



Proefpolder Kringlooplандbouw

Bodem, kaarten en fosfaat

Debby van Rotterdam

Sven Verweij

Gerard Ros

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1 Databronnen	3
1.1 Bodemdata	3
1.2 Fosfaattoestand van de bodem	4
2 Variatie bodemsamenstelling	5
2.1 Ruimtelijke bodemsamenstelling toplaag (0-10 cm-mv)	5
2.2 Bodemsamenstelling diepere bodemlagen (0-100 cm-mv)	6
3 Fosfaat	7
3.1 Fosfaat in veengrond	7
3.2 Variatie in de fosfaattoestand over de ruimte	8
3.3 Variatie proefpolder over de tijd	10
3.4 Relatie fosfaattoestand bodem en P-opname gewas	11
3.5 Aanpak voor een betere bodem P-benutting	13
Referenties	14
Bijlagen	15

Samenvatting en conclusies

Deze rapportage geeft een beeld van de ruimtelijke variatie in de bodemsamenstelling binnen de proefpolder kringlooplandbouw, een veenweidepolder rondom de Gagelweg. Daarnaast wordt in meer detail inzicht gegeven in de fosfaattoestand van de bodem en de beschikbaarheid voor het gewas. Deze gegevens zijn input voor de modellen waarmee het bodem- en watersysteem in kaart is gebracht om het effect van maatregelen op de emissies van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater te kwantificeren.

Kaarten

Van de proefpolder zijn perceelsgegevens verzameld en gepresenteerd in gebiedsdekkende kaarten. Om de bodemkarakterisatie gebiedsdekkend te krijgen, zijn voor een aantal percelen en op een aantal dieptes aanvullende analyses uitgevoerd

Fosfaat

De belangrijkste conclusies voor fosfaat zijn dat binnen het gebied een grote variatie is in P-beschikbaarheid en P-reserves in de bodem, in zowel de bovenste 10cm als in diepere bodemlagen. Ook over de tijd hebben enkele percelen een grote variatie, een sterke toename als gevolg van reparatiebemesting en een daling bij een hoge fosfaattoestand als gevolg van intensief maaien. Voor de meeste percelen, met name waar de fosfaattoestand neutraal tot laag is, is de variatie over de tijd gering.

Het P-gehalte in het gras is voldoende hoog om als ruwvoer gebruikte te worden voor melkvee. Alleen in het extreme geval van droogte (in het jaar 2018) en bij hoge N-giften is het P-gehalte te laag. Het P-gehalte van gras kan goed voorspeld worden door de N- en P-gift, de P-beschikbaarheidsindex van de bodem, de kali-toestand en de pH van de bodem. Wanneer de fosfaattoestand laag tot neutraal is volgens de landbouwkundige beoordeling, dan is het handhaven van een voldoende hoge pH door onderhoudsbekalking belangrijk voor een goede benutting van de P in de bodem en in de mestgift.

Maatregelen die bijdragen aan lagere verliezen van P naar het watersysteem richten zich enerzijds op het beperken van de relatief grote invloed van percelen met een hoge fosfaattoestand (hot-spots) en anderzijds op het opvangen van P-verliezen via korte transportroutes richting de sloot tijdens piek-events. Dit laatste kan bijvoorbeeld door onbemeste bufferstroken die als buffer dienen tussen perceel en sloot.

De hot-spots met een hoge fosfaattoestand dragen enerzijds sterk bij aan de P-verliezen maar anderzijds is het in de bodem beschikbare P (meer dan) voldoende voor het gewas en is het gewas slechts (zeer) beperkt afhankelijk van de P-gift. Een zinvolle maatregel zou daarom zijn om gebruik te maken van de grote variatie in fosfaattoestand tussen percelen door onderscheid te maken tussen percelen wat betreft de verdeling van de dierlijke mestgift en de aanvullende N-kunstmestgift. Waar de fosfaattoestand hoog is zou minder bemest moeten worden met dierlijke mest (minder P) en waar deze laag is zou meer bemest mogen worden met dierlijke mest (meer P). Om dit verschil voor stikstof te compenseren kan het worden aangevuld met N-kunstmest.

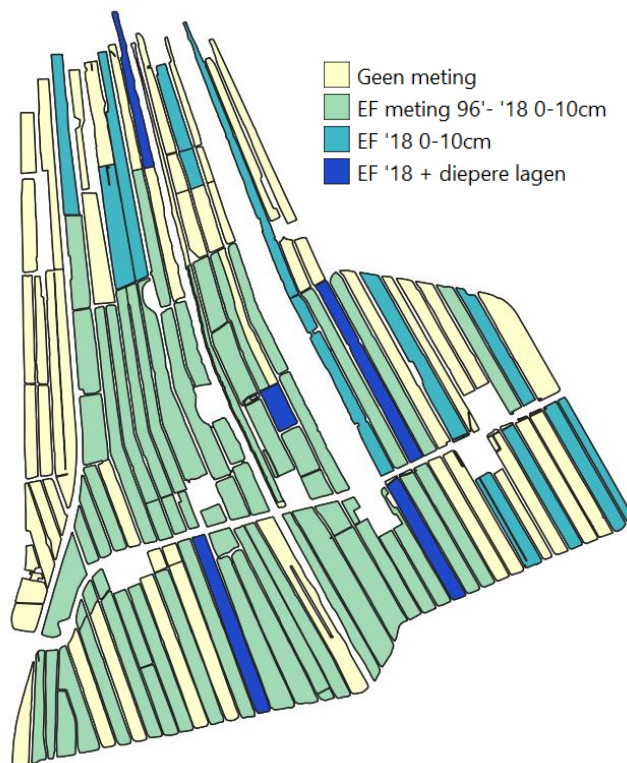
1 Databronnen

1.1 Bodemdata

De bodemdata die over de jaren is verzameld in de polder, inclusief de data uit het project Proefpolder kringlooplandbouw, bestaat uit 5 categorieën:

- 1 De melkveehouders in de proefpolder hebben hun bodemdata dat door Eurofins-Agro is gemeten, beschikbaar gesteld. Dit is twee keer gebeurd. In eerste instantie is de beschikbare data tussen 1996 en 2013 beschikbaar gesteld.
- 2 Daarna is er een update geweest voor de data uit 2016 en 2018.
- 3 Daarnaast is in het najaar van 2018 een aantal extra percelen bemonsterd op meerdere dieptes om een completer beeld van de polder te krijgen.
- 4 Van de overige percelen waarvan geen gegevens bekend zijn, zijn de bodemparameters geschat door gebruik te maken van een ruimtelijk statistisch model.
- 5 Data van de proefplotjes waar gedurende 2 of 3 jaar experimenten zijn uitgevoerd met verschillende N-giften.

Onderstaande kaart geeft de percelen weer die in elk van deze categorieën zijn gemeten.



Figuur 1-1 Kaart van de percelen in de proefpolder en de bron van de gebruikte bodemdata (EF staat voor Eurofins-Agro). Op de percelen waarvan geen metingen bekend zijn, is een ruimtelijk statistisch model gebruikt om een inschatting te geven van de bodemparameters.

1.2 Fosfaattoestand van de bodem

Om de fosfaattoestand van de bodem te karakteriseren wordt onderscheid gemaakt tussen:

- totale fosfaat reserve die aan het oppervlak van bodemdeeltjes is gebonden (P-oxalaat);
- de beschikbaarheid van deze P-fractie, bepaald door de mate waarin het oppervlak is verzadigd met P: de P-verzadigingsgraad (FVG);
- de beschikbare P-fractie (P-AL); deze is binnen een gebied (ook in deze polder) sterk gecorreleerd aan de FVG;
- de voor een plantenwortels direct beschikbare P-fractie (P-CaCl₂) deze fractie is gerelateerd aan de P in de bodem die uit kan spoelen naar het watersysteem.

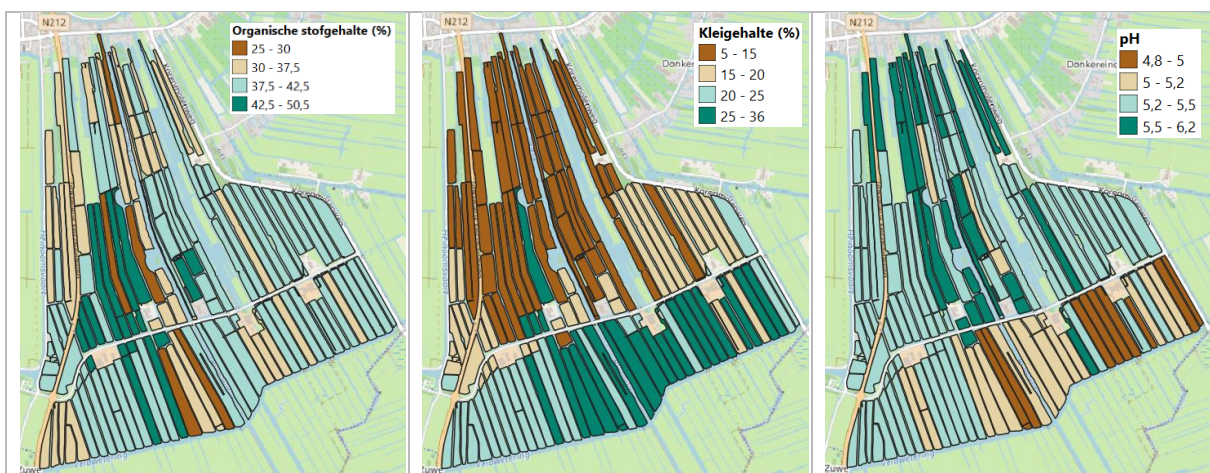
2 Variatie bodemsamenstelling

2.1 Ruimtelijke bodemsamenstelling toplaag (0-10 cm-mv)

De polder heeft een oppervlakte van circa 300 hectare. Het grootste deel is landbouwgrond (82%) dat is opgedeeld in 161 agrarisch beheerde percelen. De bodem van de polder bestaat grotendeels uit koopveengrond op bosveen met een toemaakdek. Een toemaakdek is een in het verleden opgebrachte laag dat vooral uit stadsafval bestond. Vanaf de middeleeuwen werd dit als bodemverbeteraar op landbouwgrond opgebracht. De ruimtelijke variatie in dit toemaakdek kan groot zijn. Bosveld et al. (2000) vonden bijvoorbeeld dat binnen 4m² de variatie in bodemeigenschappen vergelijkbaar was als de variatie tussen bodemonsters binnen het gehele onderzoeksgebied van de Ronde Venen.

De toplaag van de bodem (0-10cm-mv) bestaat uit kleiig veen. Binnen de polder varieert het organische stofgehalte van de toplaag van de bodem van 25 tot 50% waarbij het gehalte het laagst is in het noordelijke deel en in het zuidwestelijke puntje (Figuur 2-1). De koolstofstikstofverhouding (CN-ratio) is redelijk stabiel over het hele gebied en varieert van 9,5 tot 11. Dit betekent ook dat de bodems relatief stikstofrijk zijn en van nature veel stikstof leveren dat beschikbaar kan komen voor gewasopname. De mineralisatie en het daarbij vrijkomen van N is afhankelijk van het weer, de kwaliteit van de organische stof en de vochtigheid van het perceel.

Het kleigehalte van de bovenste 10 cm van het bodemprofiel varieert van 5 tot 36% met de hoogste kleigehaltes in het zuidoosten en de laagste in het noordwesten (Figuur 2-1). Voor de zuurgraad van de bodem is dit net andersom. In de percelen ten zuiden van de Gagelweg, met name in het zuidoostelijke deel, is de pH vrij laag vanuit een landbouwkundig perspectief. De optimale pH voor grasland ligt namelijk rond de 5,0 (pH-CaCl₂). Voor de percelen ten noorden van de Gagelweg is de pH tussen 5,2 tot 6,2 wat vrij hoog is voor veengrond.



Figuur 2-1 Ruimtelijke variatie in basis bodemkenmerken als organische stof (%), kleigehalte (%) en de zuurgraad van de bodem (0-10 cm diepte).

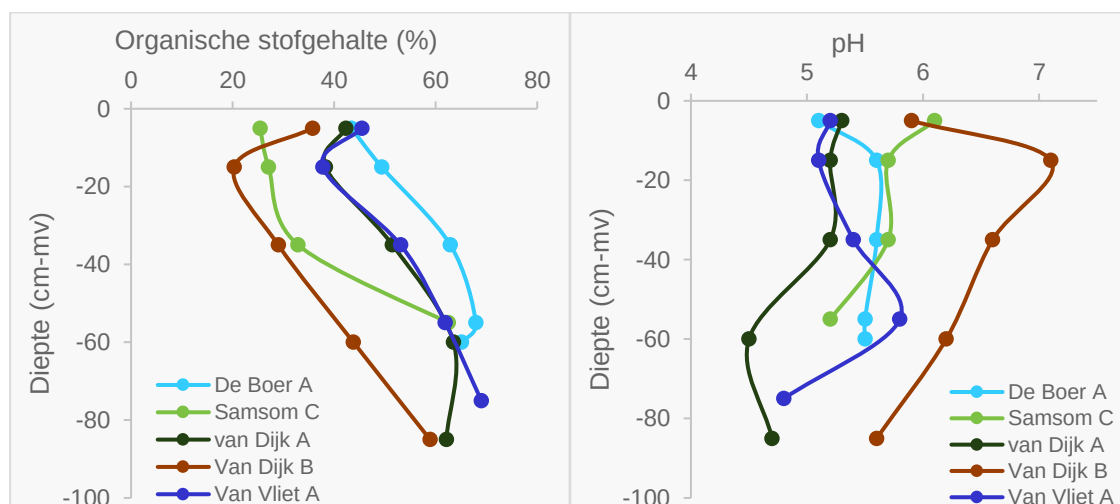
De zuurgraad (pH) van de bodem beïnvloedt de vorm waarin nutriënten in de bodem aanwezig zijn en de beschikbaarheid ervan. De zuurgraad heeft niet alleen een groot effect op de chemische vorm van de verbindingen en hun omzettingen, maar ook op biologische processen. Een optimale zuurgraad voor het bodemleven ligt voor minerale gronden tussen de 6 en 7. De pH van veengronden ligt lager dan dat van minerale gronden door een hogere natuurlijke verzuring via afbraak van organische stof en de afwezigheid van kalkrijke onderdelen (zoals schelpen en carbonaten) in het moedermateriaal. Binnen de proefpolder varieert de pH van 4,8 tot 6,2 (Figuur 2-1). De pH van de bodem daalt jaarlijks door o.a. gewasonttrekking, uitspoeling en de verzurende werking van kunstmest. Dit kan worden verhoogd door te bekalken. Op veen leidt het toedienen van grote hoeveelheden kalk echter tot een (sterke) toename in de mineralisatie. Kalk wordt daarom (als het goed is) in relatief kleine hoeveelheden toegediend. Onderhoudsbekalking lijkt vooral relevant op de zuidoostelijke percelen ten zuiden van de Gagelweg.

Het oppervlak van kleideeltjes en organische stof heeft onder normale omstandigheden in de bodem een negatieve lading, waardoor positief geladen kationen, zoals calcium, magnesium en kalium aan deze bodemdeeltjes worden gebonden. De kationen aan het adsorptiecomplex zijn zwak gebonden en kunnen via omwisselreacties in de bodemoplossing terecht komen. Het kationuitwisselcomplex (CEC) varieert binnen de proefpolder maar is overall hoog (400 tot 650 mmol⁺ kg⁻¹).

2.2 Bodemsamenstelling diepere bodemlagen (0-100 cm-mv)

Op 5 percelen met proefplotjes zijn op zowel de proefplotjes als op het perceel mengmonsters genomen op verschillende dieptes. Uit deze gegevens blijkt dat er niet alleen in de bovenste 10 cm maar ook op grotere diepte een vrij groot verschil bestaat tussen percelen. Opvallend is dat met name het perceel Van Dijk B eruit springt; het organische stofgehalte is lager dan op de andere plots/ percelen en de pH is hoger tot een diepte tussen 60 en 90 cm-mv. Dit kan niet direct worden verklaard op basis van de ligging van het perceel binnen de polder.

In overeenstemming met de verwachting is het algemene beeld dat het organische stofgehalte toeneemt met de diepte. Het hogere organische stofgehalte in de bovenste 10 cm in vergelijking met de 10 cm daaronder kan (deels) verklaard worden door organische stofopbouw van de graszode zelf. De pH blijft redelijk stabiel met de diepte of daalt licht. Bij van Dijk B is er een opmerkelijke daling in organische stofgehalte en stijging in pH tussen 10 en 20 cm-mv. Mogelijk hangt dit samen met een lokaal effect van het toemaakdek.



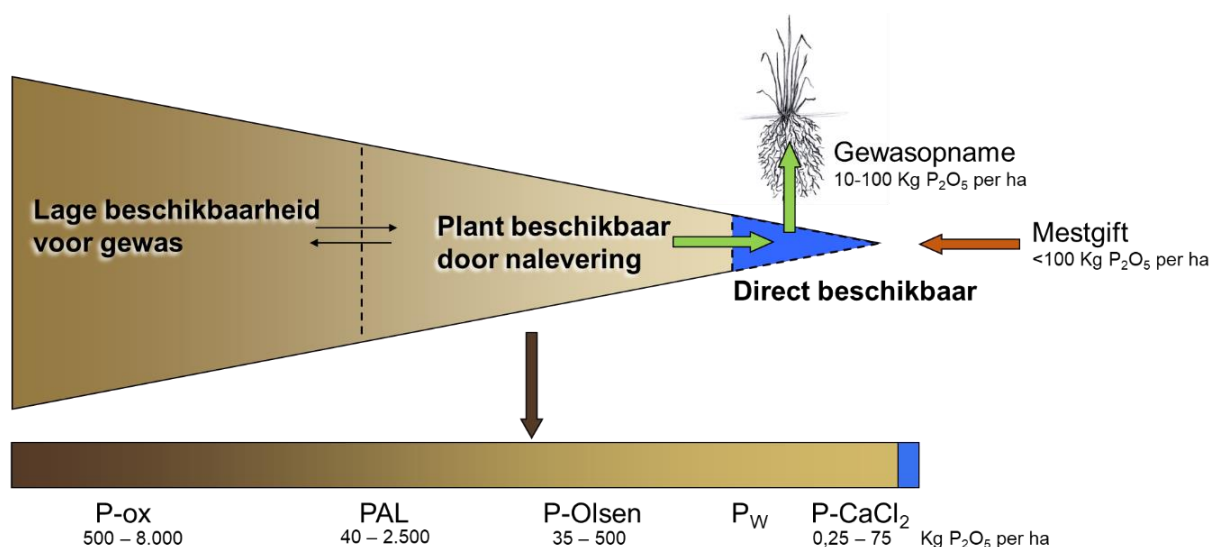
Figuur 2-2 Organische stofgehalte (links) en pH (rechts) van de bodem over een diepte van 60 tot 90 cm diep voor 5 percelen verspreid over de polder.

3 Fosfaat

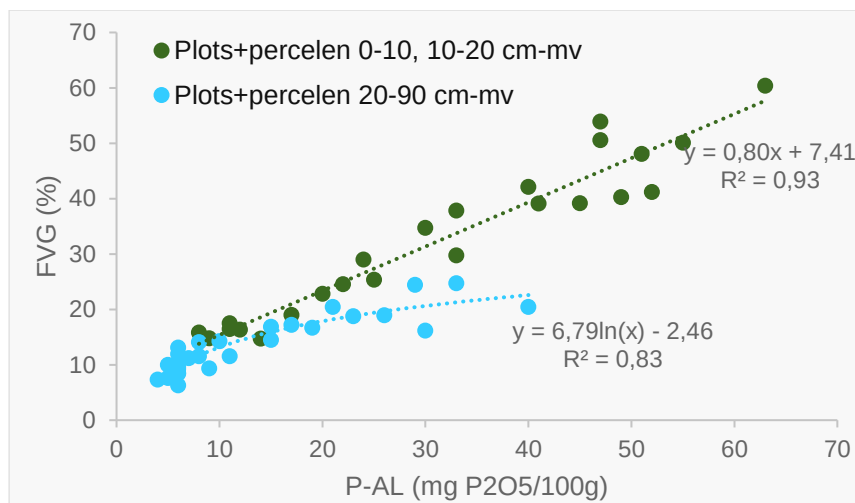
3.1 Fosfaat in veengrond

In veengronden zijn de aan bodemdeeltjes gebonden P-reserves hoog. De reden hiervoor is dat organische stof deels uit P bestaat. Wanneer het veen oxideert neemt het organische stofgehalte af en wordt de bodem verrijkt met het in het veen aanwezige ijzer (Fe) en aluminium (Al) dat, wanneer dit in aanraking komt met zuurstof, oxideert tot Fe- en Al(hydr-)oxiden. De P die vrijkomt bij de mineralisatie van het veen bindt sterk aan het oppervlak van deze Fe-en Al(hydr-)oxiden. In veen is de bindingscapaciteit daarom hoog en de totale hoeveelheid gebonden P ook, met name in de bodemlaag dat in contact staat of heeft gestaan met zuurstof.

Met de diepte nemen de aan het oppervlak van bodemdeeltjes gebonden P-reserves (P-ox) sterk af, P is wel aanwezig in het veen en zal vrijkomen wanneer dit oxideert. In de diepere bodemlagen (>25 cm-mv) is er een negatieve relatie tussen P-ox en het organische stofgehalte ($r^2=0.82$). In de toplaag van de bodem is dit niet het geval omdat de totale verrijking met P in de toplaag het gevolg is van zowel de afbraak van veen als de netto aanvoer met mest. De hoge P-reserves betekent echter niet dat dit P ook direct beschikbaar is. De beschikbaarheid is een functie van de verhouding tussen P-reserves en de bindingscapaciteit van de bodem. Hoe meer van de bindingscapaciteit is opgeladen met P des te hoger zijn de voor de plant beschikbare P-reserves. Plantwortels onttrekken echter alleen P aan de bodemoplossing. De P-concentratie in de bodemoplossing is dus direct beschikbaar voor het gewas – maar dit is ook de vorm waarin de aanwezige P kan uitspoelen naar het watersysteem. Omdat de bindingscapaciteit voor P in de bodem hoog is, is de concentratie in de bodemoplossing relatief laag en worden schommelingen gebufferd. De relatie tussen de verschillende P-fracties in de bodem is schematisch weergegeven in Figuur 3-1. Dit figuur toont ook de verhouding tussen de verschillende methodes die gebruikt worden om de fosfaattoestand van een bodem te duiden.



Figuur 3-1 Schematische weergave van de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem en verschillende veel gebruikte extractiemethodes om deze beschikbaarheid te duiden.



Figuur 3-2 Relatie tussen twee parameters die een maat zijn voor de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem; de fosfaatverzadigingsgraad en P-AL waarbij onderscheid is gemaakt tussen de bovenste 20cm en diepere bodemlagen.

De **totale** P-reserves worden benaderd met P-ox (oxalaatextractie). De **beschikbare** reserve wordt benaderd met zowel de P-AL methode als met de fosfaatverzadigingsgraad (FVG). De FVG wordt berekend door de verhouding tussen de gebonden P-reserves (P-ox) en de bindingscapaciteit van de bodem ($Q_{max} = 0,5 \times (Fe-ox + Al-ox)$). Ondanks het verschil in benadering tussen deze twee parameters zijn deze binnen de polder sterk aan elkaar gerelateerd (Figuur 3-2) en zijn beide een maat voor plant beschikbaar P in de bodem (Figuur 3-1). De concentratie P- $CaCl_2$ weerspiegelt de P-concentratie in het bodemvocht en is daarom een maat voor de hoeveelheid P dat direct beschikbaar is voor gewasopname. P- $CaCl_2$ is echter ook een maat voor de P-concentratie van het uitspoelende bodemwater.

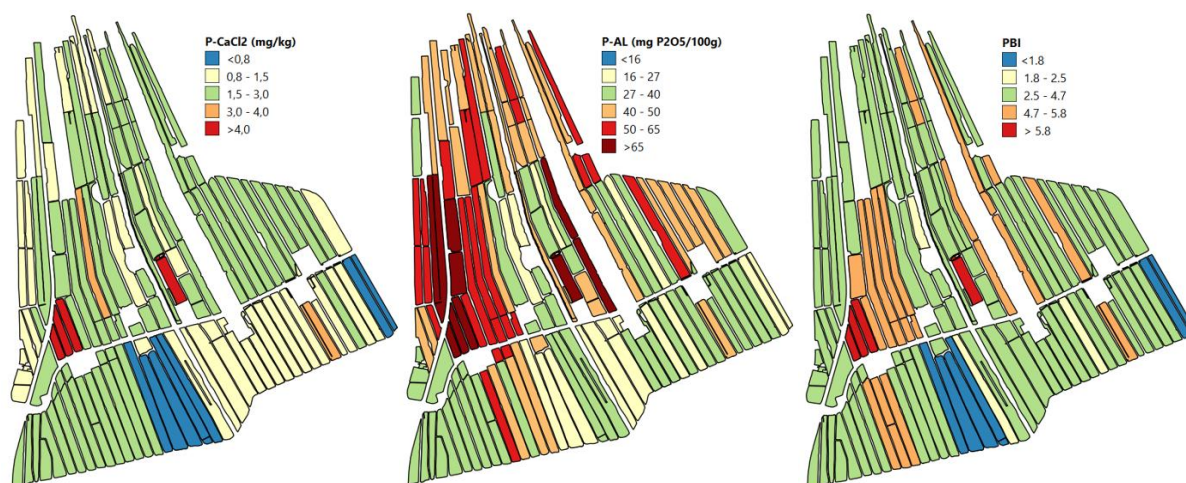
De fosfaatgebruiksnormen zijn over de jaren gestaag verlaagd om tegemoet te komen aan de doelen voor waterkwaliteit. Sinds 2014 is voor grasland de gebruiksnorm gemiddeld nagenoeg gelijk aan de onttrekking bij een neutrale fosfaattoestand. De fosfaattoestand en gerelateerde gebruiksnorm voor grasland, wordt vooralsnog gekarakteriseerd via het P-AL getal.

De beschikbaarheid van P in de bodem voor een groeiend gewas kan echter beter worden gekarakteriseerd door de combinatie van P-AL en P- $CaCl_2$ dan met een enkelvoudige P-parameters als P-AL (Van Rotterdam en Bussink, 2018). Dit is ook de basis voor het huidige bemestingsadvies. P-AL is hierin een maat voor de aan de bodem gebonden P-reserves die beschikbaar kunnen komen. De P-beschikbaarheidsindex (PBI) combineert P-AL en P- $CaCl_2$ in één getal en is afgeleid uit vele veldproeven met gras. De PBI kan worden gebruikt om gewas-gerichte adviezen te geven en ook om de adviezen te richten op het beperken van uit- en afspoeling.

3.2 Variatie in de fosfaattoestand over de ruimte

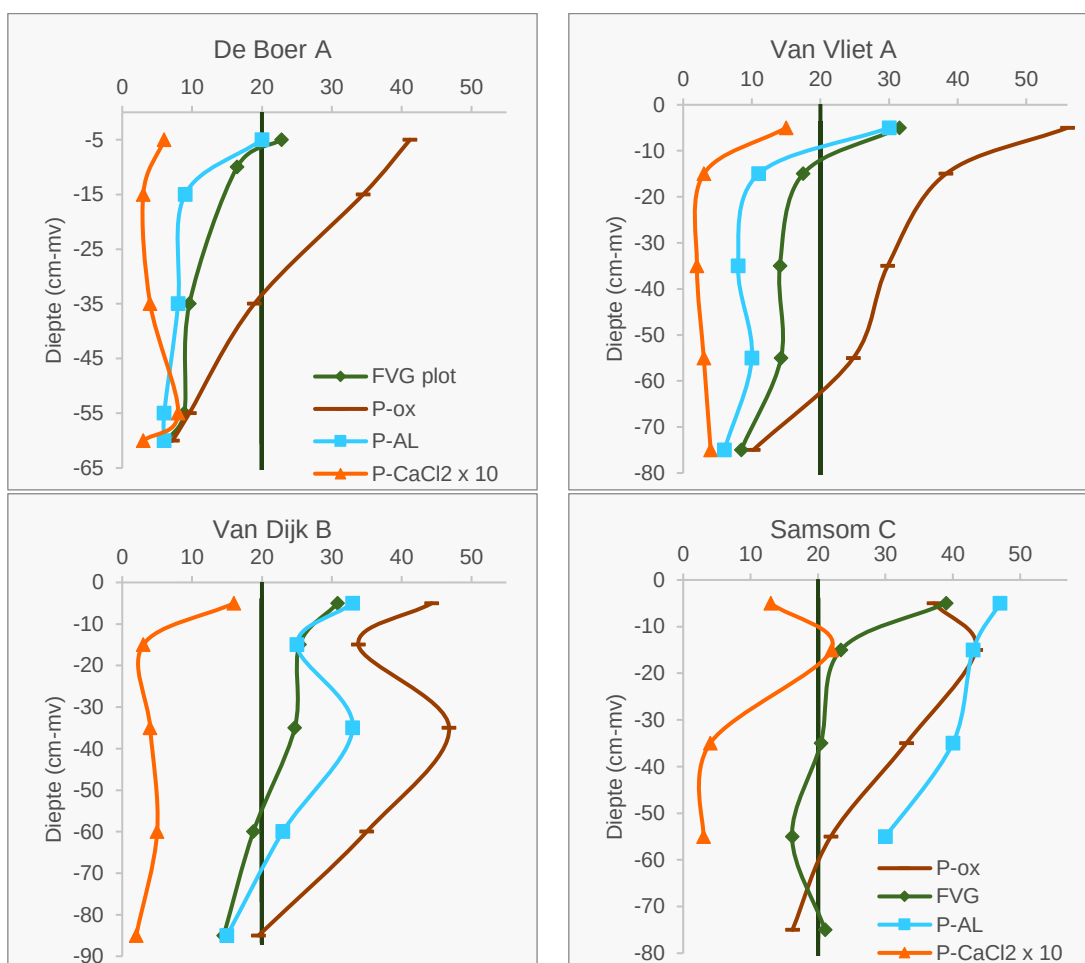
Omdat P sterk bindt aan de bodem is de fosfaattoestand in de bovenste 10cm op grasland een reflectie van het bemestingsverleden. Dit leidt ertoe dat de fosfaattoestand van de bodem sterk kan variëren tussen percelen. Dit is ook het geval in de proefpolder waar de bodem voornamelijk bestaat uit veengrond met een toemaakdek. De variatie komt tot uitdrukking in zowel P-AL en P- $CaCl_2$ als in de PBI (Figuur 3-3). Met name in het westelijke deel van de polder is de fosfaattoestand hoog. De oranje- en roodgekleurde percelen geven aan waar de fosfaattoestand (gebaseerd op de PBI) hoog is en mogelijk een risico vormt voor de waterkwaliteit. Voor de PBI geven de blauwe en gele percelen aan waar de fosfaattoestand laag is en de P-opname door het gewas beperkt kan worden.

De grote variatie in fosfaattoestand van de bodem tussen percelen biedt perspectief om via management actief te sturen op een hogere P-benutting en minder P-verliezen naar het water.



Figuur 3-3 Fosfaattoestand van de percelen binnen de proefpolder op basis van direct beschikbare P (P-CaCl₂, links), beschikbare P-reserves (P-AL, midden) en de P-beschikbaarheidsindex (rechts).

Het verschil in fosfaattoestand tussen de onderzochte percelen is niet alleen vrij groot in de bovenste 10cm van de bodem, maar ook met de diepte is de variatie vrij groot. Bij van Vliet A, Van Dijk A en De Boer A is de totale P-reserve (P-ox) hoog in de toplaag maar is de beschikbaarheid vanuit een landbouwkundig perspectief laag; P-AL tussen 20 en 30 mg P₂O₅ 100g⁻¹ in de bovenste 10 cm.



Figuur 3-4 Verandering in de fosfaattoestand met de diepte waarbij de fosfaattoestand is gekarakteriseerd met P-ox (mmol P kg⁻¹), de fosfaat verzadigingsgraad (FVG, %), P-AL (mg P₂O₅ 100 g⁻¹), en 10 x P-CaCl₂ (mg P kg⁻¹). Zie tekst voor uitleg over deze fracties.

Direct onder de bovenste 10 cm nemen de gebonden P-reserves sterk af en ook de P-beschikbaarheid; in de laag 10-20 cm-mv is P-AL al gezakt tot rond 10 mg P_2O_5 100g⁻¹. Dit beeld geldt niet voor de hele polder. Voor Samson C en Van Dijk B is de bodem sterker opgeladen met P, zowel in de toplaag (0-10 cm-mv) als dieper in het bodemprofiel. Vooral bij Samson C, dat in het noordelijke deel van de polder is gelegen, is de fosfaattoestand, zowel in de toplaag als in de diepere lagen hoog; P-AL daalt van 47 in de bovenste 10 cm tot 30 mg P_2O_5 100g⁻¹ op een halve meter diepte. Ook bij Van Dijk B blijft P-AL boven 20 mg P_2O_5 100g⁻¹ tot 60 cm diepte. Dit beeld is typisch voor percelen met een wisselende grondwaterstand en een gemiddeld hoogste grondwaterstand dicht aan maaiveld.

3.3 Variatie proefpolder over de tijd

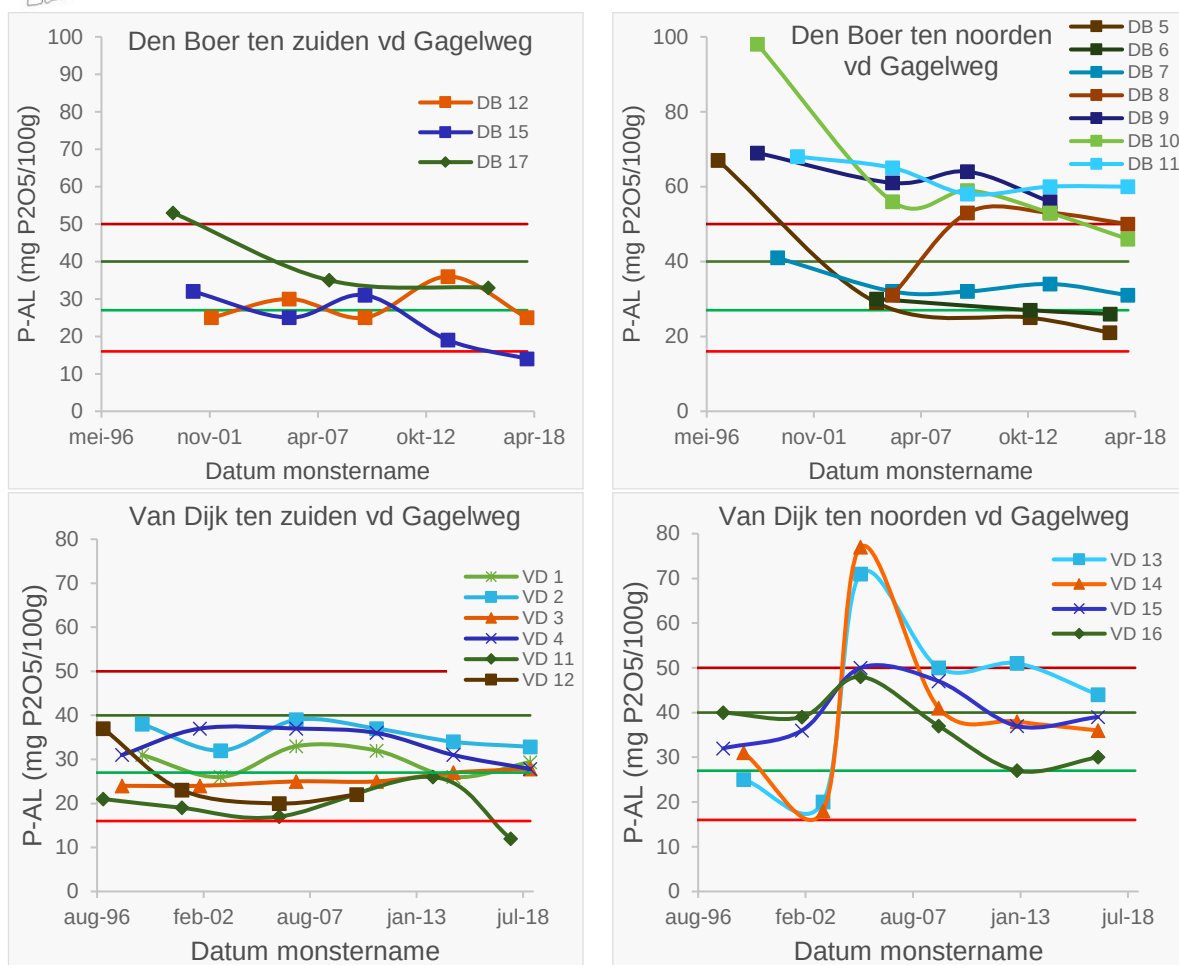
Een aantal percelen bij Van Dijk en Den Boer zijn over een aantal jaren bemonsterd en geanalyseerd op fosfaat. De percelen en bijbehorende tijdreeksen staan weergegeven in Figuur 3-5. Interessant is dat onderscheid gemaakt lijkt te kunnen worden tussen percelen ten zuiden en ten noorden van de Gagelweg. Op de percelen ten zuiden van de Gagelweg is het opvallend dat de fosfaattoestand redelijk constant is en op een enkele uitschieter na (o.b.v. P-AL) in de klasse neutraal (P-AL 27 – 40) tot laag (P-AL 16 – 27) valt. Vooral bij Van Dijk is de fosfaattoestand behoorlijk constant over een groot aantal jaren (1996 – 2014). Ten noorden van de Gagelweg is de fosfaattoestand gemiddeld hoger dan ten zuiden en deze percelen laten over de jaren ook een grotere variatie in de fosfaattoestand zien. Dit kan betekenen dat de percelen veel heterogener zijn en/ of dat er een grote(re) variatie is in bemesting en netto P-overschot dat van invloed is op de fosfaattoestand. Zoals eerder benoemd kan ook de ruimtelijke variatie in het toemaakdek groot zijn (Bosveld et al., 2000).

Een indicatie dat agrarisch management een effect heeft op de fosfaattoestand volgt uit de snelle toename in fosfaattoestand van P-AL +/- 20 naar +/- 75 tussen 2003 en 2004 waarna deze afvlakt tussen P-AL 40 en 50 op perceel 13 en 14 van Van Dijk. Een stijging van 55 P-AL-eenheden is vanuit chemische evenwichten in de bodem niet te verklaren. Een forse reparatiebemesting heeft plaatsgevonden met P-kunstmest vlak voor monsternamen in 2004. Daarna heeft zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld rond P-AL 50 (perceel VD 13) en P-AL 40 (VD 14). De sprong van P-AL 20 naar 40 á 50 over 5 jaar is ook nog groot gezien de grote bindingscapaciteit van veenbodems voor P dat een bufferende werking heeft op grote veranderingen in de fosfaattoestand. Opmerkelijk is ook dat de P-AL waarde van de percelen Van Dijk 15 en 16 stijgt tussen 2001 en 2004 en vervolgens weer vrij sterk daalt met respectievelijk 10 en 20 P-AL-eenheden tussen 2004 en 2012. De daling op de percelen 13 tot en met 16 kan verklaard worden omdat deze percelen alleen gemaaid worden; alleen maaien leidt tot een relatief hoge afvoer van mineralen.

De stijgingen en dalingen in de fosfaattoestand in de percelen aan de noordkant van de Gagelweg geven een indicatie dat de fosfaattoestand door agrarisch management is te veranderen. De fosfaattoestand van de percelen 6, 7, 9 en 11 van Den Boer laten een consistente daling zien van ongeveer 10 P-AL eenheden over een periode van ongeveer 15 jaar (Figuur 3-5). Op de percelen 9 en 11 daalt P-AL van bijna 70 naar 60 met 0,67 P-AL eenheid per jaar en is na 15 jaar dus nog steeds hoog. Op de percelen 6 en 7 is P-AL in de uitgangssituatie lager (40) en daalt het met 0,4 P-AL eenheid per jaar minder hard. Onder 'normaal' agrarisch management van Den Boer is de fosfaattoestand waar deze hoog tot zeer hoog was langzaam gedaald. Wanneer evenwichtsbemesting wordt toegepast (P-gift is gelijk aan de P-onttrekking) kan dit leiden tot een daling van de fosfaattoestand wanneer deze hoog tot zeer hoog is. Met afnemende fosfaattoestand wordt ook de snelheid van de daling steeds geringer en ontstaat er op de lange termijn een stabiele fosfaattoestand (o.a. Verloop et al., 2010).



Figuur 3-5 Percelen (links) en de bij die percelen behorende tijdreeksen van de fosfaattoestand zoals gemeten met P-AL. De landbouwkundige klassengrenzen zijn ook getoond ($P\text{-AL} > 50$ = hoog; $40\text{-}50$ = ruim; $27\text{-}40$ = neutraal; $16\text{-}27$ = laag en < 16 is arm). De bovenste grafieken zijn de tijdreeksen in P-AL bij Den Boer en de onderste van Van Dijk. De linker grafieken zijn van de percelen ten Zuiden van de Gagelweg en de rechter figuren van die ten Noorden van de Gagelweg.

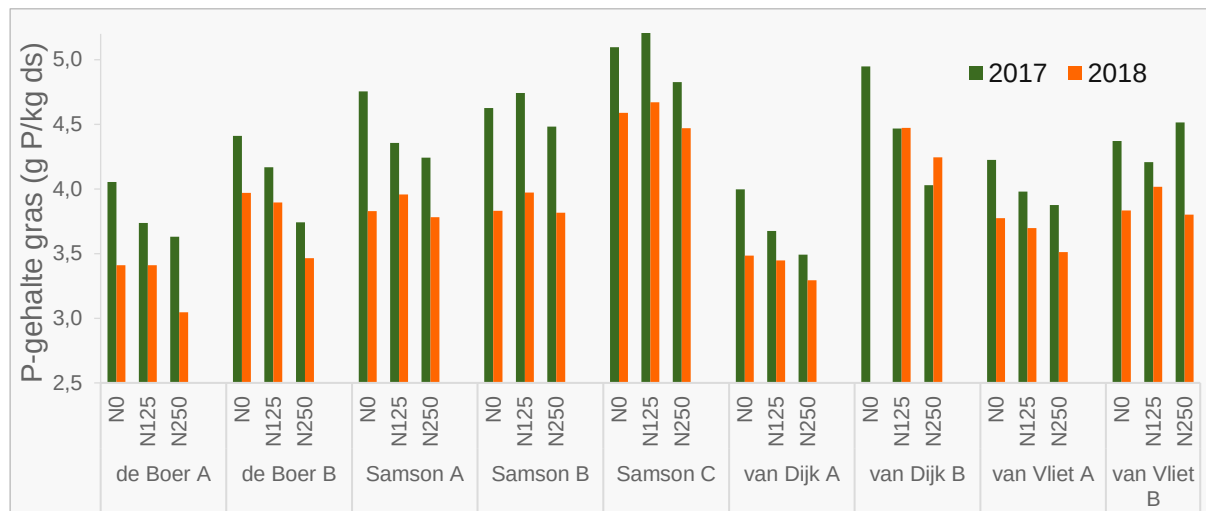


3.4 Relatie fosfaattoestand bodem en P-opname gewas

Binnen de polder is in 2017 en 2018 een proef uitgevoerd waar op 9 locaties metingen zijn gedaan aan de P-opname van gras bij drie stikstof bemestingsniveaus; geen bemesting (N_0), 125 kg N ha^{-1} (behandeling N_{125}) en 250 kg N ha^{-1} (behandeling N_{250}). Alle locaties ontvingen daarnaast $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en $180 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Voor een uitvoerige beschrijving van de proef en de resultaten wordt verwezen naar de deelrapportage van Pijlman (2020).

De P-gehalten in het gewas (gemiddelde over het jaar) lagen structureel boven de streefwaarde van $3,3 \text{ g kg}^{-1}$, met uitzondering van locaties Den Boer A en Van Dijk A in het jaar 2018 (Figuur 3-6). Beide locaties liggen in het zuidelijke deel van de polder en hebben een lage fosfaattoestand. Het P-gehalte

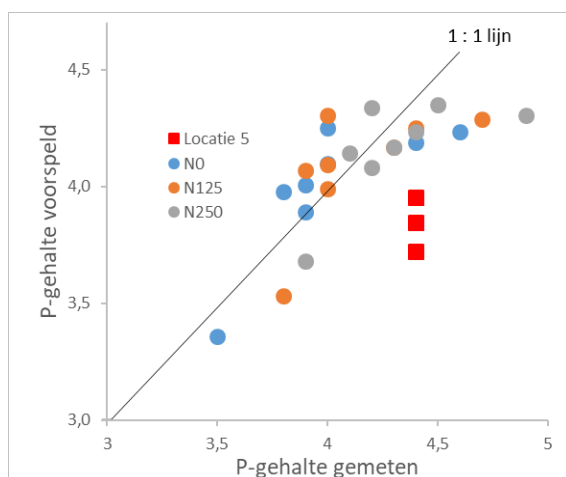
was bij Samson C het hoogst. De oorzaak hiervan is de combinatie van een hoge fosfaattoestand in zowel de bovenste bodemlaag als dieper in het profiel en een lage droge stofopbrengst mede als gevolg van een afwijkende botanische samenstelling. De gehalten N, P of K in de bodem leken niet limiterend voor droge stofopbrengst op deze locatie. Bij Samson C en Van Dijk B was de fosfaattoestand zowel in de bovenste bodemlaag als dieper in het profiel hoog (Figuur 3-4). Op beide locaties bleef ook in het zeer droge jaar 2018 de fosfaattoestand hoog.



Figuur 3-6 Gemiddelde P-gehalte in gras in de jaren 2017 en 2018 op 9 locaties met 3 bemestingsniveaus (0, 125 en 250 kg N/ha) in de Proefpolder.

Om het P-gehalte in de eerste snede gras te voorspellen, is de mate waarin de potentiële opbrengst op een perceel gerealiseerd kan worden afhankelijk van de P-beschikbaarheidsindex, pH, en kali-beschikbaarheid in de bodem en van de P_2O_5 -gift en werkzame N-gift (Bussink et al., 2011). Op basis van deze bodem- en bemestingskenmerken bleek het goed mogelijk om het P-gehalte van het gras te voorspellen (Figuur 3-7). Uitzondering op de trend is locatie 5 – Samson C. Op deze locatie is, zoals beschreven, het P-gehalte in het gewas hoog door de relatief lage opbrengst als gevolg van de botanische samenstelling en de hoge fosfaattoestand in zowel de bovengrond als in de diepere bodemlagen.

Bij een hoge fosfaattoestand van de bodem wordt de gewasopname vooral bepaald door de levering uit de bodem en is er weinig tot geen effect van bemesting. Bij een lage fosfaattoestand is het voor een optimale benutting van het fosfaat in bodem en meststoffen van belang om zowel de zuurgraad (pH) als de kalitoestand van de bodem op een voldoende hoog niveau te houden. Op veengrond is pH een extra aandachtspunt omdat deze van nature laag is. De pH kan slechts in kleine stappen verhoogd worden om extra veenoxidatie te voorkomen. De kalitoestand is op veengronden doorgaans (ruim) voldoende. Te veel K in het gras (> 35 g per kg) kan problemen opleveren met het vee en is veelal het resultaat van juist onnodige K-bemesting op veen.



Figuur 3-7 Voorspelde versus gemeten P-gehalte in de eerste snede gras (2017) op 9 locaties met 3 bemestingsniveaus (0, 125 of 250 kg N) in de Proefpolder.

3.5 Aanpak voor een betere bodem P-benutting

Voor fosfaat is de uitdaging om verliezen naar het oppervlaktewater te beperken en de bedrijfsbenutting te verbeteren. De grootste P-verliezen naar het oppervlaktewater treden in veenweiden op via ondiepe uitspoeling en oppervlakkige afspoeling en met name op percelen waar de fosfaattoestand hoog is. Daarnaast is op percelen waar de fosfaattoestand hoog is, het rendement van een P-gift zeer laag. Voor gewasopname is de fosfaattoestand van de bodem belangrijker dan de mestgift en bij een fosfaattoestand in de categorie hoog is er voor gras geen respons op de mestgift. Daarnaast nemen de onvermijdbare verliezen van P toe met een toenemende fosfaattoestand. De onvermijdbare verliezen zijn niet alleen de emissies naar het watersysteem maar ook de uitspoeling en binding in diepere bodemlagen en de vastlegging in P-vormen die minder gemakkelijk beschikbaar komen voor het gewas.

Deze studie bevestigt de reeds lang bekende sterke variatie in de fosfaattoestand tussen percelen in een ogenschijnlijk homogene polder. Deze studie laat niet alleen een verschil in de bovengrond zien tussen percelen maar ook in de opbouw van P-voorraden in diepere bodemlagen. Deze variatie tussen percelen in beschikbare reserves voor het gewas en risico op verliezen kan worden benut.

Beide uitdagingen van bedrijfsbenutting verhogen en verliezen beperken kunnen simultaan worden aangepakt door de dierlijke mestgift te differentiëren in relatie tot de fosfaattoestand van percelen. Een praktisch advies kan bijvoorbeeld zijn om percelen met een lage P-toestand in de eerste snede 5m³ en gedurende het jaar 10m³ drijfmest extra te geven en percelen met een hoge P-toestand eenzelfde hoeveelheid minder. Eventueel kunnen verschillen in N-gift gecompenseerd worden met de kunstmestgift. Dit leidt niet alleen tot een betere benutting van de P-reserves in de bodem, maar ook tot een betere benutting van de mestgift. Randvoorwaarden zijn wel dat de zuurgraad van de bodem (en de kalitoestand) op orde is (www.bemestingsadvies.nl).

Voor het scenario om hotspots in P-emissies te verlagen is het wenselijk om de fosfaattoestand te houden binnen de landbouwkundig streefwaarde, gemeten conform de PBI. De verandering in de fosfaattoestand over de tijd (Figuur 3-5) toont aan dat binnen de polder een hoge fosfaattoestand langzaam kan afnemen door agrarisch management.

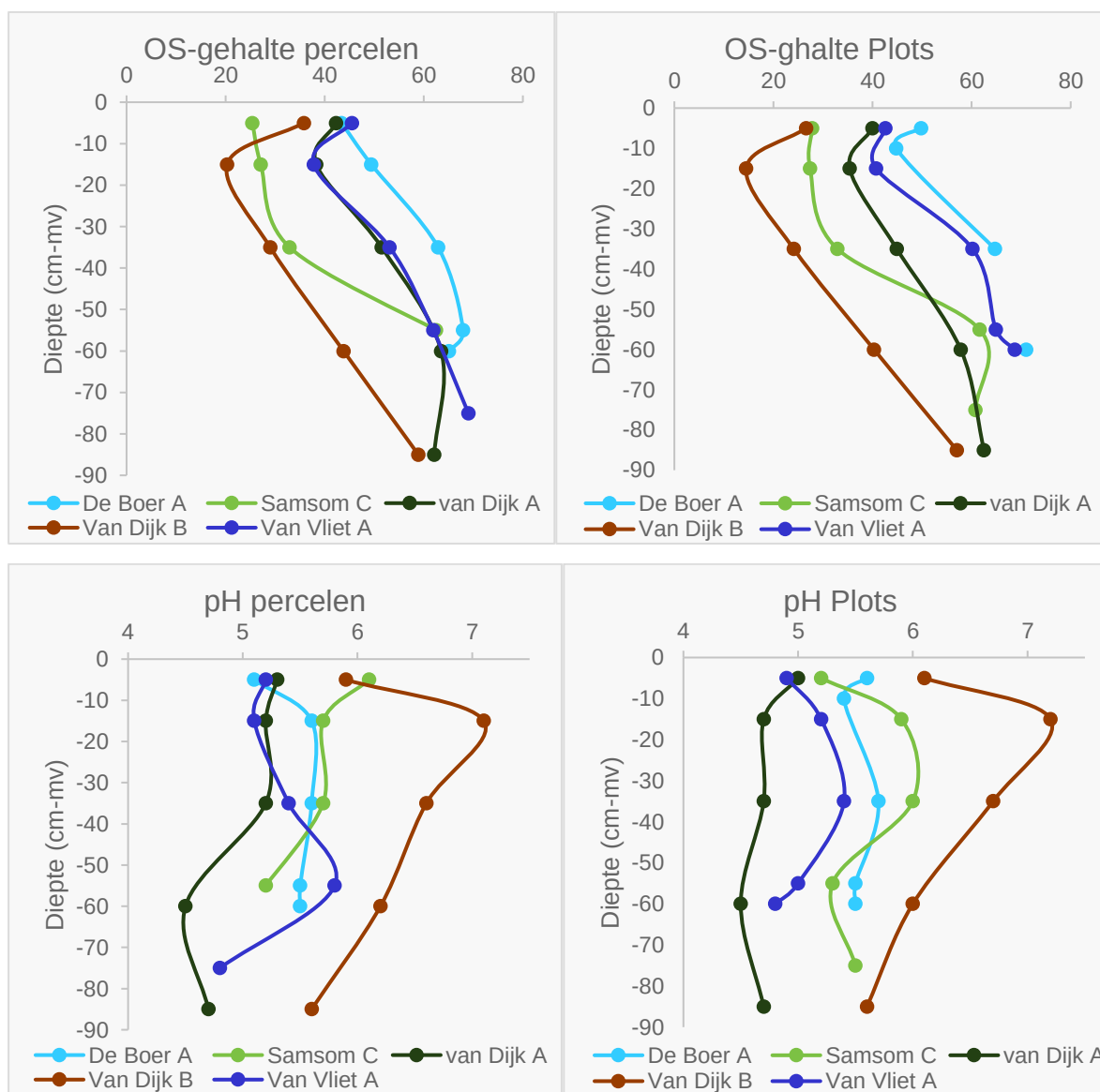
De potentiële afname kan worden berekend op basis van de onttrekking. Deze is gemiddeld 115 kg P₂O₅ ha⁻¹jr⁻¹ en komt omgerekend uit op een potentiële verandering in de totale P-reserves (P-ox) van 2,4 mmol P kg⁻¹ grond (uitgangspunten: 40% organische stof, 75% P-onttrekking uit bovenste 10 cm en 25% uit 10-20cm). Door een beperking van de input van P met de mestgift kan de afname in de total P-reserves (P-ox) maximaal 1 mmol kg⁻¹ zijn. Afhankelijk van de bindingscapaciteit komt dit overeen met een verandering in 0,6 tot 0,9 P-AL-eenheden per jaar (verandering FVG van 0,5 – 0,7%) wanneer de fosfaattoestand van de bodem hoog is (> P-AL 50). In de percelen ten noorden van de Gagelweg met een fosfaattoestand hoog kan door een aangepaste verdeling van de mest (meer naar percelen met een lagere fosfaattoestand en minder naar percelen met een hoge) de fosfaattoestand zoals benaderd met P-AL met 0,9 P-AL-eenheid per jaar dalen. Dit is duidelijk een lange termijn maatregel, maar wel een maatregel die geen geld kost en direct kan worden uitgevoerd.

Twee kanttekeningen moeten hierbij worden geplaatst. De eerste is dat wortels zich zullen aanpassen en de fosfaattoestand in diepere bodemlagen belangrijker wordt, dit wordt bijvoorbeeld zichtbaar bij Samson C (Figuur 3-4). De tweede kanttekening is dat wanneer het netto P-overschot negatief wordt op een perceel (netto P-onttrekking) de direct beschikbare P-fractie (P-CaCl₂) de eerste jaren snel daalt. Omdat onder de natte omstandigheden in het veenweide korte transportroutes dominant zijn, zal dit naar verwachting toch op redelijk korte termijn een effect kunnen hebben op de P-belasting naar het oppervlaktewater.

Referenties

- Bosveld ATC, Klok TC, Bodt JM & M Rutgers (2000). Ecologische risico's van bodemverontreinigingen in toemaakdek in de gemeente De Ronde Venen, Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-report 151. 92 blz. 24 fig.; 24 tab.; 46 ref.
- Bussink DW, Bakker RF, Van den Draai & EJM Temminghoff (2011a). Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 1 maïsland. Nutrient Management Institute report 1246.1.
- Bussink DW, Bakker RF, Van den Draai H & EJM Temminghoff (2011b). Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest; deel 2 grasland. Nutrient Management Institute rapport 1246.2.
- Pijlman J (2020). Proefpolder Kringlooplandbouw Groot Wilnis Vinkeveen Resultaten meetplots in grasland op veen 2017-2019. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2020-034LbP
- Van Rotterdam AMD, Pijlman J, Honkoop W & G van den Eertwegh (2019). Verbeteren benutting fosfaat in veenweiden: Resultaten uit de proefpolder kringlooplandbouw. V-focus, augustus:16-19.
- Van Rotterdam, AMD & DW Bussink (2016). Fosfaatstreeftoestand in de bodem voor maïs en gras. Notitie voor de commissie bemesting grasland en voedergewassen (NI).
- Verloop J, Oenema J, Burgers SLG, Aarts HFM & H van Keulen (2010). P-equilibrium fertilization in an intensive dairy farming system: effects on soil-P status, crop yield and P leaching. Nutr Cycl Agroecosyst 87:369–382

Bijlagen



Figuur bijlage 1. Verandering in het organische stofgehalte en de pH met de diepte in de bodem zoals gemeten in mengmonsters van het gehele perceel (links) en in monsters van de proefplots op het betreffende perceel (rechts).



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl