



Sensor gestuurd boeren

*Samenvatting van de geleerde lessen
2018-2023*



Inhoud

Introductie	4
Factsheets	4
Thema: Monitoring	6
Waterkwaliteit sensoren	7
Ervaringen	7
Wat levert het op	8
Aanpak	8
Kostenindicatie	9
Bronnen voor meer informatie	9
Ruimtelijke metingen waterkwaliteit (routings)	10
Ervaringen	10
Wat levert het op	11
Aanpak	11
Kostenindicatie	11
Meting minerale stikstof in het bodemprofiel	12
Ervaringen	12
Wat levert het op	12
Aanpak	13
Kostenindicatie	13
Bronnen voor meer informatie	13
Debietmetingen (waterafvoer)	14
Ervaringen	14
Wat levert het op	14
Aanpak	15
Kostenindicatie	15
Grondwaterpeilbuizen	16
Ervaringen	16
Wat levert het op	16
Aanpak	17
Kostenindicatie	17
Bodemvochtsensoren	18
Ervaringen	18
Wat levert het op?	18
Aanpak	18
Kostenindicatie	19
Bronnen voor meer informatie	19
Thema: Dataverwerking en modellen	20
SWAP ANIMO	21
Ervaringen	21
Wat levert het op?	22
Aanpak	22
Kostenindicatie	23
Bronnen voor meer informatie	23
VATPY	24
Ervaringen	24
Wat levert het op?	24
Aanpak	25

Kostenindicatie	26
Bronnen voor meer informatie	26
Water- en stofbalans op basis van metingen	27
Ervaringen	27
Wat levert het op	27
Aanpak	28
Kostenindicatie	28
NDICEA	29
Ervaringen	29
Wat levert het op?	30
Aanpak	30
Kostenindicatie	31
Bronnen voor meer informatie	31
Thema: Landbouwkundig handelen	32
Veldproeven, demonstraties en maatregelen	33
Ervaringen	33
Wat levert het op	34
Aanpak	34
Kostenindicatie	34
Bronnen voor meer informatie	34
Perceelscans en remote sensing technieken	35
Ervaringen	35
Wat levert het op	35
Aanpak	36
Kostenindicatie	36
Bronnen voor meer informatie	36
Landbouwkundige knelpuntenanalyse / BedrijfsbodemWaterPlan (BBWP)	37
Ervaringen	37
Wat levert het op	37
Aanpak	38
Kostenindicatie	38
Bronnen voor meer informatie	38
Verzamelen van perceelsmanagement data	39
Ervaringen	39
Wat levert het op	39
Aanpak	40
Kostenindicatie	40
Thema: Samenwerking	41
Studiegroepen	42
Ervaringen	42
Wat levert het op?	42
Aanpak	42
Kostenindicatie	42
Kennisinstituten	43
Ervaringen	43
Wat levert het op?	43
Kostenindicatie	43

Introductie

Het programma Sensor Gestuurd boeren is een innovatief samenwerkingstraject tussen waterschap Aa en Maas en de boeren in het stroomgebied rond de Vinkenloop. Hierin wordt de relatie onderzocht tussen agrarisch handelen en de waterkwaliteit met als doel om de uit- en afspoeling van stikstof uit de landbouw naar het water te verminderen. Dat willen we bereiken door het gezamenlijk verkrijgen van een data gedreven inzicht, bv door inzet van sensoren voor hoogfrequente metingen aan de waterkwaliteit. In de toekomst moet dat uiteindelijk leiden tot meer zelfsturing, innovatie en lokaal maatwerk met meer verantwoordelijkheid voor de agrarische ondernemer.

Sensor Gestuurd Boeren is mede mogelijk gemaakt met financiële steun van de provincie Noord-Brabant en het Europees Landbouwfonds voor PlattelandsOntwikkeling (POP3) en is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de Kennisimpuls waterkwaliteit (STOWA).

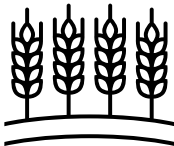
Factsheets

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode 2018-2023. In deze periode zijn allerlei methoden en hulpmiddelen ontwikkeld en getest die moeten helpen om het effect van landbouwactiviteiten op de waterkwaliteit in de sloot in beeld te kunnen brengen. Deze methoden en hulpmiddelen zijn beschreven in factsheets.

De factsheets zijn bedoeld als samenvatting van de geleerde lessen uit sensor gestuurd boeren voor een brede doelgroep en gaan niet al te diep in op de onderzoeksresultaten, daarvoor zijn verdiepende rapportages beschikbaar.

In de factsheets is beschreven wat de technische en inhoudelijke consequenties zijn, hoe bruikbaar een techniek in de praktijk is en in hoeverre dit zowel agrariërs als waterkwaliteitsbeheerders helpt om te begrijpen wat er gebeurt op de percelen en in het water. Centraal in de factsheets staat het 'ecosysteem' rondom het perceel met de actoren en processen. De actoren en processen hebben een symbool gekregen. Deze symbolen komen waar relevant terug op de factsheets (linksboven) zodat snel te zien is voor de lezer welke factsheets voor hem/haar interessant zijn.

Tabel 1: Overzicht van de actoren en processen binnen sensor gestuurd boeren

	Agrariërs Gebruikers en eigenaren van grond voor verbouwen gewassen. Halen daar hun inkomen uit. Door actief handelen beïnvloeden ze gewasgroei en milieu	Overheid Verantwoordelijk voor stellen kaders. Willen doelen halen voor waterkwaliteit, natuur etc. Diverse overheden rondom dit thema: waterschap, provincie en rijk	
	Gewas Groeit op het land en zetten de voedingsstoffen in de bodem samen met water, koolstofdioxide en licht om in biomassa die geoogst kan worden.	Keten partners Agrariërs zijn onderdeel van een keten van toeleveranciers (kunstmest, zaaigoed), adviseurs, financiering (banken) en afnemers (supermarkten, voedselindustrie).	

	Voedingsstoffen (nutriënten) Zonder voedingsstoffen geen groei. Voorbeelden zijn stikstof (N) en fosfor (P), maar ook sporenelementen. SGB onderzoek richt zich op N omdat hier beter op te sturen is.	Agrarisch adviseur Adviseren de agrariërs o.a. rondom keuzen voor rassen, mestgift en gebruik bestrijdingsmiddelen.	
	Bodem Bodemprocessen en bodemsamenstelling zijn sterk sturend voor de groei van het gewas. Intermediair in processen met het grondwater.	Onderzoeker Kijkt naar mogelijkheden om emissies naar milieu te verminderen (milieu onderzoek) en/of om agrarische opbrengsten te vergroten (landbouwkundig onderzoek)	
	Water Medium voor voedingsstoffen en groei gewas. Afvoer van water en stoffen naar de sloot wordt gestuurd door neerslag en stand van het grondwater.	Handhaving Overheden verantwoordelijk voor naleven vergunningen. Voor handhaving worden metingen gebruikt.	

De factsheets zijn ingedeeld in 4 thema's:

- Monitoring
- Dataverwerking en modellen
- Landbouwkundig handelen
- Samenwerking

Thema: Monitoring



Waterkwaliteit sensoren

Er zijn in toenemende mate sensoren op de markt die ingezet kunnen worden voor oppervlaktewater. Jaarlijks worden nieuwe en betere producten ontwikkeld. Met sensoren kan hoogfrequent worden gemeten aan de waterkwaliteit, zoals het nitraat- en ammoniumgehalte, de temperatuur, de EGV (zoutconcentratie) en de pH. De sensoren leveren data aan voor tijdreeksen en geven daarmee heel gedetailleerd inzicht in variatie in de tijd van de waterkwaliteit. Nutriënten komen vooral in de waterloop terecht op momenten dat er veel water via de landbouwbodem richting de sloot loopt, zogenaamde hot moments.



Figuur 1 Meetopstelling in het veld

Ervaringen

Een van de doelen van Sensor gestuurd Boeren is om inzicht te krijgen in de ruimtelijke en temporele variatie van de waterkwaliteit en om te onderzoeken of het op basis daarvan mogelijk is om handelingsperspectieven te bieden aan ondernemers in het gebied.

Het meten met sensoren in kleine watergangen zoals de Vinkenloop en zijslotjes was een vernieuwend onderdeel van het project. De uitdaging was om in het veld zonder netstroom de sensoren te laten meten met een robuuste meetopstelling. Dit is veel pionierswerk gebleken en het vroeg de nodige tijd om de goede werking van de sensoren in de vingers te krijgen. Onderhoud blijft altijd nodig bij de sensoren.

De gegevens laten voor de Vinkenloop een duidelijke relatie zien tussen de nitraatconcentraties, de neerslag en de grondwaterstanden. Er grote verschillen in nitraatconcentraties zichtbaar tussen de jaren en seizoenen. Gewasrotaties spelen daar ook een belangrijke rol in. Er is voor stikstof wel sprake van een vertraging in de reactie tussen agrarisch handelen en de waterkwaliteit. Bemesting wordt gedaan voorafgaand en tijdens de teelt. Gewassen nemen de mineralen op, maar hebben daarbij verschillende efficiëntie: sommige gewassen zijn beter in staat om alle beschikbare stikstof op te nemen dan andere gewassen. Na de teelt blijft dan stikstof over (N-mineraal), welke in de winter kan uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater, en wordt vooral op dat moment gemeten.

De sensoren voor ammonium presteerden nog onvoldoende vanwege de te lage concentraties (onder de meetrange van de apparatuur) in combinatie met gevoeligheid van de ammonium-sensor voor vervuiling. Het meten van nitraat met sensoren gaat goed als optische sensoren worden gebruikt. Ook temperatuur, EGV en pH zijn goed te monitoren met sensoren. Het gebruik van sensoren vraagt veel onderhoud in de Vinkenloop door de aanwezigheid van ijzerrijke kwel.

Goed datamanagement inclusief een goede digitale infrastructuur is van meerwaarde gebleken om de hoogfrequente meetgegevens op de juiste en geautomatiseerde wijze bij elkaar te brengen. Het opzetten van een de structuur kost veel tijd en geld (meer dan vooraf begroot) en vraagt specifieke expertise. Maar het bespaart naderhand veel tijd in handmatige dataverwerking, zoals data versturen naar externe partners of getallen in de juiste kolommen zetten. Dankzij dit onderdeel heeft het waterschap veel stappen gezet op het gebied van datamanagement waar ook de andere projecten met waterkwaliteitssensoren van profiteren.

Door agrariërs wordt er nauwelijks gebruikgemaakt van de speciaal van hen opgezette dashboards met informatie over de diverse metingen. Zij hebben meer behoefte aan een samenvatting met duiding van de resultaten dan real time inzicht op parameters waar ze niet direct op kunnen sturen. Voor metingen die wel relevant voor hen zijn (zoals bodemvocht) zijn er platforms vanuit de leveranciers die ze kunnen gebruiken.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Het draagt bij aan bewustwording en inzicht in stikstofstromen.
- Vanwege de hoge frequentie van meten, draagt het bij aan een meer gedetailleerd inzicht van de waterkwaliteit – reguliere waterkwaliteitsmetingen zijn maandelijks.

Waterschap:

- De inzet van sensoren heeft uiteindelijk veel inzicht opgeleverd over de werking van het bodem- en watersysteem, en de ruimtelijke en temporele verschillen in het gebied.
- Vanwege de hoge frequentie van meten, draagt het bij aan een meer gedetailleerd inzicht in de variatie van de waterkwaliteit in de tijd – reguliere waterkwaliteitsmetingen zijn maandelijks.
- De gegevens bieden voeding van modellen voor (stikstof)massabalansen (hoewel dat ook gewoon kan met steekmonsters en lab analyses).
- Het levert beter inzicht op van de landbouw en draagt samen met andere metingen bij aan handelingsperspectief voor een betere stikstofbenutting.

Aanpak

De inzet van sensoren en bijbehorende hardware is geen plug and play. Voor een juiste werking is er voldoende, helder (niet troebel) watervolume nodig. Dus het meten in weinig watervoerende en soms droogvallende haarvaten is af te raden. Een al te fijnmazig meetnet met sensoren heeft daarmee weinig meerwaarde. Inzicht in de hydrologie van het gebied is aan te bevelen bij de locatiekeuze voor de sensoren. Daarnaast is het aan te raden om te starten met een jaar lang ruimtelijke waterkwaliteitsmetingen (routings) om zowel de juiste plekken voor een sensor te vinden, als een beeld te hebben van de benodigde meetrange (amplitude). Validatie met (traditionele) steekmonsters blijft noodzakelijk.

Data uit sensoren voor waterkwaliteit zijn meestal niet direct bruikbaar: ze hebben last van drift, anomalieën, flat lines, uitbijters. Dataverwerking van de ruwe sensordata tot meetreeksen die gebruikt kunnen worden in visualisaties en analyses zijn noodzakelijk. Daarvoor is er na sensor gestuurd boeren een TKI project geweest, “Optima-HWQ” genaamd” (zie link hieronder)

Kostenindicatie

Het project is gestart met de aanschaf van sensoren door het waterschap, en een vergoeding aan Aquon voor uitvoeren van het onderhoud (aanschaf € 10.000 - 15.000, onderhoud € 10.000 - 15.000 jaarlijks). Inmiddels maakt het werken met sensoren voor de waterkwaliteit deel uit van de standaard werkzaamheden van Aquon en zitten sensormetingen in de PDC (Producten en Diensten Catalogus) van Aquon.

De kosten voor een meetopstelling met sensoren voor nitraat, EGV en temp., die langer dan 1 jaar staat, komen op € 17.000 per jaar (apparatuur + onderhoud). Een meetopstelling met alleen EGV, pH, en T komt uit op kosten van € 12.000 per jaar.

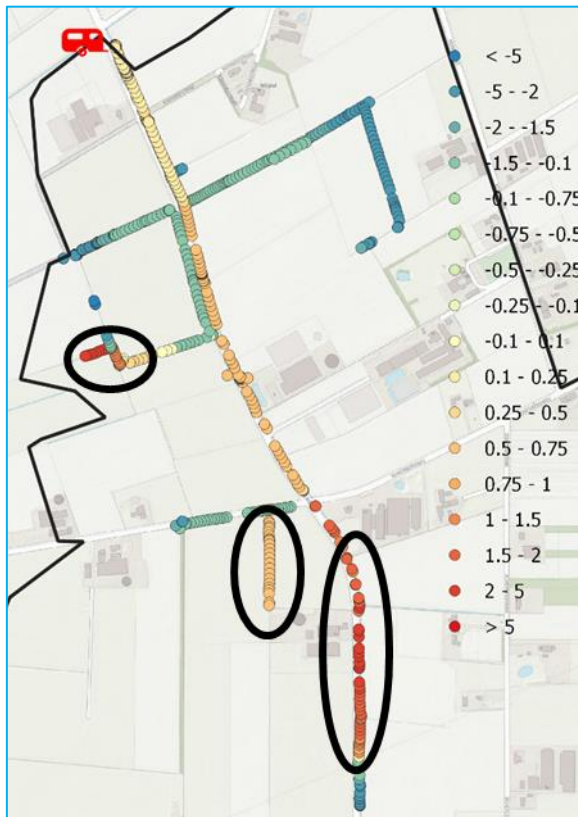
Bronnen voor meer informatie

- [WaterSNIP Meetcampagne Nitraatsensoren. Een vergelijking van acht verschillende sensoren die hoogfrequent nitraat meten in oppervlaktewater | RIVM](#)
- [Praktijkervaringen met nitraatsensoren in oppervlaktewater](#)
- [Optima-HWQ - Optima-HWQ - Deltares Public Wiki](#)
- [Sensor Gestuurd Boeren: Meten is Weten - YouTube](#)



Ruimtelijke metingen waterkwaliteit (routings)

Een routing is een eendaagse meetcampagne van de waterkwaliteit in een stroomgebied met nitraatstrips en de aquality app, een handheld EGV- en temperatuurmeter. In een dag tijd worden uitkomend drainwater en op veel plekken in de verschillende watergangen gemeten. Het is een relatief eenvoudige en robuuste meetmethode, die veel inzicht geeft in de hydrologisch systeem en de plekken van mogelijke nutriëntenuitspoeling ('hotspots').



Figuur 2 Stroomgebied van de Vinkenloop met kwelzones (zwarte ovaal) die zijn vastgesteld door met een EGV sensor gekoppeld aan een gps systeem het stroomgebied te onderzoeken (figuur: Deltares)

Ervaringen

Meetwaarden van routings op verschillende momenten in het jaar kunnen flink verschillen. De resultaten zijn daarom echt een momentopname en zijn dus vooral geschikt om de verschillen tussen plekken in het gebied in kaart te brengen. Met de routings zijn hotspots te vinden: In het najaar, wanneer er vaak veel nitraat uitspoelt, zijn plekken met hogere EGV en/of nitraatgehaltes een indicatie van plekken met meer emissies naar het water. Bijvoorbeeld omdat daar een gewas stond dat weinig nutriënten uit de bodem opneemt. Verschillen in temperatuur en/of EGV geven een beeld van kwelstromen. De meetcampagne maakte duidelijk dat de waterkwaliteit in het gebied erg heterogeen is. Kleine temperatuurverschillen die met de routing worden gemeten zijn een indicatie voor kwel. Kwelwater is namelijk van een redelijk constante temperatuur door het jaar heen: in de winter is kwelwater warmer dan het oppervlaktewater in de sloot en in de zomer is het kwelwater koeler.

Een alternatieve aanpak voor de nitraat strips is beschikbaar via Aquon: daarbij worden sensoren met een gps logger onder een meetbootje (navigator) gehangen. Vanwege de beperkte waterdiepte in het Vinkenloop gebied is het lastig varen met een meetbootje. In waterlopen met meer waterdiepte zijn de sensorbootjes goed in te zetten.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Inzicht in de (variatie van) concentraties nitraat in het gebied en op/rondom de eigen percelen, drains etc.: dit kan helpen om de locaties met veel verlies aan mineralen te identificeren.

Waterschap:

- Het levert inzicht op over de waterkwaliteitsvariatie in het gebied (hotspots).
- Het kan helpen om bronnen van vervuiling en andere hotspots op te sporen en keuzes te maken voor de opzet van een meetnet.
- Het gespreksonderwerp met agrariërs.
- Inzicht in de gebieden met kwel helpt bij de modellering.

Aanpak

Met sensoren, gps-logger, een sensor als basisstation (voor correctie temperatuurontwikkeling gedurende de dag) en nitraatstrips en de Aquality app ([Deltares - AQuality app](#)) kan je alle sloten in een gebied aflopen. Met meetronde van één dag vraagt dit de inzet van twee personen. Houd rekening met het weer en seizoenen. Meet daarom minimaal viermaal per jaar, elk seizoen een keer. Stem voor het meten af met de landeigenaren.

Kostenindicatie

- Nitraat strips met Aquality app: ca € 1,- per meting (app is gratis, nitraat strips moeten worden gekocht)
- Indien in eigen beheer alleen eigen uren, EGV/T sensor is bij handhaving beschikbaar, nitraat strips bij O&M. Er is dan alleen geen directe link met gps.
- Inzet meetbootje Aquon ca € 4000 per dag (nitraat, EGV, T, pH met gps)
- € 15.000 voor 1 jaar, 4 campagnes met rapport door een adviesbureau.



Meting minerale stikstof in het bodemprofiel

Meting van de minerale stikstof (N-min) in het bodemprofiel van de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm onder maaiveld. Het is een relatief eenvoudige bepaling die bepaalt hoeveel – voor een plant direct beschikbare stikstof in de vorm van NO_3 en NH_4 – er in de bodem aanwezig is. Deze metingen aan de N-mineraal

Een voorjaarsmeting kan ondersteunend zijn aan het bepalen van de bemesting. Een najaarsmeting geeft inzicht in de potentieel uitspoelbare stikstof naar het grondwater (of uit drains) in de winter. Hoe lager de waarden in het najaar, hoe minder stikstof in de winter kan uitspoelen en hoe scherper de bemesting was of hoeveel verliezen er gedurende het teeltseizoen er zijn geweest. Monitoring gedurende de teelt kan helpen voor het optimaliseren van de bijbemesting.



Figuur 3 steken van bodemonsters op drie dieptes – op een perceel worden meerdere steken genomen waarbij voor elke bodemlaag (0-30, 30-60 en 60-90 onder maaiveld) in een apart mengmonster wordt verzameld

Ervaringen

Tijdens studiegroepen waren de resultaten een goed onderling gespreksonderwerp, omdat dit type metingen goed aansluit bij de boerenpraktijk, veel meer dan de stikstofmetingen in het oppervlaktewater. Tevens is het een praktische parameter om de effecten van praktijkproeven te beoordelen.

Voor de waterschappers is het van belang om te beseffen dat als je wil sturen op waterkwaliteit, dat je goed moet kijken naar alle aspecten, zoals teelt, bodemgesteldheid, hydrologie enz. Ook is het goed om te weten dat er omstandigheden zijn die de stikstofbenutting van het gewas en uitspoeling van stikstof beïnvloeden. Omstandigheden waar een ondernemer niet altijd invloed op heeft, zoals het weer. Ook natuurlijke factoren, als bodemprofielopbouw en grondwaterstand hebben impact op de stikstofbenutting. De resultaten van N-min metingen hebben daarom vooral waarde als ze in relatieve zin worden gebruikt. Het maakt dus verschillen in teelten en bemestingen zichtbaar, maar ook dragen perceelseigenschappen (zoals organisch stof en grondwaterstanden) bij aan de resultaten. Er zijn ook verschillen tussen droge en natte jaren te zien.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- De resultaten zijn begrijpelijk, geven heel direct inzicht en bieden aanknopingspunten voor teeltoptimalisatie.
- Resultaten kunnen gebruikt worden voor een gericht bemestings- en teeltplan.

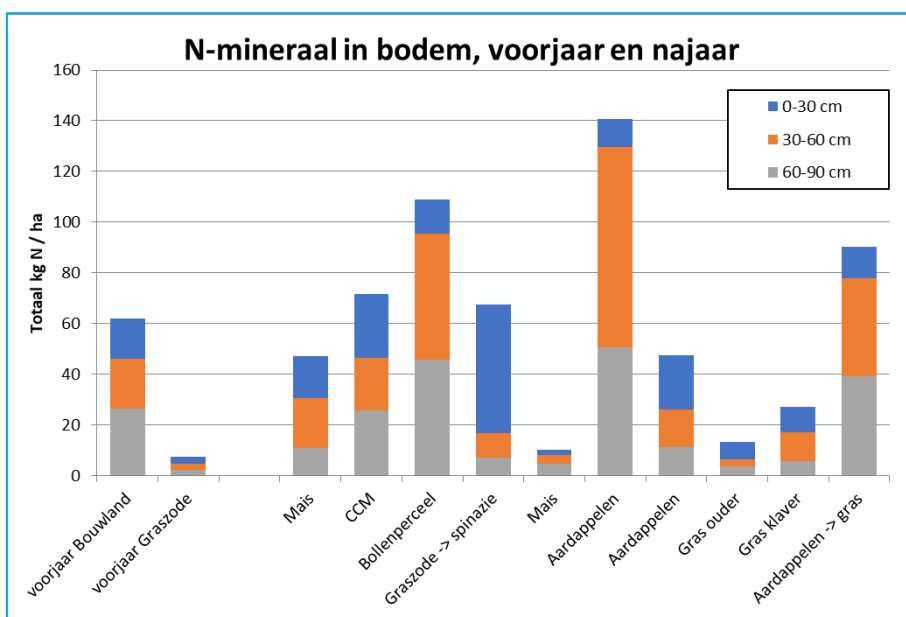
- In groepsverband kunnen resultaten met elkaar vergeleken worden om het onderlinge gesprek te voeden.

Waterschap:

- De resultaten bieden aanknopingspunten om in gesprek te gaan met de ondernemer over stikstofbenutting en verliezen en de relatie met waterkwaliteit.
- Het geeft inzicht in percelen en teelten met risico op stikstofuitspoeling.
- Monitoringsinstrument voor indicatie effectiviteit van maatregelen en/of perceelsproeven.
- Een mogelijke KPI – hoe efficiënt gaat een ondernemer om met zijn bemesting?

Aanpak

Diverse landbouwkundige laboratoria kunnen de meting en bepaling doen: het betreft het nemen van bodemonsters en analyse in het lab. Een landbouwkundig adviseur kan de resultaten interpreteren en eventueel te vertalen naar acties voor de ondernemer. Belangrijk is om vooral in het najaar te meten (optioneel in voorjaar). Voer het evt. gelijk uit met de 4-jaarlijkse bodemanalyse (voor derogatie en of fosfaatdifferentiatie). Op basis een puntmeting kan je geen conclusies trekken, binnen één perceel kan er veel ruimtelijke variatie zijn. Monsters worden vaak genomen in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm onder maaiveld (0-90). In het onderzoeksgebied van de Vinkenloop blijkt wel dat door de dunne teeltlaag de laag 60-90 cm erg lastig te bemonsteren is met de hand (erg hard om in de zandlaag te komen). Dat leidt tot risico van het invallen van materiaal uit de 0-30 en 30-60 laag in de 60-90 laag. Monsters bestaan uit mengmonsters van meerdere steken per perceel.



Figuur 4 Grafiek van N-mineraal metingen van verschillende gewassen

Kostenindicatie

€ 150 - 200 per perceel (een mengmonster voor hele perceel, kosten mede afhankelijk van grootte perceel).

Bronnen voor meer informatie

- <https://edepot.wur.nl/494580>
- https://www.nmi-agro.nl/wp-content/uploads/2019/09/Bodem_aug.2020_Nitraatmetingen-op-praktijkpercelen.pdf



Debietmetingen (waterafvoer)

Met debietsmetingen wordt de hoeveelheid water (l/s) die langs een bepaald punt stroomt bepaald. Dat kan in een watergang zijn, maar ook aan het einde van een drain. Gecombineerd met concentratiemetingen van stoffen – zoals stikstof – in dat water (mg/l), kan de totale vracht worden bepaald. Dit is noodzakelijke informatie om een massabalans op te stellen. Deze metingen geven ook inzicht over de werking van het systeem: waar komt het water vandaan? En ze vormen belangrijke input bij de inzet van waterkwaliteitsmodellering.



Figuur 5 Voorbeeld van een debietmeting met een V-stuw en waterhoogte meter

Ervaringen

Er is veel geleerd over het systeem, zoals hoe snel het reageert op een bui. Het uitproberen van verschillende meetmethoden heeft geleerd op welke schaal het zinvol is om metingen te doen, dus waar er gemeten moet worden. De debietmeting aan het einde van de Vinkenloop is een van de belangrijkste metingen van het project. Daarbij werkt zowel een meetschot, waarbij de waterhoogte wordt gemonitord en vervolgens het debiet kan worden berekend, en de ADCP voldoende.

Lage debieten zijn lastig te meten. Het projectgebied is een relatief klein stroomgebied, dus de Vinkenloop heeft een klein vanggebied van regenwater en kwel. Daardoor was de afvoer en het hoogteverschil over de meetstuw soms laag, waarmee de meetnauwkeurigheid en het juist inmeten van de hoogtes van de meetstuw van groot belang zijn voor het juist bepalen van de afvoer.

Het nauwkeurig meten van draindebieten en de zijslotjes – zonder een meetopstelling die elektriciteit gebruikt – is was vanwege de lage afvoeren moeilijk. Als er elektriciteit aanwezig is kan met een vangbak en pompje gewerkt kunnen worden om de kleine debieten uit drains goed te meten.

Wat levert het op

Waterschap:

- Het kennen van de waterafvoer door de tijd heen. Biedt inzicht in de gebiedshydrologie; hoe snel reageert het systeem op neerslag en hoeveel kwel is er in het gebied die leidt tot een bepaalde basisafvoer? Het draagt dus bij aan het systeeminzicht en verklaringen van andere parameters.
- Input voor modellen die rekenen aan stikstof bodem-water processen, bv voor maken van stoffenbalansen.

- Input voor berekeningen aan een water- en stoffenbalans.

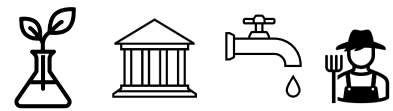
Aanpak

De monitoring van debieten is een specialistisch vak, dat investering in tijd en geld vraagt. De keuze voor de meetmethode (ADCP of meetschotten: een V-vorm stuw met waterhoogtemeter of waterhoogtemeter bij bestaande stuwen) is afhankelijk van de omvang van de waterloop, de eventuele aanwezigheid van elektriciteit en de gewenste meetnauwkeurigheid. Meetschotten zijn gevoelig voor kleine peilverschillen (bijvoorbeeld door opstuwing) en/of droogval. Metingen met een ADCP zijn minder gevoelig voor lage debieten, maar deze moet wel in een duiker geplaatst kunnen worden. De nauwkeurigheid is vooral belangrijk voor de kleine afvoeren. Een kleine meetafwijking kan een groot verschil in het resultaat veroorzaken: een watergang met hoge (stikstof) concentraties maar met zeer weinig water, kan een lager aandeel op de massabalans hebben dan een watergang met lage concentraties, maar hoge afvoeren. Het goed inmeten en instellen van de meetopstelling is noodzakelijk. Voor het maken van goede afvoerreeksen zijn meerdere meetjaren met verschillende weerscondities nodig (droog en nat). Let op dat bij het plaatsen van een stuw of een meetschot in een A-watergang er een vergunning nodig is. Een aanvraag kan een half jaar duren.

Kostenindicatie

€ 10.000 voor ADCP (investeringskosten), € 5.000-10.000 voor meetschot/stuw V-notch (investeringskosten). Daarnaast een aantal keer per jaar inspectie / goed inmeten van de meetopstellingen.

Het is goedkoper als waterhoogtemeters geïnstalleerd kunnen worden bij bestaande (geautomatiseerde / geëlektrificeerde) stuwen. Indien een data-platform al beschikbaar (bv FEWS) dan zijn daar geen extra kosten voor.



Grondwaterpeilbuizen

Grondwaterpeilbuizen uitgerust met sensoren meten frequent (elk uur) de ondiepe grondwaterstand en watertemperatuur. De gegevens worden gebruikt voor begrip van het (grond)watersysteem, zijn input voor modellering en worden gebruikt bij de interpretatie van diverse andere parameters.



Figuur 6 Voorbeeld van peilbuis in het veld

Ervaringen

De grondwaterstanden zijn in de Vinkenloop een van de belangrijkste verklarende factoren voor de variatie in nitraat in het oppervlaktewater. Een hogere grondwaterstand (gedreven door neerslag en verdamping) leidt tot meer uitspoelend perceelwater en daarmee meer uitspoeling/stikstof in de watergang.

Metingen aan de grondwaterstanden zijn essentieel in de data-analyses. Ook omdat de hoogte van de grondwaterstand bepalend is voor uitspoeling (door bodem en drainagebuizen), bodemprocessen zoals stikstofverlies naar de lucht door omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie), en gewasgroei.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Het meten van de grondwaterstanden kan interessante informatie en adviezen opleveren, bijvoorbeeld om beter water vast te houden en inzicht in (de teeltmogelijkheid en beregeningsbehoefte van) hun percelen. In de praktijk doet men er niet zoveel mee.

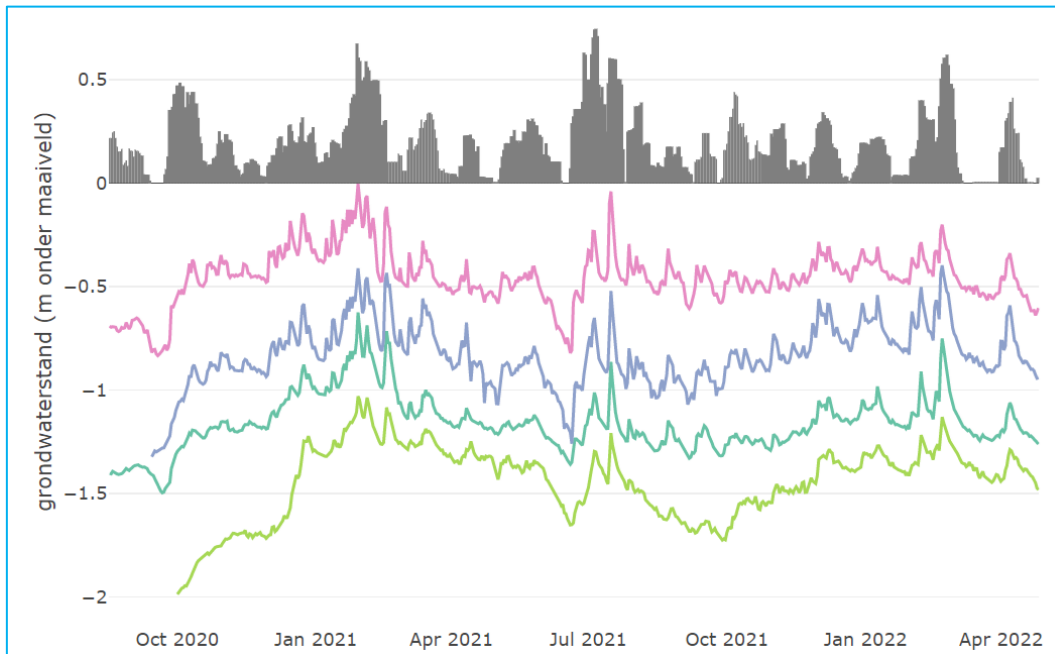
Waterschap:

- Input voor modellen die rekenen aan stikstof bodem-water processen, bv voor maken van stoffenbalansen.
- Het meten van de grondwaterstanden kan een bijdrage leveren aan adviezen op perceelsniveau rondom bodemvocht, teelten en gewaskeuze, (peilgestuurde) drainage

Aanpak

Het plaatsen van de peilbuizen is voor het waterschap standaard werk. Inzicht in kwel en wegzijsing (bijvoorbeeld middels routings) in het gebied is nuttig om de peilbuizen op de juiste plaats te slaan. Een bezoek aan het gebied, het zien van drogere en nattere plekken draagt daar ook aan bij. Grondwaterstanden worden automatisch via divers en/of drukopnemers gemeten, de data wordt telemetrisch verstuurd.

Er zijn in het projectgebied 8 peilbuizen geplaatst. Dit is een veel dichter meetnet dan wat waterschap normaal zou doen, maar helpt enorm om een gebied te snappen en is essentieel geweest voor de modellering van de water- en stofbalansen.



Figuur 7 Tiendaagse som neerslag (grijs, in dm) met grondwaterstanden van 4 peilbuizen in het vanggebied van de Vinkenloop (gekleurde lijnen)

Een aandachtspunt bij peilbuizen die gebruikt worden voor zowel doen van metingen aan de grondwaterstand als waterkwaliteitsmetingen is dat de grondwaterstandsmeting tijdelijk verstoord wordt tijdens en na de waterkwaliteitsmeting. De monsternamen momenten ten behoeve van de waterkwaliteit moeten worden vastgelegd bij de grondwaterstandsmetingen om verkeerde interpretaties te voorkomen.

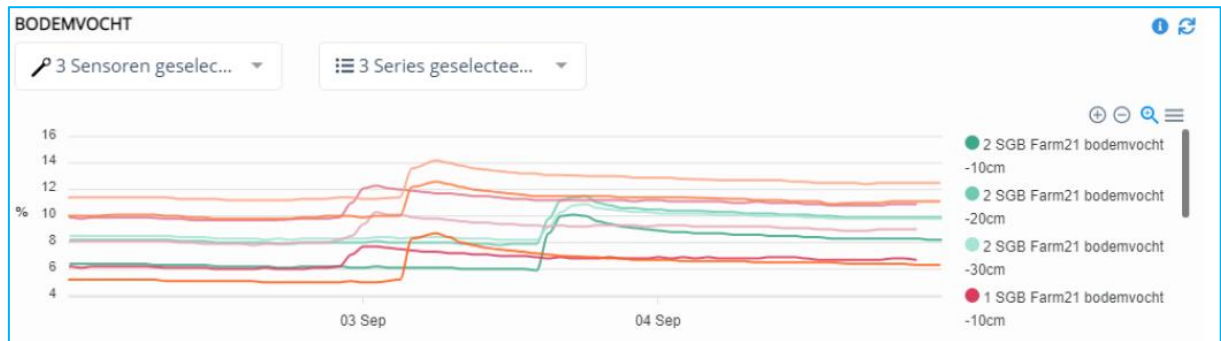
Kostenindicatie

€ 700 per peilbuis (plaatsing), € 300 per jaar om de grondwaterstanden te meten (beheer en onderhoud meetopstelling en telemetrie).



Bodemvochtsensoren

De bodemvochtsensoren zijn een middel ter ondersteuning en bewustwording bij de boeren over het verloop van het vochtgehalte in de bodem. Bodemvocht is de belangrijkste limiterende factor op de ontwikkeling van een gewas. Een goede afstemming tussen bodemvocht en nutriëntenbeschikbaarheid draagt bij aan teeltoptimalisatie en dus opbrengst, en kan bijdragen aan de beperking van stikstofverliezen naar het milieu. Concreet kunnen er irrigatieadviezen (berekening) volgen uit de meetgegevens.



Figuur 8 Ruwe data van bodemvochtsensor

Ervaringen

Het juist instellen van de bodemvochtsensoren (juiste bodemtype selecteren) en interpretatie van de sensorgegevens is noodzakelijk, voordat je er iets mee kan. Deze resultaten kunnen helpen te voorkomen dat er met extra stikstof bemest wordt, terwijl er eigenlijk sprake is van een vochttekort van het gewas. De sensoren helpen de boeren om de verschillen te zien tussen de droge en natte delen op de percelen. En kunnen helpen bij het maken van een beregeningsplan. De praktijk liet zien dat de bodemvochtsensoren beter in te zetten zijn op bouwland dan op grasland.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

- Bewustwording over het vochtgehalte en variatie (in ruimte) en tijd op perceel.
- Bodemvochtmetingen worden interessanter naarmate water schaarser wordt, zoals in perioden van droogte.
- Informatie over betere benutting van middelen zoals water en nutriënten.
- Ondersteuning voor gericht advies over bemesting en beregening.
- Mogelijk betere opbrengst.

Waterschap:

- Inzicht en kennis over vochtdynamiek in de onverzadigde zone en effecten op gewas en nutriëntenbenutting.
- Het levert gegevens voor proeven.
- Bodemvocht raakt ook aan thema's zoals droogte en waterconservering.
- Onderzoeksmogelijkheden, mogelijk kunnen er in de toekomst relaties gelegd worden tussen bodemvocht – grondwaterstand, en bodemvocht – uitspoeling.

Aanpak

Het plaatsen van sensoren binnen een project, vraagt uiteraard afstemming met de grondgebruiker. Er zijn diverse typen bodemsensoren commercieel beschikbaar, allemaal met eigen sterke en zwakke punten. Veel van de sensoren bepalen niet het bodemvocht niet rechtstreeks, maar bepalen deze via andere parameters zoals elektrische geleiding. Juiste kalibratie van de sensor (zoals op bodemtype) en juiste plaatsing (niet te vast

in de bodem, maar ook niet te los) zijn essentieel voor goede werking van de sensoren. Als er veel variatie is op het perceel (bv in hoogte, organisch stof etc) zijn meerdere sensoren per perceel nodig voor goed beeld van de bodemvochttoestand.

Kostenindicatie

€ 250 - 500 per perceel met één tot 3 bodemvochtsensoren op één perceel.

Bronnen voor meer informatie

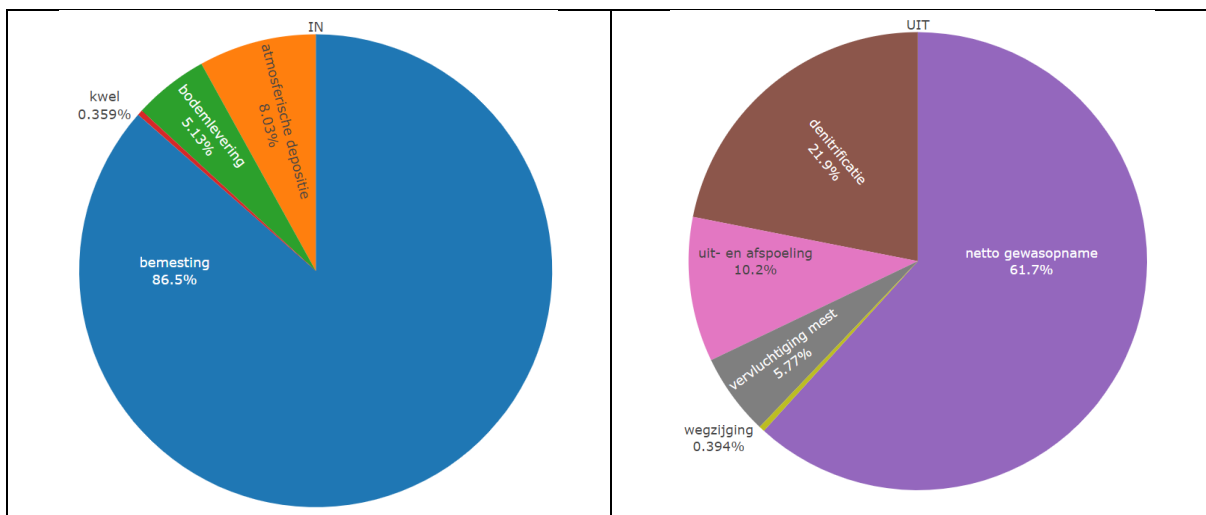
Vergelijkingsproef bodemvochtsensoren: <https://edepot.wur.nl/564720>

Thema: Dataverwerking en modellen



SWAP ANIMO

SWAP en ANIMO zijn twee modellen die gebruikt kunnen worden om inzicht te krijgen in de belangrijkste bronnen, processen en routes van nutriënten (stikstof en fosfor). De waterstromen vanaf de percelen naar de Vinkenloop zijn gesimuleerd in een gebiedsmodel met SWAP (Soil Water Atmosphere Plant). ANIMO (Agricultural Nutrient Model) is een procesmodel voor stikstof en fosfor. Met de combinatie van SWAP en ANIMO samen kan een massabalans gemaakt worden die voor een gebied laat zien wat de herkomst is van stikstof en/of fosfor, en waar de stikstof en fosfor naar toe gaan.



Figuur 9 Massabalans voor stikstof voor het stroomgebied van de Vinkenloop voor inkomende (links) en uitgaande (rechts) posten. Van alle stikstof die wordt aangevoerd in het stroomgebied (mest, depositie) komt via af- en uitspoeling uiteindelijk ca 10% in de Vinkenloop terecht.

Ervaringen

Voor het stroomgebied van de Vinkenloop is op basis van lokale metingen (grondwaterstanden, afvoeren) en informatie van ondernemers (gewasrotaties) een massabalans gemaakt om vast te stellen wat de inkomende en uitgaande routes zijn voor stikstof op lokale schaal: welk deel van de stikstof wordt afgevoerd met de oogst, wat verdwijnt door denitrificatie en welk deel komt in het water? Voor dit soort massabalansen worden vaak modellen gebruikt, want het is niet mogelijk om alle posten/bronnen goed te meten, zoals denitrificatie. Voor Sensor Gestuurd Boeren is samen met de onderzoekers van KIWK een SWAP-ANIMO model gemaakt voor elk van de 49 percelen in het Vinkenloop-stroomgebied en zijn de resultaten in samenhang bekeken.

Modelresultaten van stikstofconcentraties in de Vinkenloop kwamen vrij goed overeen met de metingen, waardoor er vertrouwen ontstond in het gebruik van het model op lokale schaal, ook bij de ondernemers in het gebied. Het model zou daarom gebruikt kunnen worden om maatregelen door te rekenen – zoals: wat is het effect van grondwaterstandverhoging, gewasrotaties of bemesting keuzes op de stikstofuitspoeling. Het SWAP-ANIMO model is een vrij complex model dat veel kennis vraagt om goed te kunnen gebruiken. Interpretatie van gegevens kan alleen op basis van gedegen deskundigheid, er zijn slechts enkelen die er mee kunnen werken.

Het werken met een fijnmazig meetnet (m.n. grondwaterstanden, aanvullend ook debieten en neerslag) maakt het mogelijk om waterbalansen op schaalniveau van kleine stroomgebiedjes te maken en de modelresultaten van de water- en stoffenbalans goed te valideren. Doordat het model locatie-specifiek is gemaakt kunnen de resultaten daarom niet makkelijk worden geëxtrapoleerd naar andere gebieden. Zonder een goede waterbalans kan er geen stikstofbalans gemaakt worden.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

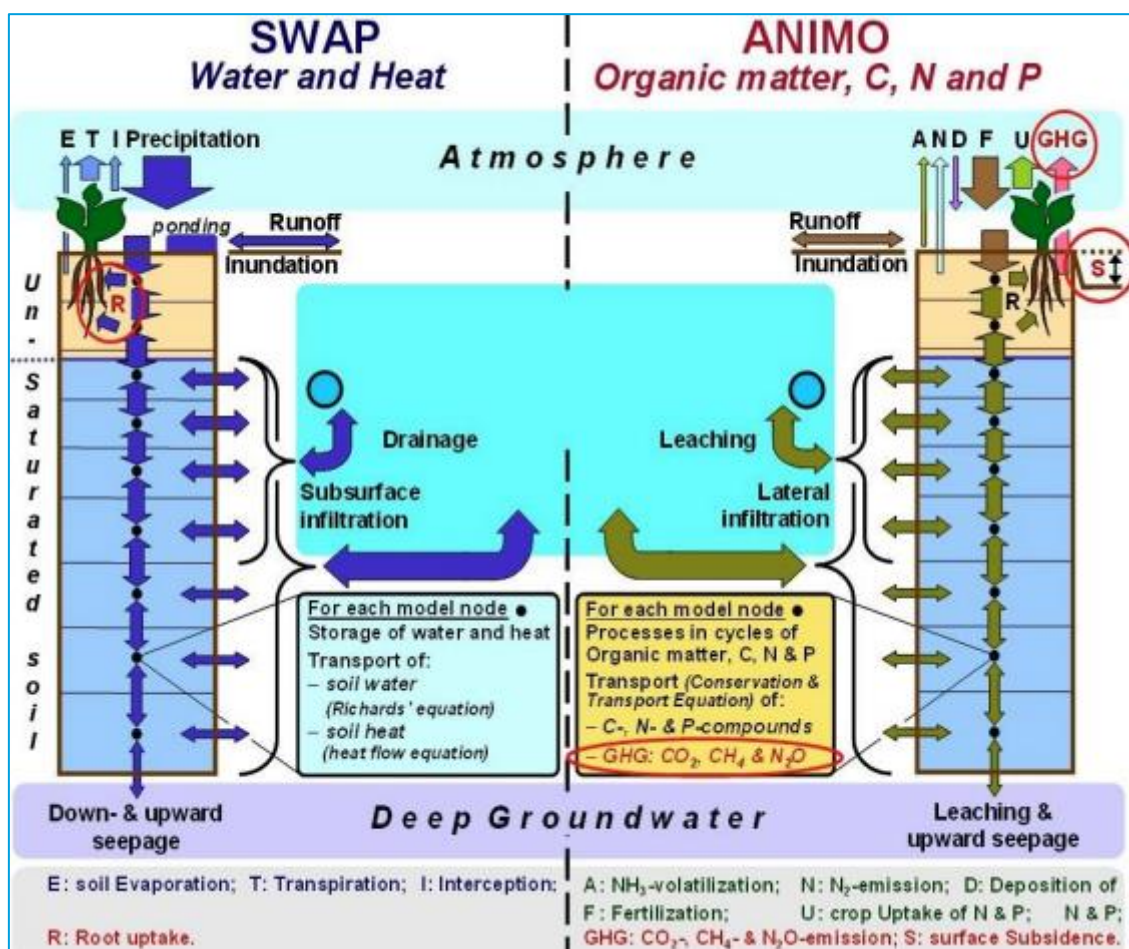
- Inzicht in lot van nutriënten in de bouwvoor), ook door de tijd heen.
- Ruimtelijk inzicht stikstofstromen en uitspoeling, ook door de tijd heen, inclusief de bijdrage van de eigen percelen.

Waterschap:

- Middel voor het vinden van handelingsperspectief voor waterschap en ondernemers.
- Ruimtelijk inzicht stikstofstromen en uitspoeling, ook door de tijd heen.
- Inzicht in de rol van het bodemtype, het gewastype en kwel op de stikstofstromen en uitspoeling
- Middel voor gesprek met ondernemers in een gebied.

Aanpak

De massabalans kwam tot stand in samenwerking tussen waterschap en KIWK. Voor het maken van de massabalans van het projectgebied is voor elk van de 49 percelen een SWAP-ANIMO model opgezet. Deze modellen simuleren de water- en nutriëntenhuishouding van de perceelsbodem tot een diepte van ongeveer 10 m, en hoe dit afhangt van bodemgesteldheid, grondwaterstand, kwel, type gewas en agrarisch handelen.



Figuur 10 schematische weergave van de transport routes van water (aanvoer, afvoer, verdamping) in SWAP (links) en de transport routes in water en bodem en de plant en microbiologische processen en bodemchemie zoals opgenomen in ANIMO (rechts). bron: https://swap.wur.nl/Documents/SWAP_50_PDF/15_Groenendijk_SWAP%20en%20de%20link%20met%20nutri%C3%ABnten-%20en%20uitspoelingsmodellen.pdf

Het model ANIMO bestaat uit:

- Toevoer aan de bodem (dierlijke mest, kunstmest, gewasresten, depositie)
- Mineralisatie via organisch stof
- Vervluchting
- Denitrificatie
- Bodemchemie (sorptie / diffusie van N en P aan bodemdeeltjes)
- Gewasopname
- Transport tussen verschillende bodemlagen via grondwaterstroming
- Af en uitspoeling en erosie via oppervlakkige afstroming
- Vrijkomen van broeikasgassen (bv N_2O)

De hydrologische input (neerslag, verdamping, bodem vocht, water stroming tussen de verschillende bodemlagen en de water flux naar de sloot die nodig zijn voor ANIMO komen uit SWAP. SWAP is ontwikkeld om waterstromen op perceelniveau te simuleren (verdamping, neerslag, afspoeling, transport tussen bodemlagen (verzadigde en onverzadigde zone), uitspoeling.

Veldmetingen (afvoeren, grondwaterstanden, neerslag, waterkwaliteit) zijn noodzakelijk om de modellen te voeden en te valideren. Het gaat dus altijd om de combinatie tussen metingen en modellen.

Kostenindicatie

€ 50.000 (exclusief de benodigde monitoring)

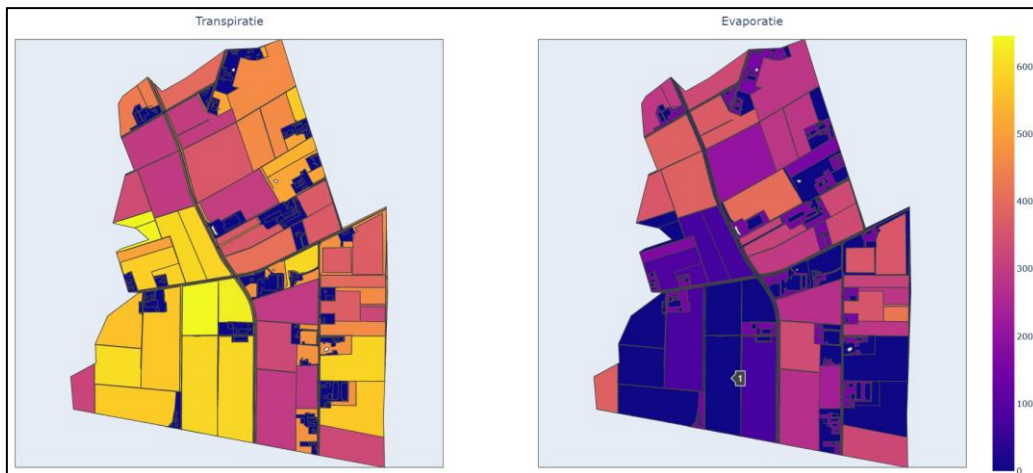
Bronnen voor meer informatie

- Uitleg modellering SWAP ANIMO voor de Vinkenloop: [STOWA-KIWK 2022-22 casestudies nutriënten.pdf](#)
- [ANIMO - WUR](#)
- [SWAP.wur.nl](#)



VATPY

VATpy is een model dat voor een perceel de bronnen, processen en routes (bv uitspoeling) van stikstof simuleert. De resulterende stikstof dynamiek is afhankelijk van aanvoer (bemesting), weer (neerslag, verdamping), bodemprocessen (mineralisatie, denitrificatie) en gewasopname. Een waterbalans model ligt aan de basis: het is een '*vadose zone transport model*' (VAT) geprogrammeerd in Python (Py). VATpy als model en doelstelling is vergelijkbaar met SWAP-ANIMO, met het verschil dat het vereenvoudigd is, waardoor het sneller is om met het model te werken.



Figuur 11 Voorbeeld van de door het model gegenereerde kaarten (gewasverdamping en bodemverdamping) voor de percelen in het stroomgebied van de Vinkenloop.

Ervaringen

Voor elk van de 49 percelen in het Vinkenloop-stroomgebied is een VATpy model opgesteld. Aanpak, doel, invoer is sterk vergelijkbaar met de SWAP-ANIMO aanpak. Het VATpy model wordt gevoed vanuit twee bestanden: een gis-bestand met kenmerken per perceel (gewas, bodemtype, kwelflux, bewortelbare diepte, etc.) en een Excel-database met daarin complexere invoer die niet percelenspecifiek is, zoals afbraakparameters voor bepaalde mestsoorten en nutriëntenopname voor de gewassen. De kenmerken per perceel kunnen uit landelijke openbare databases worden gehaald en/of (aan)gevuld worden met specifieke omstandigheden op een bepaalde locatie.

Met VatPy is per dag de water- en stikstofbalans bepaald voor de percelen van het Vinkenloop-stroomgebied. De resulterende stikstofconcentratie van het uit- en afspoelende water is vergeleken met de gemeten concentraties in de Vinkenloop, zoals ook gedaan bij de SWAP-ANIMO aanpak. Dit levert zowel een massabalans op (met inkomende en uitgaande posten) en een grafiek met de gemodelleerde concentraties van het af- en uitspoelende water dat in de Vinkenloop terecht komt.

Het model helpt bij het maken van een water- en stoffenbalans voor een heel stroomgebied, en kan de informatie ook op perceelsniveau inzichtelijk maken. Het model kan gebruikt worden om scenario's door te rekenen. Denk bijvoorbeeld aan de gevolgen voor de waterkwaliteit door een ander soort bemesting, een andere teeltkeuze, een ander peilbeheer of een verandering in het klimaat.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

- Inzicht in lot van nutriënten in de bouwvoor, ook door de tijd heen.

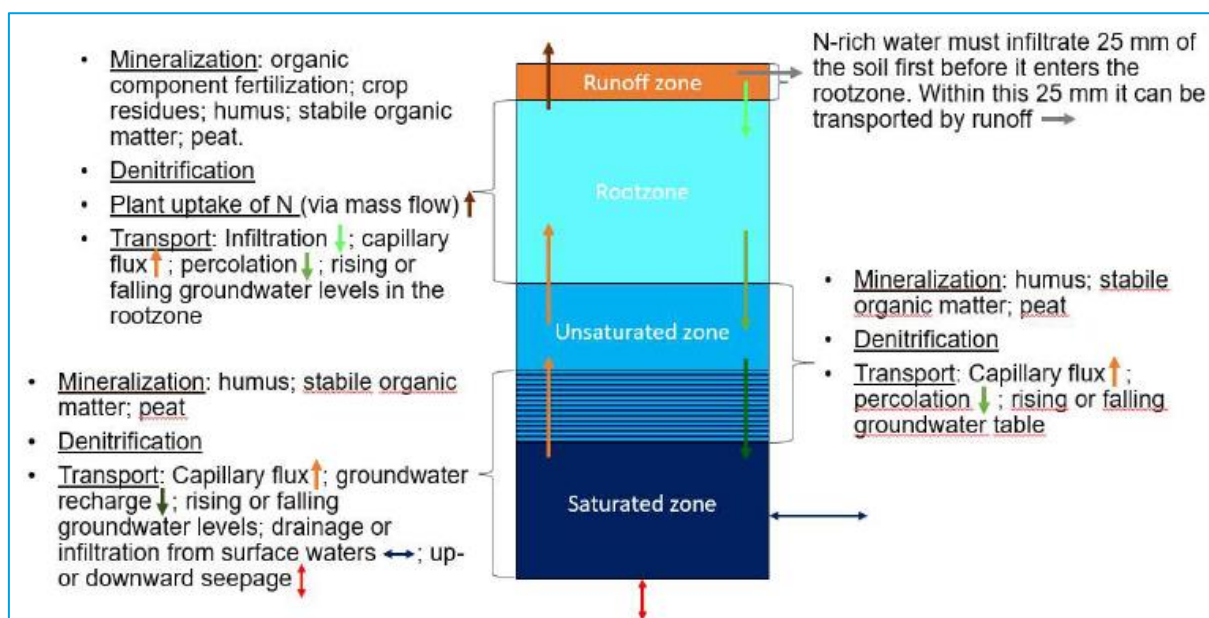
- Ruimtelijk inzicht stikstofstromen en uitspoeling, ook door de tijd heen, inclusief de bijdrage van de eigen percelen.

Waterschap:

- Middel voor het vinden van handelingsperspectief voor waterschap en ondernemers.
- Ruimtelijk inzicht stikstofstromen en uitspoeling, ook door de tijd heen.
- Inzicht in de rol van het bodemtype, het gewastype en kwel op de stikstofstromen en uitspoeling
- Middel voor gesprek met ondernemers in een gebied.

Aanpak

In Limburg is in het verleden door een adviesbureau een stikstof uitspoelingsmodel ontwikkeld (als onderdeel van een grondwatermodel) waarmee de uitspoeling van stikstof bepaald kan worden voor het heuvelland. Voor de Vinkenloop heeft deze partij gewerkt aan het aanpassen en geschikt maken van dit model voor de 'vlakke' Brabantse situatie om zo te verkennen of dit model een eenvoudiger en sneller inzetbaar alternatief kan zijn voor de wetenschappelijke (en peer reviewde) SWAP-ANIMO aanpak uit de KIWK. Het resulterende VATpy model is ontwikkeld voor stikstof uitspoeling in de Vinkenloop, en is daarna bij andere waterbeheerders verder doorontwikkeld (inclusief aandacht voor de fosfor balans).



Figuur 12 overzicht van de processen, routes, compartimenten die zijn opgenomen in het Vatpy model (Nijboer 2023¹)

In VATpy zijn de volgende processen en routes opgenomen:

- Aanvoer naar de bodem (dierlijke mest, kunstmest, gewasresten, depositie)
- Mineralisatie via organisch stof
- Vervluchting, Denitrificatie
- Bodemchemie (sorptie / diffusie van N en P aan bodemdeeltjes)
- Gewasopname
- Beperkt transport tussen vier verschillende bodemlagen (afspoeling via toplaag, bewortelbare zone, onverzadigde zone en verzadigde zone) via grondwaterstromingen.
- Af en uitspoeling en erosie via oppervlakkige afstroming

¹ Nijboer M. (2023) Analysing the applicability of a simplistic nitrogen balance model to identify farmerspecific nitrogen leaching. Based on the extensive data of the agricultural catchment Vinkenloop (the Netherlands) Aa en Maas. Arcadis Nederland bv, Amersfoort, referentie 6KAUQCTQWMMW-1765528575-706:1

De belangrijkste verschillen tussen VATpy en SWAP-ANIMO zijn:

- SWAP-ANIMO gebruikt een verdeling van de bodemkolom in een groot aantal bodemlagen. VATpy gebruikt 4 (bodem)lagen, waardoor het model veel sneller kan rekenen. Nadeel hiervan is dat er geen expliciete gradiënten in de bodem worden berekend, en de uitkomsten dus minder gedetailleerd zijn.
- SWAP-ANIMO bevat veel verschillende modules, waarbij er vaak gekozen kan worden voor een complexe of eenvoudige benadering. In VATpy zijn specifiek modules gekozen die eenvoudig te configureren zijn, maar wel complex genoeg om het effect van maatregelen inzichtelijk te maken. Deze aanpak verkort de benodigde rekentijd, maar kan wel ten koste gaan van detailniveau en spreiding in de uitkomsten.
- SWAP en ANIMO zijn beide wetenschappelijke, peer-reviewde modellen waarover veel is gepubliceerd en die vrij toegankelijk zijn. VatPy is tot dusver inzet bij enkele waterbeheerders, gevalideerd met meetgegevens maar nog niet wetenschappelijk gereviewed of gepubliceerd

Kostenindicatie

De ontwikkeling van VATpy voor deze toepassing bracht hoge investeringskosten met zich mee. Toekomstige toepassingen van VATpy, waarvoor geen ontwikkeling nodig is, zijn goedkoper. De verwachte kosten bedragen ca €25.000 voor modellering van een gebied (excl. monitoring van de input parameters).

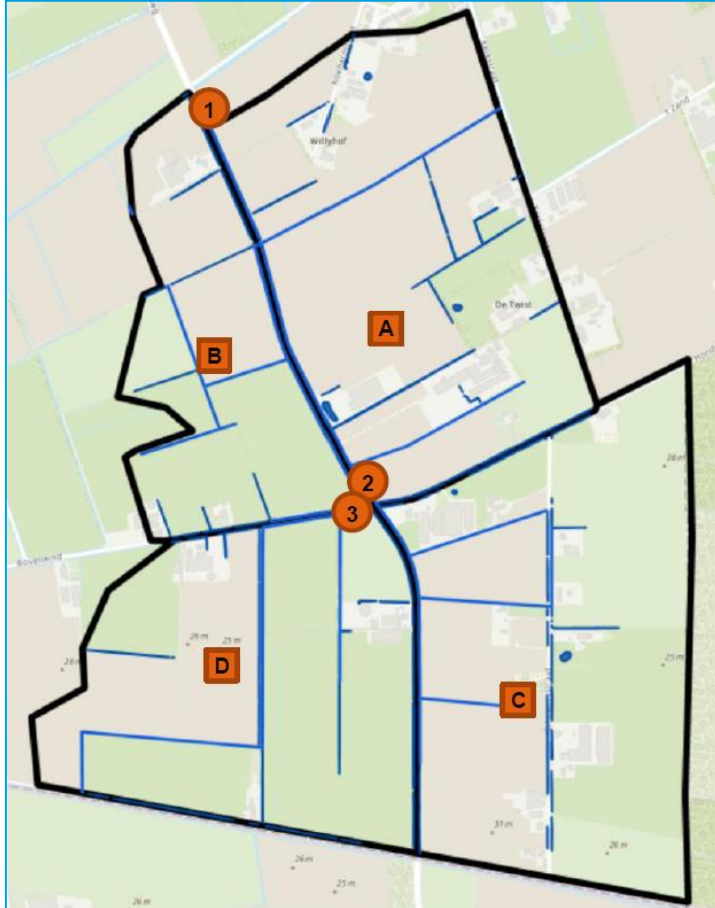
Bronnen voor meer informatie

- Over de ontwikkeling en een aantal case studies: [Inzicht in nutriëntenbalans verbetert waterkwaliteit | Arcadis](#)



Water- en stofbalans op basis van metingen

Op verschillende locaties in de Vinkenloop zijn metingen uitgevoerd aan de afvoer en aan de concentraties stikstof in het water. Doel van deze metingen is het krijgen van inzicht in de werking van het watersysteem en gecombineerd met steekmonsters en sensormetingen van de waterkwaliteit massabalansen opstellen.



Figuur 13 Belangrijkste locaties voor monitoring (afvoer en waterkwaliteit, 1, 2 en 3) en de hydrologische deelgebieden van de Vinkenloop (A t/m D)

Ervaringen

Wanneer de stuwhoogte goed geregistreerd wordt lijkt het in combinatie met waterstandsmetingen mogelijk om een betrouwbare waterbalans op te stellen. Gecombineerd met de steekmonsters geeft dit een goed beeld van de nutriëntenbalans en relatieve bijdrage van een deelgebied. Doordat de zijslotjes kleine watergangen zijn met weinig afvoer is het goed meten van het debiet op die plekken erg lastig. Daardoor is het niet goed mogelijk om massabalansen op te stellen voor kleine slotjes en deelgebieden, waardoor met grotere ruimtelijke deelgebieden is gewerkt.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Ruimtelijk inzicht stikstofstromen

Waterschap:

- Op basis van relatief eenvoudige metingen een ruimtelijk inzicht stikstofstromen

Aanpak

Uiteindelijk is de totale nutriëntenvracht van ieder deelgebied berekend. De betrouwbaarheid van deze balans lijkt vooral sterk te worden beïnvloed door de berekende debieten en minder door de gemeten concentraties (vracht = debiet x concentratie, de grootste foutenmarge zit bij de metingen debieten). Voor het uittesten van de werkwijze is voor de concentraties met de (twee)wekelijkse steekmonsters gewerkt in plaats van de sensoren, zodat de aanpak eenvoudiger is te gebruiken in andere gebieden. Hierbij worden alleen kortdurende pieken gemist, bijvoorbeeld als gevolg van afspoeling. De aanpak bestaat uit het berekenen van de vrachten voor stikstof aan het begin en aan het eind van het stroomgebied. Het verschil daartussen is de netto bijdrage uit het gebied zelf.

Het verschil met de model-aanpak (zie SWAP-ANIMO en VATpy) is dat hierbij geen rekening wordt gehouden met processen waarbij stikstof in het water komt en/of wordt vastgelegd, maar dat alleen wordt gekeken naar inkomende en uitgaande vrachten. De methode om op basis van debietmetingen en concentraties geeft een gemiddelde bijdrage van verschillende deelgebieden aan de waterkwaliteit, zonder uitspraken te doen over de herkomst vanuit verschillende bronnen.

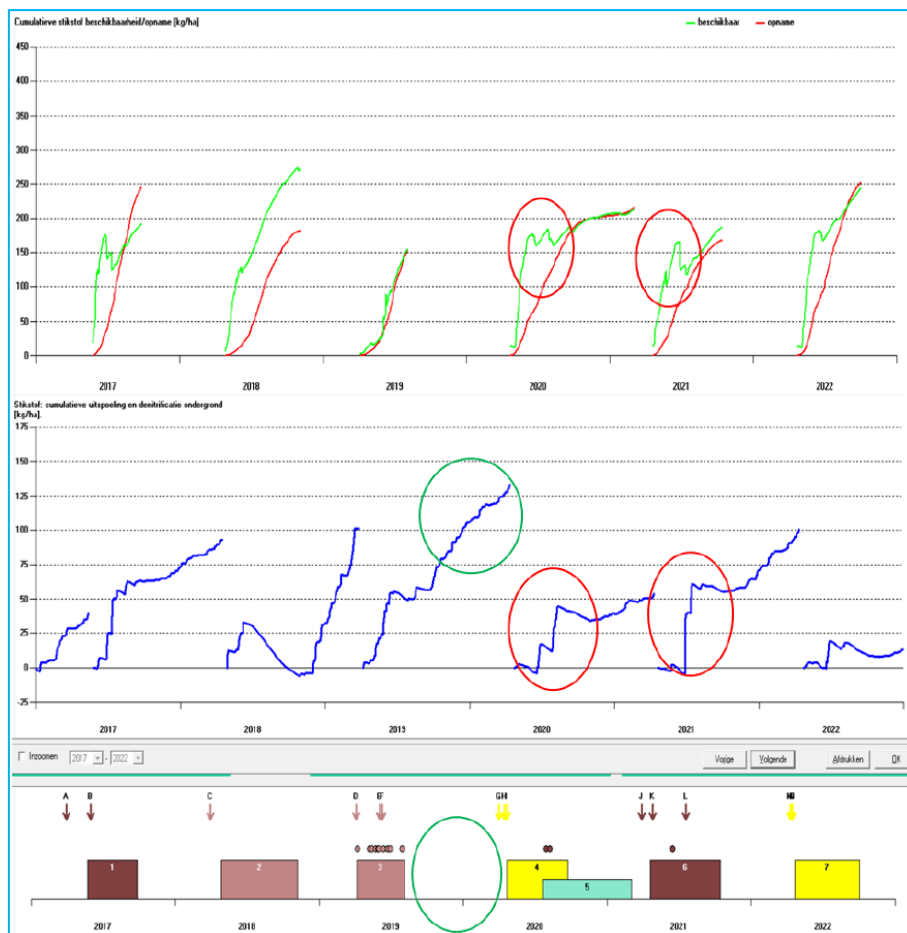
Kostenindicatie

Idealiter kan gebruik gemaakt worden van bestaande debietmeetpunten van het waterschap. Als dat niet het geval is, is de aanleg van een meetopstelling voor de afvoeren nodig (zie factsheet debietmetingen) .



NDICEA

Het NDICEA model is een landbouwkundig model dat stikstof en koolstof dynamiek in bodem beschrijft. NDICEA geeft inzicht in de beschikbaarheid van stikstof voor het gewas gedurende het groeiseizoen en de stikstofbehoefte van dat gewas. Als beschikbaarheid en behoefte goed op elkaar zijn afgestemd, is de kans op stikstof verliezen kleiner. Het model laat daarnaast zien hoeveel stikstof na de oogst nog aanwezig is in de bodem. Het biedt de mogelijkheid om met scenario's te werken (bv effect van verschillende mestsoorten of bemestingsmomenten op gewasgroei, mineralenopname en nitraat residu na de teelt).



Figuur 14 De situatie op het akkerbouwperceel P8. De bovenste figuur toont de beschikbaarheid en de gewasopname van stikstof in de tijd, de onderste figuur de cumulatieve uitspoeling en denitrificatie voor de verschillende gewassen. De met rode en groene cirkels omgeven delen worden in de tekst besproken.

Ervaringen

De ervaringen zijn positief, hoewel de ondernemers in het stroomgebied van de Vinkenloop de tool niet kenden. Doordat in het project de activiteiten op de percelen zijn bijgehouden, en er veel N-mineraal metingen beschikbaar waren, is het mogelijk geweest om – samen met verdiepende keukentafelgesprekken – de percelen en teelten voor een aantal jaar te modelleren in NDICEA en de uitkomsten te valideren. De resultaten van de tool (opname curves in de tijd, stikstof- én koolstofbalans op de percelen) sluiten goed aan bij de agrarische praktijk en de uitkomsten zijn goed in studiegroepen te bespreken. De kracht van de tool is mede dat het mogelijk is om met scenario's (ander type meststof, ander moment bemesten, ander moment oogsten, ander vanggewas) te werken.

Hoewel de tool openbaar is, vraagt het gebruik van de tool wel dat de gebruiker de voorgeschiedenis van het perceel (bemesting momenten, soorten, hoeveelheden), groenbemesters, vanggewassen en teelten goed in

beeld heeft, en het vraagt tevens kennis van het model om de input goed in te voeren en de resultaten op waarde te kunnen schatten.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

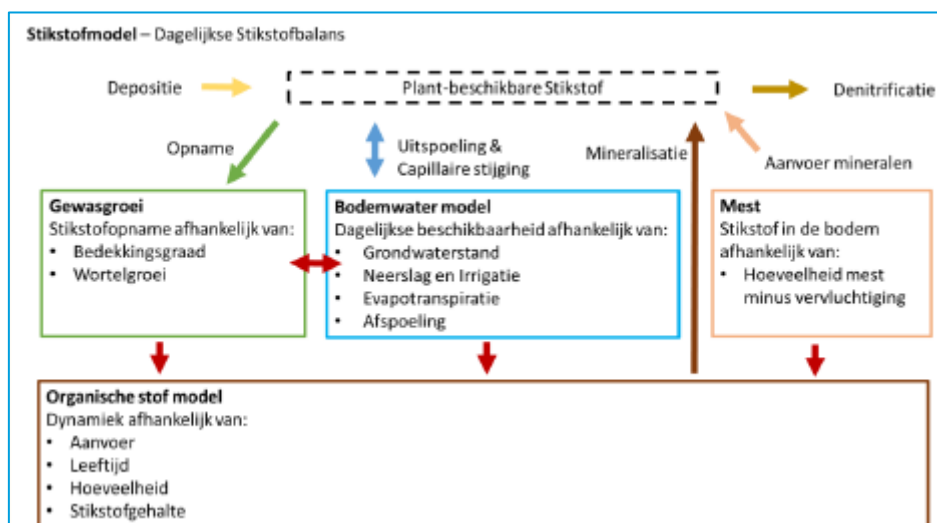
- Inzicht in stikstof- en koolstofbalans per perceel inclusief mate van stikstofuitspoeling (verlies van mineralen) en de organische stofopbouw.
- Inzicht in percelen en momenten waar toch nog verliezen optreden in de teelten.
- Maatregelen scenario's uitwerken om te bepalen welke meststoffen op welk moment het best passen (vooruit plannen), invulling geven aan 4-J bemestingstrategie: juiste tijd, juiste plaats, juiste hoeveelheid en juiste samenstelling van mest. Of wat je kan doen om de organische stof balans te verbeteren.

Waterschap

- Stikstofbalans per perceel is de link tussen het agrarisch handelen en de uitspoeling van mineralen en daarmee de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit
- Input voor studiegroepen en in gebiedsprocessen: Bodemstikstofmetingen en -modellen kunnen een goed hulpmiddel zijn om de brug te slaan tussen bodem en water

Aanpak

Gewassen hebben voldoende stikstof nodig om te groeien. Een uitdaging voor telers is om verliezen van stikstof naar het milieu te voorkomen. Het preciezer inzetten van de bemesting is daarvoor een oplossing. NDICEA is een stikstofplanner die op basis van en een bodemeigenschappen, teeltrotaties, teelt- en bemestingsgegevens een perceelspecifiek een kan bemestingsplan. Daaruit volgt de stikstof beschikbaarheid gedurende het groeiseizoen, op basis waarvan bemestingsplannen gemaakt kunnen worden.



Figuur 15 overzicht van de processen, routes, compartimenten die zijn opgenomen in het NDICEA model (Timmermans et al 2023²)

Voor het werken met het model is gebruik gemaakt van de beschikbare perceelgegevens voor modelinvoer en de N-mineraal metingen voor validatie. Aanvullend zijn alle deelnemers individueel bezocht om aanvullende informatie over de voorgeschiedenis van de percelen op te halen (uit de periode voor de start van SGB). Deze informatie is nodig om het model goed te initialiseren. Daarna is in een aantal scenario's gerekend aan

² Timmermans et al (2023). Rapportage Sensor Gestuurd Boeren. Louis Bolk Instituut, Bunnik. Publicatienummer 2023-037 LbP

mogelijke maatregelen om uitspoeling van stikstof te beperken en de organisch stof balans van de percelen te verbeteren.

Binnen SGB is gewerkt met uitgebreide procesmodellen (SWAP-ANIMO, VatPy) die gericht zijn op het opstellen van water- en stofbalansen en op verliezen van mineralen naar de omgeving. NDICEA is een model gericht op de koolstof en stikstofbalans in de bodem, meer gericht op gewasgroei en beschikbaarheid van mineralen in het gewas. NDICEA is openbaar en gratis beschikbaar via [Online NDICEA stikstof & koolstofplanner](#)

Kostenindicatie

Model is gratis te gebruiken. Invullen en duiding van de resultaten vraagt wel enige ervaring. Ca 1 dag adviseur per deelnemer.

Bronnen voor meer informatie

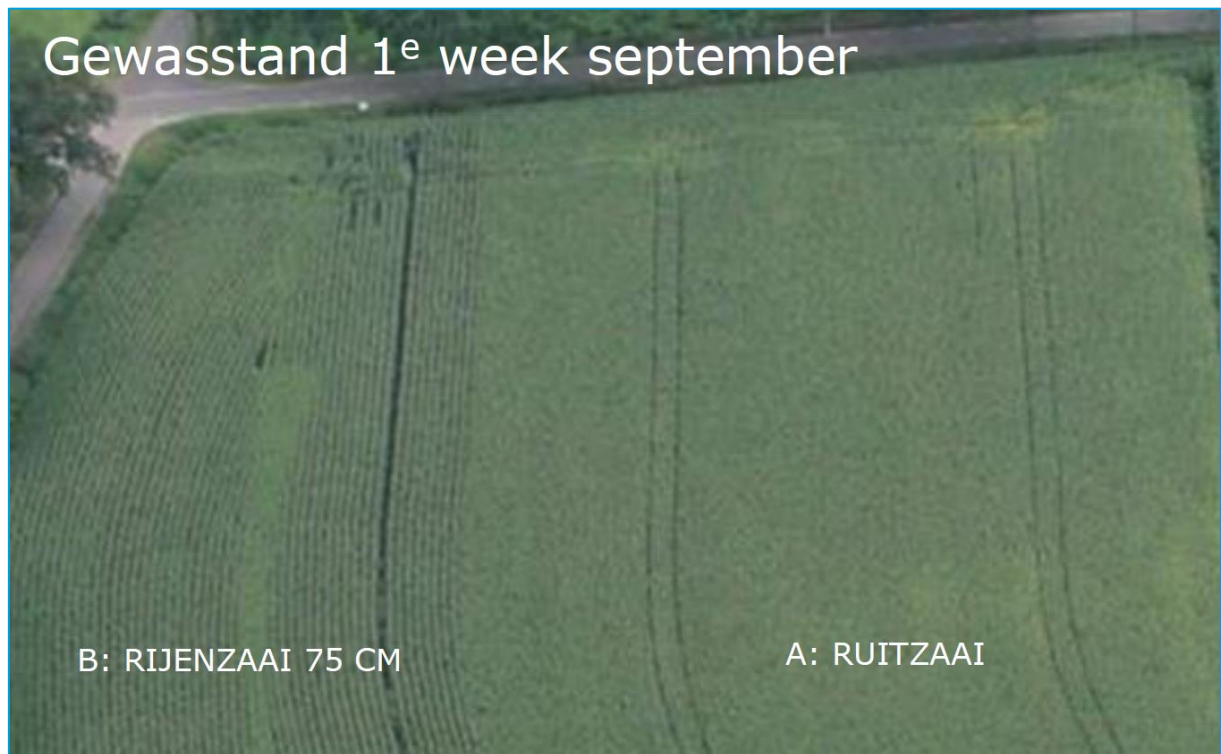
- [Online NDICEA stikstof & koolstofplanner | Louis Bolk Instituut](#)
- [Als waterbeheerder aan de slag met bodemkwaliteit: het stikstofbodemmodel](#)

Thema: Landbouwkundig handelen



Veldproeven, demonstraties en maatregelen

Naar aanleiding van de studiegroepen, keukentafelgesprekken, de metingen op het land en in het water, zijn er praktijkgerichte demonstratieproeven opgezet door de boeren, om te kijken wat ze kunnen doen om emissies naar het water te voorkomen en meer mineralen vast te leggen in de gewassen. Het gaat dan bijvoorbeeld om proeven met precisiebemesting, anders zaaien van mais of berekening op basis van data uit bodemvochtsensoren.



Figuur 16 voorbeeld van een praktijkproef bij de Vinkenloop: ruitzaai versus rijenzaai bij mais.

Ervaringen

Er is gestart door op basis van de knelpuntenanalyses, experimenten met maatregelen aan agrariërs voor te stellen, bv maatregel suggesties uit het BBWP (Bedrijfs Bodem en Water Plan). De context is medebepalend of een maatregel wel of niet uitgevoerd kan worden. Teeltkeuze of bemestingswijze kunnen afhangen van contracten met, of adviezen van derden. De bottom-up aanpak om tot selectie van maatregelen voor proeven te komen werkte beter: door ondernemers te voorzien van de informatie en hen zelf met voorstellen te laten komen. Ook komen boeren komen zelf met ideeën, mede gevoed vanuit het voortraject (studiegroep en keukentafelgesprekken). Keuzevrijheid, dus het mede bepalen van de maatregel of proef, draagt bij aan het succes en de impact ervan.

Over het algemeen vonden boeren de proeven en demonstraties interessant, omdat het raakte aan hun eigen praktijk. Het roept tevens interessante (vervolg)vragen op, bijvoorbeeld over de infiltratiecapaciteit van de bodem en het effect daarvan op stikstof benutting en uitspoeling. Sommige maatregelen werden niet uitgevoerd. Bijvoorbeeld de aanleg van een infiltratiegreppel, die vanuit het waterschaps standpunt niet veel zou hoeven kosten, maar veel effect beoogde. Mogelijk vond de ondernemer de maatregel té ingrijpend. Of er zou sprake kunnen zijn van 'koploperangst', met bijbehorende kritiek van de overige boeren – "wat als deze maatregel een verplichting wordt"?

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Meer kennis en inzicht over bepaalde maatregelen / onderwerpen.
- Vertrouwen in bepaalde maatregelen maar ook in het waterschap.
- Het zet aan het denken en is gesprekstof tussen en met andere ondernemers.
- Betrokken bij hopelijk relevante proeven, dus meer kennis en inzicht.

Waterschap:

- Snappen wat werkt en wat niet werkt, technisch én sociaal. Maatregelen.
- Werking bodem- watersysteem beter in beeld (algemeen).
- Hoewel er geen wetenschappelijke uitspraken gedaan kunnen worden ($n = 1$), kan het inzicht opleveren, bijvoorbeeld om vervolgprouven op te pakken.
- Inzicht in wat wel en niet succesvol is voor en bij boeren en waterschap.

Aanpak

Er is landbouwkundige kennis nodig om aan te sluiten bij de boerenpraktijk, voor het aanleggen en begeleiden van de proeven. Voor het interpreteren van monitoringsgegevens is expertkennis nodig. Het opzetten van demonstraties en proeven en begeleiden ervan is een intensief traject. Voor de opzet van de proeven is samenwerking gezocht met verschillende instanties, zoals Wageningen Open teelten, Wageningen Livestock Research en het Louis Bolk Instituut. Zij hebben proeven helpen ontwerpen en zijn met een gedetailleerd bemestingsplan gekomen. Het is belangrijk om teeltadviseurs van de boeren een rol te geven bij de proeven, in verband met draagvlak.

Kostenindicatie

Afhankelijk van wat er wordt gedaan, monitoring (tussen de € 100 – 1000 per proef) en landbouwkundige kennis (€ 2500 – 5000 per proef).

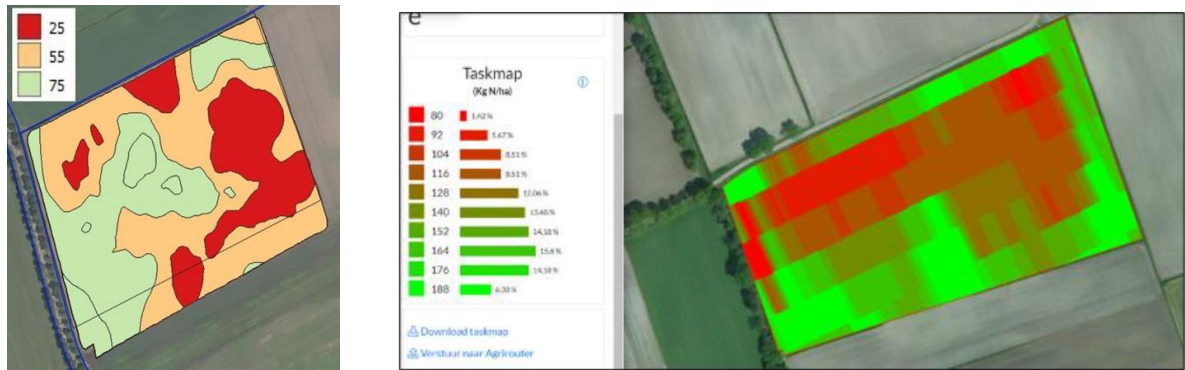
Bronnen voor meer informatie

- [Vlog grasproef - YouTube](#)
- [Sturen op bemesting van aardappels voor een betere waterkwaliteit - YouTube](#)
- [Mais: praktijkproef mineralen-efficiëntie van mais - YouTube](#)
- [Mais: praktijkproef maisteelt na het scheuren van grasland - YouTube](#)



Perceelscans en remote sensing technieken

Er zijn diverse technieken die variaties binnen het perceel (op een kaart) ruimtelijk inzichtelijk kunnen maken. Met de juiste interpretatie van de resultaten, kan plaats specifiek binnen het perceel iets gedaan worden. Zo kunnen door een betere benutting van middelen, emissies naar het milieu beperkt worden. Deze technieken kunnen ingezet worden voorafgaand aan de teelt (om bv knelpunten op het perceel inzichtelijk te krijgen) of gedurende de teelt om de groei van het gewas te volgen (gedaan bij een aantal van de praktijkproeven).



Figuur 17 De SoilXplorer deelt een perceel op in 4 zones. Per zone wordt een mengmonster genomen en in een laboratorium worden bepalingen gedaan. In de afbeelding is het stikstofleverend vermogen (NLV in kg N/ha) per zone afgebeeld. Afbeelding van een taakkaart, met een adviesgift stikstof, verdeeld over het perceel, nadat een dronevlucht multispectrale beelden gemaakt had en daar een stikstofbehoefte van had afgeleid. (Afbeelding overgenomen uit rapport van Kroonen en Kleeven, 2022)

Ervaringen

De kaarten leverden voorafgaand aan de teelt gesprekstof op om met de boeren over hun percelen en management te praten. Het geeft een aanzet om samen te kijken naar zinvolle maatregelen voor verminderen van emissies (door opbrengstverhoging en/of aanpak routes) en verbeteren van het perceel. Tijdens de teelt biedt het een agrarisch ondernemer mogelijkheden om gericht te sturen, bijvoorbeeld met meststoffen, bestrijdingsmiddelen en beregening en om de opbrengst te verbeteren. Het combineren van verschillende data biedt nog meer inzicht, zoals de combinatie van een bodemparameter met opbrengstgegevens.

Ondanks dat plaats specifiek stikstof bemest kan worden, vertrouwt men niet altijd blindelings op de resultaten. Er werd in het project toch iets te veel bemest op basis van gewoonte, om zeker te zijn dat er niet in ieder geval niet te weinig bemest werd. Dit had onnodige emissies tot gevolg.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Meer inzicht in (de variatie van) het perceel.
- Gericht op zoek kunnen gaan naar de oorzaak van problemen in een perceel.
- Specifiek middelen inzetten, zoals een bijmesting met stikstof. Hierdoor mogelijk minder gebruik, of in ieder geval beter gebruik van middelen, zoals bemesting, kalkmeststof of gewasbeschermingsmiddelen.
- Gericht advies over gewasbescherming, plantafstand, bewerking, bemesting, bekalking en dergelijke.

Waterschap:

- Ijsbreker en gesprekstarter met en tussen ondernemers. Het draagt bij aan samenwerking en opbouw van vertrouwen.
- Inzicht in het gebied op detailniveau, zoals mogelijke hotspots.
- Hierdoor mogelijkheden tot reductie van middelen naar het milieu.

- Een middel om variatie te verklaren of te duiden.

Aanpak

Wat er precies gemeten wordt en hoe de kaarten met informatie vervolgens samengesteld worden, verschilt per meetinstrument. Opnameapparatuur kunnen zijn: drones, satellieten, instrumenten achter een machine op een perceel om de bodem te scannen, maar ook opbrengstmeters op oogstmachines. Er zijn diverse aanbieders en het is meestal eenvoudig om een meting te laten uitvoeren. Om bodemscans te laten maken of een dronevlucht uit te laten voeren, moet er op of bij het perceel zelf gemeten worden. Vervolgens moeten beelden omgezet worden naar taakkaarten. Aanbieders die kaarten baseren op satellietdata werken op afstand en zijn soms via een abonnementsvorm beschikbaar. De resultaten moeten geïnterpreteerd en begrepen worden, alvorens er iets mee te kunnen doen. Plaatsspecifiek werken vraagt aanpassing en dus investering van de mechanisatie, zoals trekkers uitrusten met GPS of de mogelijkheid om taakkaarten te kunnen lezen en de bemestingsapparatuur daarop af te stemmen. Aandachtspunt bij de inzet in drones is dat groot deel van het beheergebied van Aa en Maas te maken heeft met beperkingen voor de inzet van drones, en dat speciale vliegbewijzen nodig zijn.

Kostenindicatie

De kosten zijn geheel afhankelijk van de techniek. Bepaalde informatie is gratis, bodemscans zijn te realiseren voor € 500-1000 per perceel

Bronnen voor meer informatie

<https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/>

<https://www.boerderij.nl/scanners-zijn-betrouwbaar-maar-geen-wondermiddel>



Landbouwkundige knelpuntenanalyse / BedrijfsbodempWaterPlan (BBWP)

Landbouwkundige knelpunten op de percelen kunnen zorgen voor verminderde mineralenbenutting door gewassen en daardoor minder opbrengst voor het gewas en meer verliezen van mineralen naar het milieu. Er zijn twee methoden voor knelpuntenanalyses door het waterschap in combinatie met externe adviseurs ingezet, ten behoeve van verbetering van de stikstofbenutting. De landbouwkundige knelpuntenanalyse bestond hierin dat allerlei gegevens, zoals bodemprofiel, bouwplan, grondwater, bemestingswijzer, ect. beoordeeld zijn, om die met de ondernemer te bespreken, knelpunten vast te stellen en maatregelen voor te stellen op perceelsniveau. Het BBWP (Bedrijfs Bodem en Water Plan) is een tool die op basis van onderliggende opgave, de meest perspectiefvolle maatregelen voorstelt.

Oorsprong en parameter	Waardering			Waarde	
	Laag	Midden	Hoog		
SoilXplorer					
pH				5,1-5,8	
OS				3,0-8,0	%
P-AL				28-74	mg P ₂ O ₅ /100 g
P-PAE				1,3-4,4	kg P/ha
NLV				70-100	Kg N/ha
Atlas Natuurlijk Kapitaal					
Koolstofdynamiek				Laag	
Regenwormen soorten				Weinig	
Regenwormen aantal				Weinig	
Uitspoelingsrisico				Vrij hoog	
Overig					
OS balans van 2020 ² :				-76	kg/ha
Afspoelingsrisico				2-4	(schaal 0-8)
Legenda					
heel goed					
goed					
neutraal					
matig					
onvoldoende					

Figuur 18 de vruchtbaarheidskenmerken van een perceel in een uitgevoerde knelpunten analyse, Berekend met aangeleverde gegevens over bemesting en opbrengst en monitoring met de soilxplorer.

Ervaringen

De methodes zijn gebruikt als startpunt om samenwerkingen op te starten in het stroomgebied van de Vinkenloop. Het aangeboden traject was voor de deelnemers gratis. Als waterschap kom je iets brengen waar men als ondernemer in de praktijk iets mee kan. Er wordt perspectief geboden, waarbij zowel de boer als het waterschap iets aan heeft. Het helpt bij benchmarking, het onderling vergelijken. Het is een doorvertaling van techniek (data, modellen) naar concreet handelingsperspectief. Het leverde begrip op en zorgde voor herkenning bij boeren, want de (bewerkte) gegevens gaven soms antwoord of verklaringen voor problemen die ze herkenden. De investering in het gebruik van deze methoden loont, omdat er handelingen worden voorgesteld die een boer zelf niet zo snel in overweging zou nemen (zie ook bij de praktijkproeven).

Ondanks dat veel technieken, modellen en dergelijke redelijk eenvoudig voor handen zijn (zoals bodemscanners), worden ze niet massaal ingezet door boeren, waarschijnlijk door onbekendheid en omdat men nog niet goed weet wat er mee gedaan kan worden, of dat de extra kosten die ermee gepaard gaan terugverdiend kunnen worden.

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Door gesprek en uitkomst van de methode, gelegenheid om kennis op te doen, specifiek voor zijn situatie.
- Verdiepende kennis over het perceel, gewas, bodem, nutriënten enz., met gerichte adviezen over perceelsmanagement.
- Inzicht in eigen handelen, ook door de vergelijking met resultaten van collega's.
- Elkaar (waterschap, ondernemer) beter leren kennen en daardoor mogelijk meer vertrouwen in, begrip voor en kortere lijntjes met het waterschap.

Waterschap:

- Meer inzicht in het gebied, perceel, het handelen van de boer, de agrarische praktijk.
- Hiermee bied je een ondernemer iets, het geeft handvaten om gesprek aan te gaan over maatregelen.
- Elkaar (waterschap, ondernemer) beter leren kennen en daardoor mogelijk meer vertrouwen in, begrip voor en kortere lijntjes met elkaar
- Kennis over landbouwpraktijk, nutriënten, bodem en het gebied.
- Meer begrip voor de positie van de ondernemers in de landbouw.
- Uitvoering van maatregelen gaat gemakkelijker vanwege het persoonlijk contact.

Aanpak

In dit project hebben we nooit alleen als waterschap aan tafel gezeten met de boer, omdat het waterschap niet specifieke landbouwkundige kennis in huis heeft. Om aan te sluiten bij de belevingswereld van de ondernemers, om zo tot logische en rendabele maatregelen te komen, helpt het om enige bedrijfseconomische kennis van de voorgestelde maatregelen en hun effecten te hebben. Specialistische landbouwkundige kennis is noodzakelijk. Weet dat voor boeren andere zaken vaak belangrijker of urgenter zijn dan stikstofverliezen. Het regelen van verschillende metingen, zoals bodemscanners bleek erg eenvoudig te zijn.

Wees duidelijk over het doel dat het waterschap wil bereiken en het is aan te bevelen iets te komen brengen bij het bezoek. In dit geval was het een Landbouwkundige knelpuntenanalyse en later een BBWP. Vanuit de studiegroep volgden de afspraken voor de bedrijfsbezoeken. Een keukentafelgesprek is bij de ondernemer thuis en niet vanachter de laptop (lastig in covid periode), inclusief een veldbezoek. Leg de focus niet direct op een individueel perceel, maar start vanuit de opgaven die er in het gebied liggen en welke verbeteringen daarvoor nodig zijn. Met die kennis kan je vervolgens de analyse en interpretatie daarvan doen. Ga dus van grof- naar fijnmazig.

Kostenindicatie

Het gesprek zelf kost niet zoveel. Kosten zijn afhankelijk van wat je komt brengen (BBWP, landbouwkundige knelpuntenanalyse, expert/adviseur, of iets anders) en de huur van een adviseur (€ 400 – € 800 per gesprek).

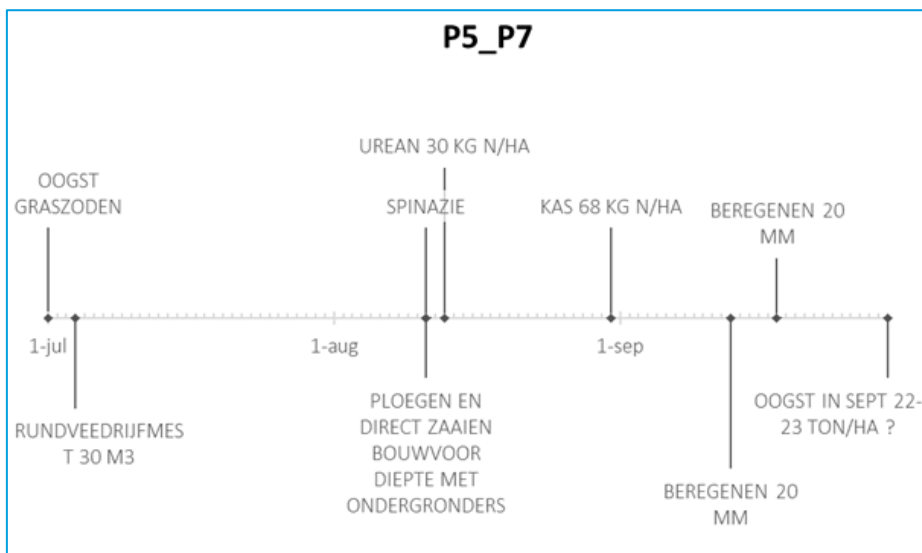
Bronnen voor meer informatie

- [Nutriëntentool voor beste gebruik mest, water en gewassen | RVO.nl](https://www.rvo.nl/nutriëntentool)
- <https://bedrijfsbodemwaterplan.nl>



Verzamelen van perceelsmanagement data

Het verzamelen van gegevens bij agrariërs over de handelingen die ze op de percelen doen, ten behoeve van het onderzoek binnen het project. Het gaat om bewerkingen, zaaien, oogsten (opbrengst), bemestingen (soort, hoeveelheid ect.), beregenen, peilverlagingen bij peilgestuurde drainage, ect. Dit is gedaan om resultaten van andere metingen (zoals met de sensoren) beter te kunnen begrijpen en om modellen (zoals de nutriëntenbalans per perceel) te voeden.



Figuur 19 voorbeeld van de verschillende handelingen op een perceel, zoals gebruikt in de landbouwkundige knelpuntenanalyse.

Ervaringen

De opgehaalde informatie helpt bij het interpreteren van verschillende meetgegevens en het uitvoeren van analyses. Maar het consequent inzamelen van deze informatie is niet eenvoudig. Het werken met Google Forms was om meerdere redenen geen succes. Het is lastig invullen vanwege het repeterende karakter van vele handelingen en omdat het soms vergeten werd vanwege drukte of andere prioriteiten. Binnen het project is teruggevallen op een Excel-format waarbij iemand vanuit het waterschap maandelijks telefonisch overlegt met de agrariërs wanneer ze wat hebben gedaan. Er is wel een verschil gezien tussen de akkerbouwers die voor externe leveranciers werken en vaak een complete teeltregistratie bijhouden, en melkveehouders die regelmatig een beetje gras maaien voor voeren. Dat doen ze zo vaak (soms dagelijks) dat bijhouden en vastleggen van de activiteiten erbij in schiet.

Het leggen van significante relaties tussen het stikstof in de Vinkenloop en handelingen van de ondernemer bleek onmogelijk te zijn, onder andere omdat de steekproef ($n=7$) erg klein was, de handelingen divers waren, en vaak maar op één van de percelen, waardoor het effect op het totaal weg wordt gemiddeld. De effecten van bemestingen op de waterkwaliteit in de Vinkenloop zijn ook niet altijd te zien. De eventuele effecten hebben een vertraging (bijvoorbeeld door het bufferend vermogen van de bodem) en worden beïnvloed door factoren zoals neerslag en waterpeil. Sommige handelingen – zoals beregenen tijdens nachtvorst – zijn wel terug te vinden in de meetgegevens van de waterkwaliteitssensoren. En beregenen na bemesting op een gedraineerd perceel (proef)

Wat levert het op

Agrarisch ondernemer:

- Veel werk om het allemaal bij te houden en door te geven, maar uiteindelijk een betere analyse en beter advies, doordat er meer informatie beschikbaar is.

Waterschap:

- Informatie voor vullen van modellen en dus om betere uitspraken te kunnen doen. Dan gaat het met name over bemesting (wanneer, welke soort mest, gehalten in de mest) en oogst (hoeveel is er afgevoerd) en berekening.
- Duiden van sensor signalen van de waterkwaliteitsensoren en labmonsters.

Aanpak

Een externe partij heeft informatie ingewonnen namens het waterschap. Kennis van de agrarische praktijk én de achterliggende onderzoeksbehoefte is nodig om de juiste gegevens op de juiste wijze te verzamelen en te ordenen. Houd het zo simpel mogelijk en gebruik een goed doordacht, logisch format, ten behoeve van de analyse. Maak gebruik van bestaande registratiemiddelen (zoals graslandkalender of teeltregistratiesoftware) zodat boeren informatie niet dubbel hoeven te administreren. Wees ervan bewust dat er erg veel verschil is in wat er wordt bijgehouden tussen ondernemers. Informatie over peilverandering bij peilgestuurde drainage is niet verzameld. Dit heeft wel een groot effect op de stikstofgehalten in de Vinkenloop en daarom van belang.

Kostenindicatie

1 dag inhuur per maand, € 12.000 per jaar

Thema: Samenwerking



Studiegroepen

Binnen Sensor gestuurd Boeren zijn studiegroep bijeenkomsten georganiseerd. Het is een bijeenkomst (maximaal 2 uur) ergens in het gebied, over een of meerdere specifieke onderwerpen. Het primaire doel is kennisuitwisseling, maar het bleek ook een goede methode te zijn om de groep bij elkaar te krijgen. Met de studiegroep zijn de wereld van het waterschap en de agrariërs dichter bij elkaar gekomen en is gewerkt aan onderling begrip en vertrouwen, wat nodig is voor het uitvoeren van een gezamenlijk onderzoeksprogramma.

Ervaringen

Er was gelegenheid om verschillende zaken tussen ondernemers en waterschappers met elkaar te bespreken. Er kwam over en weer vertrouwen, de lijntjes werden korter. Bedrijfsgegevens werden uitgewisseld en er werd dankzij de studiegroepen gemakkelijk even gebeld om bijvoorbeeld maatregelen te testen. Er was interesse bij de boeren over de meetresultaten uit het gebied. Tijdens de bijeenkomsten spreken deelnemende ondernemers elkaar aan, bijvoorbeeld op N-mineraal meting resultaten. Zodoende leren ze onderling van elkaar. Studiegroepen bleken een goed platform om de reikwijdte van modellen te bespreken. Externe sprekers, zoals iemand van een landbouwkundig laboratorium of een leverancier van bodemvochtsensoren, bleken meerwaarde te bieden.

Het werd duidelijk dat studiegroepen niet het middel zijn om snel resultaat te halen. Dat wil zeggen dat opgedane of besproken kennis niet meteen in de bedrijfsvoering wordt toegepast, laat staan dat de waterkwaliteit meteen verbetert. De vraag is ook wat met doet met de gevormde groep als het waterschap niet meer betrokken is. Tijdens een bijeenkomst ging het gesprek al gauw over het RIVM-stikstofmodel voor de depositie. Hou dus rekening met andere vragen en onderwerpen buiten het primaire doel (vanuit waterschapstandpunt gezien) van de bijeenkomst. Dit is nodig voor begrip voor en vertrouwen. Er spelen vaak andere en voor boeren meer urgente onderwerpen, dan het onderwerp van de bijeenkomst zelf. Het waterschap is een overheid en kan daarom aangesproken worden, ook al ligt de verantwoordelijkheid elders.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

- Lokaal netwerk met collega-ondernemers.
- Leren van elkaar, kennis opdoen.
- Contact met projectgroep, zowel waterschap als boeren.

Waterschap:

- Aansluiten bij agrarische praktijk.
- Lokaal netwerk van boeren, makkelijke ingang voor gesprek over testen maatregelen.

Aanpak

Het opzetten van een studiegroep / samenwerkingsproject met boeren vergt veel energie. Maak hierbij gebruik van meerdere ingangen, zoals bestaande netwerken/contacten met bestuurders en ZLTO, of eigen contacten. Sluit aan bij lokale en regionale boerenbijeenkomsten en studiedagen. Maak tevens gebruik van het netwerk binnen het waterschap (zoals de districten). Houd bijeenkomsten live op een locatie, niet via Teams. Een locatie in het gebied (proefboerderij van de WUR) is belangrijk voor succes. Er moet iets zijn om de nieuwsgierigheid van boeren te prikkelen, of men moet iets kunnen leren over de eigen bedrijfsvoering.

Kostenindicatie

Weinig, afhankelijk van locatie, lunch/versnaperingen/koffie/thee en evt. kosten externe sprekers.



Kennisinstituten

In Nederland wordt volop onderzoek gedaan aan waterkwaliteit, agrarisch landgebruik, water- en stofstromen door een aantal onderzoeksinstituten en onderzoeksgroepen aan universiteit en hbo. Opdrachtgevers voor dit soort onderzoeken zijn vaak Ministeries, STOWA en/of waterschappen. Monitoring en veldproeven zijn daarbij vaak een essentieel onderdeel van het onderzoek.

Ervaringen

De meerwaarde van de samenwerking met onderzoekspartijen in Westerbeek zit in het feit dat het waterschap een goede samenwerking met agrariërs in haar projectgebied had, beschikte over een grote hoeveelheid basis gegevens, een project infrastructuur om de onderzoeken te ondersteunen en een basis meetnet. Voor Sensor gestuurd boeren was de meerwaarde dat er samenwerking kwam met de ministeries van IenW en LNV waardoor de exposure van het project veel groter werd. Daarnaast is de nutriënten problematiek gebiedsoverstijgend waardoor samenwerking tussen overheden strategisch van belang is.

Wat levert het op?

Agrarisch ondernemer:

- Toegang tot wetenschappelijk netwerk en de ontwikkelde kennis in studiegroepen
- Kans om mee te doen aan praktijkonderzoeken

Waterschap:

- Netwerk bij kennisinstituten / wetenschappers
- Netwerk bij ministeries
- Netwerk bij andere waterschappen die met vergelijkbare problematiek bezig zijn
- Exposure van de onderzoeken op het thema nutriënten en landgebruik

Kostenindicatie

Afhankelijk van het type samenwerking: soms kunnen de meetgegevens en uren als 'in kind' bijdrage worden ingebracht in de onderzoeksprojecten. Bij andere projecten wordt er soms ook nog om een 'in cash' bijdrage gevraagd.