaar • bij bewolking alleen radar
perceelsniveau	Drain routings Nitraat App (Vuursteentocht)	<ul style="list-style-type: none"> • snel, waardevol inzicht, vooral de samenhang met bodemoverschot op perceelsniveau
	Sorbicells drains, flowcap installatie (Vuursteentocht)	<ul style="list-style-type: none"> • uiteinden drainbuizen vaak bedekt (uitgraven nodig, kost veel tijd) • geen goede metingen, o.a. door te snelle verzadiging sorbent (gel)
	Minifilterputten onder percelen (Vinkenloop)	<ul style="list-style-type: none"> • concentratie-diepteprofielen waardevol voor systeembegrip en interpretatie waterkwaliteit, parameterisatie modellen
	bodemvocht en EC-sensoren onder percelen (Vinkenloop)	<ul style="list-style-type: none"> • goedkope manier om vanuit continu meet-reeksen uitspoelings-events nitraat af te leiden
	Electrical Resistivity Tomography (ERT) (Vinkenloop)	<ul style="list-style-type: none"> • geeft duidelijk visueel beeld van uitspoeling in een dwarsdoorsnede (incl. heterogeniteit); kabels kapot gereden: dieper aanleggen
	N-isotopen (Vinkenloop)	<ul style="list-style-type: none"> • kan herkomst stikstof mee worden afgeleid; denitrificatie duidelijk aantoonbaar, achtergrondconcentraties herleidbaar • niet alle bronnen te onderscheiden • specifiek doel en hypothese systeemwerking noodzakelijk voor effectieve inzet.

Afbeelding 1. Resultaten routings februari 2022. Links de temperatuur (verschil met referentie (°C)) en rechts nitraatconcentraties. Dit geeft een beeld van waar relatief veel kwel wordt afgevoerd (links, oranje gekleurde sloten en beekloop) en zones waar veel nitraat uitspoelt (rechts).



sloten vooral gevoed worden vanuit het ondiepe grondwater (relatief koud) en welke sloten meer vanuit het diepe grondwater (relatief warm). Zie afbeelding 1 voor de situatie in het gebied van de Vinkenloop.

Diepteprofielen nitraatconcentraties

Uit bemonstering op twee gewaspercelen in de Vinkenloop (lelies en cichorei, afbeelding 2) blijkt dat de bovenste meter grondwater op beide locaties veel nitraat bevat, en dat de concentraties afnemen met de diepte. Op het ene meetpunt is het grondwater vanaf 5 meter diepte nitraatloos, terwijl op het andere meetpunt daar al vanaf 3-4 meter diepte sprake van is. De verschillen tussen de meetpunten worden zowel veroorzaakt door het type teelt, als door verschillen in denitrificatie (omzetting van nitraat in onschadelijk stikstofgas) door de aanwezigheid van organische stof. De dempende invloed van denitrificatie op de uitspoeling van nitraat is ook zichtbaar in relatief lage nitraatconcentratie in de drains.

De diepteprofielen geven ook aan dat de ammoniumconcentratie in het diepere grondwater geen directe relatie heeft met bemesting. Waarschijnlijk komt dit ammonium vrij bij mineralisatie van organisch materiaal of door omzetting van nitraat tijdens bodempassage. Isotopenanalyses in grondwater en oppervlaktewater geven aanwijzingen dat uittredend, ammoniumhoudend grondwater grotendeels verantwoordelijk is voor de achtergrondconcentratie van ammonium in de Vinkenloop. Continue metingen van ammonium ter plaatse van het uitstroompunt bevestigen dit beeld.

Data-gedreven modellering

Voor het verwerken en interpreteren van de meetgegevens zijn verschillende data-gedreven modelleringstechnieken ingezet, bijvoorbeeld om meetdata van hoogfrequente monitoring te controleren en om gaten in meetseries op te vullen. De in deze modellen gevonden relaties tussen hydrologie en waterkwaliteit zijn ook bruikbaar voor het extrapoleren van meetreeksen naar andere weerjaren, en om globaal het effect te schatten op de concentraties

in het uitstroompunt als stofvrachten in de emissieroutes veranderen. De resultaten van deze data-gedreven modellen zijn ook bruikbaar voor input en validatie van dynamische procesmodellen.

Procesmodellen zijn nodig om de herkomst van nutriënten in vanuit percelen uitspoelend water en effecten van landbouwmaatregelen te kwantificeren. Voor beide pilotgebieden is een eerste versie van gedetailleerde procesmodellering opgezet met de rekencodes van SWAP en ANIMO. Deze simuleren de gewasopname van vocht en nutriënten en de vocht- en nutriëntenhuishouding in de bodems, inclusief de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Het concept van het procesmodel sluit na het verkleinen van de maximaal doorstroomde diepte en verlagen van ondiepe weerstanden goed aan op de metingen.

Conclusies

De resultaten van de metingen leveren, samen met de verschillende modellen, een helder beeld van

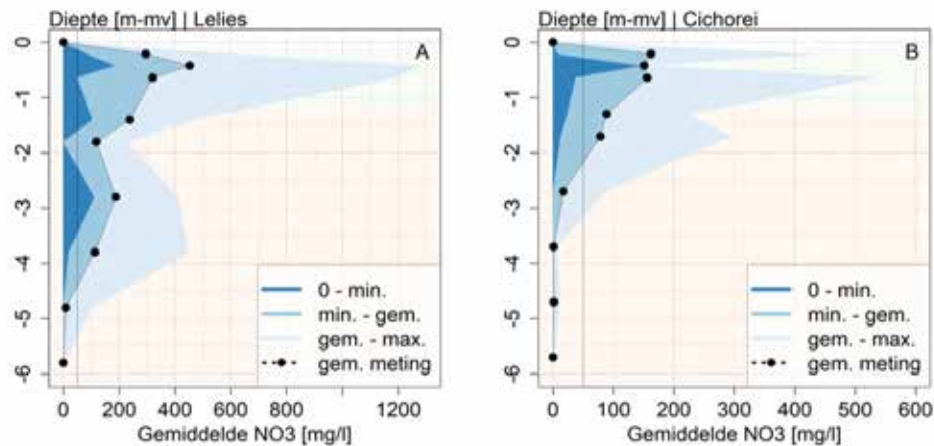
- hoe het bodem- en watersysteem functioneert,
- hoe de nutriëntenstromen reageren op het weer (neerslag), mestgiften en landgebruik,
- waar hotspots liggen en wanneer en waardoor *hot moments* optreden.

De opgedane inzichten bevestigen de verwachtingen uit eerder onderzoek voor stroomgebiedsniveau en perceelsniveau, en voorzien deze van experimentele onderbouwing en kwantificering.

De monitoring levert daarnaast ook echt nieuwe inzichten op. De belangrijkste op een rijtje:

- Nitraatuitspoeling treedt na een regenrijke periode sneller op dan op basis van oudere modelstudies werd verwacht.
- Ammonium is in beide pilotgebieden bepalend voor de achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater.
- In het pilotgebied Vuursteentocht treedt kwelwater

Afbeelding 2. Nitraatdiepteprofielen op verschillen momenten onder het lelieperceel en het ernaast gelegen chichoreiperceel. De nitraatnorm van 50 mg/L is met een verticale stippellijn weergegeven.



alleen uit naar de diepere tochten, en niet naar de drains en kavelsloten;

- De routes naar de drains en sloten (de grondwaterstromingspatronen) zijn ondieper dan in eerdere modelstudies steeds is aangenomen.
- In de Vinkenloop is op relatief geringe diepte een overgang van geoxideerd water naar anoxisch of gereduceerd water waargenomen. Water dat via de gereduceerde zone naar drains en sloten stroomt, heeft een lagere nitraatconcentratie dan water dat ondiep naar de drains stroomt.

Dit biedt handvatten om uitspoelingsgevoelige gewassen te verbouwen op percelen die minder gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling vanwege gunstige omstandigheden voor denitrificatie.

De combinatie van meten en modelleren biedt betere informatie dan het enkel verzamelen van meetgegevens of het enkel toepassen van modellen. Met modellen kunnen meetgegevens beter worden geïnterpreteerd en omgekeerd dragen de metingen bij aan een grotere betrouwbaarheid van de modellen. Omdat het ondoenlijk is om in alle probleemgebieden zo'n intensieve gebiedsgerichte monitoring op te zetten, kunnen bouwstenen die uit de Deltafact 'Handreiking gebiedsgerichte monitoring nutriëntenverliezen vanuit de landbouw' helpen om te bepalen welke meetstrategie past bij het gebied. Het verdient sterk aanbeveling om van beide pilotgebieden de monitoring over een lange periode, bij voorkeur permanent, voort te zetten. Dan blijft het een ideale proeftuin voor nieuwe meettechnieken, voor de toetsing van modellen en voor het afleiden van effecten van landbouwmaatregelen in een reële veldsituatie.

Peter Schipper, Piet Groenendijk (*Wageningen Environmental Research*), Saskia Lukacs (*RIVM*), Arnaut van Loon (*KWR*) en Joachim Rozemeijer (*Deltares*)

BRONNEN

Knoben, R., N. Evers, A. Krikken, J. Rost, N. Schoffelen, M. de Haan, B. van Spronsen, F.L. Verhagen, H. Evenblij en B. van Velthoven, 2021. 'Ex Ante Analyse Waterkwaliteit'. Rapport Royal Haskoning DHV 28-9-2021.

Introductiedossier bewindspersonen ministerie van LNV (2022), [Rijksoverheid.nl](https://rijksoverheid.nl)

Kamerbrief 7e actieprogramma Nitraatrichtlijn, Kamerstuk 26-11-21, [Rijksoverheid.nl](https://rijksoverheid.nl)

Schipper, P., P. Groenendijk, L. van Gerven, A. van Loon, S. Lukács, J. Rozemeijer 2022. 'Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak'. STOWA (KIWK)-rapport 2022-22.

SAMENVATTING

Het Nederlandse mestbeleid is erop gericht de waterkwaliteit te verbeteren door (vooral in landbouwgebieden) het terugdringen van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater. Naast generieke regels zet het Rijk in op een gebiedsgerichte aanpak. In twee stroomgebieden (één op zandgrond, één op klei) is een intensief en innovatief meetnet opgezet om beter inzicht te krijgen in de bronnen en routes van de nutriëntenstromen. Waar liggen hotspots, en wanneer en waardoor treden hotmoments op? De combinatie van meten en modelleren biedt gedetailleerdere en betrouwbaardere informatie dan het enkel verzamelen van meetgegevens of het enkel toepassen van modellen. Het onderzoek laat zien dat deze nieuwe aanpak handvatten geeft voor een gebiedsgerichte aanpak van de emissies van nutriënten in de landbouw.