

BodemUP 2.0

Monitoring

Voortgangsrapportage 2024

Bart Timmermans, Tessa van der Voort, Jeroen Geurts,
Arnaut van Loon, Gerard Ros, Yuki Fujita, Harm
Gelderblom, Anne Hoek van Dijke, Bram Avezaat,
Roos van de Logt, Tom Bovee

© 2025 Louis Bolk Instituut, Bunnik

BodemUP 2.0 Monitoring

Voortgangsrapportage 2024

Bart Timmermans¹, Tessa van der Voort², Jeroen Geurts³, Arnaut van Loon³, Gerard Ros², Yuki Fujita², Harm Gelderblom², Anne Hoek van Dijke¹, Bram Avezaat¹, Roos van de Logt¹, Tom Bovee¹

¹ Louis Bolk Instituut ² NMI ³ KWR Water Research Institute

55 pagina's

Publicatienummer: 2025-6402-LbP

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

Inhoud

1	Samenvatting	4
2	Inleiding	5
3	Aanpak	6
3.1	Onderdeel A. Voortgangsmonitoring	6
3.2	Onderdeel B. Effectmonitoring – gebiedsdekkend	6
3.3	Onderdeel C. Effect monitoring – demobedrijven	6
4	A. Voortgangsmonitoring	8
4.1	Aantal deelnemers en frequentie per jaar	8
4.2	Per maatregel: gepland en uitgevoerd	10
4.3	Per categorie van maatregel	12
4.4	Per maatregel uitgevoerd	13
4.5	Jaarlijkse bedrijfsscore en KPI	15
5	B. Effectmonitoring – gebiedsdekkend	16
5.1	BBWP KPI's per perceel	16
5.2	Bepaling Bodemvitaliteit op basis van bestaande data	19
5.3	Score en bodemkwaliteit BodemUP deelnemers	20
5.4	Bepaling Representativiteit BodemUP versus Noord-Brabant	21
5.5	Bepaling Impact BodemUP maatregelen	24
6	C. Effectmonitoring – Demobedrijven	30
6.1	Overzicht demobedrijven en maatregelen	30
6.2	Demobedrijven versus gebiedsdekkend: hoe representatief zijn de demo's?	31
6.3	Risico's voor waterkwaliteit	33
6.4	Nulmeting van de bodemvitaliteit	36
6.5	Minerale stikstof in het najaar	40
6.6	Stikstofdynamiek en bodemanalyses voor drie demobedrijven	42
7	Conclusies en aanbevelingen	51
7.1	Voortgangsmonitoring	51
7.2	Effectmonitoring gebiedsdekkend	51
7.3	Effectmonitoring demobedrijven	52
7.4	Aanbevelingen voor het verbeteren van bodemvitaliteit en waterkwaliteit	52
7.5	Aanbevelingen voor de voortgang van BodemUP 2.0	53
8	Referenties	54
10	Appendices	55

1 Samenvatting

De bodemvitaliteit in de landbouw gaat op verschillende plaatsen in Brabant sluipenderwijs achteruit. Het doel van het project BodemUP 2.0 is om (bodem)maatregelen toe te passen en daarmee de bodemvitaliteit en waterkwaliteit te verbeteren. Binnen BodemUP 2.0 gaan 1800 agrariërs in Noord-Brabant maatregelen toepassen op hun percelen. Bij enkele van deze bedrijven, de demobedrijven, monitoren we de effecten van de toegepaste maatregel in meer detail, en vergelijken deze met een (deel van een) perceel zónder de maatregel. In deze rapportage beschrijven we de voortgang over 2024.

Het aantal deelnemers aan BodemUP is in 2024 gegroeid met 482 tot 650 deelnemers die individueel worden begeleid. Ondanks de toename van het aantal deelnemers, bleven de KPI's en bedrijfsscores stijgen. De meest gekozen (bodem)maatregelen betroffen de thema's bemesting, teelt en bodemkwaliteit. De meest impactvolle maatregelen werden echter minder vaak gekozen, ondanks dat ze worden aanbevolen binnen het BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP). Dit kan te maken hebben met de drempels voor de implementatie van deze maatregelen.

De BodemUP deelnemersgroep scoort gemiddeld ruim voldoende voor bodemkwaliteit: de score voor chemie is voor de BodemUP deelnemers gemiddeld 0.78 met een range van 0.33-0.99. Voor structuur is het gemiddelde 0.79, voor biologie en milieu respectievelijk 0.90 en 0.83. De scores van de BodemUP deelnemers overlappen grotendeels met de score over de gehele provincie Noord-Brabant. Ook op andere vlakken, zoals bodemeigenschappen, bodemtype, gewas-soort en grondwatertrappen zijn de BodemUP deelnemers representatief voor de provincie Noord-Brabant. De gemiddelde BBWP totaalscore van de BodemUP-deelnemers was 63 zonder maatregelen (op een schaal van 0 tot 100). Mét maatregelen neemt deze score toe tot 84, en dit is komt vooral door een hogere score op nutriëntenbenutting en N-uitspoeling naar het grondwater. Dit betekent dat BodemUP een aanzienlijke impact kan hebben op bodem- en waterkwaliteit.

In 2024 zijn er 12 demobedrijven geworven met in totaal 14 demo's. Deze bedrijven vallen onder verschillende sectoren en liggen verspreid over de waterschapsgebieden. Er zijn 11 demo's bemonsterd en gestart (de 12^e is laat in het jaar geworven) met verschillende maatregelen, zoals anders bemesten, niet-kerende grondbewerking, en groenbemesters. Metingen aan de waterkwaliteit voor de regio's van de demobedrijven laten zien dat de KRW status voor oppervlaktewater in de meeste gevallen matig tot slecht is, en dat er dus emissiereductie van N en P nodig zijn. In het ondiepe grondwater is de nitraatstatus variabel (goed tot slecht). De bodemvitaliteit voor de demopercelen verschilt tussen de demobedrijven, maar is over het algemeen vergelijkbaar met andere Nederlandse landbouwpercelen. De hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar verschilt sterk tussen de percelen, maar is voor enkele percelen erg hoog. Dit vormt een risico voor stikstofuitspoeling. Het beter afstemmen van bemesting op de mineralisatie uit de bodem en de stikstofbehoefte van het gewas kan mogelijk dit risico verlagen. Ten slotte analyseren we voor drie demobedrijven effecten van de toegepaste maatregel.

2 Inleiding

De bodemvitaliteit in de landbouw gaat op verschillende plaatsen in Brabant sluipenderwijs achteruit, onder meer vanwege de intensivering van het agrarisch grondgebruik en hiermee samenhangende inzet van zwaardere machines en intensievere grondbewerking. Hierdoor is op verschillende plaatsen sprake van verdichting en vermindering van het infiltratievermogen, afname van het bodemleven, verslechtering van de bodemstructuur en verminderd bindend vermogen voor mineralen en bodemvocht. Tegelijkertijd liggen er in Noord-Brabant grote gebiedsopgaven rondom waterkwaliteit, zoals Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn.

In BodemUP 2.0 wordt gewerkt aan een verbetering van de vitaliteit van de Brabantse bodem die bijdraagt aan een verbetering van de waterkwaliteit en kwantiteit en biodiversiteit. Het doel van het project BodemUP 2.0 is om (bodem)maatregelen toe te passen en daarmee de bodemvitaliteit en waterkwaliteit te verbeteren. Daarmee wil BodemUP bijdragen aan een robuust bodem- en watersysteem dat voorziet in goede gewasopbrengsten en maatschappelijke diensten.

Binnen BodemUP 2.0 worden er 1800 agrariërs geworven die de komende jaren een maatregel nemen die bijdraagt aan het verbeteren van de bodem- en/of waterkwaliteit. De agrariërs vullen de tool BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP) in en krijgen zo een score op bodem- en waterkwaliteit. Op basis daarvan selecteren ze samen met een bodemcoach een maatregel die ze toepassen op één van hun percelen. Bij tien tot vijftien bedrijven, de zogeheten demobedrijven, worden de effecten van de gekozen maatregel op bodem en water geanalyseerd op basis van bodemmetingen en modelberekeningen.

In deze voortgangsrapportage over het jaar 2024 beschrijven we de voortgang van het project, zoals het huidige aantal deelnemers, en de geplande en uitgevoerde maatregelen. Verder komen de bodemvitaliteit en representativiteit van de huidige deelnemers aan bod. Ook beschrijven we de tien maatregelen die op de demobedrijven zijn uitgevoerd, en analyseren we de bodemvitaliteit en minerale stikstof in het najaar. Tot slot geven we aanbevelingen voor de voortgang van het project.

3 Aanpak

Het onderdeel Monitoring van BodemUP 2.0 kent drie onderdelen: Onderdeel A. Voortgangsmonitoring, onderdeel B. effectmonitoring – gebiedsdekkend, en onderdeel C. effectmonitoring – demobedrijven.

3.1 Onderdeel A. Voortgangsmonitoring

Voor de voortgangsmonitoring zijn gegevens van BodemUP opgevraagd via de NMI API (ook beschikbaar voor de provincie). Deze gegevens zijn op verschillende schaalniveaus bevroegd: van provincie breed tot lokaal watergebied (LSW). Vervolgens zijn de resultaten geanalyseerd en gevisualiseerd met behulp van de open-source statistische software R.

3.2 Onderdeel B. Effectmonitoring – gebiedsdekkend

Alle deelnemers aan BodemUP krijgen een coach en vullen samen met hun coach het BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP) in. De BBWP is een instrument om boeren, adviseurs, en beleidsmakers inzicht te geven in een duurzamer bodem- en waterbeheer. De gegevens uit het BBWP zijn opgevraagd via de NMI API (ook beschikbaar voor de provincie). De analyse is gedaan op de ruwe geanonimiseerde gegevens uit de back-end van de database van het BBWP. De gegevens die via de API beschikbaar zijn, zijn alleen toegankelijk voor groepen van minstens tien deelnemers. Alle privacygegevens zijn verwijderd uit de ruwe data, waardoor de resultaten niet herleidbaar zijn. Duplicaten zijn verwijderd. Er zit geen tijdstempel op de gegevens, dus alle deelnemende velden in Noord-Brabant tot en met januari 2025 zijn meegenomen. Data wordt alleen op hoog niveau geaggregeerd om aan privacy vereisten te kunnen voldoen. Aanvullende gegevens, zoals nutriëntenreductieopgaven (stikstof en fosfor), kaarten van Natura 2000, grondwaterbeschermingsgebieden en attentiezone voor waterhuishouding, zijn ook meegenomen. De resultaten zijn geanalyseerd en gevisualiseerd met behulp van de open-source statistische software R. Om de effecten van maatregelen op deze velden in kaart te brengen (dus met gekozen maatregelen versus zonder enige maatregelen) is gebruik gemaakt van het open-source rekenhart van het BBWP (Ros et al., 2020).

3.3 Onderdeel C. Effect monitoring – demobedrijven

Voor 12 deelnemende bedrijven (demobedrijven) doen we een uitgebreidere analyse om inzicht te krijgen en geven in de effecten van bodemverbeterende maatregelen op de bodemvitaliteit en (potentiële) stikstofuitspoeling. Deze demobedrijven zijn verdeeld over de verschillende waterschapsgebieden en sectoren.

Bij de demobedrijven meten we de bodemvitaliteit en stikstof in het veld en vergelijken we de percelen met maatregel met een perceel zonder maatregel (een controleperceel). Begin 2024 zijn de demopercelen bemonsterd voor bodemvitaliteit, en in oktober is er een eindmeting voor bodemvitaliteit gedaan. Voor beide bepalingen is de 'bemestingswijzer' uitgevoerd door Eurofins Agro in Wageningen. Tijdens het groeiseizoen is er op elk demoperceel twee- of driemaal de

minerale stikstof in de bovengrond bepaald (pakket C-monitoring van Eurofins Agro). Op basis van de meetdata en een analyse met de NDICEA stikstof & koolstofplanner (ndicea.nl; Habets and Oomen, 1997) zijn de effecten van de maatregelen op bodemvitaliteit en stikstofdynamiek bepaald.

Verder is een analyse gemaakt van het risico dat een perceel vormt voor uit- en afspoeling van stikstof naar het grond- en oppervlaktewater, op basis van Groenendijk et al. (2021) en <https://maatregelen-op-de-kaart.nmi-agro.nl>. Er wordt ook een overzicht gemaakt van de huidige nutriëntenstatus (N en P) van het waterlichaamgebied (KRW status) waarin het perceel zich bevindt en de gewenste emissiereductie (N en P) in datzelfde waterlichaamgebied (KRW opgave).

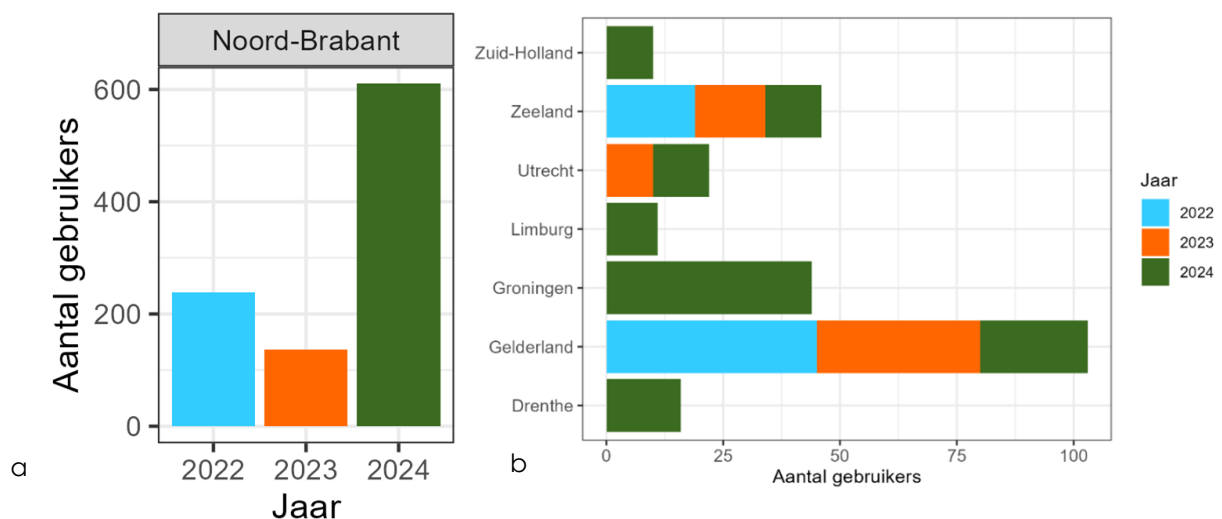
Ten slotte is er getest hoe goed de demobedrijven de hele BodemUP-groep vertegenwoordigen. Dit gebeurde binnen de geldende privacybeperkingen van het BedrijfsBodemWaterPlan, omdat er is nog geen toestemming van de individuele Demobedrijven was om hun data persoonlijk te analyseren. Daarom vergelijkt de analyse de meest gekozen maatregelen van de demobedrijven met die van de hele BodemUP-groep. Dit wordt gedaan door de statistieken van BodemUP in de programmeertaal R te vergelijken met de keuzes van de Demobedrijven. In de lente en zomer van 2025 zal toestemming worden gevraagd om de persoonlijke gegevens van de demobedrijven te analyseren.

4 A. Voortgangsmontoring

4.1 Aantal deelnemers en frequentie per jaar

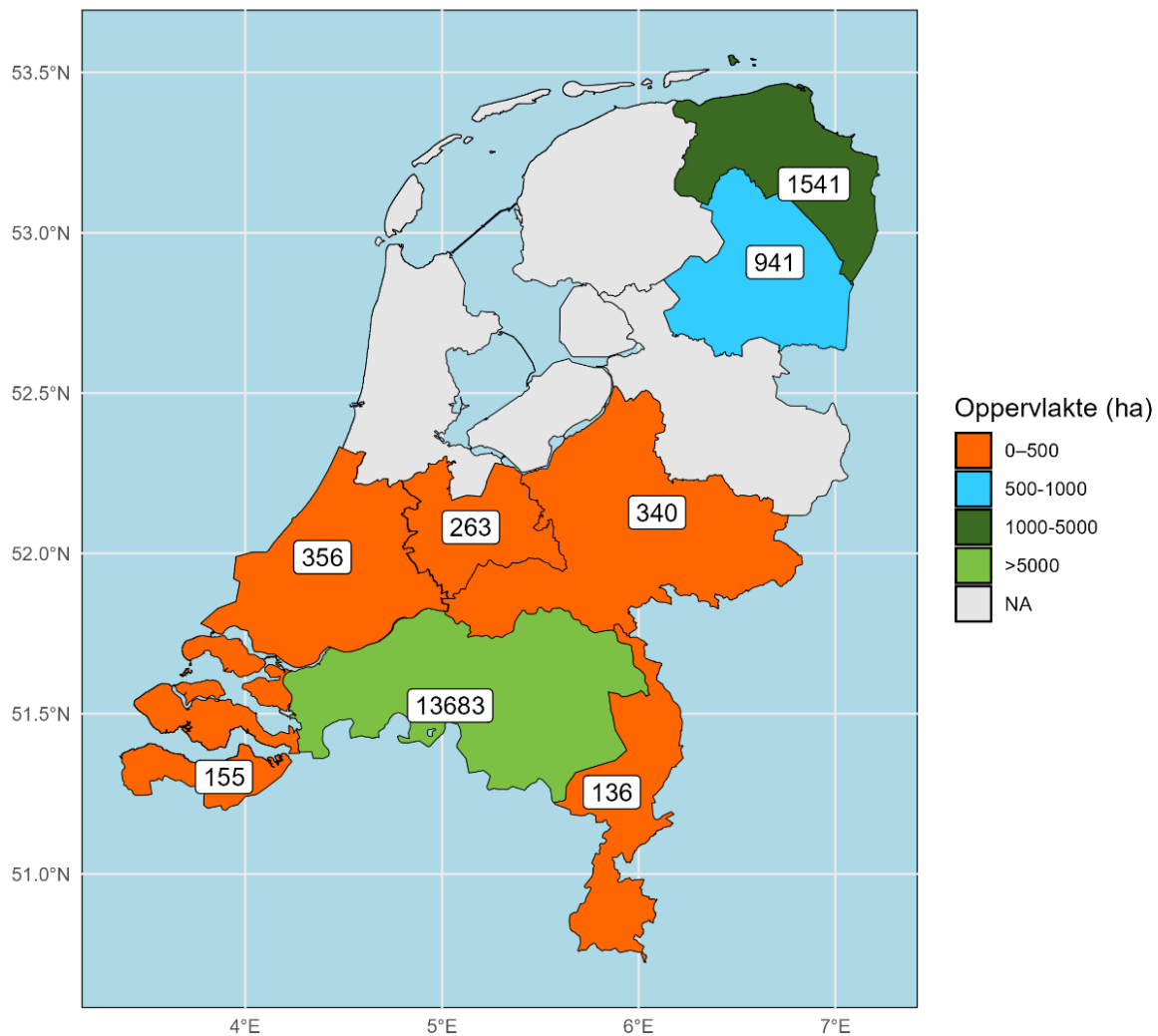
Het aantal BodemUP 2.0 deelnemers in Noord-Brabant (Figuur 1; Figuur 2) heeft zich hersteld tot in totaal 609 unieke gebruikers in 2024. Unieke gebruikers per jaar worden data-technisch gedefinieerd als een unieke combinatie van velden (polygonen) die worden ingestuurd voor een berekening. Hiermee wordt aan de privacy eisen voldaan. Een gebruiker of bedrijf wordt alleen geregistreerd als ze op een veld (polygoon) minstens een maatregel kiezen. Per jaar worden alle unieke gebruikers bij elkaar opgeteld. Andere Nederlandse provincies (8 van de 12) volgen in de voetstappen van Noord-Brabant door ook het BBWP in te vullen (Figuur 1b; Figuur 2). Alleen de provincies Noord-Holland, Flevoland, Overijssel en Friesland hadden minder dan 10 BBWP gebruikers per jaar en komen daarom niet voor in de statistieken (Figuur 2). Gesprekken met adviseurs en de data analyse heeft uitgewezen dat gebruikers de 'sector' waarin ze opereren niet actief aangeven, omdat dit niet apart wordt gevraagd in het BBWP. Als de gebruiker zelf niet actief zijn sector aanpast, valt hij automatisch in alle sectoren: melkvee, akkerbouw en boomteelt. Deze sector-afhankelijke informatie is te vinden in Appendix A. In een verbeterde BBWP versie raden we aan de sector keuze explicieter te maken.

De analyse van de frequentie van het gebruik per jaar laat zien dat in BodemUP 1.0 er > 200 deelnemers waren, en dat dit sterk daalde naar ~140 deelnemers in 2023 en zich hersteld heeft in 2024 tot ~600 deelnemers.



Figuur 1: Overzicht aantal deelnemers en jaarlijkse frequentie van (a) aantal gebruikers van het BBWP in de jaren 2022 t/m 2024 in de provincie Noord-Brabant per jaar. Dit houdt dus in dat dit het aantal unieke gebruikers zijn die in dat jaar minimaal een perceel met een maatregel hebben ingevoerd. Als een bedrijf zowel in 2023 als 2024 percelen instuurt kan het in beide jaren worden meegerekend. (b) Het aantal deelnemers overige provincies van Nederland waar het BBWP gebruikt werd in 2022 t/m 2024.

Oppervlakte BBWP percelen per provincie



Figuur 2: Overzicht van totale hoeveelheid hectare BodemUP BBWP deelnemers op provincieniveau in 2024. Provincie Noord-Brabant is de nationale koploper met vastleggen van agrarische maatregelen met ~14.000 hectare.

4.2 Per maatregel: gepland en uitgevoerd

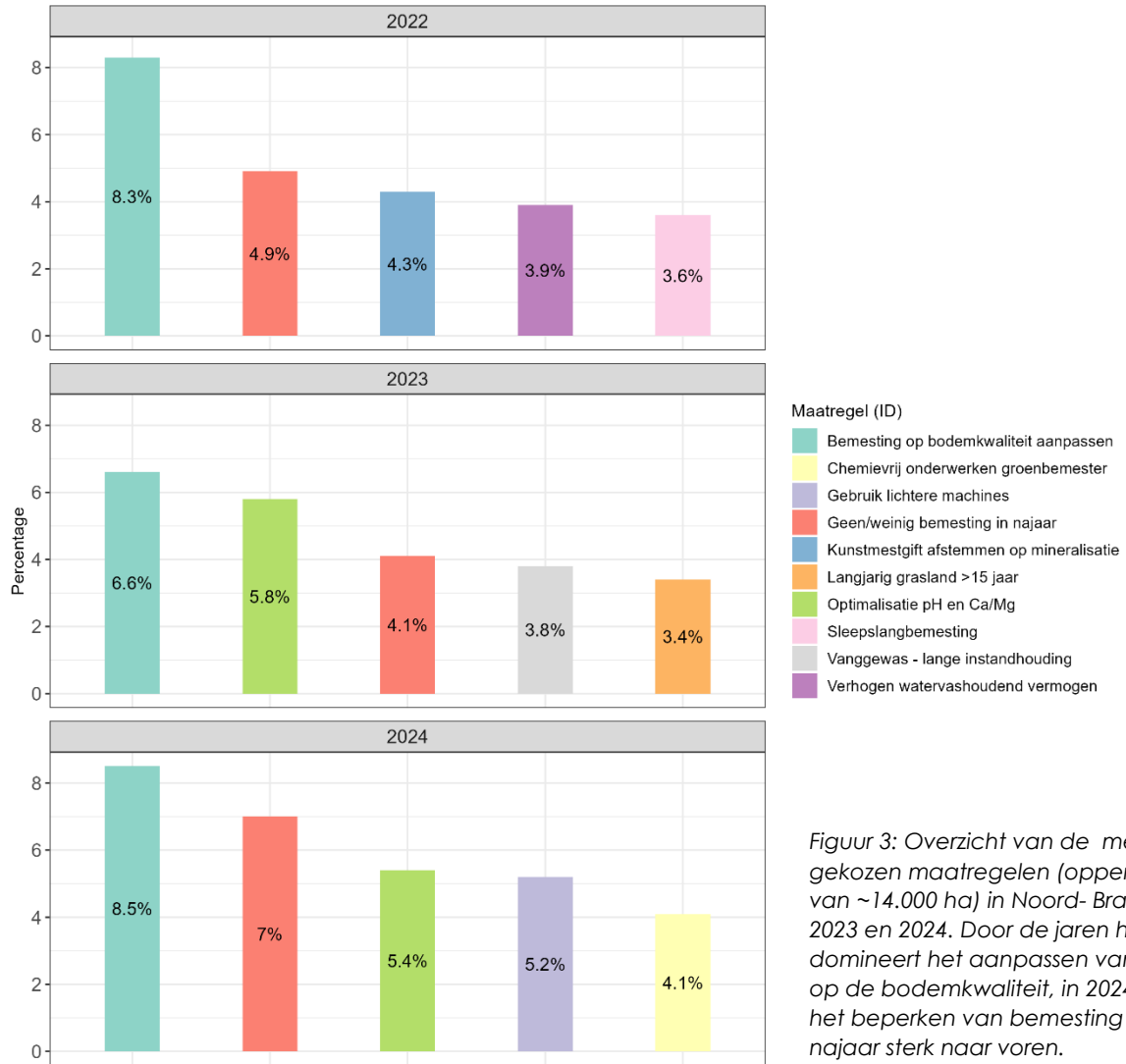
Maatregelen kunnen de milieu impact van agrariërs verbeteren, en het BBWP beveelt de meest optimale maatregelen aan per bedrijf en per perceel. Een agrariër vult samen met een bodemcoach in welke maatregelen op zijn of haar bedrijf worden gekozen. Tabel 1 laat zien hoe vaak maatregelen door de jaren zijn uitgevoerd, en in welke categorie ze vallen.

Bemestingsmaatregelen worden het vaakst gekozen. Figuur 3 laat zien welke maatregelen het vaakst zijn gekozen. Na gespreken met BodemUP2.0 Bodemcoaches is gebleken dat de bodemcoaches wel maatregelen selecteren, maar niet correct invullen of maatregelen 'uitgevoerd', 'gepland' of 'anlb' zijn. Gedetailleerde informatie over welke maatregelen zijn 'uitgevoerd' of 'gepland' zijn daarom ook opgenomen in Appendix A. In hoofdstuk 6.2 wordt gekeken naar hoe representatief de maatregelen van de demobedrijven zijn voor alle BodemUP deelnemers. Als we naar frequent gekozen specifieke maatregelen kijken (Figuur 3) dan wordt zichtbaar dat optimale en beperkte bemesting vaak wordt gekozen, evenals het vermijden van chemicaliën en het beperken van verdichting (lichtere machines).

Tabel 1: Top 3 genomen maatregelen in Brabant met betrekking tot aantallen van 2022, 2023 en 2024.

Jaar	Positie	Aantal	Categorie	Beschrijving
2022	1			Zorgt voor een bemesting die aansluit op de kwaliteit van de bodem. Gebruikt hiervoor een bodemanalyse en verdeelt de mest over de percelen conform het bemestingsadvies.
		193	precisiebemesting	
	2	122	precisiebemesting	Kunstmestgift afstemmen op mineralisatie door extra te bemonsteren op Nmin
	3	117	precisiebemesting	Dierlijke mest niet of nauwelijks in het najaar
2023	1			Zorgt voor een bemesting die aansluit op de kwaliteit van de bodem. Gebruikt hiervoor een bodemanalyse en verdeelt de mest over de percelen conform het bemestingsadvies.
		235	precisiebemesting	
	2	208	bodemverbetering	Optimaliseer Ph- en Ca/Mg verhouding voor gewasproductie
	3	190	teeltmaatregel	Instandhouding van blijvend/langjarig grasland - meer dan 15 jaar
2024	1			Zorgt voor een bemesting die aansluit op de kwaliteit van de bodem. Gebruikt hiervoor een bodemanalyse en verdeelt de mest over de percelen conform het bemestingsadvies.
		1946	precisiebemesting	
	2	1741	precisiebemesting	Dierlijke mest niet of nauwelijks in het najaar
	3	1310	bodemverbetering	Optimaliseer Ph- en Ca/Mg verhouding voor gewasproductie

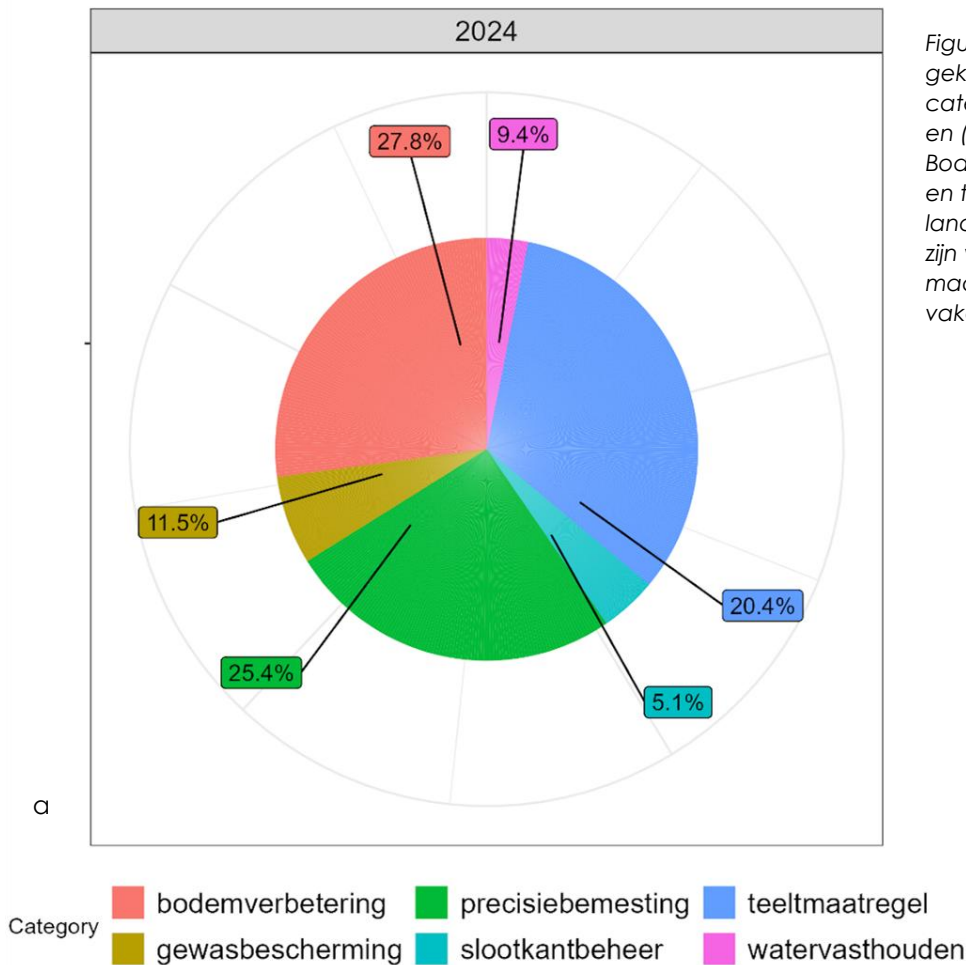
Top 5 maatregelen per jaar mbt oppervlakte



Figuur 3: Overzicht van de meest gekozen maatregelen (oppervlakte als % van ~14.000 ha) in Noord-Brabant in 2022, 2023 en 2024. Door de jaren heen domineert het aanpassen van bemesting op de bodemkwaliteit, in 2024 komt ook het beperken van bemesting in het najaar sterk naar voren.

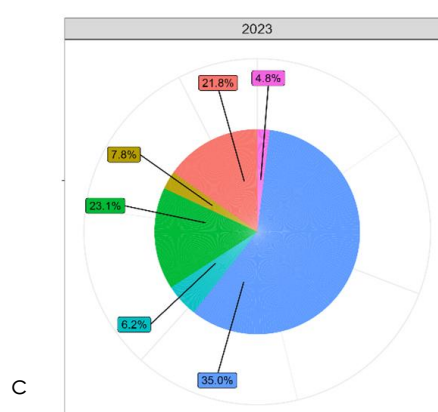
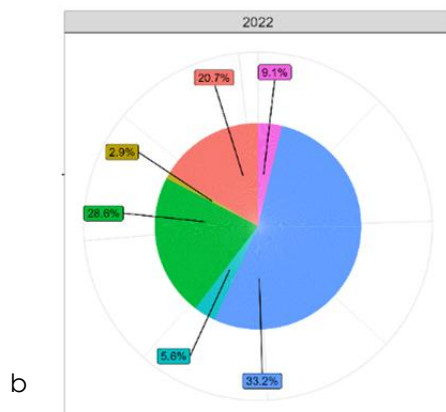
4.3 Per categorie van maatregel

Op het niveau van maatregelcategorieën, domineren bodemverbetering, bemesting en teeltmaatregelen het landschap (Figuur 4). In 2022 en 2023 was de categorie teeltmaatregelen groot, met 33 en 35% respectievelijk. In 2024 is deze afgenomen naar 20%. Verder zijn vooral de twee categorieën gewasbescherming en bodemverbetering gegroeid over deze drie jaren. In 2024 zijn watervasthoudende maatregelen bijna twee keer vaker gekozen (Figuur 4). Ook zien we dat in 2024 gewasbescherming vaker wordt gekozen. Slootkantbeheermaatregelen zijn relatief constant gebleven.



Figuur 4: Overzicht totale gekozen maatregelen per categorie in (a) 2024, (b) 2022 en (c) 2023.

Bodemverbetering, bemesting en teeltmaatregelen het landschap domineren. In 2024 zijn watervasthoudende maatregelen bijna twee keer vaker gekozen.



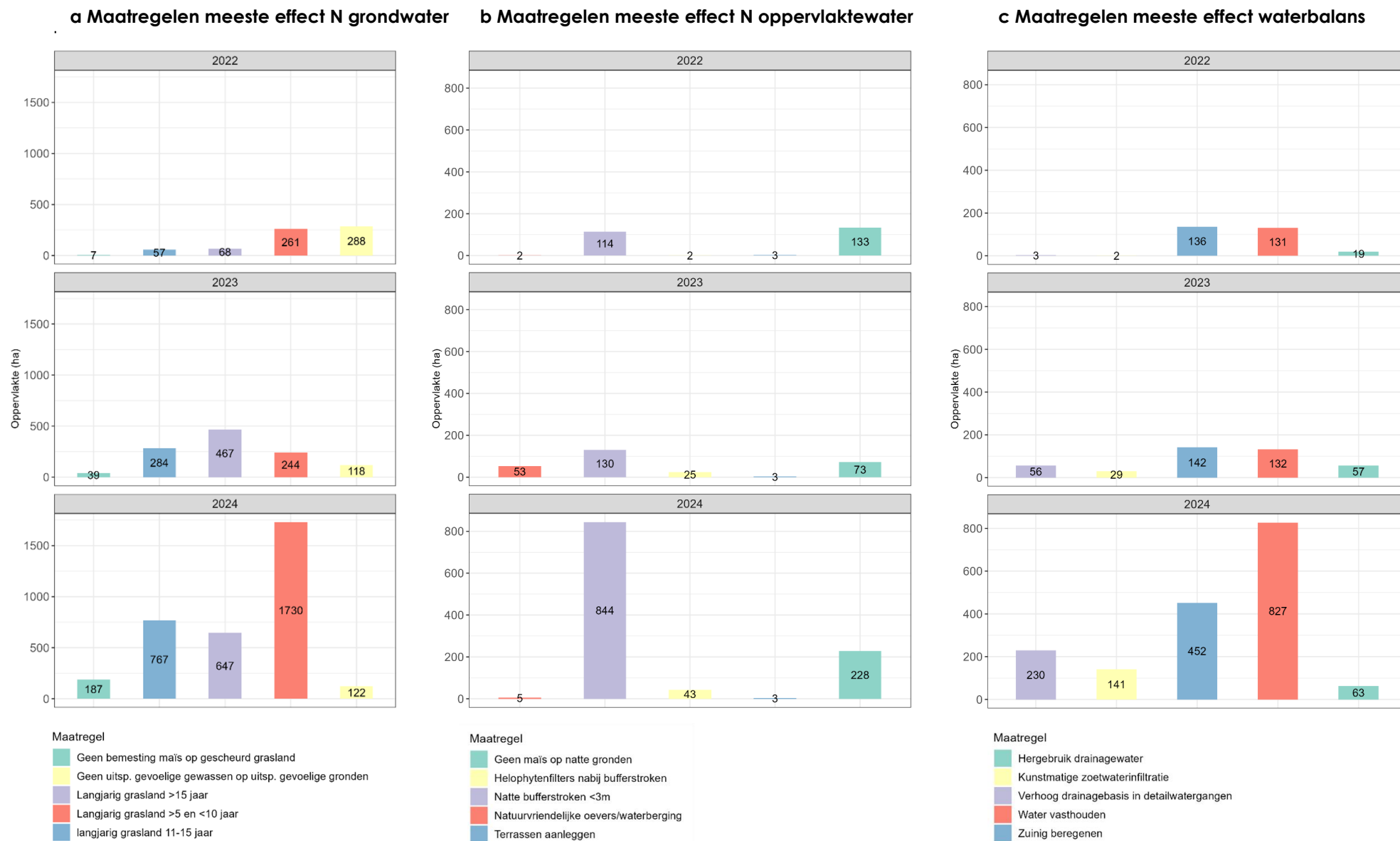
4.4 Per maatregel uitgevoerd

Voor doelsturing is het van groot belang te kijken hoe breed impactvolle maatregelen worden gekozen. Om dit te kunnen beoordelen, is gekeken naar de meest impactvolle maatregelen (Figuur 5). Hieruit blijkt dat voor het beperken van nitraat naar grondwater (Figuur 5a) vooral langdurig grasland vaak wordt gekozen (cumulatief ~3.100 ha van ~14.000 ofwel ~23% in 2024). Het stoppen van bemesting op gras zou het meest effectief zijn, maar wordt slechts op ~200 ha (in 2024) toegepast.

Voor het beperken van stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater (Figuur 5b) worden vaak natte bufferstroken gekozen (~900 ha in 2024). Natuurvriendelijke oevers zouden nog effectiever zijn, maar worden nauwelijks gekozen. Het is onbekend waarom natuurvriendelijke oevers nauwelijks worden gekozen. Dit kan worden onderzocht door agrariërs te vragen wat voor hen de drempels zijn. Ook helofytenfilters bij bufferstroken zouden een sterke positieve impact kunnen hebben, maar worden ook nauwelijks gekozen. Het beperken van mais op natte gronden wordt in 2024 breder ingezet, op totaal ~230 ha.

Voor de verbetering van de waterbalans (Figuur 5c) is de rekenmethode in 2024 aangepast conform het waterconvenant Brabant. Het verhogen van de drainagebasis zou zeer effectief kunnen zijn, maar wordt slechts op ~200 ha (in 2024) toegepast. Zuiniger beregenen (~450 ha) en water vasthouden (~820 ha) worden wel relatief vaak gekozen in 2024.

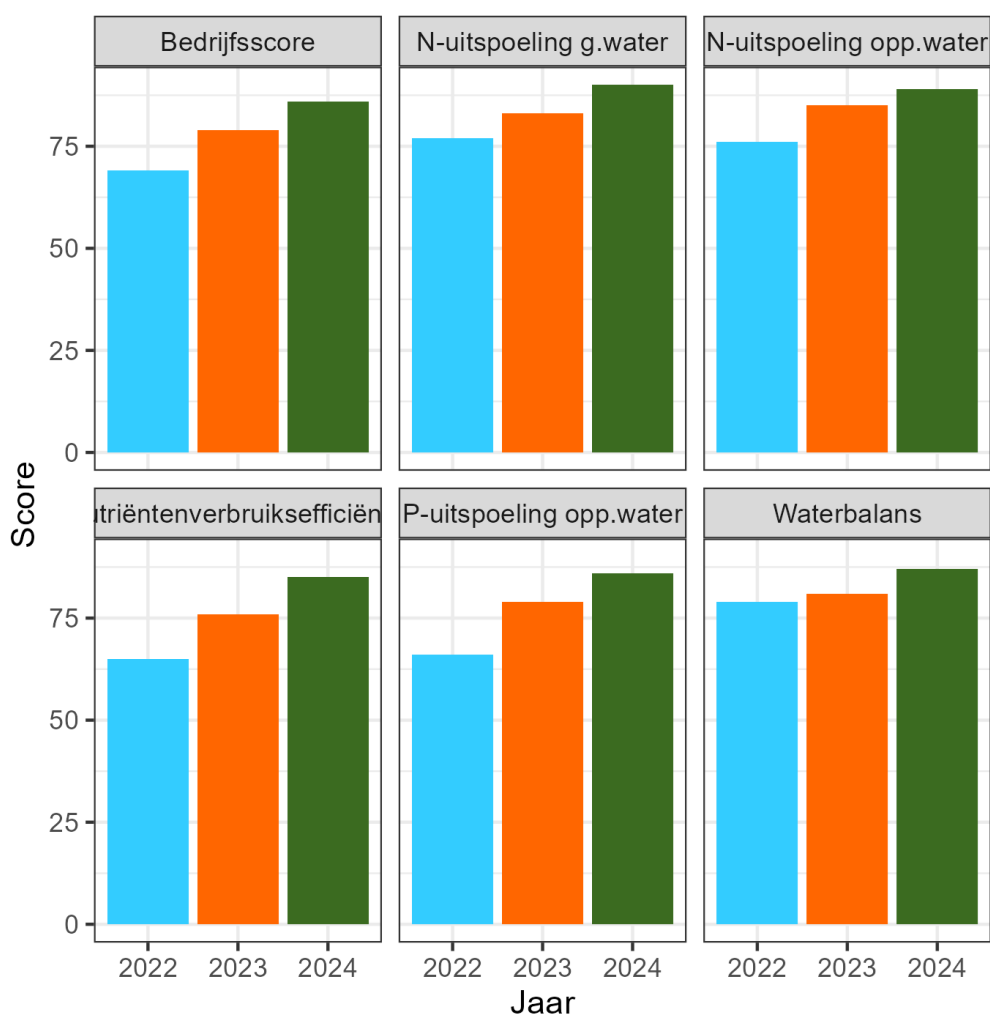
Op het totale aantal BodemUP deelnemende hectaren in Noord-Brabant (~14.000 ha) valt het op dat de meest impactvolle maatregelen niet dominant zijn. De meest impactvolle maatregelen brengen vaak hoge kosten en arbeidsintensiteit met zich mee (bijvoorbeeld stoppen met bemesting, aanleggen van filters of natuurvriendelijke oevers). Dit kan een indicatie zijn dat additionele middelen nodig zijn om agrariërs in staat te stellen hun milieueffect te verbeteren.



Figuur 5: Overzicht van hoe vaak de meest effectieve maatregelen worden gekozen in Noord-Brabant de afgelopen drie jaar uitgedrukt in areaal (ha) (aflopend effect van links naar rechts). Voor (a) nitraat naar grondwater (b) N naar oppervlaktewater en (c) verbeteren van de waterbalans

4.5 Jaarlijkse bedrijfsscore en KPI

Boeren kunnen maatregelen kiezen om hun percelen te verbeteren op (één van) de kritische prestatie indicatoren (KPI's). Er zijn vijf KPI's: stikstofuitspoeling naar grondwater, stikstofafspoeling naar oppervlaktewater, nutriëntenbenutting, fosfaatafspoeling naar oppervlaktewater en waterbalans. De waterbalansberekening is in 2014 aangepast conform de opdracht o.l.v. Waterschap Aa en Maas en het Brabantse Water convenant. De berekende bedrijfsscore wordt gemiddeld over alle KPI's. De BBWP scores binnen BodemUP zijn voor zowel de bedrijfsscore alsook alle individuele KPI's de afgelopen drie jaar gestegen (Figuur 6). Dit is ondanks een groter deelnemersaantal. Dit kan aan de locaties liggen (minder deelnemers in risicogebieden zoals grondwaterbeschermingsgebieden, dus minder lagere begin scores).



Figuur 6: Overzicht van BBWP Bedrijfsscores en Key Performance Indicators (KPI's), zoals N-uitspoeling naar grondwater, N-uitspoeling naar oppervlaktewater, Nutriëntenbenutting, P-uitspoeling naar oppervlakte water en de waterbalans.

5 B. Effectmonitoring – gebiedsdekkend

5.1 BBWP KPI's per perceel

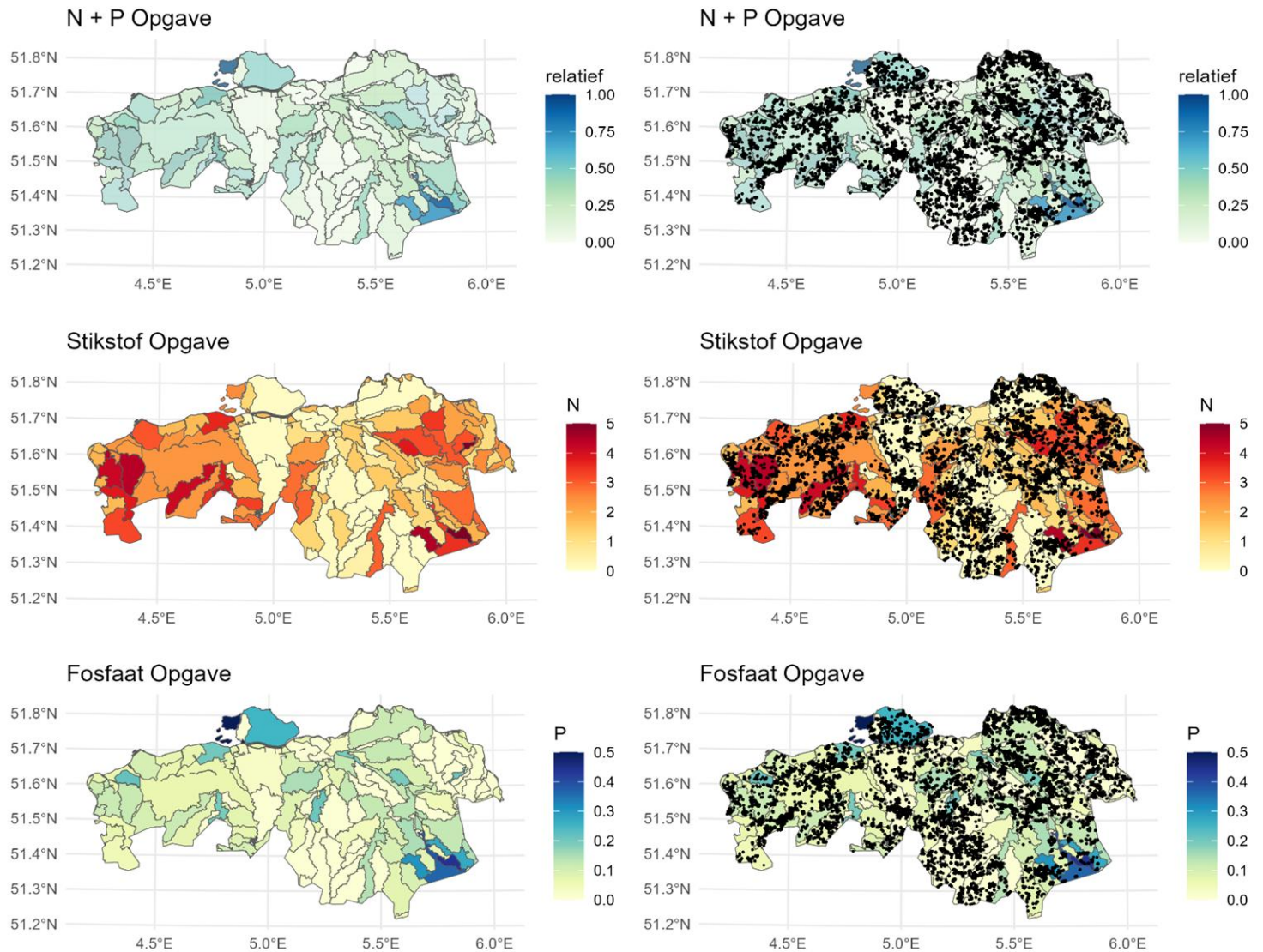
Risico-indicatoren (KPI) BedrijfsBodemWaterPlan

Met **risico** indicatoren worden belangrijke kansen in beeld gebracht waarmee de landbouw kan bijdragen aan schoner oppervlakte- en grondwater, een hogere nutriëntenbenutting (N- en P-mineralenefficiëntie), en een groter watervasthoudend en bufferend vermogen. **Dit wordt bepaald op perceelsniveau.** De perceelindicatoren worden geaggregeerd tot vijf verschillende **risico-indicatoren**. Hiervoor wordt een gewogen gemiddelde van de relevante perceelindicatoren gebruikt, waarbij indicatoren met een hoog risico sterker meetellen (Ros et al., 2020). Hieronder wordt per kansindicator toegelicht welke perceelindicatoren worden gebruikt:

1. Risico op afspoeling van fosfor naar oppervlaktewater: Gewogen gemiddelde van oppervlakkige afvoer, natte omtrek van het perceel, grondwatertrap, P-retentie, direct beschikbare fosfaat, P-verzadigingsgraad, en risico op ondergrondverdichting.
2. Risico op afspoeling van stikstof naar oppervlaktewater: Gewogen gemiddelde van oppervlakkige afvoer, natte omtrek van het perceel, grondwatertrap, N-gehalte in de bouwvoor, en risico op ondergrondverdichting.
3. Risico op uitspoeling van nitraat naar grondwater: Gewogen gemiddelde van uitspoelingsrisico (afhankelijk van grondsoort, landgebruik, en grondwatertrap) en N-leverend vermogen.
4. Risico op lage nutriëntenbenutting: Gewogen gemiddelde van opbrengstderving door droogte, N-leverend vermogen, en P-beschikbaarheid.
5. Risico op laag watervasthoudend en bufferend vermogen: Gewogen gemiddelde van potentiële waterberging in de bouwvoor en mogelijke droogte- en natschade.

Opgaven gebied

De ingeschatte kansindicatoren worden vervolgens beoordeeld in het licht van de aanwezige gebiedsopgave. Op dat moment praten we dan ook over een kans om bij te dragen aan een duurzaam bodem- en watersysteem. Dit betekent concreet dat in gebieden met een grote gebiedsopgave meer maatregelen gewenst zijn, en idem dito ook voor percelen met een groot risico. De opgave kaarten worden getoond in Figuur 7 (links). Daarnaast wordt in Figuur 7 (rechts) bovenop de opgaven de BodemUP BedrijfsBodemWaterPlan van de deelnemende locaties getoond. De locaties zijn goed verspreid, ook over gebieden met een relatief hoge opgave.



Figuur 7: Overzicht van nutriëntenopgave (links) voor stikstof en fosfaat gecombineerd, voor stikstof en voor fosfaat. Rechts zijn dezelfde figuren met als geanonimiseerde en niet-herleidbare punten de BodemUP deelnemende velden. De deelnemende locaties zijn goed verdeeld over de regio, ook in de gebieden met de hoge opgaven. De gebieden zonder BodemUP deelnemers overlappen met stedelijke zones (b.v. Eindhoven) waar geen landbouw mogelijk is.

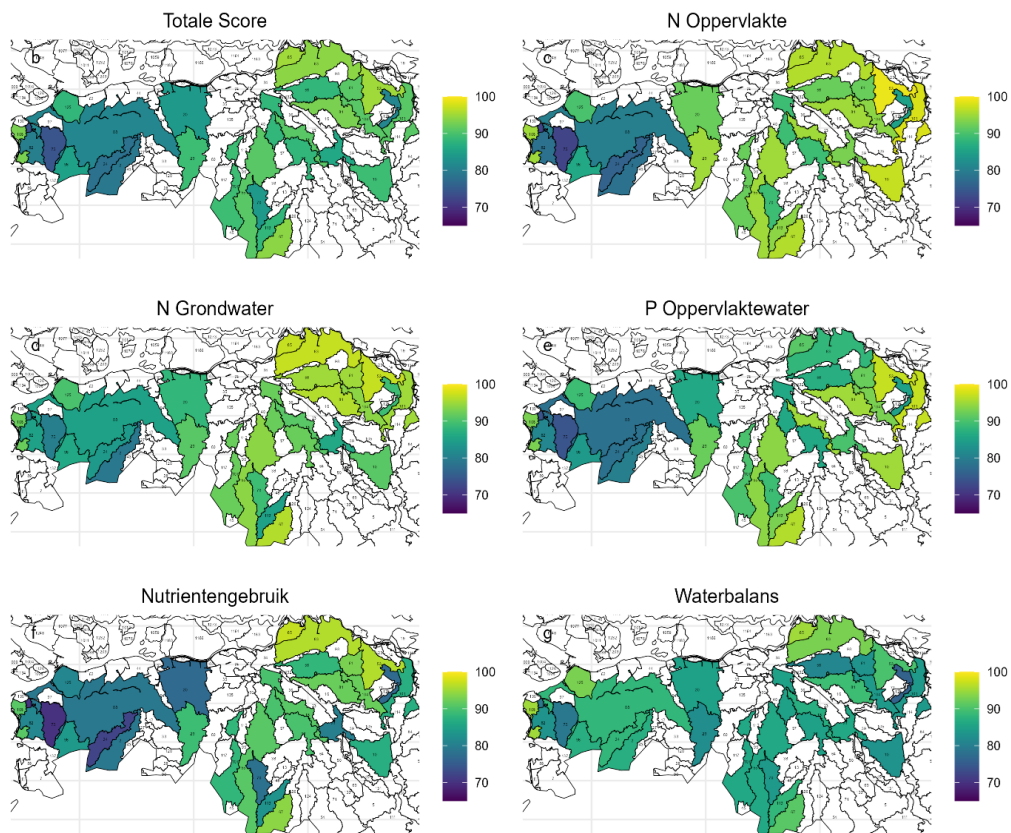
Maatregelen

Door maatregelen te nemen kan de bodemkwaliteit worden verbeterd en daarmee het watervasthoudend vermogen en het bufferend vermogen van de bodem. Hiermee daalt het risico op stikstof- en fosfor-verliezen naar grond- en oppervlaktewater. De maatregelen gekozen door de BBWP deelnemers kunnen de risico's op nutriëntenverliezen verlagen.

Scores KPI's Noord-Brabant BodemUP deelnemers

De KPI's van de percelen zijn samengevat op het gebied van Local Surface Water (LSW), en worden getoond als er meer dan tien deelnemers per LSW zijn. De BBWP score per KPI score per perceel (Totaal, N oppervlaktewater, N grondwater, P oppervlaktewater, nutriënten efficiëntie en waterbalans) worden getoond in Figuur 8. Deze laten zien als eerste dat (1) een aantal van de

LSW <10 deelnemers hebben, (2) over algemeen een 'voldoende' of hoger wordt gescoord, met name in het noordoosten van Noord-Brabant. In Appendix B zijn alle kaarten in interactieve html vorm te vinden.



Figuur 8: Overzicht van BBWP Totale score en KPI's in het gebied van Noord-Brabant. Als Brabantse LSW leeg zijn, dan zijn er minder dan 10 deelnemers in dat gebied.

5.2 Bepaling Bodemvitaliteit op basis van bestaande data

In deze sectie wordt uitgelegd waarom en hoe de bodemkwaliteitsindicatoren voor BodemUP deelnemers zijn berekend en welke waarde ze hebben.

Bodemkwaliteitsindicatoren

De bodem vormt de basis van een agrarisch bedrijf en is de motor van een gezonde en productieve landbouw. Een goede bodemkwaliteit en -vruchtbaarheid is echter niet vanzelfsprekend. Er is een toenemende vraag naar uitbreiding van de diensten die bodems kunnen leveren aan de kwaliteit van de leefomgeving. Steeds meer maatschappelijke en economische uitdagingen worden vertaald naar richtlijnen voor duurzaam bodembeheer (Ros et al., 2022).

Om de kwaliteit van landbouwbodems voor de toekomst te waarborgen en duurzaam bodembeheer te stimuleren is door een breed consortium de Open BodemIndex (OBI) ontwikkeld. De OBI beoordeelt de kwaliteit van landbouwbodems integraal, inclusief chemische (leveren en bufferen van nutriënten), fysische (beworteling en waterbeschikbaarheid), en biologische (ziektewerendheid en microbiële activiteit) bodemfuncties, evenals bodembeheer en mogelijke stikstofverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Elke bodemfunctie wordt beoordeeld op een schaal van nul tot één (0-1), wat aangeeft in welke mate de bodemkwaliteit optimaal is voor het gewenste landgebruik (Ros et al., 2022). De OBI is ontwikkeld door een consortium van kennisinstellingen en bedrijven, in nauwe samenwerking met boeren, bodemexperts en wetenschappers. De OBI onderscheidt zich door het open karakter: iedereen krijgt inzicht in de rekenregels en kan bijdragen via de [website](#) en [GitHub](#). Ook is het wetenschappelijk gepubliceerd in een toonaangevend internationaal [wetenschappelijk blad](#).

De recent gepubliceerde Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN 2.0) worden ook meegenomen in deze rapportage (Ros et al., 2023). Terwijl de OBI zich richt op het behoud van bodemkwaliteit voor agrarische productie, legt BLN 2.0 meer nadruk op andere bodemecosysteemdiensten zoals waterregulatie, klimaatbeheersing, nutriëntenkringlopen en biodiversiteit. BLN 2.0 is een uitbreiding van de OBI en ontstond in 2023 door een fusie van BLN 1.0 met de OBI. De hernieuwde berekeningen van BLN zijn ook meegenomen in deze rapportage.

Definitie en input bodemkwaliteitsbepaling

Binnen de Open BodemIndex (OBI) wordt bodemkwaliteit gedefinieerd als "de capaciteit van de bodem om als een vitaal levend systeem te functioneren, binnen de grenzen van het ecosysteem en het landgebruik, om de productiviteit van planten en dieren te behouden of te verbeteren, de water- en luchtkwaliteit te verhogen, en de gezondheid van planten en dieren te bevorderen." De huidige versie van de OBI (3.0.1) richt zich vooral op de landbouwkundige functies van de bodem (Verweij et al., 2023; Ros et al., 2022). Dit omvat het leveren en bufferen van nutriënten, het

faciliteren van beworteling, het leveren en bufferen van water, en het kwantificeren van de rol van het bodemleven.

De OBI gebruikt de volgende gegevens:

- Meetbare bodemkenmerken (zoals laboratoriumuitslagen van grondmonsters)
- Bodemeigenschappen (bodemtype, voorspelde koolstofpercentage)
- Locatiekenmerken (zoals grondwatertrap, helling, aanwezigheid van drainage)

De rekenregels voor de waardering van de bodemkwaliteit zijn gebaseerd op fundamenteel en praktijkonderzoek. Dit betekent dat de OBI voortbouwt op kennis ontwikkeld aan universiteiten en op de expertise die adviseurs gebruiken voor bodembeheer- en bemestingsplannen.

5.3 Score en bodemkwaliteit BodemUP deelnemers

De BodemUP deelnemersgroep scoort gemiddeld ruim voldoende voor bodemkwaliteit: de score voor chemie is voor BodemUP populatie is gemiddeld 0.78 met een range van 0.33-0.99. voor structuur is het gemiddelde 0.79, voor biologie en milieu tussen respectievelijk 0.90 en 0.83. De scores van de BodemUP deelnemers overlappen grotendeels met de score over de gehele provincie Noord-Brabant (Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht bodemkwaliteitseigenschappen BodemUP deelnemers en gehele gebied Noord-Brabant.

	chemie	structuur	biologisch	milieu	Totaal	Organische stof (%)	Verdichtingsrisico	Watervast houdend vermogen
BodemUP deelnemers								
range	0.33 0.99	0.33 0.97	0.29 1	0.16 0.99	0.57 0.93	1.85 33.46	0.2 1	0.70 0.96
mediaan	0.77	0.8	0.94	0.88	0.82	4.32	0.40	0.78
gemiddelde	0.78	0.79	0.90	0.83	0.81	4.70	0.47	0.79
standaard deviatie	0.076	0.089	0.11	0.17	0.044	1.71	0.18	0.047
Noord-Brabant populatie								
range	0.23 1	0.33 0.98	0.22 1	0.040 0.90	0.52 0.97	1.40 41.71	0.2 1	0.69 0.99
mediaan	0.77	0.81	0.94	0.88	0.81	4.33	0.4	0.77
gemiddelde	0.78	0.79	0.90	0.83	0.81	4.75	0.49	0.79
standaard deviatie	0.084	0.088	0.11	0.171	0.047	1.85	0.19	0.046

5.4 Bepaling Representativiteit BodemUP versus Noord-Brabant

In dit hoofdstuk is gekeken naar de representativiteit van BodemUP deelnemers t.o.v. de gehele provincie, op het gebied van bodemeigenschappen, bodemtype, gewas-soort en grondwatertrappen.

Representativiteit Bodemkwaliteit

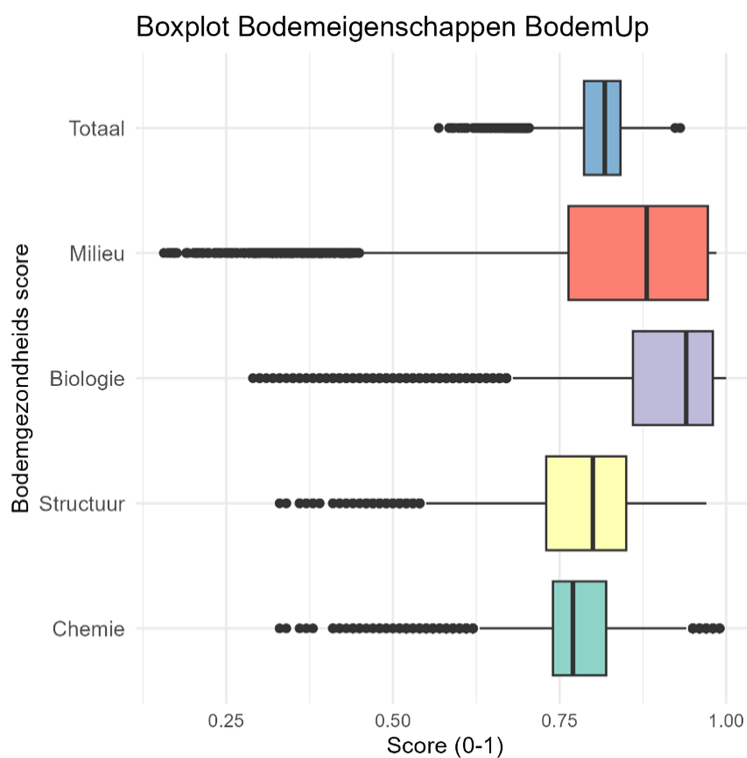
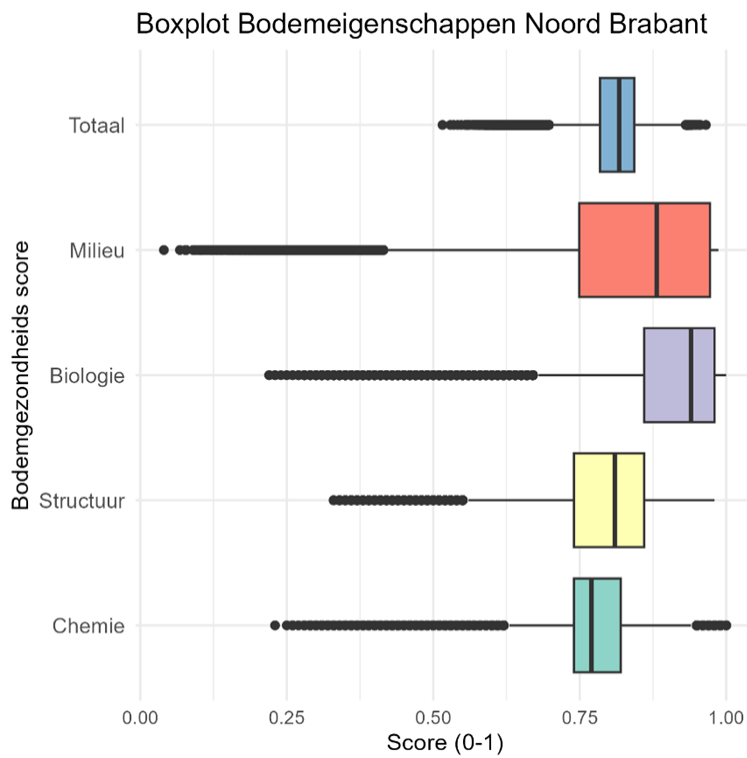
Om te bepalen of de BodemUP-populatie representatief is voor de gehele populatie in Noord-Brabant, zijn statistische tests uitgevoerd. Met de t-test is onderzocht of de populaties statistisch significant van elkaar afwijken. Voor de bodemgezondheidsindicatoren biologie en totale bodemgezondheid zijn er geen significante verschillen tussen de BodemUP-deelnemers en de provincie als geheel. Voor de andere indicatoren is er echter een klein, maar statistisch significant verschil (met p-waarden kleiner dan 0.02 voor deze indicatoren; zie Appendix C voor details). Voor de indicatoren chemie, milieu en waterretentievermogen scoren de BodemUP-deelnemers iets hoger dan de gehele Noord-Brabantse populatie. Daarentegen scoren de BodemUP-deelnemers voor de indicatoren structuur, organische stof en verdichtingsrisico iets lager.

De BodemUP-deelnemers vertegenwoordigen ongeveer 6% van het totale oppervlak van Noord-Brabant.

Representativiteit Bodemeigenschappen

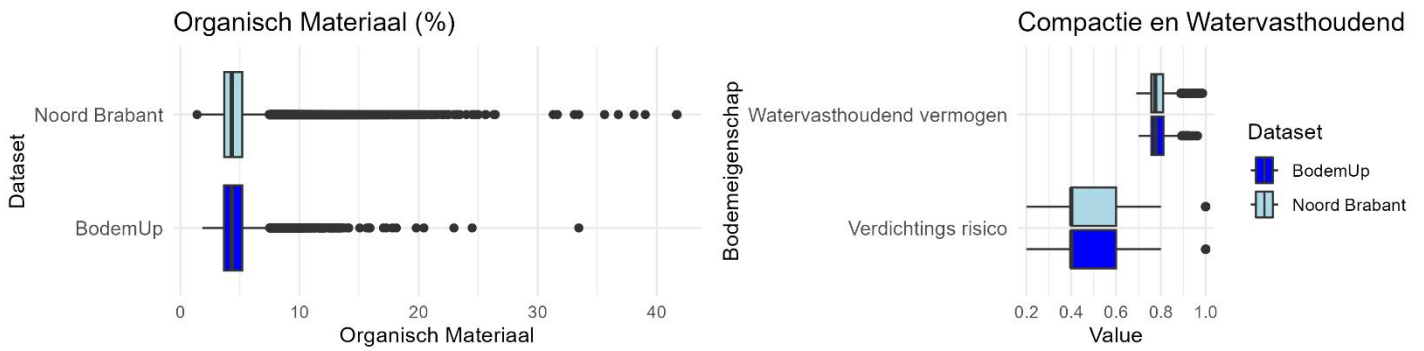
De BodemUP deelnemers zijn wat betreft bodemtype, gewassoort en grondwaterstand representatief voor alle agrariërs in Noord-Brabant (Figuur 9 – Figuur 12). We zien een kleine over-representatie van akkerbouw, mais en onder-representatie van grasland en natuur als landbouwkundige hoofdfunctie.

Een grondwatertrap geeft een indicatie van de absolute grondwaterstand en de fluctuaties daarin. De trappen zijn gedefinieerd op basis van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (vaak afgekort als GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De GHG geeft een indicatie van de grondwaterstand in de winter over een langere periode. Daarentegen geeft de GLG een indicatie van de grondwaterstanden in de zomer. Grondwatertrappen worden aangegeven met Romeinse cijfers, waarbij een hoger getal aangeeft dat het grondwater overwegend dieper onder het maaiveld staat.



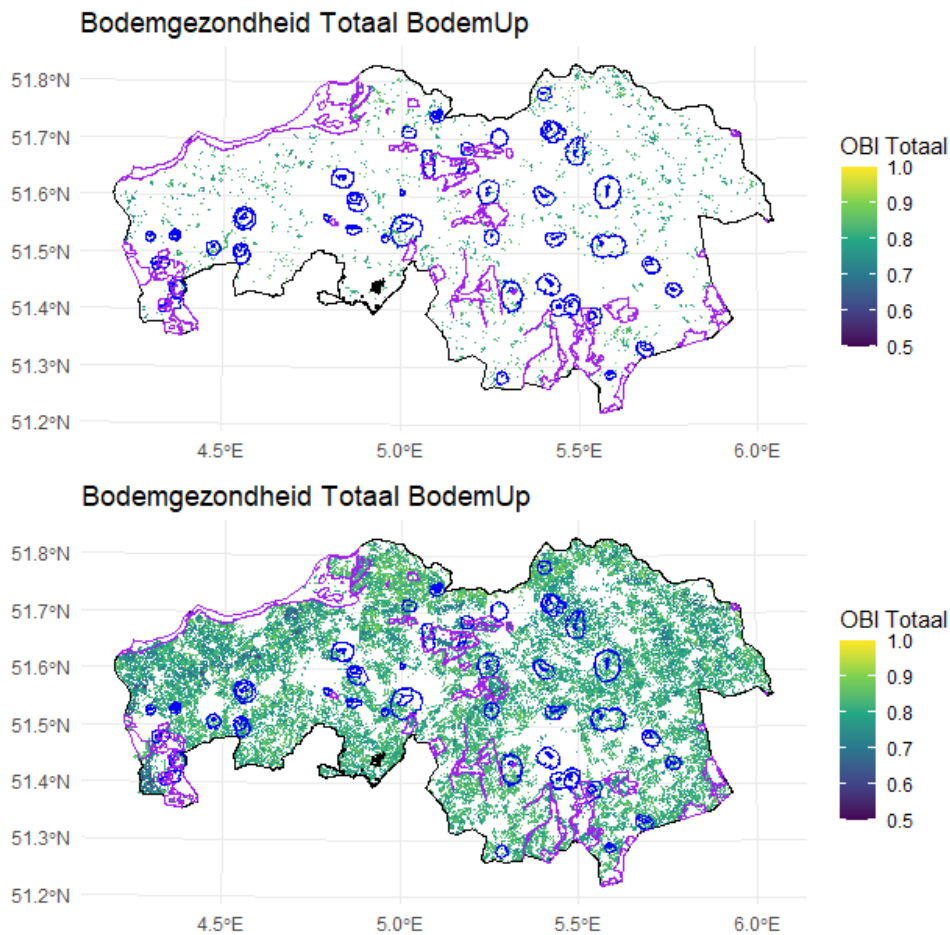
Figuur 9: Bodemgezondheidsindicatoren van Noord-Brabant (boven) als geheel en BodemUP deelnemers (onder). De spreidingen komen sterk overeen. De totaalscore is een gewogen gemiddelde van de vijf andere scores.

In een boxplot wordt de mediaan aangeven door de zwarte lijn in de boxplot, de box zelf vertegenwoordigt 50% van de data tussen Q1 en Q3, de whiskers (zwarte lijn) zijn 1,5* interquartile range. Alles buiten de box en zwarte lijnen zijn outliers.

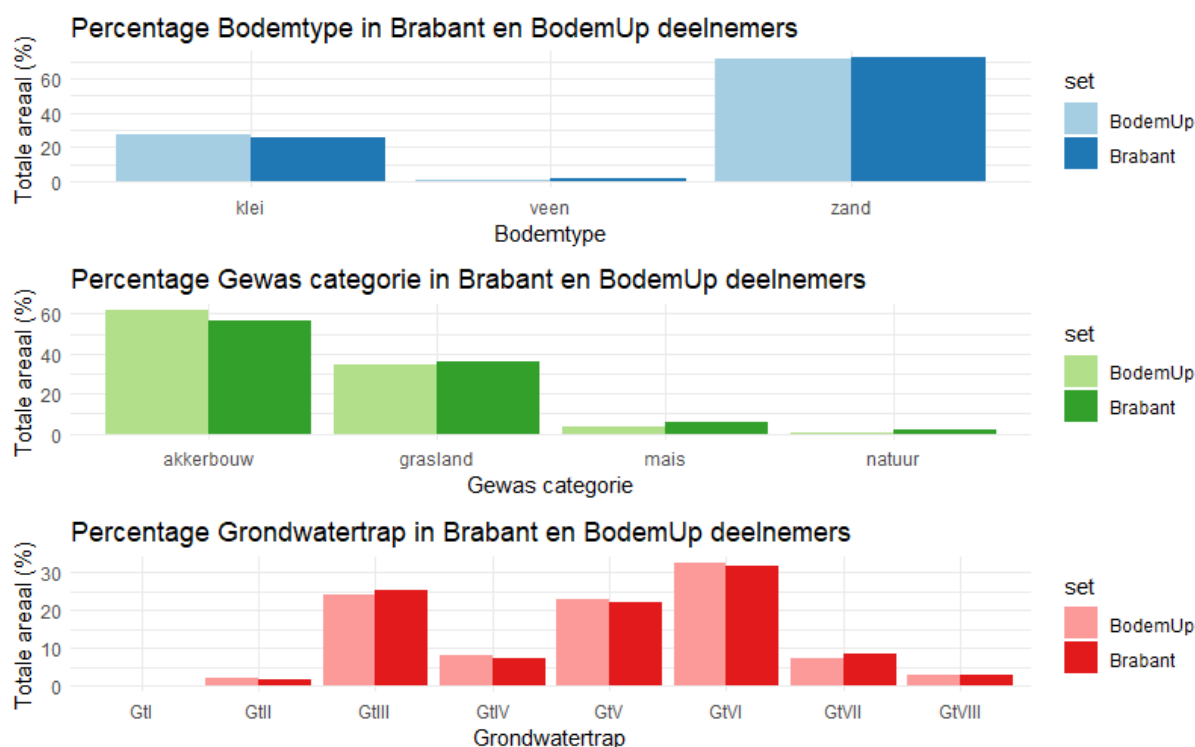


Figuur 10: Bodemkwaliteitsindicatoren van Noord-Brabant (boven) als geheel en BodemUP deelnemers (onder). De spreidingen komen sterk overeen.

In een boxplot wordt de mediaan aangeven door de zwarte lijn in de boxplot, de box zelf vertegenwoordigt 50% van de data tussen Q1 en Q3, de whiskers (zwarte lijn) zijn 1,5* interquartile range. Alles buiten de box en zwarte lijnen zijn outliers.



Figuur 11: Bodem kwaliteitsindicator totaal van Noord-Brabant als geheel (boven) en BodemUP deelnemers (onder). De blauwe arcering is grondwaterbeschermingsgebied en paars is natura 2000 gebied. De scores overlappen grotendeels, er is geen positieve of negatieve bias van de BodemUP populatie.

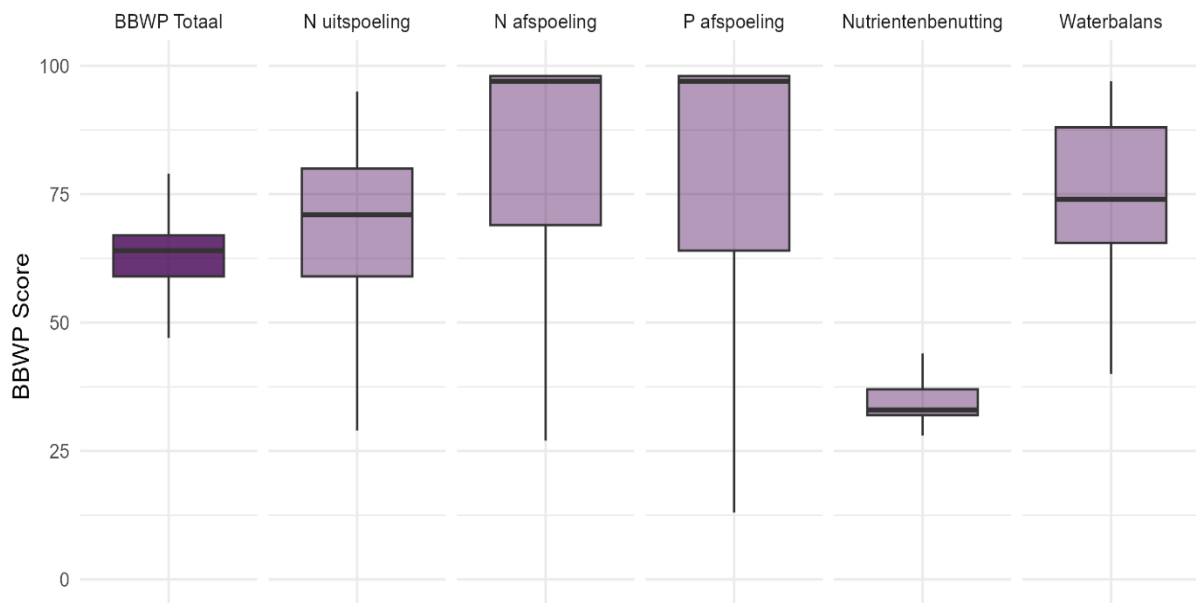


Figuur 12: Analyse representativiteit van sectoren en bodemtypes binnen heel Noord-Brabant (links) en de BodemUP deelnemers (rechts).

5.5 Bepaling Impact BodemUP maatregelen

In deze sectie wordt onderzocht welke impact (i) geen maatregelen versus (ii) BodemUP-maatregelen hebben. Hieruit kunnen we bepalen welke positieve effecten BodemUP heeft voor milieudoelen in Noord-Brabant. Dit gebeurt voor heel Noord-Brabant, met een extra focus op kwetsbare gebieden zoals grondwaterbeschermingsgebieden, de attentiezone voor waterhuishouding en Natura 2000-gebieden. Vanwege privacybeperkingen is de totale BBWP-deelname in de provincie Noord-Brabant vanaf de start van BBWP tot januari 2025 meegenomen. Hierdoor kunnen de totale aantallen hoger zijn dan de analyses voor alleen het jaar 2024. Om privacyredenen zijn er geen tijdstempels of namen bij de locatie- en maatregelgegevens opgenomen. De beschikbare informatie bestaat uit unieke veldidentificaties en de bijbehorende maatregelen per veld die deelnemers hebben gekozen. Hier hebben we geen onderscheid gemaakt tussen geplande en gerealiseerde maatregelen. Er is een datareiniging uitgevoerd door duplicaten te verwijderen. Deze analyse biedt dus een totaalbeeld van de BodemUP-deelnemers, steeds geaggregeerd in de gewenste gebieden.

BBWP scores zonder BodemUP Maatregelen

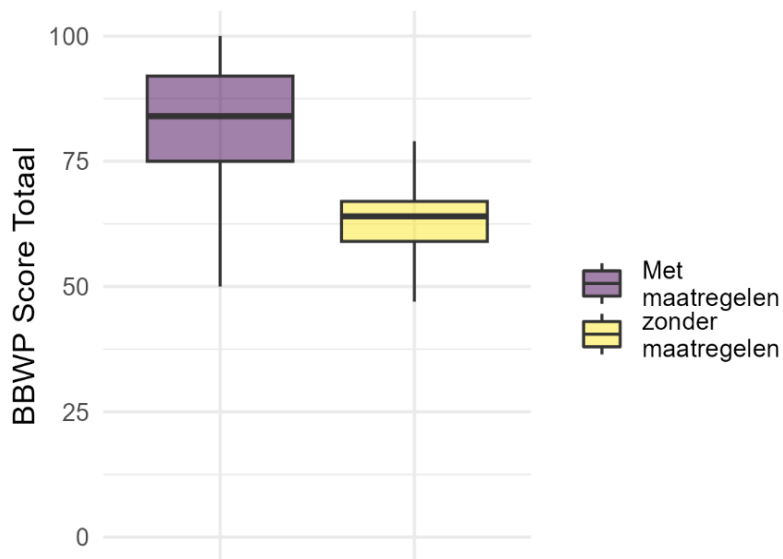


Figuur 13: BBWP scores van BodemUP deelnemers waarvoor gegevens van maatregelen beschikbaar zijn. Scores worden weergegeven voor de totaalscore (uiterst links), evenals vijf onderliggende subscores. De totaalscore is een gewogen gemiddelde van de vijf subscores.

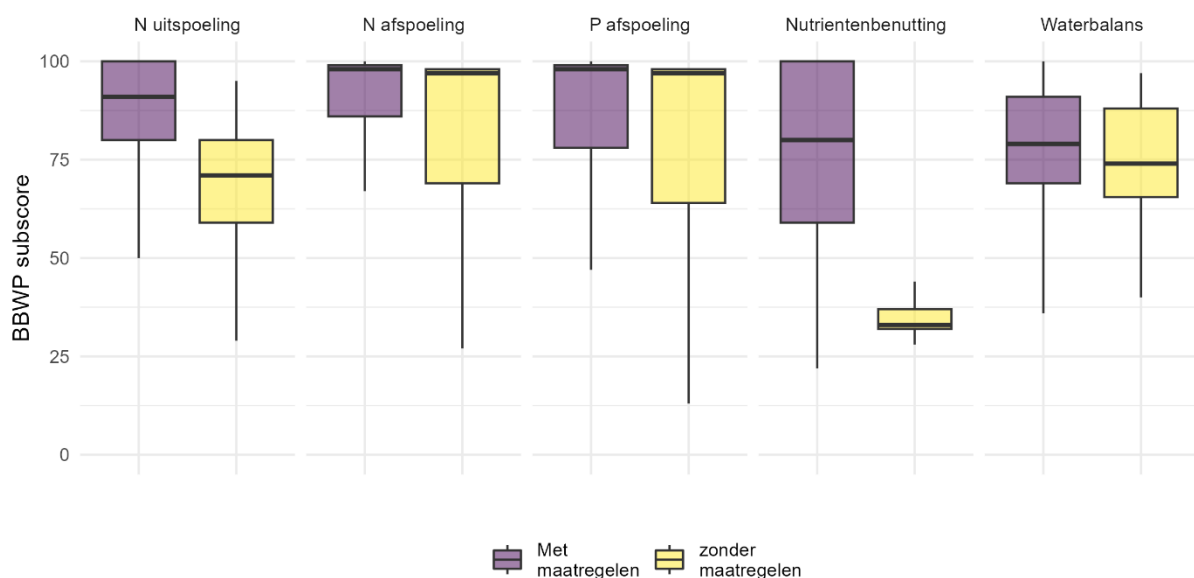
De totaalscore van BBWP van de 5063 BodemUP-percelen was gemiddeld 63 (Figuur 13). Dit betekent dat er nog veel ruimte is voor verbetering door het nemen van maatregelen. De subscores voor N-uitspoeling en P-uitspoeling waren over het algemeen goed, met een gemiddelde van 97 voor beide subscores, hoewel de variatie tussen de percelen groot was. De subscores voor N-uitspoeling en waterbalans waren iets lager, met een gemiddelde van respectievelijk 71 en 74. De subscore voor nutriëntenbenuttingsefficiëntie was het laagst, met een gemiddelde van 33. De lage score voor nutriëntenbenutting komt vooral door de hoge beschikbaarheid van nutriënten (met name P) in de bodem. Dit leidt tot het risico dat toegevoegde nutriënten via bemesting mogelijk niet efficiënt door gewassen worden benut. De risico's op N-uitspoeling en N-afspoeling hangen samen met bodemkenmerken, zoals bodemverdichting. Daarnaast speelt voor uitspoeling ook het stikstof leverend vermogen van de bodem een rol, terwijl voor de afspoeling ook de helling en verbinding met het omliggende oppervlaktewater een rol speelt.

BBWP scores met BodemUP Maatregelen

De BBWP totaalscore werd berekend op basis van de door de gebruiker gekozen maatregelen. Het aantal geselecteerde maatregelen verschilde per deelnemer en varieerde van 1 tot 17, met een mediaan van 4 maatregelen. Gemiddeld genomen verbeterden de BBWP-scores dankzij de genomen maatregelen van 64 naar 84 (Figuur 14).



Figuur 14: BBWP totaalscore zonder maatregelen en met gekozen maatregelen door de BodemUP deelnemers. Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

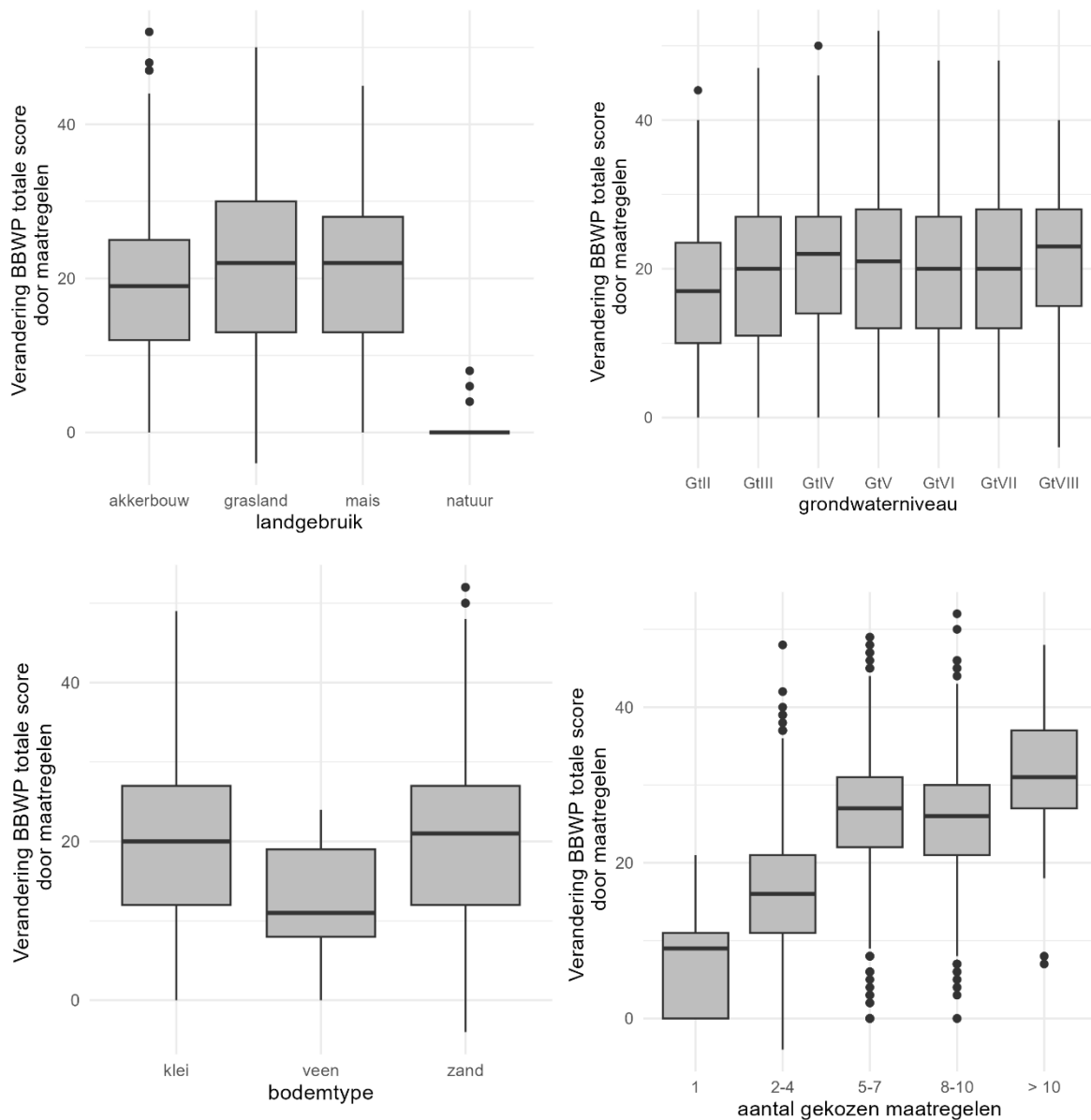


Figuur 15: BBWP subscores zonder maatregelen en met gekozen maatregelen door de BodemUP deelnemers. Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

De totaalscore van BBWP is berekend op basis van 5 subscores. De grootste verbetering in de BBWP-subscores als gevolg van maatregelen is te zien bij de nutriëntenbenutting, gemiddeld van 33 naar 80 (Figuur 15). Ook de N uitspoeling werd aanzienlijk verbeterd, van 71 naar 91.

De verbetering van de totaalscore van BBWP door maatregelen was iets groter voor grasland en maïs dan voor akkerland (Figuur 16 linksboven), hoewel het verschil klein was. Natuur maakt slechts 0,6% van alle percelen uit en de verbetering door maatregelen was klein. De verbetering van de BBWP-score door maatregelen was iets groter op droge percelen dan op natte percelen

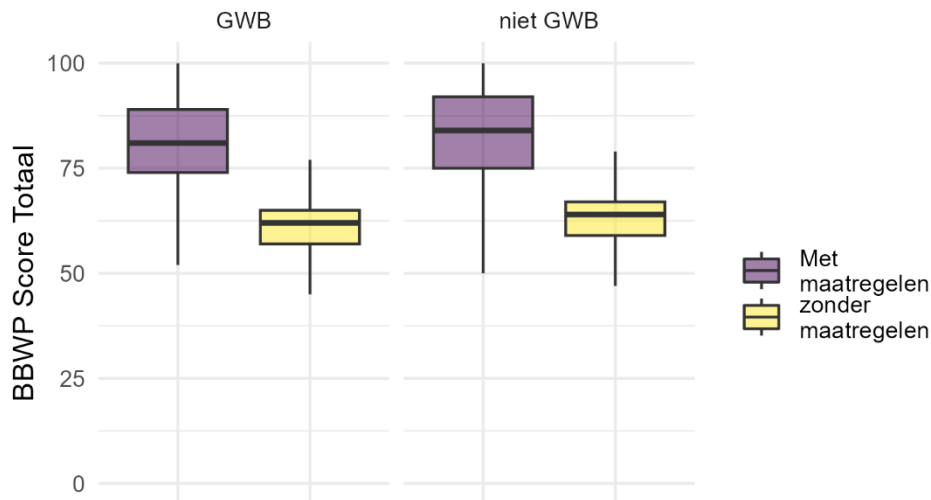
(Figuur 16 rechtsboven). De kleinste verbetering werd waargenomen op veenpercelen in vergelijking met zand- en kleigronden (Figuur 16 linksonder). De meeste veenpercelen pasten slechts één of enkele maatregelen toe, waarschijnlijk omdat er minder geschikte maatregelen beschikbaar zijn voor veengronden. Dit suggereert dat het relatief moeilijker is om passende maatregelen te kiezen voor veenpercelen. Tot slot nam de verbetering van de BBWP-score toe naarmate er meer maatregelen werden gekozen (Figuur 16 rechtsonder), maar bij meer dan vijf maatregelen bleef de scoreverbetering beperkt.



Figuur 16: Veranderingen in BBWP totaalscores door gekozen maatregelen, afzonderlijk weergegeven voor verschillend landgebruik (linksboven), grondwaterstand (rechtsboven), bodemtype (linksonder) en aantal gekozen maatregelen (rechtsonder). Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

Grondwater beschermingsgebieden

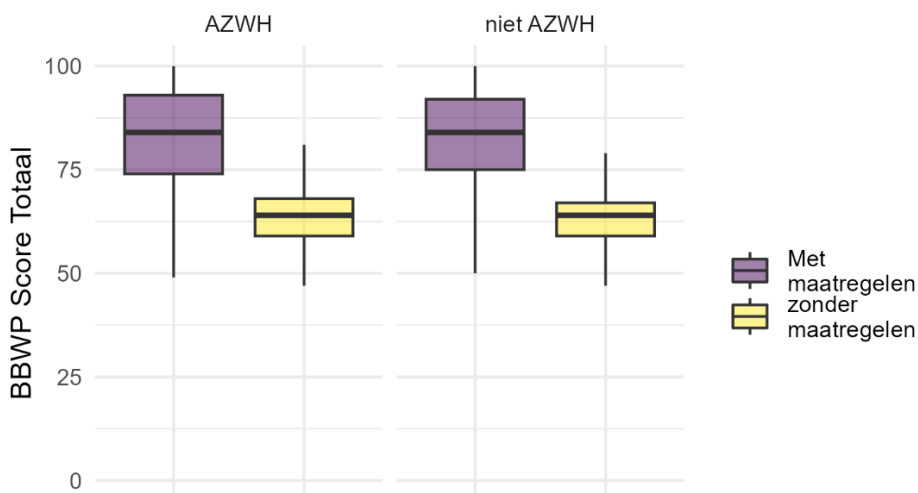
7% van de percelen ligt in een GWB-gebied. De BBWP-scores zijn vergelijkbaar tussen percelen binnen GWB-gebieden (mediaan 62) en buiten GWB-gebieden (mediaan 64) wanneer er geen maatregelen worden genomen (Figuur 17). Wanneer er wél maatregelen worden toegepast, verbeteren de totale BBWP-scores op vergelijkbare wijze voor zowel GWB-gebieden (81) als niet-GWB-gebieden (84).



Figuur 17: BBWP totaalscores van percelen binnen grondwaterbeschermingsgebieden (N=379) en buiten grondwaterbeschermingsgebieden (N=4684), met en zonder gekozen maatregelen. Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

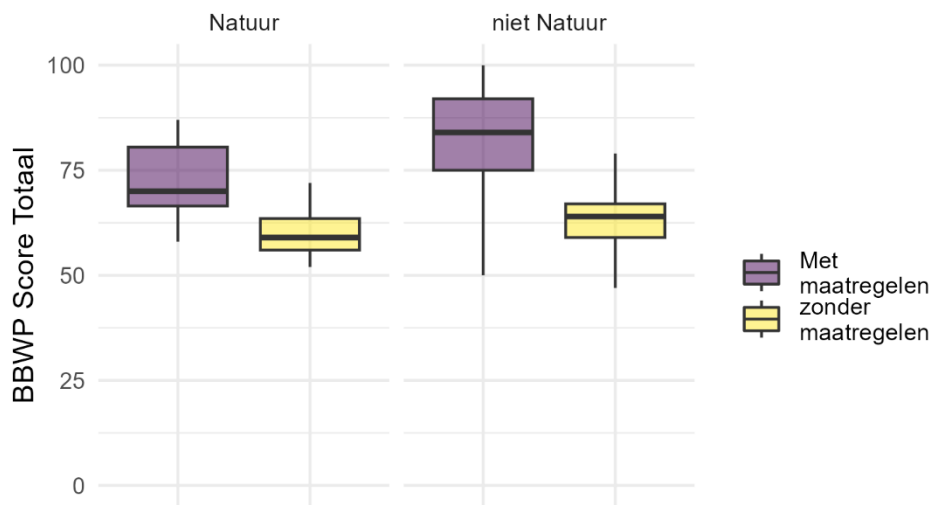
Attentiegebieden waterhuishouding

Ongeveer 20% van de percelen (N=1012) bevindt zich in een attentiegebieden waterhuishouding (AZWH). De BBWP-scores zijn vergelijkbaar tussen AZWH-gebieden (mediaan 64) en niet-AZWH-gebieden (mediaan 64) wanneer er geen maatregelen worden genomen (Figuur 18). Wanneer er wel maatregelen worden toegepast, verbeteren de totale BBWP-scores op vergelijkbare wijze, met een gemiddelde score van 84 voor zowel AZWH- als niet-AZWH-gebieden.



Figuur 18: BBWP totaalscores van percelen binnen attentiegebieden waterhuishouding (N=1012) en buiten attentiegebieden waterhuishouding (N=4051), met en zonder gekozen maatregelen. Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

Natura 2000



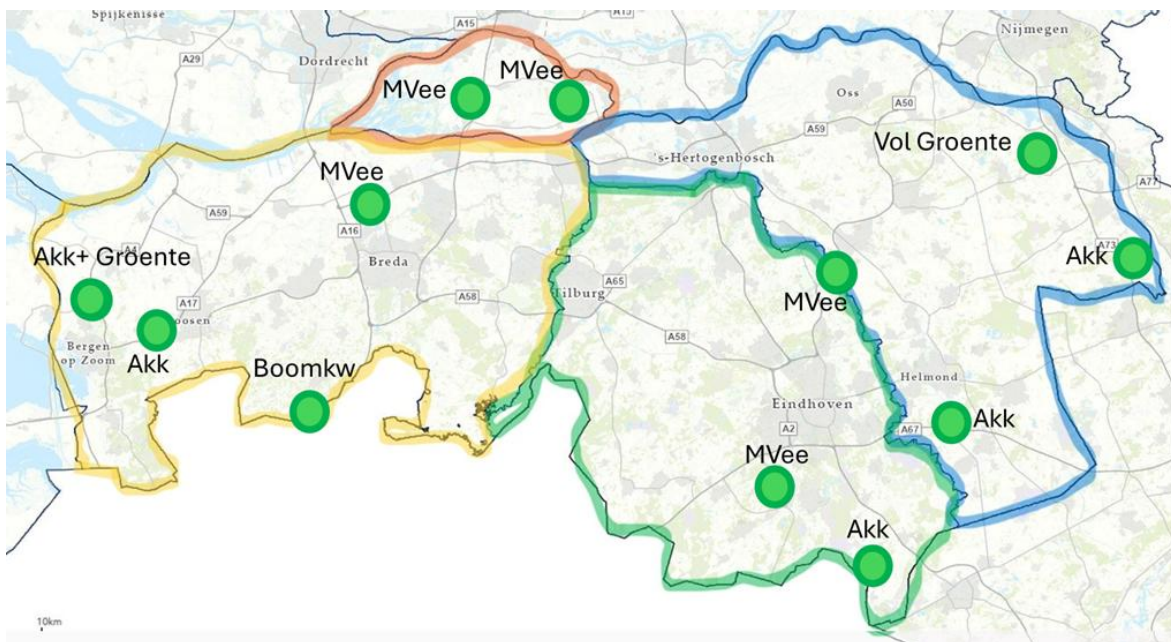
Figuur 19: BBWP totaalscores van percelen binnen Natura 2000 gebieden (N=27) en buiten Natura 2000 gebieden (N=5036), met en zonder gekozen maatregelen. Box staat voor de mediaan, 25e percentiel en 75e percentiel.

Slechts 0.5% van de percelen liggen in een Natura 2000-gebied en daarom kunnen we geen robuuste vergelijking maken tussen velden binnen en buiten het Natura 2000-gebied. De totale BBWP-score in natuurgebieden (mediaan 59) is iets lager dan in niet-natuurgebieden (mediaan 64) (Figuur 19). De scores van percelen binnen natura 2000-gebieden zijn niet veel verbeterd na het nemen van maatregelen.

6 C. Effectmonitoring – Demobedrijven

6.1 Overzicht demobedrijven en maatregelen

In 2024 hebben we 12 bedrijven geworven voor de demo's (met in totaal 14 demo's). Figuur 20 toont de ligging van de demobedrijven verdeeld over de waterschapsgebieden in Noord-Brabant, met daarbij aangegeven om welk soort bedrijf het gaat. De percelen van de demobedrijven liggen niet in een grondwaterbeschermingsgebied. Van de 12 zijn er 5 melkveebedrijven, 5 akkerbouw bedrijven, 1 vollegronds groenteteler en 1 boomkweker. De demobedrijven liggen verspreid over de vier Noord-Brabantse waterschappen. Bij elf demo's zijn er metingen uitgevoerd voor bodemvitaliteit (zie Tabel 2) en er zijn in totaal negen demo's gestart. De overige bedrijven worden begin 2025 bemonsterd en hier worden de demo's in 2025 gestart. In de gesprekken op de demobedrijven kwamen verschillende uitdagingen en interesses ter sprake. Thema's die hierbij veel terugkwamen waren: organische stofbeheer, achteruitgang van de bodemvitaliteit, verdichting, problemen met waterhuishouding (2024 had een erg nat voorjaar), en bodembewerking. Op basis van de uitdagingen en interesses zijn verschillende maatregelen geselecteerd en uitgevoerd (zie Tabel 2). Deze maatregelen zijn anders bemesten (met compost of bokashi) (5x), niet-kerende grondbewerking (2x), diepwoelen (1x), groenbemesters (2x), bodemverbeteraars zoals compostthee (1x), en bufferstrook langs de sloot (1x). Appendix E toont de bedrijfsprofielen voor de demobedrijven.



Figuur 20: Kaart met demobedrijven. De letters geven het type bedrijf weer (Akk=akkerbouw, Groente=vollegronds groenteteelt, MVee= melkveebedrijf, Boomkw= boomkwekerij).

Tabel 2: Samenvatting van de elf demo's, met kenmerken en toegepaste maatregel.

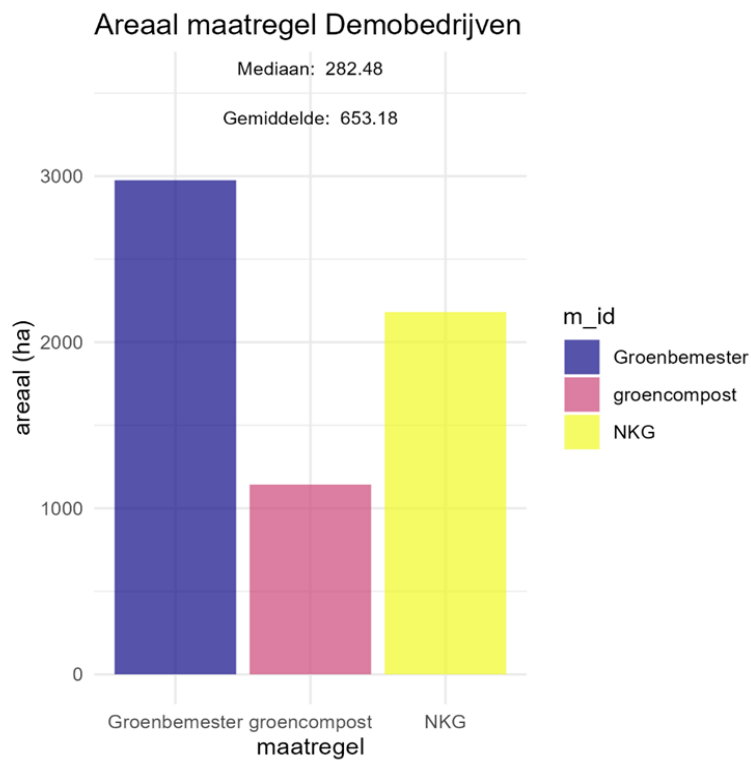
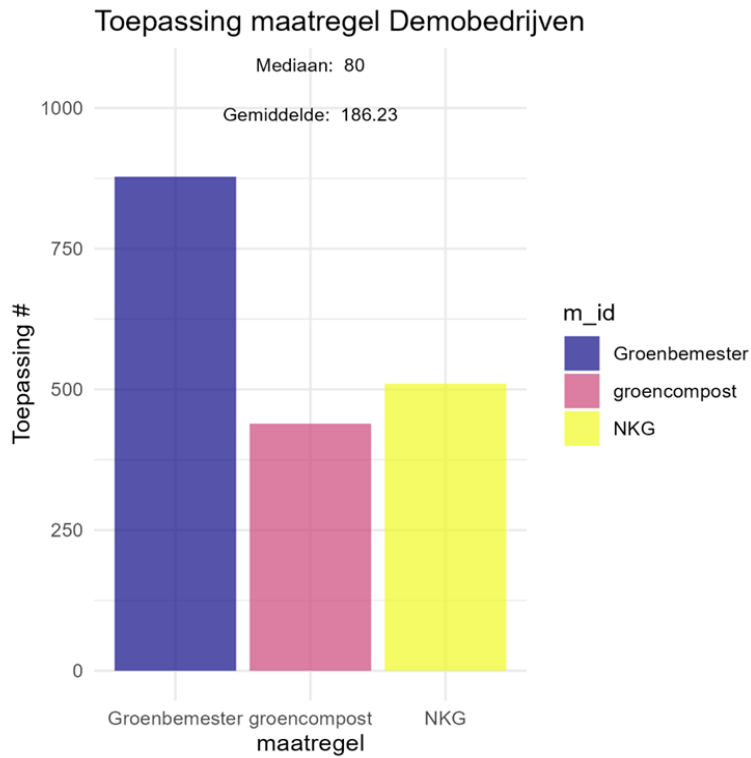
Nr demo	Waterschap	Sector	Bodemtype	Maatregel	Gewas 2024
1	Brabantse Delta	Akkerbouw	zand	Bemesten met groencompost	Cichorei
2	Brabantse Delta	Akkerbouw	zand	Niet-kerend grondgebruik	Bieten
3	Brabantse Delta	Akkerbouw / Groente	lichte klei	Groenbemester	Aardappelen
4	Brabantse Delta	Melkveehouderij	lichte zavel	Bemesten met groencompost	Snijmaïs
5	De Dommel	Melkveehouderij	zand	Bemesten met groencompost	Snijmaïs
6	Aa en Maas	Akkerbouw / Groente	lichte zavel	Bemesten met groencompost	Knolselderij/ erwten/peulen
7	Aa en Maas	Akkerbouw / Groente	lichte zavel	Bufferstrook zonder bemesting	Agrarisch natuurmengsel
8	De Dommel	Akkerbouw	zand	Niet-kerend grondgebruik	Aardappelen
9	Aa en Maas	Akkerbouw	zand	Bemesten met Bokashi	Suikerbieten
10	Brabantse Delta	Boomkwekerij	zand	Diepwoelen en groenbemesters tegen verdichting	Groenbemester sorghum en gras, daarna eikenbomen
11	Rivierenland	Melkveehouderij	zware zavel	Bodemverbeteraars	Grasland

6.2 Demobedrijven versus gebiedsdekkend: hoe representatief zijn de demo's?

De BodemUP 2.0 Demobedrijven voeren de maatregelen uit zoals benoemd in Tabel 2. In het keukentafelgesprek is de hier genoemde maatregel degene die ze "nieuw" nemen, en waarvoor het voor hen interessant is om aan te meten. Maar naast deze benoemde maatregel voeren de bedrijven allemaal ook andere maatregelen uit in hun bedrijfsvoering, in overleg met hun coach. Soms wijkt deze set af van de BOOT Lijst (Appendix D.xlsx). In Tabel 3 staan de BOOT lijst van maatregelen die het meeste lijken op de maatregelen van de BodemUP Demobedrijven. Op het gebied van frequentie van toepassing scoren de maatregelen van de demobedrijven (~400-800) hoger dan het gemiddelde (180) (Figuur 21). Dat betekent dat ze vaker dan gemiddeld worden toegepast in de gehele groep deelnemers van BodemUP. Ook wat betreft het areaal (ha) van de demo maatregelen (~1.000-3.000 ha) scoren deze hoger dan het BodemUP gemiddelde (~650 ha). Dit betekent dat de maatregelen van de demobedrijven binnen de grote groep van alle deelnemers in BodemUP niet alleen vaker worden toegepast dan gemiddeld, maar ook op een grotere oppervlakte. Dit gegeven laat zien dat de demobedrijven wat betreft gehele set van maatregelen in hun bedrijfsvoering representatief zijn voor de grote groep van deelnemers. Voor verdere analyse van de demo bedrijven is hun expliciete persoonlijk toestemming nodig. Deze toestemming wordt in het voorjaar van 2025 gevraagd aan de deelnemers.

Tabel 3: Overzicht meest gekozen maatregel Demo bedrijven BodemUP 2.0

bbwp_id	omschrijving
G58	Gebruik van ruige mest, compost etc. van eigen bedrijf
B163	Ondiepe grondbewerking - aandeel niet-kerende grondbewerking
B105	Groenbemester



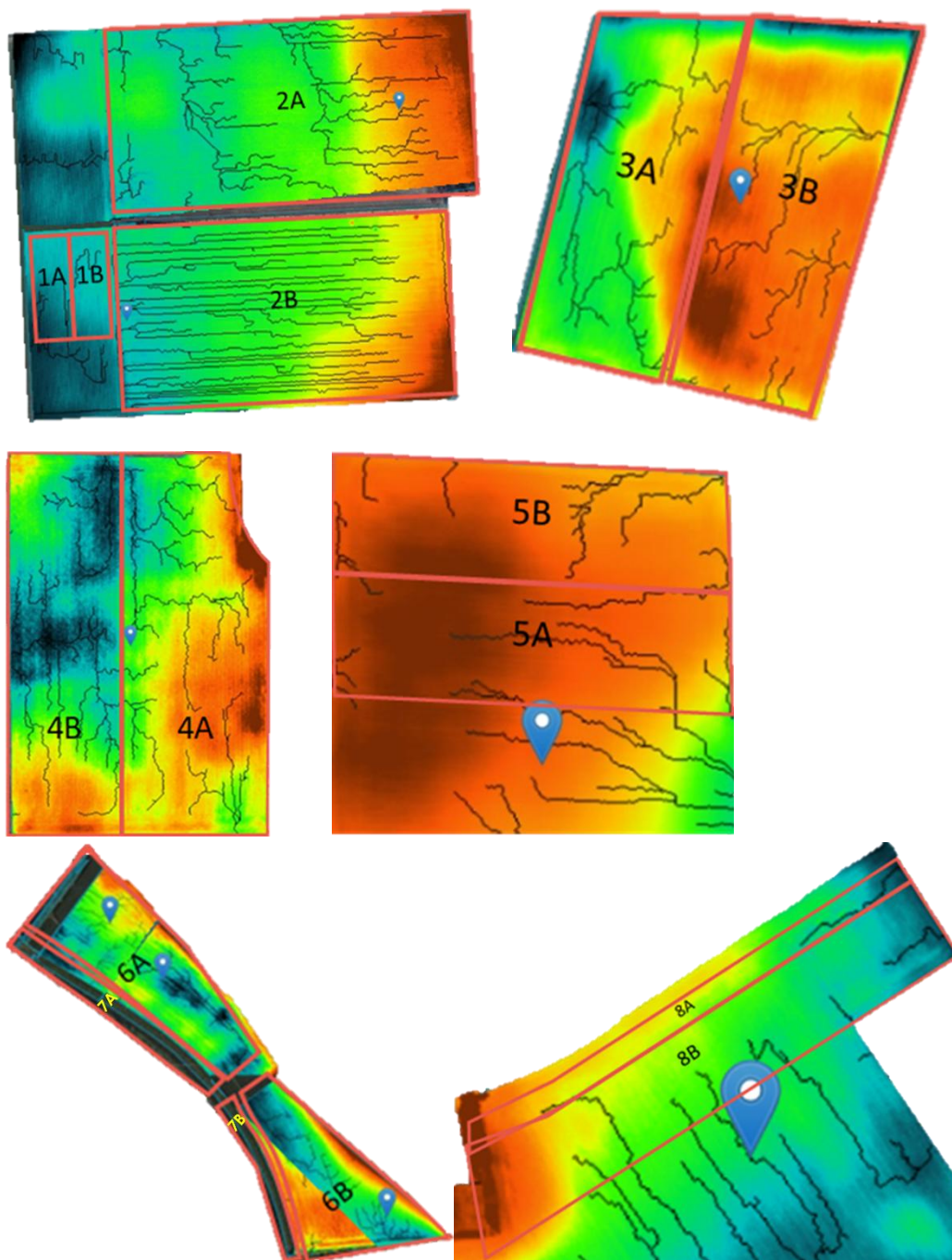
Figuur 21: Analyse frequentie en areaal van maatregelen op demobedrijven maatregelen. NKG staat voor niet-kerende grondbewerking.

6.3 Risico's voor waterkwaliteit

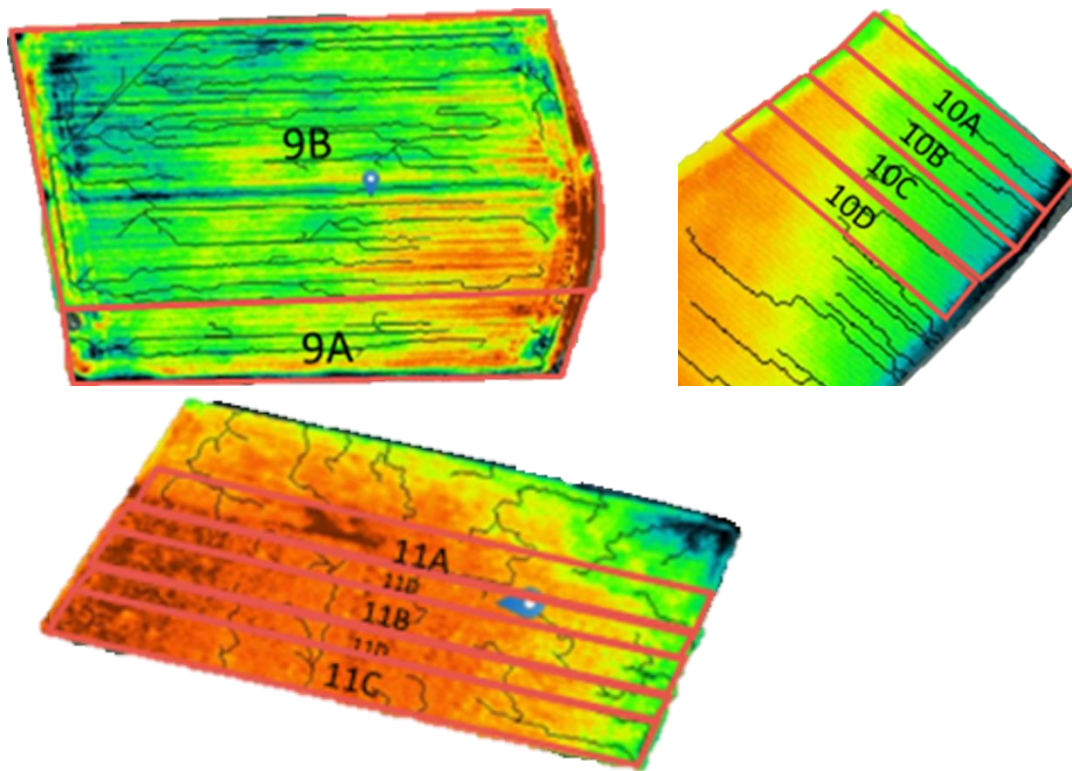
Er zijn geen meetpunten voor oppervlaktewater of -grondwater in de buurt van de demobedrijven. De dominante grondwatertrap binnen een perceel varieert tussen 5 en 7, maar is bij de meeste percelen 6, wat betekent dat de GHG tussen 40 en 80 cm beneden maaiveld ligt en de GLG tussen 120 en >180 cm beneden maaiveld (Tabel 4). Het hoogteverschil van het maaiveld binnen elk perceel loopt uiteen van 22 tot 239 cm. In Figuur 22 en Figuur 23 staan de maaiveldhoogtes en bijbehorende afwateringslijnen visueel weergegeven. In twee gevallen is er risico op verdichting en soms zijn er buisdrains aanwezig.

Tabel 4: Factoren die relevant zijn voor de perceelshydrologie. GW trap = grondwatertrap gebaseerd op Maatregelen op de Kaart (cf. PDOK/BRO).

Perceel codes	GW trap	Dichtstbijzijnde waterlichaam	hoogteverschil perceel (cm)	buisdrains	verdichting
1A+1B	6	Smalle beek	40	ja	<= matig
2A+2B	6	Smalle beek	140 (2A) 239 (2B)	ja	<= matig
3A+3B	6	Scherminkel Watergang, Schelde-Rijnkanaal	95	ja	<= matig
4A+4B	6	Mark	43	ja	<= matig
5A+B	7	Dommel	146	ja	<= matig
6A+B	5	Sint Anthonisloop	87	nee	> matig
7A+B	6	Sint Anthonisloop	41	nee	<= matig
8A+B	6	Buulder Aa	173	nee	<= matig
9A+B	6	Balkloop/Oeffeltse Raam	22	ja	> matig
10A+B	6	Aa of Weerijs	50	nee	<= matig
10C+D	6	Aa of Weerijs	50	nee	<= matig
11A-D	6	Vierbansche Gantel	28	ja	<= matig



Figuur 22: Hoogteverschillen binnen de proefpercelen en bijbehorende afwateringslijnen (percelen 1 t/m 6 en 8).



Figuur 23 (vervolg): Hoogteverschillen binnen de proefpercelen en bijbehorende afwateringslijnen (percelen 9 t/m 11).

De huidige KWR status voor nutriënten van het waterlichaamgebied (KRW) waarin het perceel zich bevindt en de gewenste emissiereductie (KRW opgave) is weergegeven in Tabel 5 (zie Groenendijk et al., 2021). De KRW status is een vergelijking van gemeten concentraties met de KRW norm. Ook het risico dat het perceel vormt voor uit- en afspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater is vermeld.

Voor stikstof in oppervlaktewater is de KRW status in de meeste gevallen matig tot slecht en voor fosfaat meestal matig, ontoereikend of slecht. In de helft van de gevallen is zelfs 75-100% emissiereductie van N en P nodig. In het ondiepe grondwater is de nitraatstatus variabel (goed tot slecht). Er is vaak een gemiddeld risico op af- en uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater en een gemiddeld tot laag risico op nitraatuitspoeling naar het grondwater.

Tabel 5: Risico op uit- en afspoeling van nutriënten naar oppervlaktewater en grondwater op de proefpercelen, gewenste reductie (KRW opgave) en huidige status. Op basis van Groenendijk et al. (2021) en Maatregelen op de Kaart.

Perceel codes	Oppervlaktewater					Grondwater	
	N opgave	N status	N risico	P opgave	P status	N status	N risico
1A+1B	75-100%	Slecht	Midden	50-75%	Ontoereikend	Matig	Midden-laag
2A+2B	75-100%	Slecht	Midden	50-75%	Ontoereikend	Matig	Midden-hoog
3A+3B	0-25%	Matig	Midden	0-25%	Matig	Goed	Laag
4A+4B	0-25%	Matig	Midden-hoog	0-25%	Matig	Goed	Laag
5A+B	25-50%	Matig	Laag	75-100%	Ontoereikend	Slecht	Midden
6A+B	75-100%	Slecht	Midden	75-100%	Slecht	Slecht	Laag
7A+B	75-100%	Slecht	Laag	75-100%	Slecht	Slecht	Laag
8A+B	0-25%	Goed	Midden-hoog	25-50%	Matig	Slecht	Midden
9A+B	75-100%	Slecht	Midden-laag	75-100%	Slecht	Slecht	Midden-laag
10A+B	25-50%	Matig	Midden-laag	25-50%	Matig	Matig	Midden-laag
10C+D	25-50%	Matig	Midden-laag	25-50%	Matig	Matig	Midden-laag
11A-D	0-25%	Goed	Laag	0-25%	Goed	Goed	Laag

6.4 Nulmeting van de bodemvitaliteit

Op de demobedrijven is in het voorjaar van 2024 op de percelen uit Tabel 2 wordt een nulmeting uitgevoerd van de bodemkwaliteit. Tabel 6 toont de bodemvitaliteitsindicatoren gemeten aan de percelen. In kleurarceringen worden daarbij onderlinge verschillen tussen de percelen benadrukt.

- *Kleigehalte (Lutum % > 2 µm)*: de demopercelen variëren in zwaarte van zandgrond (nrs. 1, 2, 4, 8, en 10) tot zware zavelgrond (nrs. 3 en 11). Er zijn geen 'echte' kleipercelen onder de demo's (klei heeft een gehalte aan kleideeltjes >25 %). Wel zien we een aantal demo's liggen op percelen die een beetje tussen klei en zand in zitten (5, 6, 7, en 9).
- *Zuurgraad (pH)*: op de demopercelen correleert deze sterk met het kleigehalte. De zwaardere percelen zijn daarbij kalkrijk, en hebben een hoge pH (pH > 7). Geen van de overige demopercelen is sterk verzuurd (pH < 5,0), iets wat we in andere projecten toch wel vaak tegenkomen. Een landbouwkundige streefwaarde van de pH voor percelen op zandgrond is zo'n 5,5 en veel percelen zitten daar dichtbij. Demopercelen 3 en 10 zijn mogelijk licht verzuurd, en hier is het zaak dit met de boer te bespreken en de pH in de gaten te houden.
- *Organische stof en bodemdichtheid*: gehalten van de bodemorganische stof varieerde voor de demopercelen van 2,2 % tot 4 %. Natuurlijk zorgt de bodemsoort, hoe nat de percelen zijn, en de historie (bv. bij esgronden) voor veel variatie in organische stofgehalte. Toch zien we in de praktijk dat voor veel akkerbouwpercelen de gehalten liggen tussen de 2% en 3%, en voor drogere graslanden wat hoger, nl. tussen de 3% en 4%. Oudere graslanden op klei kunnen daarbij hogere gehalten hebben. Met dit in het

achterhoofd, zijn de uitkomsten van de startmeting naar verwachting. Voor de demobedrijven zien we inderdaad dat perceel 11 met grasland op een wat zwaardere bodem naar verwachting een relatief hoog gehalte aan organische stof heeft. Ook het perceel van de boomkweker heeft een hoger gehalte aan organische stof. Een aantal van de akkerbouwpercelen zitten lager (perceel 3, 8 en 9). Opvallend is dat percelen 1 en 2 voor akkerbouw relatief hoge gehalten hebben, en percelen 7, 8 en 9 een behoorlijk verschil hebben binnen de demo. Dit kan door heterogeniteit in de bodemsoort komen.

- *Het stikstof leverend vermogen (NLV)*: een eerste indicatie voor hoe veel mineralisatie er op een perceel plaatsvindt uit de bodem is het stikstof leverend vermogen, dat wordt berekend uit het N-totaal gehalte (gemeten). De waarden varieerden voor de demopercelen van 60 – 145 kg N ha⁻¹ dat jaarlijks (gedurende het hele jaar) kan vrijkomen. Hoewel dit behoorlijke hoeveelheden stikstof zijn, zijn deze percelen in vergelijking met veel andere percelen 'gemiddeld' in stikstofrijkdom, tot zelfs relatief stikstofarm (NLV waarden < 90 kg N ha⁻¹). Ter vergelijking: met name in organische stof rijke graslanden zijn NLV waarden van 200 kg N ha⁻¹ jaarlijks niet ongewoon. Opvallend is in deze context perceel 10 van de Boomkweker. Hier zien we hoge gehalten aan organische stof, maar vrij lage NLV waarden. Hoewel dit natuurlijk slechts een berekening is, lijkt het erop dat er wel veel organisch materiaal is, dat echter niet erg stikstofrijk of actief is.
- *P-bodemvoorraad (P-AI)*: dit is een maat voor het gehalte aan fosfaat in de bodem dat op midden-lange termijn (denk in de periode van een groeiseizoen) opneembaar is voor planten. Het is daarmee iets minder variabel dan metingen aan direct plantbeschikbaar fosfaat (bv. Pw en P-PAE). Dit is een van de bodemmetingen die gebruikt kan worden als indicatie voor hoe voedselrijk een perceel is ten behoeven van landbouw of natuurontwikkeling. Vuistmaten (in mg P₂O₅ 100 g⁻¹): landbouwadviswaarde = 30, kruidenrijk grasland <20, schraalgrasland <10, heide <5. De metingen laten een heel variabel beeld zien, met percelen 5 (veehouderij), 6 (akkerbouw) en 7 (akkerbouw/groente teelt) die net op of lokaal zelfs onder de landbouwadviswaarde zitten. Maar er zijn ook percelen zoals 1, 2 (akkerbouw), 4 (melkvee) en 10 (boomkweker) die meer dan tweemaal zo rijk als de landbouwadviswaarde zijn.
- *Plant beschikbaar kalium (K)*: het niveau van plantbeschikbaar kalium verschilde ook behoorlijk: de landbouwkundige streefwaarden die hiervoor gehanteerd worden liggen ongeveer tussen de 70 en de 120 mg K kg⁻¹ grond. Wat opvalt is dat er percelen zijn die in vergelijking met dit streeftraject een heel laag gehalte aan plantbeschikbaar kalium hebben (percelen 1 en 5) maar ook percelen die erg hoog zitten, met name perceel 6 maar ook 3 en 7.
- *Microbiële biomassa en Microbiële activiteit*: ook hier zijn er weer een aantal opvallende zaken te benoemen. Over het algemeen correleert de Microbiële biomassa en de Microbiële activiteit goed met het gehalte aan bodemorganische stof. Uitzondering hierop vormt perceel 10, waar we zien dat er een hoog gehalte aan bodemorganische stof is, maar een laag NLV, en ook weinig bodemleven en activiteit daarvan. Mogelijk

heeft dit met de compactie van de bodem te maken die de teler ervaart. Ook bij percelen 6 en 7 lijkt met name de activiteit van het bodemleven erg laag. Verder zien we dat het graslandperceel 11 relatief veel bodemleven heeft dat ook actief is. Dit is een bekend beeld voor veel graslandpercelen, dat in deze meting bevestigd wordt.

- *Schimmel bacterie ratio*: deze ratio is in de eerste plaats (er valt nog meer over te schrijven) een maat voor hoeveelheid van verstoring in een bodem-ecosysteem door bv. groundbewerkingen. Hoe hoger deze ratio is, hoe verstoorder het systeem (meer schimmels t.o.v. bacteriën). Wat in de metingen opvalt is dat het percelen 6 en 10 (compactie met diepe bewerking) een relatief lage ratio hebben. En dat een deel van perceel 7 met de bufferstrook een heel hoge ratio heeft, wat op een onverstoorde situatie wijst.

Tabel 6: Resultaten van de bodemvitaliteitsmeting op de demobedrijven in 2024, voordat de demo's gestart zijn.

Sector	nr	Type maatregel	Klei (<2 µm) %	Zuurgraad (pH)	Organische stof %	NLV	P-bodem voorraad mg P2O5/100 g	K-plant beschikbaar mg K/kg	Microbiële biomassa mg C/kg	Microbiële activiteit mg N/kg	schim/bact ratio
akkerbouw	1A	OS	4	5,7	3,1	90	60	27	329	27	0,79
	1B	OS	4	5,8	3,5	100	62	38	265	25	0,87
	2A	NKG	5	5,7	2,9	95	69	121	291	25	0,76
	2B	NKG	4	5,5	3,6	105	65	104	386	32	0,83
	3A	Mengteelt	18	7,5	2,4	115	52	148	279	24	0,83
	3B	Mengteelt	24	7,4	2,4	115	45	110	316	28	0,89
	8A	NKG	2	5,9	2,8	95	49	78	201	21	0,88
	8B	NKG	2	5,8	2,5	90	63	64	169	23	0,68
	9A	OS	9	5,9	2,8	90	27	76	195	30	1,00
9B	OS	9	5,8	2,2	85	29	51	169	26	1,00	
Akk. / Groente	6A	OS	8	5,9	2,9	80	19	135	182	20	0,71
	6B	OS	11	5,9	3,5	95	34	170	256	14	0,74
	7A	buff OS	7	5,7	2,4	70	23	99	212	18	1,30
	7B	buff OS	10	6	3,3	95	32	144	203	15	0,81
Boomkweker	10A	Compactie ophefften	3	5,3	3,8	90	85	106	196	24	0,69
	10B	Compactie ophefften	3	5,4	3,8	75	75	100	195	23	0,71
	10C	Compactie ophefften	3	5,3	3,9	75	77	94	197	20	0,67
	10D	Compactie ophefften	2	5,4	3,8	85	80	98	203	26	0,79
Melkvee	5A	OS	14	6,5	3,9	115	38	46	288	43	0,94
	5B	OS	12	6,5	2,8	80	25	59	237	26	0,86
	4A	OS	1	5,2	2,7	60	69	64	150	21	0,94
	4B	OS	1	5,1	2,9	65	78	71	167	21	0,76
	11A	Mineralisatie stimuleren	21	7,5	4	115	65	117	412	46	0,91
	11B	Mineralisatie stimuleren	21	7,3	3,9	113	58	96	491	43	0,80
	11C	Mineralisatie stimuleren	22	7,4	3,7	140	57	92	415	40	0,87
	11D	Mineralisatie stimuleren	22	7,5	3,9	145	56	102	438	44	0,92

6.5 Minerale stikstof in het najaar

De hoeveelheid minerale stikstof (NO_3^- en NH_4^+) in de bodem in het najaar verschilt sterk tussen de percelen (Tabel 7). Voor een aantal percelen was de hoeveelheid stikstof onder de detectielimiet van de analysemethode. Dit was met name voor de diepere bodemlagen (30 – 90 cm). Voor 12,5% van de demopercelen ligt de totale stikstofvoorraad onder de 70 kg ha^{-1} . Voor 27,5% van de percelen lag de hoeveelheid minerale stikstof echter boven de 100 kg ha^{-1} , en twee percelen zitten boven de 150 kg ha^{-1} . Het nadeel van een grote voorraad minerale stikstof in de bodem is dat deze een risico vormt op uitspoeling. Met name in het najaar en de winter, wanneer er geen of weinig stikstof wordt opgenomen door het gewas.

De minerale stikstofvoorraad in het najaar hangt sterk af van de bedrijfsvoering, en daarom testen we het effect van bodemmaatregelen op de minerale stikstofvoorraad in het najaar. Bij vijf demo's is de toediening van compost getest. Als we de percelen met en zonder extra compost vergelijken, dan valt het op dat de percelen mét compost vaak een lager gehalte minerale stikstof hebben over alle of een deel van de dieptes. Verder valt het op dat de percelen 10B en 10D (waar sorghum stond) een grotere hoeveelheid minerale stikstof hebben dan de percelen met raaigras. Op basis van deze nulmeting kunnen we echter nog geen conclusies trekken over het effect van de gekozen maatregelen op stikstofoverschot in de bodem. De voortzetting van de demo's in de komende jaar biedt wel mogelijkheden om de effecten van de maatregelen verder te onderzoeken. Ook laat de meting zien dat het verder afstemmen van de bemesting op de gewasopname voor een aantal van de bedrijven interessant kan zijn.

Tabel 7: Minerale stikstof (NO₃- en NH₄⁺ in de bodem in het najaar. Voor alle waarden is gerekend met een bulkdichtheid van 1350 kg m⁻³. Een * geeft aan dat het gehalte NO₃- of NH₄⁺ onder de detectielimiet was (< 1 mg NH₄-N kg⁻¹ en < 0,7 mg NO₃-N kg⁻¹) voor NO₃- en/of NH₄⁺. Het totaal kan dus wat lager uitvallen dan wat hier staat.

			N min	N min	N min	N min
			0 – 30 cm	30 – 60 cm	60 – 90 cm	totaal
Sector	Nr demo	Maatregel	Kg ha-1	Kg ha-1	Kg ha-1	Kg ha-1
Akkerbouw	1A	Wel compost	36,9	23,9*	25,1*	85,9
	1B	Geen compost	38,5	31,6	39,3	109,4
	2A	Wel NKG	34,8	24,7*	30,0*	89,5
	2B	Geen NKG	36,5	24,7*	34,8*	96
	3A	Geen maatregel	47	36,5*	34,4*	117,9
	3B	in 2024	72,5	32,8*	27,9*	133,2
	8A	Wel NKG	NA	27,9	40,5	NA
	8B	Geen NKG	50,2	53,9	50,2	154,3
	9A	Geen bokashi	27,9	22,3*	21,9	72,1
	9B	Wel bokashi	23,9*	23,1*	21,9*	68,9
Akkerbouw / Groente	6A	Wel compost	32,8	25,1	40,1	98
	6B	Geen compost	35,2	30,8*	27,1	93,2
	7A	Wel compost	29,6	21,1*	23,1*	73,7
	7B	Geen compost	23,5*	21,1*	21,5*	66
Boomkwekerij	10A	Gras	32	28,8*	31,6*	92,3
	10B	Sorghum, diepwoelen	51,8	30,4	46,6	128,8
	10C	Gras, diepwoelen	29,2*	27,5*	35,2*	91,9
	10D	Sorghum	38,1	31,2	39,3*	108,5
Melkveehouderij	5A	Wel compost	18,2	27,5*	19,8*	65,6
	5B	Geen compost	64	51	44,6	159,6
	4A	Wel compost	34,8	23,1	23,9	81,8
	4B	Geen compost	58,7	32,4	26,3	117,5
	11A	Micosat F seeds	38,1	21,8*	21,1*	81
	11B	Wormenhumus extract	32,8	21,1*	94,4	148,2
	11C	Compost extract	45,8	22,3*	27,1*	95,2
	11D	Geen bodemverbeteraar	NA	29,6*	21,1*	NA

6.6 Stikstofdynamiek en bodemanalyses voor drie demobedrijven

Demobedrijf 8, akkerbouwer met niet-kerend grondgebruik

Demobedrijf 8 is een akkerbouwbedrijf van 200 hectare, en beheert voornamelijk zandpercelen. Dit bedrijf teelt voornamelijk aardappelen (105 ha), pootaardappelen (7 ha), zaaiuien (18 ha), suikerbieten (10 ha) en maïs (45 ha). De ondernemer is aan het experimenteren met niet-kerende grondbewerking. Het potentiële effect van niet-kerende grondbewerking is het behoud van de bodemstructuur en organische stof, wat kan helpen stikstof langer in de bodem vast te houden en het risico op uitspoeling te verminderen.

Eerdere studies toonden aan dat niet-kerend grondgebruik een positief effect kan hebben op bodemleven en op waterinfiltratiecapaciteit. Deze parameters willen we komende jaren graag meenemen in de analyse. In Tabel 8 zijn een aantal bodemanalyses weergegeven voor beide behandelingen in de demo, in het voorjaar van 2024 (nulmeting) en in het najaar van 2024 (eindmeting). Deze metingen tonen een tendens voor de behandeling die in lijn is met de bovenstaande verwachtingen. De metingen in de komende jaren zullen laten zien of dit zo verder gaat. Deze gegevens en managementgegevens van het bedrijf zijn gebruikt voor het rekenen aan stikstofdynamiek.

Tabel 8: Een aantal bodemanalyses in de start- en eindmeting op demobedrijf 8, in beide behandelingen. OS is het organische stofgehalte in %, N-totaal is de N-voorraad in mg ha⁻¹, NLV is het N-leverend vermogen in kg N ha⁻¹, P PAE is hoeveelheid plan beschikbare P in mg kg⁻¹, P-AL is de hoeveelheid stikstof die op langere termijn vrijkomt in mg P₂O₅ 100 g⁻¹, K is de hoeveelheid beschikbare K in mg kg⁻¹, en K vrd is de K-voorraad in mmol+ kg⁻¹.

Nr demo	Meting	OS	N-totaal	NLV	P PAE	P-AL	K	K vrd
8A, wel NKG	Nulmeting	2,8	1210	95	1,9	49	78	1,6
8B, geen NKG	Nulmeting	2,5	1130	90	2	63	64	2,1
8A, wel NKG	Eindmeting	3,6	1430	95	2,4	56	129	2,5
8B, geen NKG	Eindmeting	2,8	1110	75	2,5	44	90	2,1

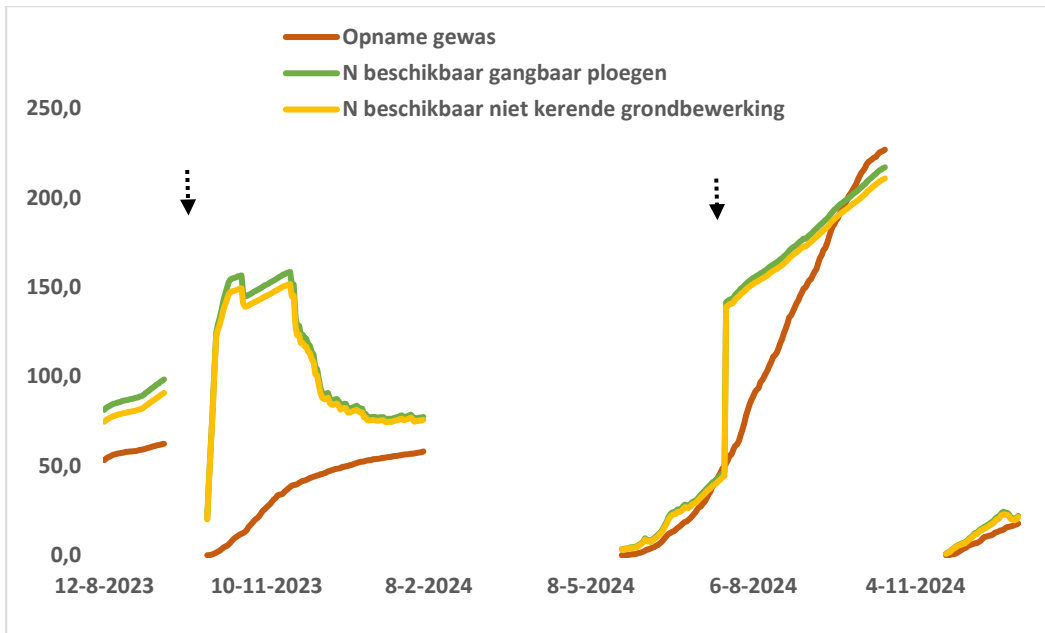
Berekening van organische stofbalansen Met het model NDICEA hebben we de organische stof balans van de jaren 2021 tot en met 2024 doorerekend met de relevante perceelgeschiedenis (gewas, oogst waar bekend, bemesting). In lijn met de theorie en de bodemmetingen zien we ook dat de berekende organische stofbalans voor beide behandelingen verschillend was. Tabel 9 toont de aanvoer van organisch materiaal in de bodem, en de afbraak van organisch materiaal uit de bodem voor beide behandelingen in de demo. We zien hier dat de berekende organische stofbalans netto licht omlaag is gegaan in de periode van 2021 tot 2024 voor de behandeling zonder NKG, terwijl deze licht gestegen is in de zelfde periode voor de behandeling met NKG. Belangrijk daarbij is te bedenken dat een positieve organische stofbalans stikstof “kost”: immers in de wat hogere hoeveelheid organische stof die in de bodem blijft, blijft ook wat meer stikstof in de bodem.

Tabel 9: Organische stofbalans over de vier doorberekende jaren voor demobedrijf 8.

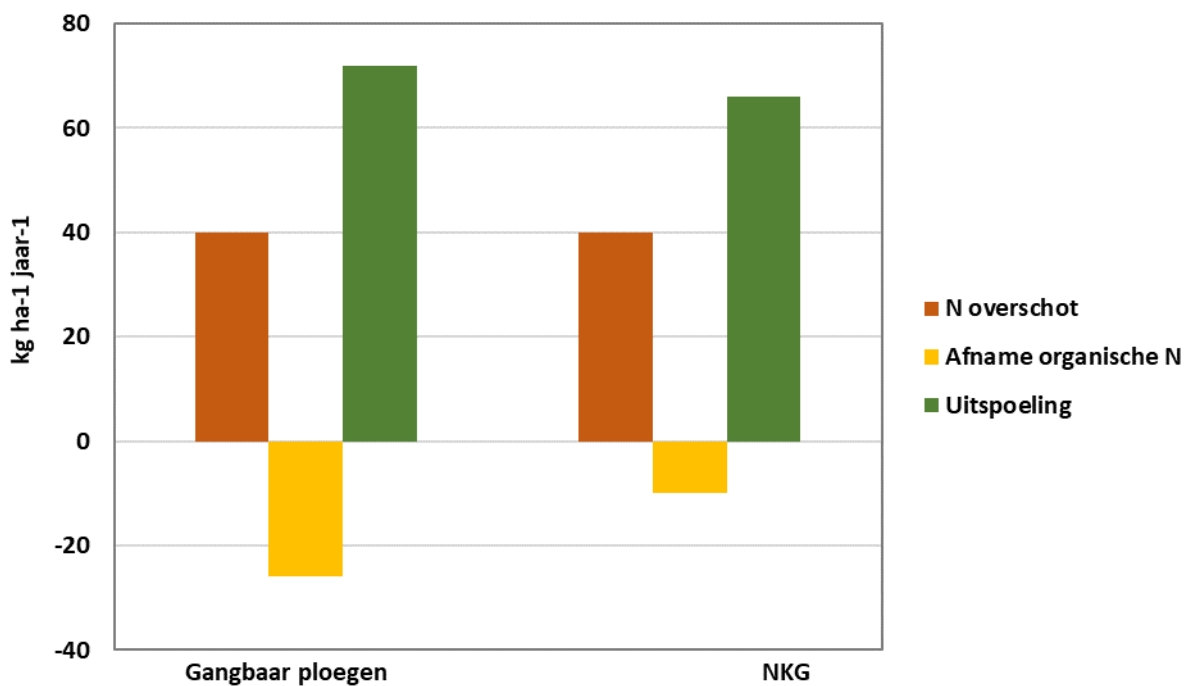
Jaar	Behandeling	Aanvoer (kg OS ha ⁻¹ jaar ⁻¹)	Afbraak (kg OS ha ⁻¹ jaar ⁻¹)	OS balans (verschil over 4 jaar, kg OS ha ⁻¹)
2021	geen NKG	4522	-5714	
2022	geen NKG	14660	-10145	
2023	geen NKG	6735	-8193	
2024	geen NKG	5774	-8315	-676
2021	wel NKG	4522	-5117	
2022	wel NKG	14660	-9434	
2023	wel NKG	6735	-7969	
2024	wel NKG	5774	-8109	1062

Berekening van stikstofdynamiek Met het model NDICEA hebben we ook de stikstofdynamiek van de jaren 2021 tot en met 2024 doorgerekend met de relevante perceelgeschiedenis (gewas, oogst waar bekend, bemesting). We zijn geïnteresseerd in het jaar 2024, maar de geschiedenis van de afgelopen jaren is belangrijk omdat de stikstofdynamiek bijvoorbeeld afhangt van de bemesting van de voorgaande jaren. Figuur 24 laat tijdscurves van gewasopname (bij beide behandelingen gelijk) en beschikbaar stikstof zien zoals die berekend is door het model. De stikstofbeschikbaarheid gedurende het groeiseizoen viel een klein beetje lager uit bij niet-kerende grondbewerking vergeleken met gangbaar ploegen. Desondanks was er in beide scenario's een groot stikstofoverschot in het najaar van 2023, na een gift van rundvee drijfmest (45 ton). De groenbemester, in dit geval bladrammenas, nam in deze periode niet meer al deze stikstof op, waardoor een overschot ontstond. Er is een risico dat deze stikstof uitspoelt, aangezien het najaar meestal een neerslagoverschot met zich meebrengt. In 2024 vond de bemesting net op tijd plaats, resulteerde tijdelijk in een behoorlijk overschot aan N-min, maar er ontstond een licht N-tekort aan het einde van de hoofdteelt, al was er iets meer stikstof beschikbaar in het scenario met gangbaar ploegen.

Niet-kerende grondbewerking resulteerde in een lagere uitspoeling van stikstof (Figuur 25) en minder afname van organische N vergeleken met gangbaar ploegen. Er is geen verschil in N-overschot te zien, aangezien N-toevoer in de vorm van bemesting in beide scenario's hetzelfde is. Het verschil dat te zien is in uitspoeling en organische N tussen de scenario's wordt dus veroorzaakt door de niet-kerende grondbewerking. Dit komt omdat NKG leidt tot minder afbraak van organisch stof, waardoor organische stof en stikstof beter vastgehouden kan worden in de bodem. Logischerwijs zorgt dat er ook voor dat er minder stikstof beschikbaar is voor het gewas. Echter is het effect op stikstofbeschikbaarheid relatief klein vergeleken met de vermindering in uitspoeling en organisch-N gehalte.



Figuur 24: Beschikbaar stikstof voor gewasopname, en tijdscurve van opname door het gewas. Op de x-as staat de tijd voor teeltseizoen 2023 en 2024. De pijlen geven momenten van bemesten weer.



Figuur 25: N-overschot, verandering (afname) van organisch-N in de bodem en N-uitspoeling voor de demobehandelingen ploegen en NKG.

Demobedrijf 4, melkveehouder met groencompost

Demobedrijf 4 is een melkveehouderij met 300 koeien. De grond is heel bont, met klei-, zand-, en veenpercelen. Het organische stofgehalte is over het algemeen hoog, al is dit op sommige percelen verder van de boerderij veel lager. In de afgelopen jaren had het bedrijf nieuwe percelen aangekocht, en op één van de nieuwe percelen was het organische stofgehalte veel lager. Verder waren op dit perceel in een droge zomer meer problemen met het watervasthoudend vermogen, terwijl 2023/2024 te nat was. Onder andere hierom wilde de ondernemer meer organische stof opbrengen in de vorm van compost. Daarom gaat het bedrijf binnen BodemUP aan de slag met extra organische stof toevoer op het nieuwe perceel.

Ervaring De ondernemer had voor groencompost gekozen omdat de kwaliteit daarvan hoger zou zijn dan van GFT compost. Dit viel helaas tegen. Er zat veel plastic- en glasafval in de compost, en één van de typen compost was nat en plakkerig. Er was op het eerste gezicht geen verschil te zien tussen het gewas op de demo-helft en controle-helft, en ook de opbrengstkaart van de oogstmachine laat geen duidelijk verschil in opbrengst zien. Na de maisoogst is er gras ingezaaid en dit staat er goed op. De ondernemer twijfelt nog of hij volgend jaar opnieuw compost wil opbrengen, of een andere maatregel wil testen.

Tabel 10: Een aantal bodemanalyses in de start- en eindmeting op demobedrijf 4 voor beide behandelingen. OS is het organische stofgehalte in %, N-totaal is de N-voorraad in mg ha⁻¹, NLV is het N-leverend vermogen in kg N ha⁻¹, P PAE is hoeveelheid plan beschikbare P in mg kg⁻¹, P-AL is de hoeveelheid stikstof die op langere termijn vrijkomt in mg P₂O₅ 100 g⁻¹, K is de hoeveelheid beschikbare K in mg kg⁻¹, en K vrd is de K-voorraad in mmol+ kg⁻¹.

Nr demo	Meting	OS	N-totaal	NLV	P PAE	P-AL	K	K vrd
4A, groencompost	Nulmeting	3,9	1690	155	1,4	38	46	4,0
4B, geen compost	Nulmeting	2,8	1180	80	0,9	25	59	2,6
4A, groencompost	Eindmeting	4,5	2160	150	2,2	51	105	5,2
4B, geen compost	Eindmeting	4,4	1850	130	1,3	31	77	4,8

Berekening van organische stofbalansen Met het model NDICEA hebben we de organische stof balans van de jaren 2021 tot en met 2024 doorgerekend. Gedurende 2021 en 2022 kwamen de aanvoer en afbraak van organische stof redelijk overeen (Tabel 11). In 2023 was de organische stofbalans sterk negatief, omdat er aardappelen werden geteeld, maar geen organische stof was aangevoerd in de vorm van mest of compost. In 2024 had de maatregel, de aanvoer van groencompost, een groot effect op de organische stofbalans. Zoals verwacht had de toevoer van groencompost een sterk positief effect op de berekende organische stofbalans. Dit effect zien we echter (nog) niet terug in de gemeten organische stofgehalten (Tabel 10; Tabel 12; Tabel 10).

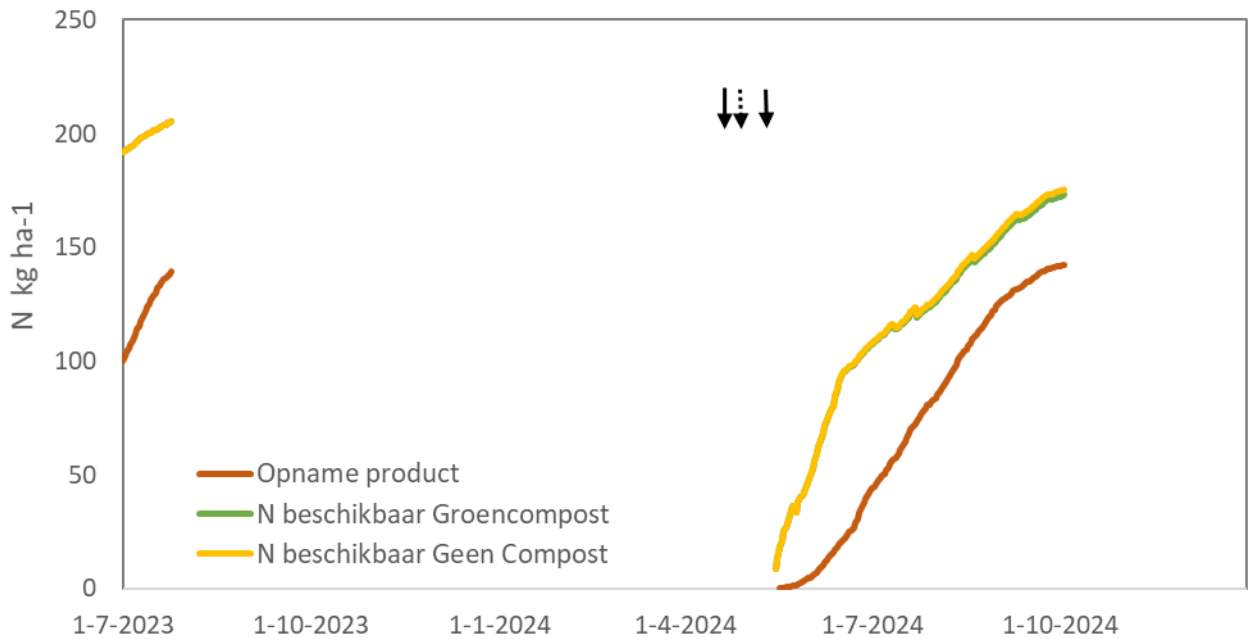
Stikstofdynamiek berekenen Met het model NDICEA is de stikstofdynamiek van de jaren 2021 tot en met 2024 doorgerekend met de relevante perceelgeschiedenis (gewas, oogst waar bekend,

bemesting). Het jaar 2024 is interessant, maar de geschiedenis van de afgelopen jaren is belangrijk omdat de stikstofdynamiek bijvoorbeeld afhangt van de bemesting van de voorgaande jaren. Minerale stikstof in de bouwvoor nam sterk toe na bemesting met kunstmest en potstalmest begin mei 2024 (Figuur 26). Stikstof uit de groencompost mineraliseert heel langzaam en daarom neemt N mineraal in de behandeling met groencompost maar een klein beetje verder toe na bemesting. Dit resulteert in een iets hogere beschikbaarheid van N mineraal tijdens het groeiseizoen van 2024. Over het hele groeiseizoen is de stikstofbeschikbaarheid groter dan de opname door het gewas, en dit stikstofoverschot vormt mogelijk een risico voor uitspoeling.

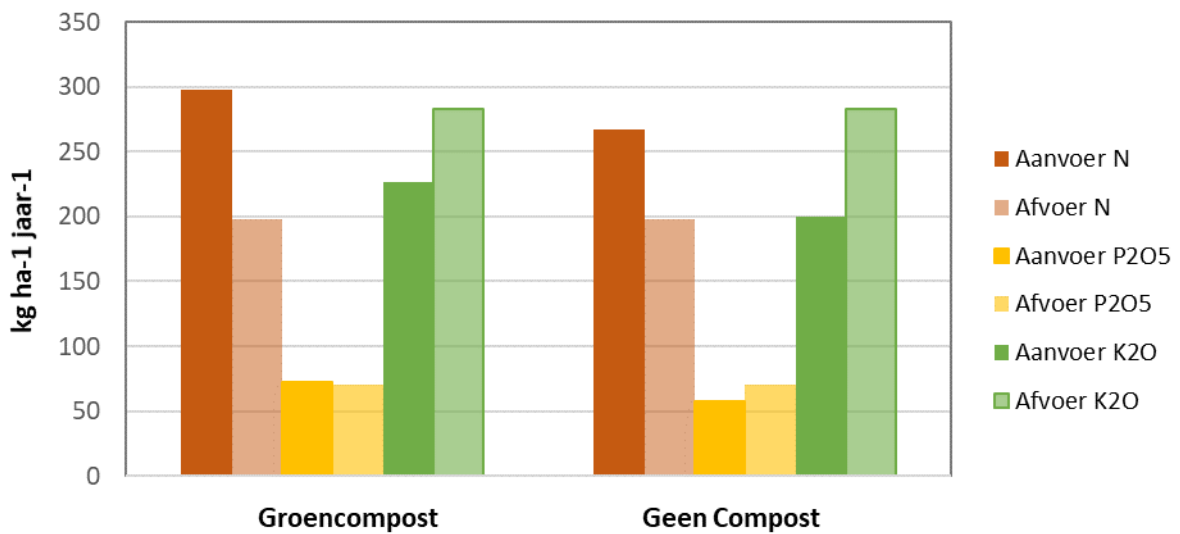
Gemiddeld over 2021 tot en met 2024 is de aanvoer van stikstof door bemesting en depositie 298 kg ha⁻¹ voor de behandeling met groencompost en 267 kg ha⁻¹ voor de behandeling zonder groencompost (Figuur 27). Logischerwijs is ook voor P₂O₅ en K₂O de aanvoer voor de behandeling met groencompost hoger dan voor de behandeling zonder compost. De opname van N, P, en K door de gewassen is gelijk voor beide behandelingen (de opbrengst was vergelijkbaar en inhoudsstoffen van de gewas zijn niet bepaald). Volgens de NDICEA berekeningen zijn de aanvoer en opname van P mooi in overeenstemming, terwijl er meer K wordt afgevoerd dan aangevoerd. Als we inzoomen op N (Figuur 28) dan vinden we een overschot van 100 kg ha⁻¹ voor het perceel met groencompost, en een overschot van 69 kg ha⁻¹ voor de behandeling zonder groencompost. De uitspoeling voor beide behandelingen is echter gelijk (81 kg ha⁻¹). Dit komt omdat de stikstof uit de compost slechts langzaam mineraliseert, waardoor het risico op uitspoeling beperkt is. Na één jaar bevindt zich daardoor een heel deel van de stikstof uit de compost in de bodemorganische stof. De afname in bodem organische N door mineralisatie (130 kg ha⁻¹ jaar⁻¹) wordt deels gecompenseerd door de toevoer via compost. Voor het perceel zonder behandeling is de afname van organische N echter groot (45 kg ha⁻¹ jaar⁻¹).

Tabel 11: Berekende organische stofbalans met en zonder behandeling over de vier doorberekende jaren voor demobedrijf 4.

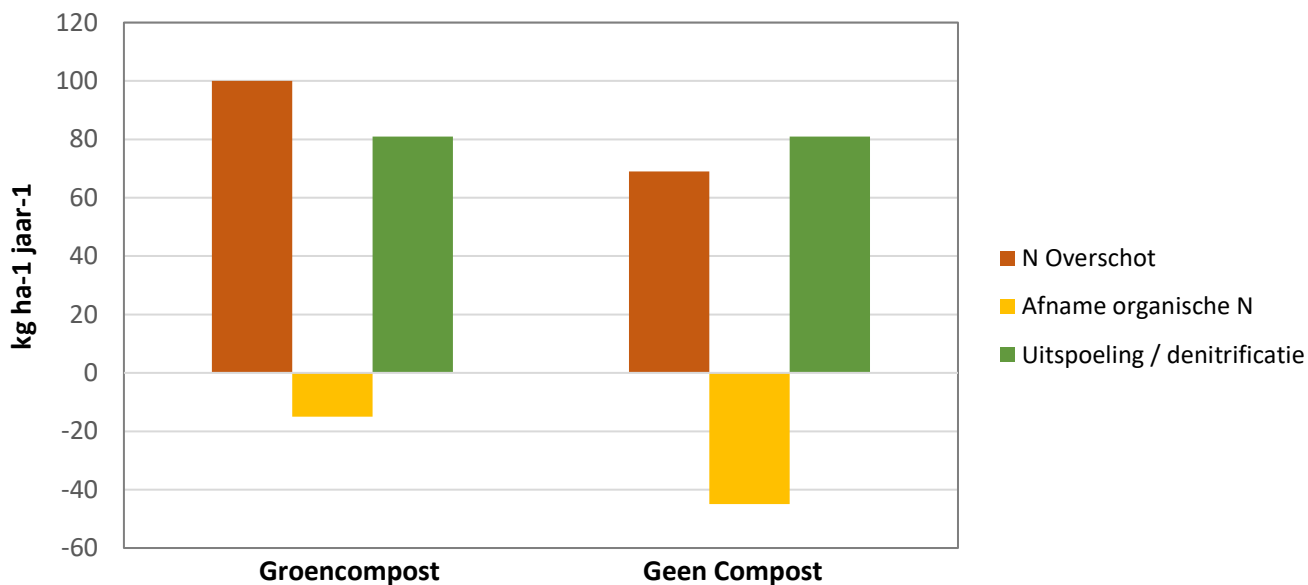
Jaar	Behandeling	Aanvoer (kg OS/ha/jaar)	Afbraak (kg OS/ha/jaar)	OS balans (verschil over 4 jaar, kg OS/ha)
2021	geen groencompost	10372	-9069	
2022	geen groencompost	10372	-10764	
2023	geen groencompost	2700	-7655	
2024	geen groencompost	7430	-6371	-2985
2021	groencompost	10372	-9069	
2022	groencompost	10372	-10764	
2023	groencompost	2700	-7655	
2024	groencompost	11930	-6991	895



Figuur 26: Beschikbaarheid en opname van minerale stikstof in de bouwvoor. De zwarte pijlen geven aan wanneer er is bemest met rundveepotstalmest (1 mei) en kunstmest (15 mei). Tussendoor is er op het demoperceel ook 25 ton groencompost opgebracht (stippelpijl).



Figuur 27: Nutriëntenbalans van N, P, en K. De gemiddeld jaarlijkse aan- en afvoer in 2021 tot en met 2024.



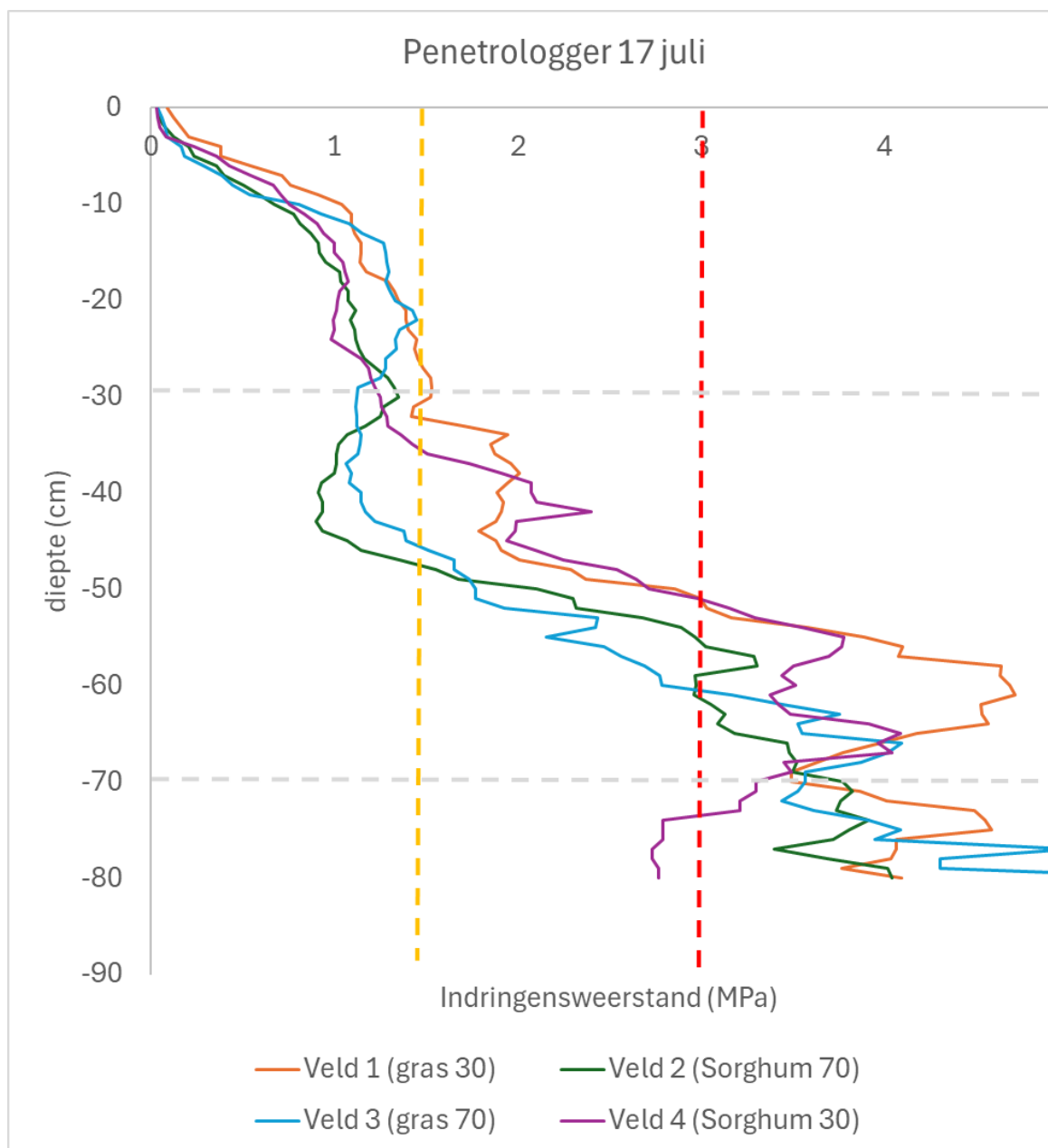
Figuur 28: Stikstofbalans van de bouwvoor. Gemiddelde per jaar voor 2021 tot en met 2024.

Demobedrijf 10, boomkwekerij met diepwoelen en groenbemesters tegen verdichting

Demobedrijf 10 is een boomkwekerij van 22 hectare, gespecialiseerd in de teelt van sierplanten in pot en bomen in de volle grond. De bomen worden vooral geteeld voor natuurgebieden. Op één van de percelen, met een teeltlaag van 70 cm diep, ervoer de ondernemer grote problemen met bodemverdichting en hier wilde hij graag mee aan de slag. Op dit perceel wordt een groenbemester gezaaid, en eind 2024 worden dan eikels gezaaid voor de teelt van eikenbomen. Vanwege de verdichting zijn er twee verschillende maatregelen geselecteerd: diep woelen tot 70 cm, en het gebruik van sorghum in vergelijking met italiaans raaigras als groenbemester, vanwege de sterke en diepe beworteling van sorghum. Om deze maatregelen te testen zijn vier demopercelen opgezet met achtereenvolgens gras + ondiep woelen, sorghum + diep woelen, gras + diep woelen, sorghum + ondiep woelen.

Observaties en metingen in het veld Het diep woelen is gelukt, al werd de 70 cm bijna nergens gehaald. De sorghum groeide goed, tot 3 m hoog, en na de oogst is de sorghum gehakseld en verkocht. De beworteling door sorghum viel echter tegen. Net als voor gras was de beworteling vrij intensief, maar niet diep. Bij beide gewassen tot zo'n 15 à 20 cm.

In juli is de indringingsweerstand op de vier percelen gemeten met een penetrologger. Boven een weerstand van 1,5 MPa wordt wortelgroei belemmerd, en boven de 3,0 MPa zullen de wortels de bodem niet of nauwelijks meer inkomen. In Figuur 29 is goed te zien dat diep woelen ertoe heeft geleid dat de 1.5 MPa grens pas veel dieper wordt overschreden. Op veld 1 en 4 (woelen tot 30 cm) worden de wortels rond de 30 centimeter belemmerd in de groei, terwijl dit bij veld 2 en 3 (diep woelen tot 70 cm) pas beneden de 45 centimeter gebeurt. Er was geen duidelijk effect van sorghum of gras. Het diepwoelen heeft dus een positief effect gehad op de verdichting, maar het is nog onduidelijk of dit positieve effect blijvend is. Daarvoor zullen we volgend jaar nogmaals een meting uitvoeren.



Figuur 29: Verloop van de indringingsweerstand over de diepte. Bij een weerstand van 1.5 MPa wordt de wortelgroei belemmerd (oranje stippellijn), en boven de 3 MPa komen wortels niet of nauwelijks de grond in (rode stippellijn).

Tabel 12 toont een aantal analyses uit de bodemvitaliteitsmetingen aan in het voorjaar (nulmeting) en in het najaar (eindmeting) in de demo. Hoewel in aan de beworteling en in de penetrologger metingen geen verschil tussen de gewassen (italiaans raaigras en sorghum) kwam, lijkt er in de eindmeting een trend te zijn van een wat hoger gehalte aan bodemorganische stof in de sorghum (behandeling B en D).

Tabel 12: Een aantal bodemanalyses in de start en eindmeting op demobedrijf 10, in beide behandelingen. OS is het organische stofgehalte in %, N-totaal is de N-voorraad in mg ha⁻¹, NLV is het N-leverend vermogen in kg N ha⁻¹, P PAE is hoeveelheid plan beschikbare P in mg kg⁻¹, P-AL is de hoeveelheid stikstof die op langere termijn vrijkomt in mg P₂O₅ 100 g⁻¹, K is de hoeveelheid beschikbare K in mg kg⁻¹, en K vrd is de K-voorraad in mmol+ kg⁻¹.

Nr demo	Meting	OS	N-totaal	NLV	P PAE	P-AL	K	K vrd
10A	Nulmeting	3,8	1400	90	2,7	85	106	2,3
10B	Nulmeting	3,8	1330	75	1,9	75	100	2,3
10C	Nulmeting	3,9	1270	75	1,6	77	94	1,5
10D	Nulmeting	3,8	1310	85	2,4	80	98	2,4
10A	Eindmeting	4,5	1370	75	2,1	93	93	2,1
10B	Eindmeting	4,9	1500	85	1,5	80	97	2,0
10C	Eindmeting	4,4	1580	90	1,4	76	87	2,1
10D	Eindmeting	4,6	1680	95	1,8	84	83	2,0

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Voortgangsmontoring

- Het aantal BodemUP 2.0 deelnemers in Noord-Brabant is gegroeid tot in totaal 609 unieke gebruikers in 2024. Daarmee is Noord-Brabant koploper in vergelijking tot andere provincies in Nederland.
- Als we naar frequent gekozen specifieke maatregelen kijken dan werd optimale en beperkte bemesting vaak gekozen, evenals het vermijden van chemicaliën en het beperken van verdichting (lichtere machines). Op het niveau van maatregelcategorieën domineren bodemverbetering, bemesting en teeltmaatregelen.
- Op het totale aantal BodemUP deelnemende hectaren in Noord-Brabant (~14.000 ha) valt het op dat de meest impactvolle maatregelen niet dominant zijn. De meest impactvolle maatregelen brengen vaak hoge kosten en arbeidsintensiteit met zich mee (bijvoorbeeld stoppen met bemesting, aanleggen van filters of natuurvriendelijke oevers). Dit kan een indicatie zijn dat additionele middelen nodig zijn om agrariërs in staat te stellen hun milieueffect te verbeteren.
- De BBWP scores binnen BodemUP zijn voor zowel de bedrijfsscore alsook alle individuele KPI's de afgelopen drie jaar gestegen. Dit is ondanks een groter deelnemersaantal. Dit kan aan de locaties liggen (minder deelnemers in risicogebieden zoals grondwaterbeschermingsgebieden, dus minder lagere begin scores).

7.2 Effectmonitoring gebiedsdekkend

- De BodemUP deelnemersgroep scoort gemiddeld ruim voldoende voor bodemkwaliteit: de OBI-score voor chemie is voor de BodemUP deelnemers gemiddeld 0.78 met een range van 0.33-0.99. Voor structuur is het gemiddelde 0.79, voor biologie en milieu respectievelijk 0.90 en 0.83.
- De scores van de BodemUP deelnemers overlappen grotendeels met de score over de gehele provincie Noord-Brabant. Ook op andere vlakken, zoals bodemeigenschappen, bodemtype, gewas-soort en grondwatertrappen zijn de BodemUP deelnemers representatief voor de provincie Noord-Brabant.
- De gemiddelde BBWP totaalscore van de BodemUP-deelnemers was 63 zonder maatregelen (op een schaal van 0 tot 100). De deelnemers scoren gemiddeld erg goed op N- en P-afspoeling, maar slecht op nutriëntenbenutting.
- Mét maatregelen neemt deze score toe tot 84, en dit komt vooral door een betere score op nutriëntenbenutting en N-uitspoeling. Dit betekent dat BodemUP een aanzienlijke impact kan hebben op bodem- en waterkwaliteit.

7.3 Effectmonitoring demobedrijven

- In 2024 zijn er 12 demobedrijven geworven met in totaal 14 demo's. Deze bedrijven vallen onder verschillende sectoren (5 akkerbouw, 5 melkveehouderij, 1 vollegronds groenteteler en 1 boomkweker). Ze liggen verspreid over de waterschapsgebieden (4 in het gebied van Brabantse Delta, 3 in het gebied van Aa en Maas, 3 in het gebied van De Dommel en 2 in het gebied van Rivierenland). Geen van de demo's ligt in een grondwaterbeschermingsgebied, maar wel dicht daarbij in de buurt.
- De demobedrijven zijn wat betreft gehele set van maatregelen in hun bedrijfsvoering representatief voor de grote groep van deelnemers in de provincie Noord Brabant.
- Er zijn in 2024 11 demo's bemonsterd (de 12e is laat in het jaar geworven) en deze 11 zijn gestart met verschillende maatregelen. Organische meststoffen, anders bemesten, niet-kerende grondbewerking, en groenbemesters zijn in meerdere van de demo's uitgevoerd.
- Metingen aan de waterkwaliteit voor de regio's van de demobedrijven laten zien dat de KRW status voor oppervlaktewater in de meeste gevallen matig tot slecht is, en dat er dus emissiereductie van N en P nodig zijn. In het ondiepe grondwater is de nitraatstatus variabel. De resultaten van de gebiedsdekkende monitoring suggereren dat afspoeling van N en P gemiddeld een kleine bijdrage levert, en dat er vooral een reductie van uitspoeling van N en P nodig zijn.
- De bodemvitaliteit voor de demopercelen verschilt tussen de demobedrijven, maar is over het algemeen vergelijkbaar met andere Nederlandse landbouwpercelen.
- De hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar verschilt sterk tussen de percelen, maar is voor enkele percelen erg hoog. Dit vormt een risico voor stikstofuitspoeling. Het beter afstemmen van bemesting op de mineralisatie uit de bodem en de stikstofbehoefte van het gewas kan mogelijk dit risico verlagen.
- Ten slotte analyseren we voor drie demobedrijven effecten van de toegepaste maatregel in meer detail. Voor alle drie de demobedrijven levert dit inhoudelijke leerpunten op. De voorbeelden laten zien dat aandacht voor organische stofbalans nodig is (zonder extra maatregelen was deze voor de eerste twee voorbeelden negatief). Ook is er te zien dat de stikstof efficiëntie nog verder verhoogt kan worden door het verder afstemmen van bemesting op de gewasopname. Als laatste worden de eerste resultaten van een poging tot structuurverbetering door grondbewerking in combinatie met Sorghum als diep wortelend gewas getoond.

7.4 Aanbevelingen voor het verbeteren van bodemvitaliteit en waterkwaliteit

- Zowel uit de gebiedsdekkende monitoring als uit de detailmonitoring van de demobedrijven komt het beeld dat N (en P) efficiëntie en verliezen al veel aandacht krijgt, maar toch nog beter kan. Denk daarbij aan het afstemmen van bemesting op de behoefte en opname van de geteelde gewassen.

- Ook organische stofbalansen verdienen aandacht: twee van de drie hier gepresenteerde demobedrijven hadden zonder maatregelen een licht negatieve organische stofbalans. Het verhogen van de organische stof input door bv. compost kan dan een maatregel zijn. De wisselende kwaliteit van compost maakt dit minder aantrekkelijk horen we van veel demo boeren. Inzicht hierin, of hoe deze vast te stellen, kan mogelijk helpen

7.5 Aanbevelingen voor de voortgang van BodemUP 2.0

- Het is belangrijk om te onderzoeken waarom boeren wel of niet voor bepaalde (effectievere) maatregelen kiezen. Selecteren ze hun Business As Usual (BAU) scenario in het BedrijfsBodemWaterPlan? Of willen ze verder gaan, maar zijn hun middelen beperkt? Hoe kunnen we de inzet van de meest effectieve maatregelen faciliteren?
- Om dit te onderzoeken voert Aeres Hogeschool, onder leiding van docent Karin Pepers, een pilotproject uit bij boeren door heel Nederland. Het zou echter zeer zinvol zijn om dit onderzoek ook uit te voeren voor de gehele BodemUP-deelnemerspopulatie. Als de drempels voor de toepassing van de meest effectieve maatregelen worden verwijderd, kan de impact van BodemUP verder worden vergroot.
- Mogelijk kunnen inzichten uit de detailmetingen op de demobedrijven inspireren tot het nemen van maatregelen met meer impact, en de risico's, do's en dont's van dergelijke maatregelen in beeld brengen.
- De in optie 2 en optie 3 voorziene bodemmetingen op percelen bij de grote groep van deelnemers kan hiervoor van grote invloed zijn. Deze metingen kunnen net als bij de demobedrijven in beeld brengen wat goed gaat en wat eventueel anders of beter kan.

8 Referenties

- Groenendijk, P., van Gerven, L., Schipper, P., Jansen, S., Buijs, S., van Loon, A., Lukacs, S., Verhoeven, F., Housmans, B., van Rotterdam, D., Ros, G., Verloop, K., & Noij, G.-J. (2021). *Maatregel op de Kaart (Fase 2): Identificeren van kansrijke perceelsmaatregelen voor schoner grond- en oppervlaktewater*. (Stowa rapport; No. 2021-26). STOWA. <https://edepot.wur.nl/547890>
- Habets, A.D.J., Oomen, G.J.M. (1997). NDICEA: Modelling nitrogen dynamics in crop rotations in ecological agriculture. In M.C. Plentinger, and F.W.T. Penning de Vries (Eds), *Rotation for ecological farming* (pp. 73-79).
- Ros, G. H., de Haan, J. J., Fuchs, L. M., & Molendijk, L. (2023). *Bodembeoordeling van landbouwgronden voor diverse ecosysteemdiensten : ontwikkeling van de BLN, versie 2.0*. <https://doi.org/10.18174/634579>
- Ros, G. H., Verweij, S., de Vries, W., & van Eekeren, N. (2020). *BedrijfsBodemWaterPlan Maatwerk voor duurzaam bodem en waterbeheer*. 1805.N.20.
- Ros, G. H., Verweij, S. E., Janssen, S. J. C., De Haan, J., & Fujita, Y. (2022). An Open Soil Health Assessment Framework Facilitating Sustainable Soil Management. *Environmental Science and Technology*, 56(23), 17375–17384. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04516>

10 Appendices

Appendix A	Appendix_A_BodemUP2024Maatregelen_met_status.csv
Appendix B	Appendix_B_Dynamische_kaarten.html
Appendix C	Appendix_C_Representativiteit_t-test_bodemkwaliteit.csv
Appendix D	Appendix_D_Demo_bedrijven_maatregelen_BOOT_id.xlsx
Appendix E	Appendix_E_bedrijfsprofielen_demobedrijven.pdf