

Handreiking gebiedsgerichte monitoring nutriëntenverliezen vanuit de landbouw

Om de KRW doelen op het gebied van nutriënten te halen wordt steeds meer ingezet op gebiedsgerichte projecten van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, waarin waterbeheerders met agrariërs samenwerken om de nutriëntenverliezen uit de landbouw terug te dringen. In deze gebiedsgerichte projecten komt steeds meer vraag naar methoden om de bronnen en routes van nutriënten en de effecten van maatregelen te monitoren. In het KIWK project "Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout" zijn twee pilotgebieden ingericht waar monitoring voor een gebiedsgerichte aanpak van nutriënten plaatsvindt. Mede aan de hand van de bevindingen in deze pilotgebieden is deze handreiking opgesteld.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. WERKING
4. KENNIS VAN NUTRIËNTENBRONNEN
5. MEETTECHNIEKEN
6. METEN EN MODELLEREN OP GEBIEDSNIVEAU
7. METEN OP PERCEELSNIVEAU
8. MEETSTRATEGIEËN VOOR GEBIEDSGERICHTE MONITORING
9. KOSTEN EN BATEN
10. DISCLAMER
11. BRONNEN EN LINKS
12. COLOFON

1. INLEIDING

De waterkwaliteit in landbouwgebieden is gedurende de afgelopen dertig jaar verbeterd, maar nog niet genoeg om de doelen voor de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water te halen. De overheid pleit voor gebiedsgericht maatwerk voor het oplossen van het nutriëntenprobleem.

In de reguliere meetnetten voor oppervlaktewaterkwaliteit (waterschappen, Rijkswaterstaat) wordt meestal maandelijks gemeten op locaties waar nutriënten vanuit een groot achterland samenkomen. Met deze bestaande meetnetten kunnen we probleemgebieden identificeren. Maar het is op basis van regionale meetnetten veelal niet mogelijk om de bronnen van de nutriënten eenduidig vast te stellen en de juiste maatregelen op de juiste plaats te nemen. Ook zijn deze meetnetten niet ingericht om de effecten van het gebiedsgerichte maatwerk in kaart brengen.

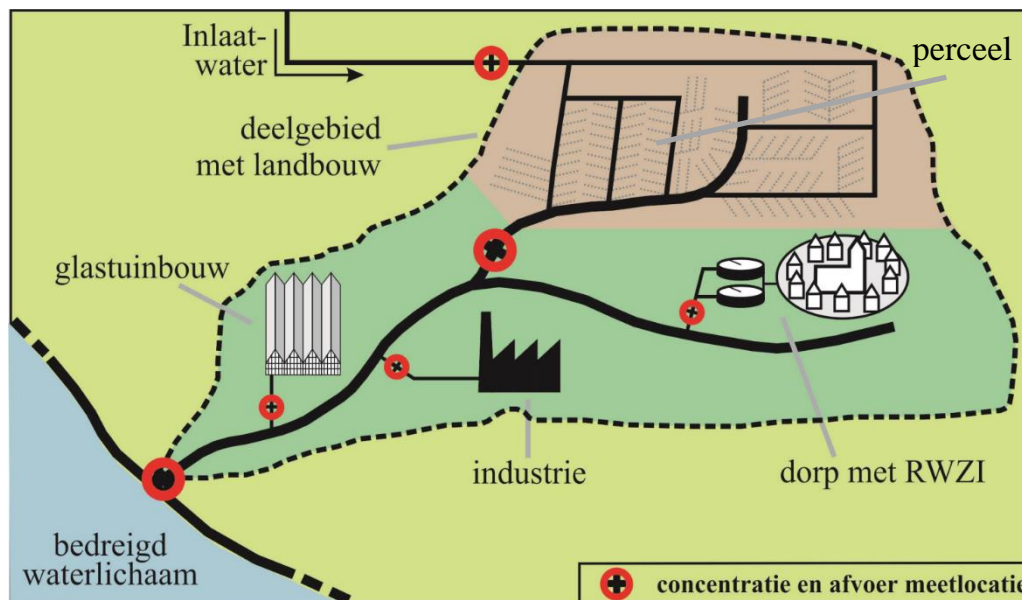
Voor gebiedsgericht maatwerk is het nodig om de 'hotspots' en 'hot moments' van nutriëntenverliezen in het gebied goed te kennen om daarmee gerichte en effectieve maatregelen te kunnen nemen probleemgebieden ([Rozemeijer et al, 2018](#)). Daarom is het van belang om in probleemgebieden voorafgaand aan het nemen van maatregelen goed inzicht te krijgen in de belangrijkste bronnen, routes en omzettings- en transportprocessen die een rol spelen bij belasting van het oppervlaktewater met nutriënten.

Sommige nutriëntenmaatregelen kunnen genomen worden door waterschappen, andere maatregelen liggen meer op het vlak van veranderingen in de landbouwpraktijk. Daarom is de samenwerking tussen de waterbeheerders en de boeren van groot belang voor een succesvolle gebiedsgerichte aanpak van de nutriëntenproblematiek. Gebiedsgerichte metingen kunnen de waterschappen helpen om het gesprek met de boeren aan te gaan om gezamenlijke tot een goede gebiedsaanpak te komen.

Gebiedsgericht maatwerk vraagt derhalve om gebiedsgerichte monitoring (zie figuur 1). Soms zal het nodig zijn om naast metingen in het oppervlaktewatersysteem, aanvullende monitoring op perceelsniveau uit te voeren om de oorzaken van 'hotspots' en 'hot moments' te begrijpen en om de relatie tussen landbouwpraktijk en nutriëntenbelasting inzichtelijk maken.

Deze Deltafact gaat in op verschillende aspecten van gebiedsgerichte monitoring naar de stikstof en fosfor verliezen vanuit de landbouwgronden en biedt daarmee handvaten voor meetstrategieën en methoden voor de verwerking en interpretatie van meetwaarden. Lozingen vanuit de glastuinbouw worden hier buiten beschouwing gelaten. De handreiking is bedoeld voor de organisaties die verantwoordelijk zijn voor de waterkwaliteit op gebiedsniveau (waterschappen, provincies, Rijk) en voor

organisaties die actief zijn bij het bewerkstelligen van en goede waterkwaliteit (agrariërs, belangengroepen, adviseurs). Deze handreiking is specifiek gericht op belasting van het oppervlaktewater en niet van het grondwater. De kwaliteit van het grondwater komt alleen ter sprake als bron voor oppervlaktewater.



Het doel van de handreiking is het aandragen van meetstrategieën en methoden voor de verwerking en interpretatie van meetwaarden in gebieden waarvoor is vastgesteld dat maatregelen nodig zijn. Omdat het ondoenlijk is om in alle probleemgebieden intensieve monitoring op te zetten is een stappenplan gemaakt om te helpen bij het formuleren van een eigen meetstrategie voor een betreffend gebied

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Beleid:

- Europese Nitraatrichtlijn en Kaderrichtlijn water

Figuur 1: *Verschillende bronnen in stroomgebied van een waterlichaam. Gebiedsgerichte monitoring voor nutriënten uit de landbouw moet dan gericht zijn op het deelgebied met landbouw en eventueel op het detailniveau van percelen.*

- Nitraat Actie Programma (6^e en concept 7^e)
- Bestuursovereenkomst "Aanvullende aanpak nitraatuitspoeling uit agrarische bedrijfsvoering in specifieke grondwaterbeschermingsgebieden"

- Deltaplan Agrarisch Waterbeheer

Deltafacts:

- [Bodem als buffer](#)
- [Onderwaterdrainage](#)
- [Regelbare drainage](#)
- [Vergrijzing van grondwater](#)
- [Effecten nutriëntenmaatregelen](#)
- [Participatieve monitoring in het waterbeheer](#)
-

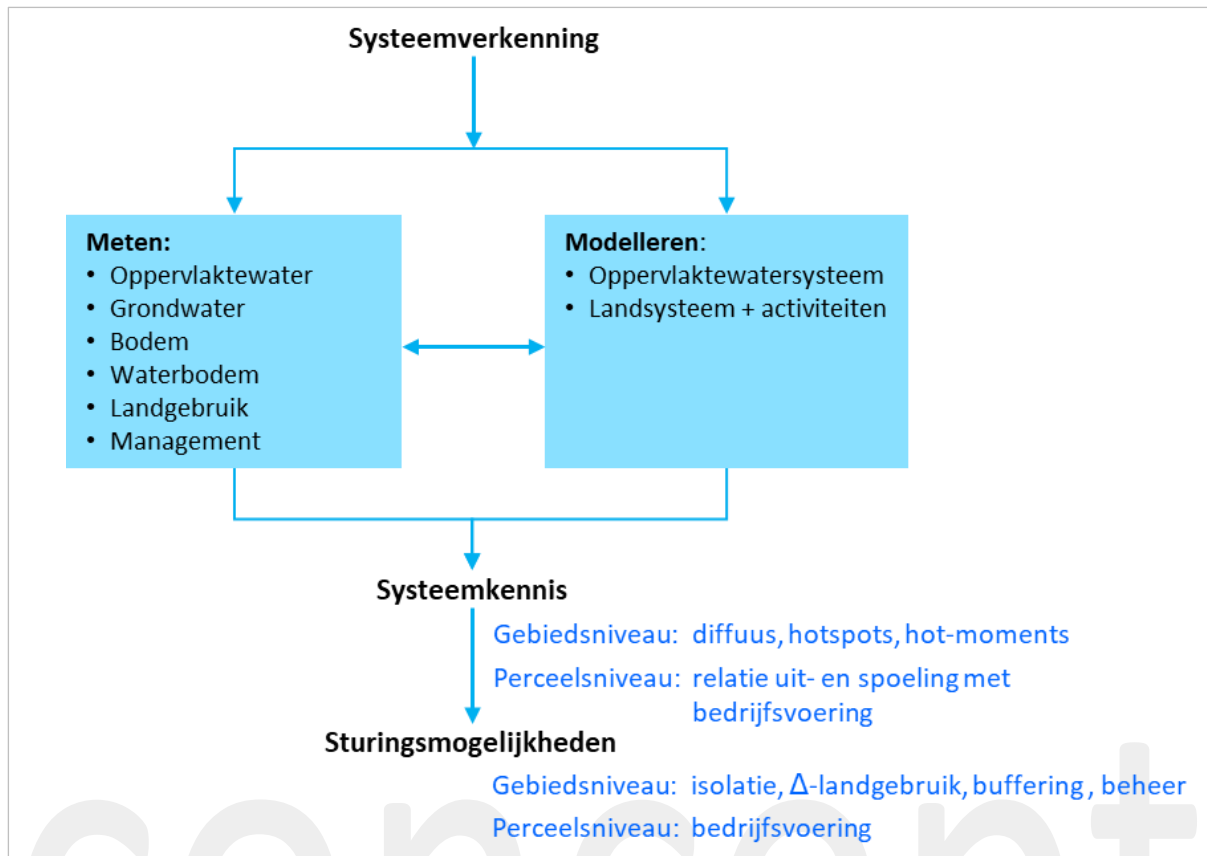
Andere gerelateerde onderwerpen:

- Kennisimpuls Waterkwaliteit, KIWK-thema [grondwaterkwaliteit](#)

3. WERKING

Monitoren is meten en modelleren

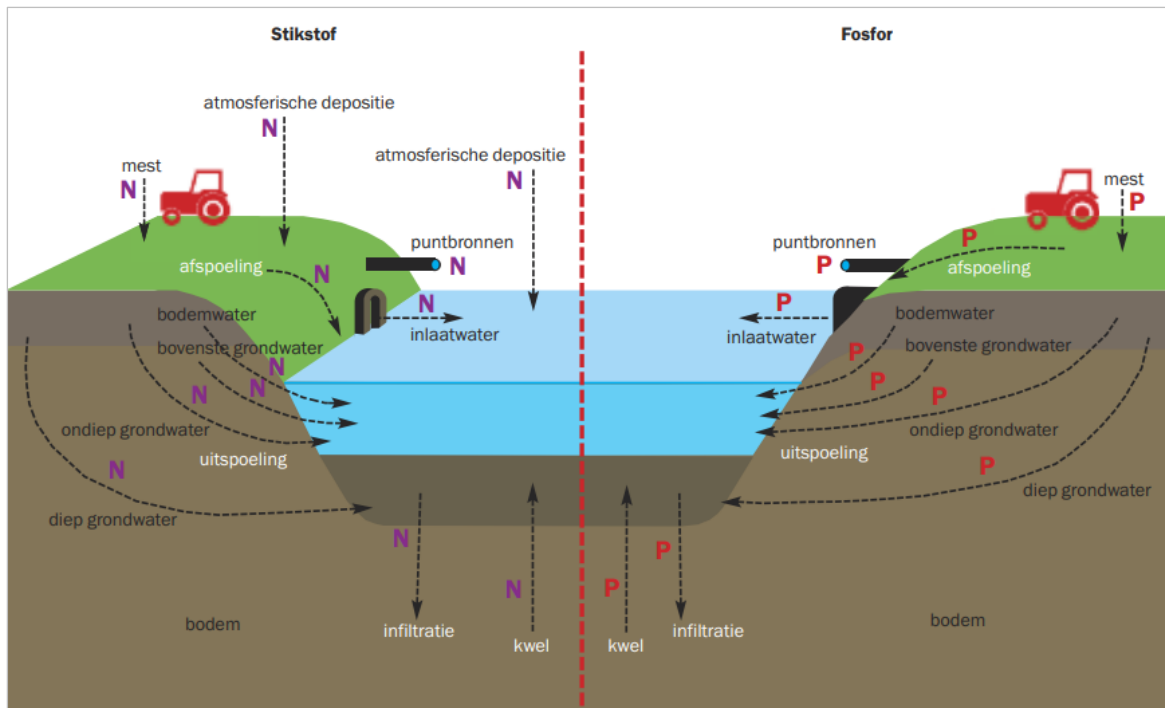
Toestand- en trendmonitoring van de waterkwaliteit heeft als doel om vast te stellen of aan doelen voldaan is (bewaken/signaleren). Als niet wordt voldaan, worden maatregelen overwogen. Voor een effectieve invulling van een gebiedsgerichte aanpak is een ander soort aanvullend meetonderzoek nodig: naar emissiebronnen, -routes en -processen in het stroomgebied (diagnose). Gebiedsgerichte monitoring is daarom meer dan het meten van waterkwaliteitsparameters. Voor het nagaan van sturingsmogelijkheden is meestal aanvullende informatie nodig over oorzaken van het verloop en patroon van concentraties (meteorologie, waterbeheer, diep grondwater, landgebruik, agrarisch management) en informatie over de water- en nutriëntenstromen (water- en stofbalansen, bronnen en routes). Ook is interpretatie nodig van deze gegevens. Voor deze interpretatie is aanvullende kennis nodig over processen en mechanismen. Deze kennis is vaak geformaliseerd in vuistregels, eenvoudige modellen en procesgeoriënteerde simulatiemodellen. De definitie van monitoren in het project Monitoring Stroomgebieden ([Woostenburg en Van Tol-Leenders, 2011](#)) was dan ook: Monitoren = meten + modelleren. Het monitoringsproces is aangeduid in Figuur 2.



Figuur2. Stappen in het monitoringsproces om met meten en modelleren systeeminzicht te vergroten en conclusies over doelbereik en sturingsmogelijkheden te kunnen trekken (in aangepaste vorm ontleend aan [Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011](#))

Naast de rol in de systeemverkenning worden modellen ook vaak ingezet om extra informatie uit metingen te krijgen zoals bij het leggen van causale verbanden tussen metingen, het genereren van een continue reeks op basis van momentopnamen (temporele interpolatie), het genereren van een ruimtelijk dekkend beeld op basis van puntmetingen (ruimtelijke interpolatie), het beschrijven van veranderingen door veranderd weer of aangepast waterbeheer en het kwantificeren van effecten van maatregelen. Afhankelijk van het doel kunnen hiervoor verschillende typen modellen ingezet worden (conceptueel, stochastisch, procesmatig).

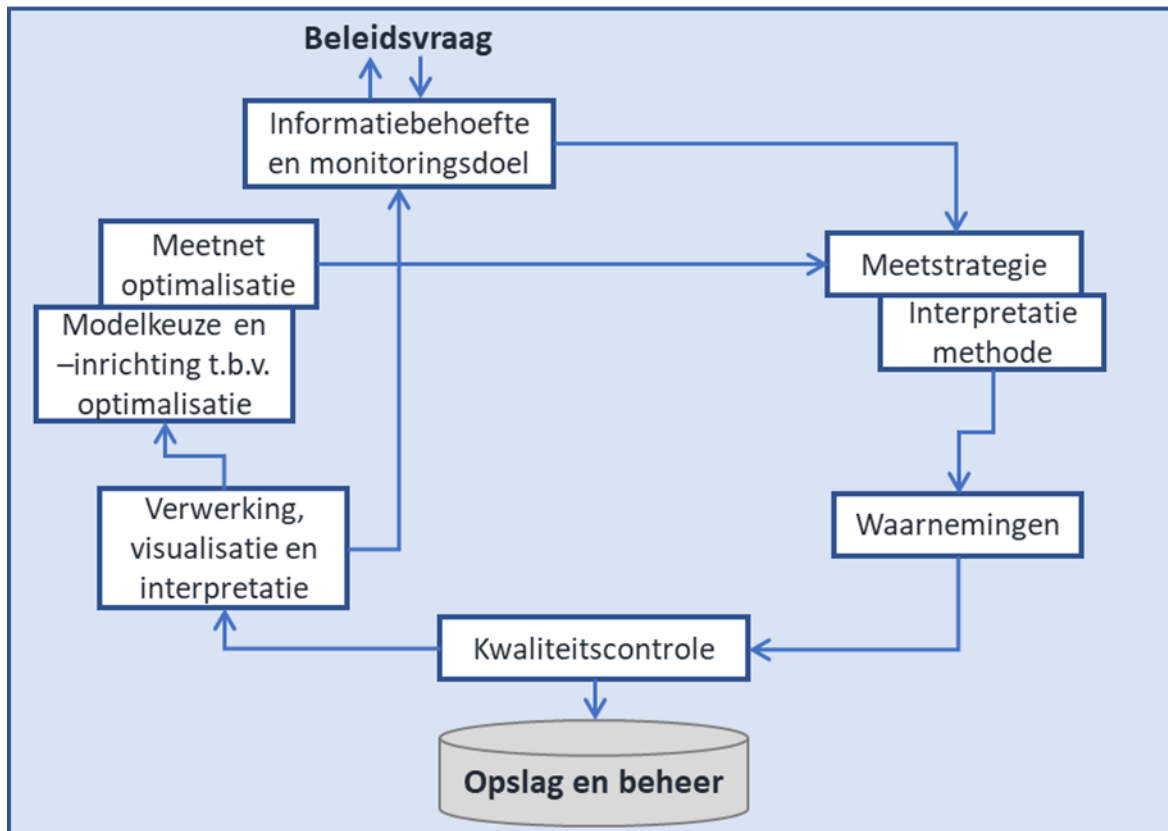
In het genoemde project Monitoring Stroomgebieden zijn bronnen en routes onderscheiden voor de nutriënten in het oppervlaktewater in een conceptueel model (zie figuur 3).



Figuur 3. Bronnen van en routes naar het oppervlaktewater in een agrarische omgeving zonder invloed van andere bronnen dan landbouw gerelateerde bronnen [Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011](#))

Monitoringscyclus

In een goed werkend monitoringssysteem wordt de monitoringscyclus doorlopen zoals weergegeven in Figuur 4. De monitoringscyclus begint altijd bij een bepaalde beleidsvraag met bijbehorende informatiebehoefte of meetdoelen. Vervolgens wordt op basis van dit meetdoel én gebiedskenmerken een meetnet ontworpen, waarbij ook al nagedacht is over de methode van interpretatie. Binnenkomende meetgegevens worden gecontroleerd en opgeslagen in een database. Daarnaast worden meetgegevens verwerkt, gevisualiseerd en geïnterpreteerd. Het **interpreteren** van meetresultaten is een vorm van modelleren, zeker als er conclusies ten aanzien van herkomst en routes ten aanzien van water en stoffen aan verbonden worden. De resultaten worden vervolgens teruggekoppeld naar de oorspronkelijke informatiebehoefte en beleidsvraag. De nieuwe inzichten over de werking van het systeem kunnen worden gebruikt voor de **optimalisatie** en/of aanpassing van het meetnet.



Figuur 4. De Monitoringscyclus (bewerkt overgenomen uit *Rozemeijer et al, 2005*).

4. KENNIS VAN NUTRIËNTENBRONNEN

Voor het inzicht in de sturingsmogelijkheden om gebiedsgericht effectieve maatregelen te selecteren is kennis van de bronnen en routes nodig. Dit betreft kennis van a) de belangrijkste locaties van de bronnen, b) de omstandigheden waaronder nutriënten vrijkomen en daaraan gerelateerd de belangrijkste routes en transportprocessen naar oppervlaktewater en c) de aard en herkomst van de bronnen.

Ad a) Locaties van bronnen

Op de percelen van een landbouwbedrijf of in een stroomgebied kunnen specifieke plaatsen verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de belasting van het oppervlaktewater (hotspots) ([Rozemeijer et al, 2018](#)).

Gedacht kan worden aan huiskavels waar in het verleden een overmaat aan mest is terecht gekomen en waar de fosfaatophoping in de bodem groot is, percelen en delen van percelen die extra kwetsbaar zijn voor uit- en afspoeling door natte of droge omstandigheden, percelen waarin plaatselijk veen op geringe diepte voorkomt, verzamelplaatsen van vee, etc. Bij de akkerbouw kan gedacht worden aan kop- en wendakkers met een plaatselijk verdichte bodem en verminderde

gewasbedekking, aan ruggenteelten op percelen met een (lichte) helling waar oppervlakkige afstroming kan optreden en aan intensieve teelten zoals bollen of groenten met een grote mestbehoefte op uitspoelingsgevoelige gronden. Inzicht in de locaties van de belangrijkste bronnen levert in de meeste gevallen direct ook handelingsperspectieven op, bijvoorbeeld hydrologisch isoleren, aangepast beheer of ander landgebruik. In andere gevallen zal aanvullend onderzoek nodig zijn om de oorzaken van grote nutriëntenverliezen naar water te achterhalen en effectieve gebiedsgerichte maatregelen te vinden.

Ad b) Omstandigheden van vrijkomen

Kennis over de omstandigheden waarbij nutriënten vrijkomen die het oppervlaktewater belasten is nodig om effectief te kunnen sturen.

Belangrijke aspecten hierin zijn:

- Het neerslagoverschot en de bodemvoorraad.
- Uitspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden vindt plaats wanneer in perioden met een neerslagoverschot een bodemvoorraad met uitspoelbare nutriëntenfracties aanwezig is. In het winterseizoen is langdurig sprake van een neerslagoverschot en een naar het voorjaar toe afnemende bodemvoorraad. In het zomerseizoen kunnen natte perioden en korte, intensieve buien ook leiden tot grote nutriëntenverliezen omdat de gehalten uitspoelbare nutriënten in de bodem door bemesting hoog kunnen zijn.
- Hoeveelheden, tijdstippen en methode van mesttoediening. Hiervoor geven de gebruiksvoorschriften van de mestwetgeving een kader, maar de wijze waarop de handelingsruimte binnen dit kader wordt benut is van groot belang voor de emissies naar het milieu.
- Methode en periode van beweiding. Beweiding in de herfst leidt in het algemeen tot grotere verliezen nutriëntenverliezen naar grond- en oppervlaktewater.
- Management van het gewas en vruchtopvolging. Bepaalde teelten, en volgorden in teelten, leiden tot grotere risico's op uit- en afspoeling dan andere teelten ([CDM, 2021](#)).
- De nutriëntenoverschotten op de bodembalans van een perceel (gewas en vruchtwisseling) geven informatie over uitspoelingsrisico's.

- Waterhuishouding (drainage, begreppeling, beregening) van percelen. Drains en greppels zorgen in de regel voor minder bodempassage en meer uit- en afspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater.
- Weersextremen: zowel langdurige droogte waardoor gewasgroei geremd wordt en de bodemstructuur verslechterd, als extreme natte perioden en hoosbuien kunnen tot verhoogde uit- en afspoeling leiden.

De wijze waarop deze aspecten zich in de ruimte en tijd tot elkaar verhouden zijn sterk bepalend voor de mate waarin nutriëntenverliezen optreden, en of ze betrekking hebben op grondwater en/of oppervlaktewater.

Ad c) Aard en herkomst van de bronnen

De uit- en afspoeling van nutriënten vanuit landbouwgronden wordt niet alleen veroorzaakt door het bemesten. Andere bronnen (en processen) die een aandeel hebben in de uit- en afspoeling van nutriënten zijn atmosferische depositie (stikstof), nutriëntenrijke kwel en semi-natuurlijke nalevering vanuit het bodemcomplex (semi-natuurlijk omdat het vaak wordt versneld door de aangebrachte ontwatering). In polders waar een sterke wegzijging is (zoals delen van de Krimpenerwaard) kan oppervlaktewater dat in de zomer in het bodemprofiel is geïnfilteerd ook een significante bedrage leveren aan de uitspoeling ([Schipper et al, 2016](#)). Andere landbouwbronnen die het oppervlaktewater met nutriënten belasten zijn emissies vanuit glastuinbouw, erfafspoeling en het onbedoeld meemesten van sloten.

De totale nutriëntenbelasting in de vanggebieden (catchments) van de regionale KRW-waterlichamen komt naast de landbouwbronnen vooral vanuit rwzi's, inlaatwater, toestromend water uit het buitenland (rivieren en beken) en in stedelijk gebied regenwater dat vanaf verhard oppervlak afstroomt via de riolering. Andere bronnen zoals industriële lozingen, riooloverstorten, atmosferische depositie op open water, uit- en afspoeling vanuit stedelijk groen (sportvelden e.d.), scheepvaart en recreatievaart en watervogels.

Het onderscheid tussen bronnen speelt een belangrijke rol bij het bepalen van achtergrondconcentraties en evalueren van de haalbaarheid van de KRW-doelen voor N en P en de KRW-waterlichamen, het toedelen reductieopgaven aan de

landbouw en de andere sectoren ([Schipper et al, 2021](#)) en het selecteren van effectieve maatregelen.

5. MEETTECHNIEKEN

Voor onderzoek naar emissieroutes en transportprocessen van nutriënten geven continue nutriëntenmetingen veel informatie in aanvulling op reguliere steekmonsters. Er zijn verschillende meettechnieken om (semi)continue nutriëntenmetingen uit te voeren zoals sensoren, auto-analysers of auto-samplers. Binnen het project Watersnip (RIVM) is een vergelijking van 8 verschillende sensoren voor continue nitraatmetingen uitgevoerd ([Tenner et al, 2021](#)).

Ook zijn er snelle eenvoudige goedkope veldtests beschikbaar zoals de [Deltares Nitraat App](#), die weliswaar niet zo nauwkeurig zijn als laboratorium analyses, maar waarmee in korte tijd de ruimtelijke variatie in kwaliteit in een gebied in beeld gebracht kan worden. Dergelijke methodes kunnen ook toegepast worden door agrariërs en andere actoren en kunnen dan gezien worden als [participatieve monitoring](#) (G.J. Ellen 2021). Dergelijke monitoring levert niet alleen inzicht in de bronnen en routes, maar vergroot ook de bewustwording van de agrariërs en betrokkenheid bij projecten om de waterkwaliteit te verbeteren.

Voor de Kennisimpuls Waterkwaliteit is een overzicht van verschillende technieken gemaakt die bij kunnen dragen aan het monitoren van nutriënten voor een gebiedsgerichte aanpak ([Rozemeijer et al, 2020](#)).

6. METEN EN MODELLEREN OP GEBIEDSNIVEAU

De inrichting van een meetnet begint met een gebiedsbeschrijving met behulp van kaartmateriaal en resultaten van metingen die al bekend zijn ([Rozemeijer et al, 2021](#)). Van daaruit worden keuzes gemaakt hoe met monitoring belangrijkste in- en uitgaande water- en stofstromen van het stroomgebied en de hot-spots en hot-moments van nutriëntenverliezen in beeld te brengen.

Lokaliseren van hot-spots

Door een routing uit te voeren kan men een goed beeld krijgen van hotspots van nutriëntenuitspoeling. Bij het uitvoeren van een routing worden op verschillende plaatsen in een waterloop, of een waterlopenstelsel, watermonsters geanalyseerd op kenmerkende stoffen. Door de beschikbaarheid van de Nitraat App en de snelle

meetmethode met indicatorpapiertjes, is het eenvoudig om aan de hand van nitraat hot-spots van nutriëntenverliezen in een gebied te detecteren. Het direct beschikbare meetresultaat biedt ook de mogelijkheid om de route aan te passen om de bron van hoge concentraties te vinden. In de KIWK pilotgebieden zijn bij de routings ook EC- en temperatuursensoren ingezet, wat onder meer inzicht geeft in deelgebieden met relatief veel kwel. Routings moeten bij voorkeur meerdere malen per jaar uitgevoerd worden, aangezien hot-spots ook van tijdelijke aard kunnen zijn.

Figuur 4a geeft een voorbeeld van een nitraat-routing in de Elsenerbeek op 14 februari 2017. De sloot met hoge nitraatconcentraties (rood/oranje punten op de kaart) draineert twee bedrijven waar kennelijk ongewenst hoge nitraatuitspoeling plaatsvindt. Via routings kunnen ook onbekende puntlozingen in beeld komen. Figuur 4b laat bijvoorbeeld detailmetingen zien waarbij in de Grootte Molenbeek een lozing vanuit een kas met concentraties boven de 200 mg/l NO₃-N is gevonden. Een routing kan ook informatie opleveren over de route van nutriënten naar het oppervlaktewater. Figuur 5c geeft het resultaat van een meetcampagne op 19 april 2017 in de Salto A in Denemarken. Binnen 3 uur is daar vastgesteld dat de drains de belangrijkste route voor nitraat waren.



Figuur 5 Voorbeelden van detailmetingen in stroomgebieden; a: routing in het Elsener beek stroomgebied; b: lokaliseren van onbekende lozingen bij Horst (Limburg); c: concentraties in drain effluent versus concentraties in de beek (Salto A) bij Slagelse, Denemarken.

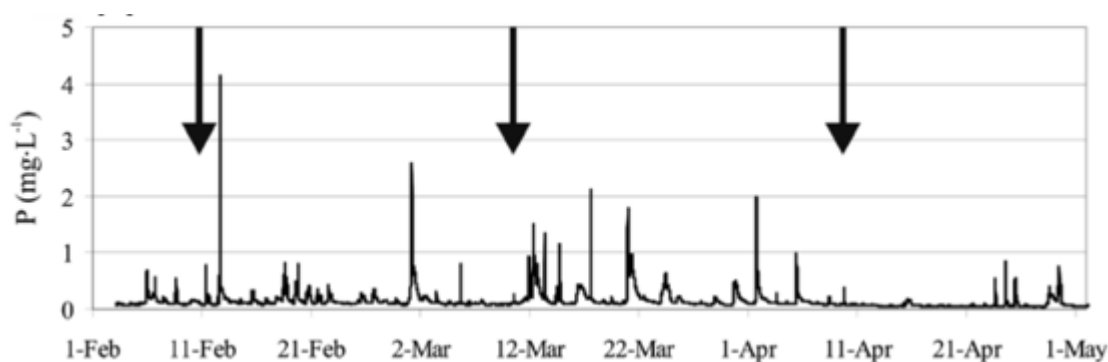
Detecteren van hot-moments

Continue waterkwaliteitsmetingen ontsluiten een weelde aan informatie over het transport van nutriënten die bij reguliere maandelijkse metingen verborgen blijft. Enkele Nederlandse voorbeelden van nieuwe kennis van transportprocessen van nutriënten op basis van hoogfrequente waterkwaliteitsmetingen zijn:

- De rol van fosforvastlegging in de waterbodem en remobilisatie tijdens afvoergolven in vrij afwaterende gebieden. Concentratiepieken voor P-tot tijdens afvoergolven zijn in beeld gebracht voor de Hupselse beek ([Rozemeijer, 2010](#)), een bedrijfssloot bij Winterswijk ([Rozemeijer et al, 2019](#)) en het KIWK-pilotgebied de Vinkenloop. Omdat vooral in vrij afwaterende gebieden het grootste deel van de fosforvrucht tijdens deze afvoer- en concentratiepieken plaatsvindt, zijn continue metingen ook nodig voor een goede vrachtbepaling en stoffenbalans; en daarmee ook voor het bepalen van effecten van maatregelen.
- De rol van sediment en gemalen in poldersystemen. Voor de Lage Vaart (Flevoland) ([Van de Grift et al, 2016](#)) en polder Geuzenveld (Amsterdam) ([Yu et al, 2021](#)) is ook vastgelegd hoe belangrijk de waterbodem bij het transport van fosfor en de concentraties in het oppervlaktewater. Ook kwamen concentratiepieken voor fosfor als gevolg van het aanzetten van gemalen voor het eerst in beeld, wat onder meer belangrijk is voor een betere vrachtbepaling en stoffenbalans.
- De invloed van het weer. Zowel continue metingen als maandelijkse bemonsteringen laten zien dat stikstof voornamelijk in het winterseizoen uitspoelt. Op basis van continue metingen in de [Lage Vaart \(Flevoland\)](#) is naast de invloed van neerslag ook de invloed van vorst (lagere nitraatuitspoeling) en van vroegtijdige mesttoediening (hogere nitraatuitspoeling) in beeld gebracht. Ook concentratiepieken voor ammonium kunnen gerelateerd zijn aan voorjaarsbemesting.
- De rol van verschillende transportroutes. Met nitraatsensoren komt de invloed van snelle afvoerroutes (oppervlakkige afstroming, preferente stroming) in beeld. Een korte dip in nitraatconcentraties ([Hupselse beek](#), [Winterswijk](#), [Colijnsplaat \(Schipper et al, 2015\)](#), [Vinkenloop](#)) duidt op invloed van water dat nauwelijks contact met de ondergrond heeft gehad. Hogere concentraties na buien (soms na de korte initiële dip) duiden op de activatie van de afvoer van nitraatrijk uitspoelingswater (via drains en/of het bovenste grondwater). Bij het gemaal van de [Lage Vaart \(Flevoland\)](#) kwam steeds ca. 5 dagen na de activatie van de drainafvoer de nitraatpiek aan.
- De rol van de nutriëntenrijke kwel (achtergrondbelasting) en retentie. Voor polder [Geuzenveld \(Amsterdam\)](#) en het [KIWK-pilotgebied de Vuursteentocht](#) zijn de vrachten vanuit kwel en de invloed van biologische opname vastgesteld op basis van continue metingen. De bijdrage van ammoniumrijke

kwel is te kwantificeren op basis van de olopende ammoniumconcentraties in droge perioden. De biochemische retentie is te kwantificeren op basis van dag-nacht fluctuaties in de concentraties.

- De rol van agrarische en waterhuishoudkundige werkzaamheden. Concentratieveranderingen in sensormetingen zijn soms ook direct te relateren aan werkzaamheden zoals maaien, baggeren, onderhoud aan duikers, stuwbeheer en beregening. Daarnaast komen concentratiepieken in beeld die duiden op een directe lozing waar (nog) geen verklaring voor is (bijv. in [KIWK pilotgebied de Vuursteentocht](#)).



Figuur 6: Voorbeeld van een continue meetreeks met concentratiepieken voor P-totaal die ca. 100x hoger liggen dan de basisconcentratie (Hupselse beek). De pijlen geven een maandelijks bemonsteringsregime weer waarbij deze concentratiepieken meestal gemist zullen worden.

Kwantificeren bronnen en routes en inzicht in processen

Om bronnen en routes van nutriënten te kunnen kwantificeren is een goede water- en stoffenbalans op gebiedsniveau nodig. Dit kan het beste gedaan worden door op strategische punten in het watersysteem zoals in- en uitstroompunten continue waterkwaliteitsmetingen te combineren met afvoermetingen en neerslaggegevens. Tips hiervoor vanuit het project [Monitoring Stroomgebieden](#) zijn:

- Zorg voor een lange meetreeks (meerjarig) en analyseer die meetgegevens regelmatig.
- Combineer kwantiteits- en kwaliteitsmeetpunten om stofvrachten te kunnen afleiden en ijk/controleer regelmatig debietmeters
- Meet ook andere ionen, sulfaat als mogelijke indicator voor fosfor en/of nitraatafbraak door pyrietoxydatie en bicarbonaat voor invloed grondwater
- Krijg inzicht in veranderingen in het landgebruik

In het [KIWK-pilotgebied van de Vuursteentocht](#) is gebleken dat dat stikstofconcentraties in droge periodes in de tochten voor een groot deel bepaald worden door ammoniumrijke, zoute kwel. Aanvullende metingen van ammonium concentraties in het grondwater bevestigen dit beeld ([KIWK-eindrapport in prep](#)). In natte perioden nemen de nitraatconcentraties toe door de uitspoeling vanaf de percelen. Op basis van de concentratiedynamiek bij het uitstroompunt en informatie over de samenstelling van het kwel- en uitspoelingswater is een sluitende water- en stoffenbalans gemaakt.

concept

Langjarige metingen

Veel variatie in metingen wordt bepaald door het verschil in neerslag door de jaren heen ([Fraters et al, 2020](#)). Om effecten van toekomstige maatregelen te kunnen beoordelen is een lange meetreeks essentieel ([Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011](#)). Omdat de inzet van continue metingen kostbaar is, kan voor langjarige meetreeksen gebruik gemaakt worden van reguliere metingen. De met hoogfrequente metingen vastgestelde relaties tussen nutriëntenconcentraties en bijvoorbeeld afvoer, grondwaterstanden, neerslag en EC kunnen voor jaren met alleen monsternamen helpen de periodes tussen de bemonsteringen in te vullen en de vrachtschattingen te verbeteren. Juist voor meetlocaties met lange meetreeksen maakt dit een korte periode met aanvullende continue sensormetingen extra waardevol.

7. METEN OP PERCEELSNIVEAU

Uit de routings in bijvoorbeeld de Elsenerbeek (Figuur 5a) en het KIWK pilotgebied de Vinkenloop kwam naar voren komen dat enkele landbouwpercelen een zeer grote bijdrage leveren aan de nutriëntenbelasting. Op dergelijke percelen kunnen dan aanvullende perceelsmetingen gedaan worden om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de bedrijfsvoering en de uitspoeling van nutriënten.

Verzamelen informatie bedrijfsvoering

Het is bij perceelonderzoek van belang om gedetailleerde informatie te verzamelen over de bedrijfsvoering, zoals teeltplannen, bemestingsgegevens, opbrengsten, beweidingsmanagement, maar ook informatie over tijdstippen en wijze van bemesting en grondbewerking. Met behulp van deze informatie kunnen per gewas en perceel bodemoverschotten bepaald worden, die inzicht geven in het uitspoelingsrisico van een bepaald gewas. Tijdstippen van bemesting en grondbewerking leveren aanvullende informatie over momenten waarop pieken in de uitspoeling kunnen plaatsvinden.

Bemonstering grondwater, drainwater en bodem

Hoewel uitspoeling van nutriënten plaatsvindt via het bovenste grondwater, is het intensief meten van grondwaterconcentraties op een perceel niet altijd het meest geschikt om inzicht te krijgen in de mate van uitspoeling. Uit het [Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid](#) (LMM) blijkt dat de ruimtelijke variatie in nitraatconcentraties op één perceel vaak enorm groot is. Wanneer percelen gedraineerd zijn is het wenselijk om de kwaliteit van het drainwater te bemonsteren. Drainagebuizen leveren een

samengesteld monster op van uitspoelingswater vanaf een deel van het perceel en middelen de ruimtelijke variatie uit. Met routings langs de drains met nitraatstripjes en de [Nitraat App](#) is eenvoudig een ruimtelijk beeld te krijgen van de kwaliteit van het drainwater. Zo kan snel achterhaald worden of er specifieke delen van een perceel zijn waar veel nutriënten uitspoelen. Bij een samengesteld drainagesysteem kan met 1 monster vanuit de verzamelput een perceelgemiddeld monster genomen worden.

Wanneer drainmetingen op akkerbouwbedrijven gerelateerd worden aan gewasteelt kunnen deze veel inzicht geven voor de agrariërs. Op het KIWK-pilotbedrijf in de Vuursteentocht bleken de indicatieve nitraatconcentraties sterk gerelateerd aan het gewas ([KIWK-eindrapport in prep](#))

Om risico's van uitspoeling op een perceel te bepalen kunnen als aanvulling op concentratiemetingen ook bodemonsters worden genomen om de nutriëntentoestand (N-mineraal) aan het eind van het teeltseizoen van een perceel te bepalen. Dit N-residu in het najaar geeft een indicatie van de bodemvoorraad die gedurende de winter mogelijk zal uitspoelen.

Gedetailleerde monitoring van de samenstelling van bodemvocht en grondwater met minifilters en geleidbaarheidssensoren kunnen ook waardevolle inzichten geven in de omstandigheden en processen waaronder uitspoeling plaats vindt. Op een akkerbouwperceel in de Vinkenloop kon met bodemvochtsensoren op verschillende dieptes aangegeven worden welke neerslaggebeurtenissen tot uitspoeling leidden ([KIWK-eindrapport in prep](#)). Hieruit kon bijvoorbeeld worden opgemaakt dat intensieve zomerbuien leiden tot hot-moments van nitraatuitspoeling. Met een reeks minifilters op verschillende diepten werd zichtbaar welke stoffen wanneer en tot hoe diep in het grondwater komen, wat zuiverende invloed van bodempassage is (denitrificatie) en wat de natuurlijke achtergrondconcentratie is in het diepere grondwater. Een dergelijke meetopstelling midden op een perceel biedt aanknopingspunten voor een schematiseren en parametriseren van uitspoelingsmodellen.

8. MEETSTRATEGIEËN VOOR GEBIEDSGERICHTE MONITORING

Omdat het ondoenlijk is om in alle probleemgebieden intensieve gebiedsgerichte monitoring op te zetten kunnen bouwstenen zoals weergegeven in figuur 7 helpen om te bepalen welke meetstrategie voor de waterkwaliteit past bij het gebied. De criteria in deze beslisboom zijn a) de omvang van de KRW-opgave voor landbouw, b) de betrokkenheid en bereidheid van agrariërs om gebiedsgerichte maatregelen te nemen, c) het proces dat hiervoor vanuit het DAW is/wordt ingezet en d) of het gebied zich leent om te dienen als onderzoekspilot voor gebiedsgerichte aanpak van nutriënten in landelijk gebied.

Basis voor water- en stoffenbalans	Betrokkenheid agrariërs	Ondersteunen GAW & DAW-UP's	Pilot (leren)
<ul style="list-style-type: none">• Debieten in- en uitstroom• 2x/maand bemonstering	<ul style="list-style-type: none">• Routings in sloten en beeklopen• Participatieve monitoring met inzet Nitraat-app en/of andere metingen	<ul style="list-style-type: none">• Bedrijfsinformatie (teelt, mestgift, gewasafvoer,...)• Routings (verzamel)drains percelen	<ul style="list-style-type: none">• Continu metingen• Metingen kwaliteit (water)bodem en grondwater

Figuur 7 Voorbeeld van bouwstenen voor een meetstrategie, die afhankelijk van de monitoringsdoelen, al dan niet gecombineerd kunnen worden.

Ad a): de omvang van de landbouwopgave om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te verminderen wordt bepaald door de mate waarin de concentraties op de KRW-meetpunten de KRW-doelen overschrijden en de bijdrage die de landbouwemissies heeft in de totale nutriëntenbelasting. In (deelstroom)gebieden waar al bijna aan de doelen wordt voldaan en/of waar de landbouwbijdrage in de nutriëntenbelasting gering is, zal een lagere ambitie voor gebiedsgerichte monitoring zijn dan in gebieden met een grote KRW-landbouwopgave. Deze informatie wordt vanuit landelijke en stroomgebiedsbrede studies overigens ook verzameld voor het DAW en verwerkt in de zogenaamde GAW's (Gebiedsdocument Agrarische Wateropgave).

Voor gebiedsgerichte monitoring is het van belang dat het deelstroomgebied waterhuishoudkundig gezien relatief afgebakend is, dus met een beperkt aantal in- en uitstroompunten.

ad b): In dergelijke stroomgebieden maakt het uit of er interesse is van agrariërs om meer en/of beter te weten wat en waar de problemen zijn met de waterkwaliteit ten aanzien van nutriënten en wat hun bijdrage hier in is. De betrokkenheid en

bewustwording kan worden vergroot door gezamenlijk met de agrariërs een meetplan op te stellen en daarbij rekening te houden met hun wensen en interesse, zoals bijvoorbeeld het N- mineraal in de bodem.

Ad c): Als **basis** voor een probleemgebied waar vanuit het DAW de agrariërs actief worden ondersteund om bovenwettelijke maatregelen te nemen, is het waardevol als met monitoring en aansluitende modellering redelijk betrouwbaar een water- en nutriëntenbalans kan worden opgesteld. Dit is een belangrijk vertrekpunt voor maatwerk en de GAW's die vanuit het DAW worden opgesteld. Daarvoor is het nodig om bij de belangrijke in- en uitstroompunten de debieten met (continu) metingen goed te kunnen volgen en minimaal 2 x per maand kwaliteitsmetingen te doen.

Routings in sloten en beeklopen met eenvoudige sensoren of de Nitraatapp kunnen mooi inzicht geven in de hot spots van een gebied. De ervaring leert dat dat soort metingen, samen met N-mineraal metingen de **betrokkenheid** van de boeren in het gebied vergroot. N-mineraal metingen zouden dan in het voorjaar en najaar gedaan moeten worden. Routings zouden minimaal 4 x per jaar gedaan moeten worden. Hoe frequenter des te meer inzicht in het voorkomen van hot-spots. Meet in de routings vooral ook op punten waar perceelsloten uitkomen in de grotere waterlopen.

In een gebied kun je het **DAW-proces** actiever **ondersteunen** met keuzes voor effectieve maatregelen (die bv opgenomen worden in de DAW-uitvoeringsprogramma's) en met monitoring en aansluitende modellering om de effecten van de maatregelen op de verbetering van de waterkwaliteit zichtbaar te maken. Naast de basismetingen en de routings kunnen teelt- bemesting- en opbrengstgegevens van de agrariërs in het gebied geïnventariseerd worden. Dit vergroot het inzicht in hot-spots en geeft waardevolle informatie voor de inzet van procesmodellen om de nutriëntenhuishouding van de landbouwbodems te simuleren. Wanneer uit routings of stikstofbalansen van de bodem blijkt dat bepaalde perceelsloten hot-spots vormen, is het zinvol om, indien de betreffende percelen gedraineerd zijn, routings langs de drains uit te voeren. In combinatie met de verzamelde teeltgegevens kan inzicht verkregen worden in de relatie van de teelten en uitspoeling van nutriënten.

Als het doel van monitoren echt is om te **leren** en nieuwe inzichten te verwerven zullen meer en intensievere monitoringsinspanningen verricht moeten worden. Dat

zal in de regel alleen in hiervoor geselecteerde pilotgebieden worden uitgevoerd. De monitoring zal zich dan richten om transparant inzicht in bronnen en routes te verwerven en de onderliggende processen die de uit- en afspoeling en retentie in het oppervlaktewater bepalen. Dit levert waardevolle informatie om procesmodellen die voor het mestbeleid en waterkwaliteit beleid worden ingezet (beter) te valideren en te verbeteren. Ook kan de intensieve monitoring in zulke pilotgebieden worden benut om effecten van maatregelen experimenteel te onderzoeken. Aanvullend op de hiervoor genoemde meetmethoden kan gedacht worden aan continue metingen met sensoren, debiet-proportionele bemonstering van drainwater en/of oppervlaktewater en monitoring van de grondwaterkwaliteit en waterbodem. De investeringen voor zo'n monitoringopzet maken het aantrekkelijk om langjarig door te meten; de meetreeksen worden dan steeds waardevoller en de kosten voor het doorzetten van de monitoring kunnen in de loop van de jaren afnemen door optimalisatie.

Afhankelijk van de landbouwopgave voor nutriënten en de interesse en betrokken van de agrariërs in een gebied, kan voor een meer of minder uitgebreide meetstrategie worden gekozen. Tabel 1 geeft een voorbeeld van een afwegingskader wanneer welke bouwstenen voor monitoring ingezet kunnen worden.

Aandeel landbouw in nutriëntenbelasting:	Interesse en betrokkenheid agrariërs in het gebied:		
	geen	matig	veel
nauwelijks	Geen monitoring	Geen monitoring	Routings
matig	Geen monitoring	Basis	Basis + Routings
groot	Basis	Basis + Routings	Basis + Routings + Ondersteunen DAW/Pilot

Tabel 1: mogelijke monitoring strategieën afhankelijk van de belasting vanuit de landbouw en de interesse van boeren voor waterkwaliteit. In plaats van het aandeel van de landbouw kan ook gekeken worden naar de omvang van de aan landbouw toebedeelde opgave voor verminderen van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

9. KOSTEN EN BATEN

Gebiedsgerichte monitoring waarbij gedegen systeemkennis opgebouwd kan worden, vraagt om de inzet van veel metingen in ruimte (routings) en tijd (sensoren) en veel tijd aan verwerking en interpretatie, wat het kostbaar maakt. De kosten zijn op voorhand sterk afhankelijk van het ruimtelijke schaalniveau en de complexiteit van het stroomgebied. Om toch een indicatie te verkrijgen, kan gekeken worden naar projecten waar een aantal jaar intensieve monitoring is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw. In de voorbeelden die in de literatuurlijst zijn opgenomen, bedroegen de kosten voor monitoring grofweg zo'n ton per jaar. Deze kosten gelden ook voor projecten waar met intensieve monitoring effecten van maatregelen zoals bufferzones en peilgestuurde drainage zijn onderzocht.

Ten aanzien van de baten moet worden bedacht dat uitvoering van diverse landbouwmaatregelen veel kosten met zich kunnen meebrengen. Dat geldt vooral voor maatregelen die gepaard gaan met afname van het areaal waarop de gewassen worden geteeld. Met systeemkennis van gebied is het mogelijk om de juiste maatregel op de juiste plaats te nemen, zodat voorkomen wordt dat geïnvesteerd wordt in weinig effectieve maatregelen. Hiernaast leveren gedetailleerde meetgegevens informatie op voor het valideren en verbeteren van modellen. Gebiedsgerichte monitoring kan zo de zeggingskracht van modellen vergroten, wat gezien de investeringen in en het belang van modelstudies erg waardevol is.

10. DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.

11. BRONNEN & LINKS

[CDM-advies: sturen op Duurzame bouwplannen voor verbetering waterkwaliteit, kamerstuk, 3-9-2021](#)

Gerald Jan Ellen, Sander Meijerink, Bart Brugmans en Bas Breman 2021.

Participatieve monitoring, een praktische handreiking. Document ID 1220765-008-BGS-0004 (opgesteld binnen het onderzoeksprogramma [Programma-Lumbricus](#)).

[Fraters, B., Hooijboer, A.E.J., Vrijhoef, A., Plette, A.C.C., Van Duijnhoven, N. J.C. Rozemeijer, J.C., Gosseling, M., Daatselaar. C.H.G., Roskam, J.L., Begeman, H.A.L. 2020. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand \(2016-2019\) en trend \(1992-2019\). RIVM-rapport 2020-0121, RIVM, Bilthoven](#)

<https://www.rivm.nl/lmm-is-opgezet-om-op-regioniveau-uitspraken-te-doen-uitspraken-op-bedrijfsniveau-zijn-onzeker>

<https://publicwiki.deltares.nl/display/wqapp>

KIWK-eindrapport Nutriëntenmaatregelen landbouw 2022 (in prep)

Rozemeijer, J.C., Van Leeuwen, E., Huisman, J., Leene, G. 2005. Een integraal, taakgericht monitoringsysteem voor Waterschap Noorderzijlvest. H2O 25/26, pp 50-52.

Rozemeijer, J.C., 2010. Dynamics in groundwater and surface water quality. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Rozemeijer, J.C., Van der Velde, Y., De Jonge, H., Van Geer, F.C., Broers, H.P., Bierkens, M.P.F. 2010. Application and evaluation of a new passive sampler for measuring average solute concentrations in a catchment-scale water quality monitoring study. Environ. Sci. Technol., 44, 1353-1359.

[Rozemeijer, J., B. van der Grift, R. van den Meiracker. 2019. Fosfaatroutes van perceel naar bedrijfssloot. Deltares rapport 11201135-000-BGS-0006](#)

[Rozemeijer, J.C.; Van der Grift, B.; De Nies, J. 2018. Monitoring voor een gebiedsgerichte aanpak van nutriënten. Water Matters Juni 2018](#)

[Rozemeijer, J.C., Lukács, S., Hooijboer, A. Van der Grift, B., Van Loon, A., Cirkel, G., Groenendijk, P. 2020. Meettechnieken voor de Kennisimpuls Nutriëntenmaatregelen. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit](#)

[Rozemeijer, J.C., Lukács, S., Van Loon, A., 2021. Meetplannen bronnen en routes in pilotgebieden Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit](#)

[Schipper, P.N.M. ; Heinen, M. ; Jansen, P.C. ; Stuyt, L.C.P.M. ; Dik, P.E. 2015. Praktijkproef Regelbare Drainage proefbedrijf Rusthoeve 2010-2014. Wageningen, Wageningen-UR \(Alterra\)rapport 2639\)](#)

[Schipper, P.N.M. ; Hendriks, R.F.A. ; Massop, H.T.L. ; Boekel, E.M.P.M. 2016. Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor. Wageningen Environmental Research rapport 2738](#)

[Schipper, P., E. van Boekel, E. Gies, P. Groenendijk, H. Kros, L. Renaud en J.C. Voogd, 2021. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas; Opgave voor landbouw en de potentie van maatregelen voor het behalen van doelen. Wageningen Environmental Research, Rapport 3046](#)

[Tenner, E., A. Hooijboer, J. Rozemeijer, 2021. WaterSNIP Meetcampagne Nitraatsensoren. RIVM-rapport 2021-0141](#)

[Van der Grift, B., J. Rozemeijer, H.P. Broers, W. Berendracht en M. Oudendijk, 2016. Waterkwaliteit polders: hoogfrequent meten is veel meer weten. Water Matters, April 2016.](#)

[Vuursteentocht pilot Kennisimpuls Nutriëntenmaatregelen - Onderzoek Vuursteentocht info-site - Deltares Public Wiki](#)

[Woostenburg, M en Van Tol-Leenders, D. 2011. Sturen op schoon water. Eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden. Alterra/Deltares](#)

[Yu, L., J.C. Rozemeijer, H.P. Broers, B.M. van Breukelen, J.J. Middelburg, M. Ouboter en Y. van der Velde, 2021. Drivers of nitrogen and phosphorus dynamics in a groundwater-fed urban catchment revealed by high-frequency monitoring. HESS 25.](#)

KIWK-eindrapport Nutriëntenmaatregelen landbouw 2022 (in prep)

12. COLOFON

Dit Deltafact is geschreven in het kader van het project Nutriënten van de Kennisimpuls Waterkwaliteit. In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Deze Deltafact is opgesteld door een consortium van instituten: Wageningen Environmental Research, Deltares, RIVM en KWR.

Versie

Versie 1.0, april 2022

Auteurs

Saskia Lukács, Joachim Rozemeijer, Peter Schipper, Arnaut van Loon en Piet Groenendijk.

concept