



Bron foto:  
TUFOWKTM, 2020

# Fosfaatmeetnet Compagnonsvaarten

Methodiek van het meetnet

Gerard H Ros

Maarten van Doorn

## Referaat

Ros GH & M van Doorn (2021) Fosfaatmeetnet Compagnonsvaarten; methodiek van het meetnet, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1809.N.20, 20 pp.

## Rapport in het kort

Om de ecologische kwaliteit van de Compagnonsvaarten in Zuidoost-Friesland te verbeteren, is inzicht nodig in de belangrijkste bronnen van fosfor als ook de bijdrage van de landbouwbodem. Omdat er veel onduidelijkheden zijn over de bijdrage van de landbouwbodem is een meetnet opgezet om de komende jaren meer inzicht te krijgen in de emissie vanuit de landbouwbodem als ook het transport van het vrijgekomen fosfor in het watersysteem. Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van dit meetnet.

---

© 2021 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

## Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

---

Verspreiding

Wetterskip Fryslân

digitaal

# Inhoudsopgave

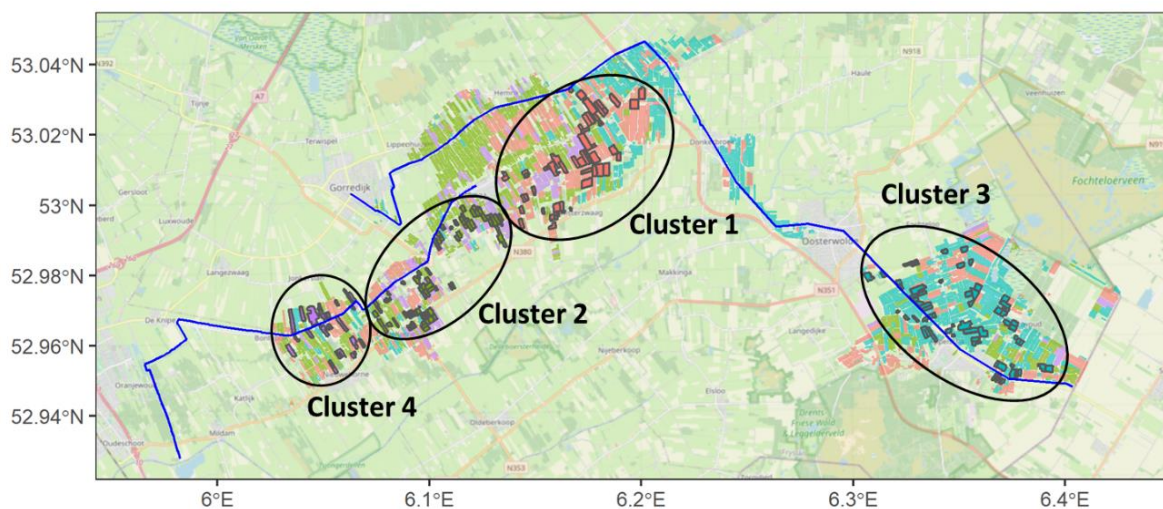
<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Achtergrond en aanleiding	3
1.2 Doel	3
<b>2 Gebiedsbeschrijving</b>	<b>4</b>
2.1 Watersysteemanalyses	4
2.1.1 Schoterlandse Compagnonsvaart	4
2.1.2 Opsterlandse Compagnonsvaart	6
2.2 Ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen	8
<b>3 Ontwerp meetnet</b>	<b>10</b>
3.1 Selectie van percelen	10
3.2 Metingen	17
3.3 Opschalen van resultaten	19
<b>4 Duurzaam bodem –en waterbeheer</b>	<b>20</b>
<b>Literatuur</b>	<b>21</b>
<b>Bijlage I. Variatie in bodemkwaliteit</b>	<b>22</b>
<b>Bijlage II. check cluster analyse</b>	<b>27</b>

# Samenvatting en conclusies

Om de ecologische kwaliteit van de Compagnonsvaarten in Zuidoost-Friesland te verbeteren, is inzicht nodig in de belangrijkste bronnen van fosfor als ook de bijdrage van de landbouwbodem. Omdat er veel onduidelijkheden zijn over de bijdrage van de landbouwbodem is een meetnet opgezet om de komende jaren meer inzicht te krijgen in de emissie vanuit de landbouwbodem als ook het transport van het vrijgekomen fosfor in het water-systeem. Daarbij wordt ook gekeken naar andere bronnen van fosfor.

Op basis van bodemgegevens en karteerbare perceelskenmerken zijn vier clusters onderscheiden die variëren in het risico dat er P-verliezen optreden naar het oppervlaktewater (Figuur S1). Per cluster worden samen met de betrokken agrariërs twee percelen geselecteerd waar in de komende jaren het perceelsmanagement zal worden bijgehouden en de P-concentraties in bodem, slootbodem, en drain-, grond- en oppervlaktewater zal worden gemonitord. Door op percelen te monitoren die sterk variëren in bodemeigenschappen en hydrologische condities wordt inzicht verkregen in diverse processen die in het gebied de P-verliezen vanuit de landbouwbodem naar het oppervlaktewater beïnvloeden. Dit inzicht zal worden gebruikt om de resultaten naar het gehele gebied op te schalen. De nauwkeurigheid van opschaling zal worden versterkt door eenmalig op circa 40 percelen de bodemeigenschappen te bepalen en door, waar mogelijk, gebruik te maken van aanwezige bodemanalyses die agrarische ondernemers hebben laten analyseren bij het agrarisch laboratorium.

De verzamelde kennis uit dit meetnet zal bijdragen aan verdere onderbouwing van het systeeminzicht als ook het perspectief om via duurzaam bodembeheer actief een bijdrage te leveren aan een schoon en gezond watersysteem.



*Figuur S.1. Geselecteerde percelen die als monitoringslocaties gebruikt kunnen worden. De donker gekleurde percelen met zwarte rand zijn de geselecteerde percelen, de semi-transparante percelen zonder zwarte rand zijn alle percelen. De kleur geeft aan in welk cluster de percelen vallen.*

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en aanleiding

Conform de huidige watersysteemanalyses ligt er een uitdaling om de fosforbelasting van de Compagnonsvaarten in Zuid-Oost Friesland te reduceren. Wetterskip Fryslân heeft de wens om dit gezamenlijk met de agrariërs in het gebied te realiseren. Een belangrijke stap is om inzicht te verkrijgen in de belangrijkste bronnen van fosfor als ook de bijdrage van de landbouwbodem. Uit de watersysteemanalyses blijkt dat:

- De ecologische toestand van de *Schoterlandse compagnonsvaart* goed is te noemen aan de hand van de biologische kwaliteitselementen en de ondersteunende parameters die gemonitord worden voor de KRW (Wetterskip Fryslân, 2018a). Desalniettemin zijn er diverse knelpunten aan te wijzen die een goede ecologische toestand in de weg staan, zoals de hoge externe belasting met nutriënten, onvoldoende doorzicht en een gebrek aan habitatdiversiteit. Om een robuust systeem met een goede ecologische kwaliteit te creëren, wordt vooral geadviseerd te sturen op een verlaging van de P-belasting en het daarmee samenhangende slechte lichtklimaat (Wetterskip Fryslân, 2018a).
- De huidige ecologische toestand van de *Opsterlandse Compagnonsvaart* is vergelijkbaar met die van de Schoterlandse compagnonsvaart. Op basis van de ESF-analyse zijn diverse knelpunten aangewezen waaronder de hoge externe belasting met nutriënten, onvoldoende doorzicht, een fosfaatrijke landbouwbodem, te intensief beheer en onderhoud van de watergang en te hoge concentraties van toxische stoffen (Wetterskip Fryslân, 2018b). De actuele nutriëntenbelasting ligt het hele jaar door namelijk twee tot vijfmaal hoger dan de kritische belasting. Concreet betekent dit dat er voldoende nutriënten beschikbaar zijn om een dominantie van algen te verklaren (Wetterskip Fryslân, 2018b).

Naar aanleiding hiervan wordt een fosfaatmeetnet opgezet waarmee na een aantal jaren onderbouwd inzicht kan worden gegeven in de bijdrage van de landbouwbodem aan de P-belasting op de Compagnonsvaarten. Tegelijkertijd gebeurt deze ontwikkeling samen met de betrokken agrariërs en wordt gericht gezocht naar mogelijkheden om de waterkwaliteit te verbeteren. Meer inzicht in de bodemprocessen die van invloed zijn op de waterkwaliteit levert namelijk ook inzichten op hoe via bodembeheer en bemesting de ecologische waterkwaliteit kan worden verbeterd.

## 1.2 Doel

Het doel van het onderzoek is om inzicht te krijgen in de bijdrage van de landbouwbodem aan de fosforbelasting van de Opsterlandse en Schoterlandse Compagnonsvaart. Hiervoor is inzicht nodig in de huidige bodem- en waterkwaliteit als ook in de belangrijkste routes waarmee het fosfaat vanuit de landbouwbodem in het watersysteem terecht komt. In het huidig rapport wordt de opzet en ontwikkeling van dit meetnet in meer detail toegelicht.

## 2 Gebiedsbeschrijving

### 2.1 Watersysteemanalyses

Resultaten van uitgevoerde watersysteemanalyses (Wetterskip Fryslân, 2018ab) geven onder andere voor beide vaarten aan (i) wat de ecologische toestand is, (ii) wat de knelpunten zijn voor het bereiken van een goede ecologische toestand, (iii) wat de water aan- en afvoer routes zijn, en (iv) wat over het jaar heen de relatieve bijdrage van landbouwpercelen is aan de totale P-belasting. Deze resultaten zijn aanleiding voor het huidig onderzoek en worden hieronder besproken. Hierbij is de focus gelegd op fosfor. Voor verdere detail wordt verwezen naar Wetterskip Fryslân (2018ab).

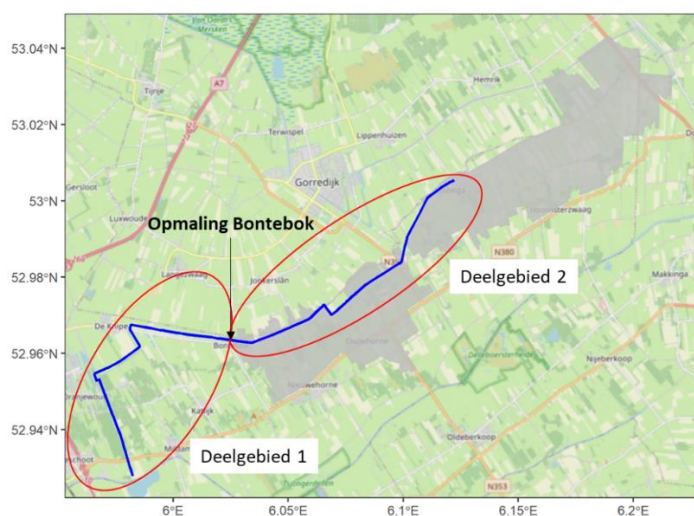
#### 2.1.1 Schoterlandse Compagnonsvaart

##### Ecologische toestand en knelpunten

De Schoterlandse Compagnonsvaart (SCV) heeft een overwegend goede ecologische toestand. Knelpunten voor het behalen van een goede ecologische toestand zijn een hoge externe belasting met nutriënten, onvoldoende doorzicht en een gebrek aan habitatdiversiteit (Wetterskip Fryslân, 2018a). De kritische P-belasting wordt gedurende het gehele jaar overschreden. Er worden maatregelen aanbevolen die gericht zijn op het reduceren van de P-belasting en het samenhangende slechte lichtklimaat.

##### Water aan- en afvoerroutes

Op basis van verschillen in hydrologische kenmerken zijn er twee deelgebieden te onderscheiden, gescheiden door stuw Bontebok (Figuur 2-1.).



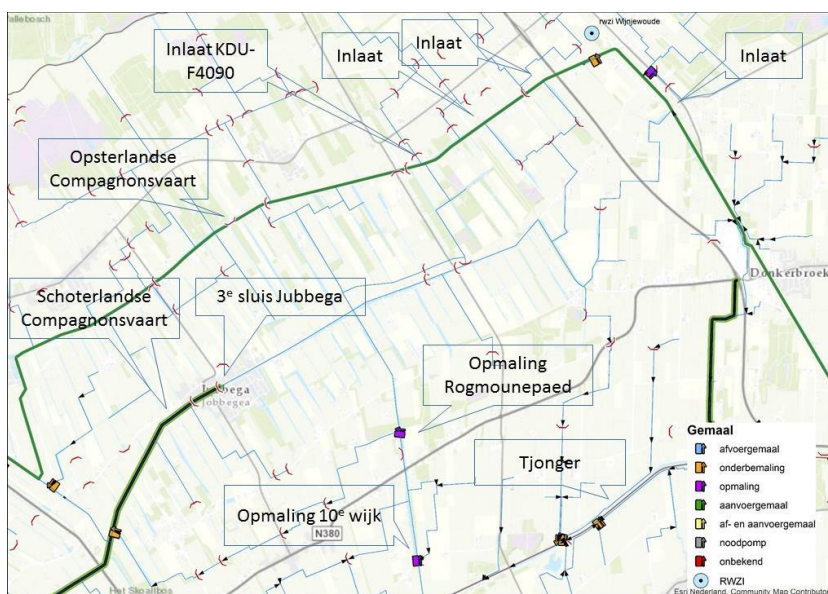
Figuur 2-1. Ligging van de SCV en duiding van deelgebieden (op basis van Wetterskip Fryslân, 2018a). Water van de grijze vlakken stroomt af op de Compagnonsvaart.

Voor deelgebied 1 geldt dat de stromingsrichting veranderd tussen de zomer en de winter. In de zomer is er aanvoer vanuit de Tjonger (zuiden) en is er afvoer via opmalingen Oranjewoud (richting westen) en stuw Bontebok (naar deelgebied 2). In de winter is er aanvoer vanuit stuw Bontebok (van deelgebied 2) en stroomt het water af naar het boezemdeel van de Tjonger (zuiden). Deze verschillen tussen de zomer en de winter zijn weergegeven in Figuur 2-2 (groene pijlen betreft de situatie in de zomer, de rode pijlen de situatie in de winter).



Figuur 2-2. Deelgebied 1 van de Schoterlandse Compagnonsvaart, waarbij de rode pijlen de situatie in de winter en de groene pijlen de situatie in de zomer aangeven (aangepast op basis van Wetterskip Fryslân, 2018a).

Deelgebied 2 heeft in de zomer aanvoer van stuw Bontebok (water van deelgebied 1), vanuit de Tjonger via een opmaling en onder vrij verval vanuit de Opsterlandse Compagnonsvaart via een aantal inlaten (Figuur 2-3).



Figuur 2-3. In- en uitgaande waterstromen bovenstrooms van Jubbega (Wetterskip Fryslân, 2018a)

## Bijdrage landbouwpercelen aan de totale P-belasting

Voor deelgebied 1 geldt dat het aandeel van de omliggende landbouw op de totale P-belasting over het jaar heen relatief laag is (maximaal circa 17%, zie p.31 van Wetterskip Fryslân, 2018a). In de winter (wanneer afstroming van P vanuit de landbouw het hoogst is door een netto neerslagoverschot) komt het grootste deel van de P-belasting van aanvoer vanuit deelgebied 2. Voor deelgebied 2 geldt dat de relatieve bijdrage van de omliggende landbouw op de totale P-belasting hoog is in de wintermaanden (grootste P bron) en laag in de zomermaanden (zie p.32 van Wetterskip Fryslân, 2018a). Deze P-belasting werkt dus door op de P-belasting van deelgebied 1, waar het grootste deel van de P-belasting uit aanvoer vanuit deelgebied 2 bestaat. Voor het P-meetnet betekent dit dat percelen die in het omliggend gebied van deelgebied 2 liggen het relevantst zijn. Voor de inschatting van de P-belasting wordt gebruik gemaakt van een generieke P-concentratie voor het uit- en afspoelend water uit de landbouwbodem, waarbij geen rekening wordt gehouden met de verschillen in P-pools en bodemvruchtbaarheid tussen percelen. De P-concentratie van het uitspoelend en afstromend water wordt geschat op  $0,15 \text{ mg P L}^{-1}$ . Dit getal is afkomstig van P-totaal metingen in een aantal zandpolders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân in het zomerhalfjaar, waarvan de mediaan uitkomt op  $0,15 \text{ mg P L}^{-1}$  (Wetterskip Fryslân, 2019). In het beoogde meetnet worden deze getallen (waterfluxen en P concentraties) nader onderzocht en beter onderbouwd, en wordt het mogelijk om daarbij rekening te houden met de variatie in bodemkwaliteit binnen het gebied.

### 2.1.2 Opsterlandse Compagnonsvaart

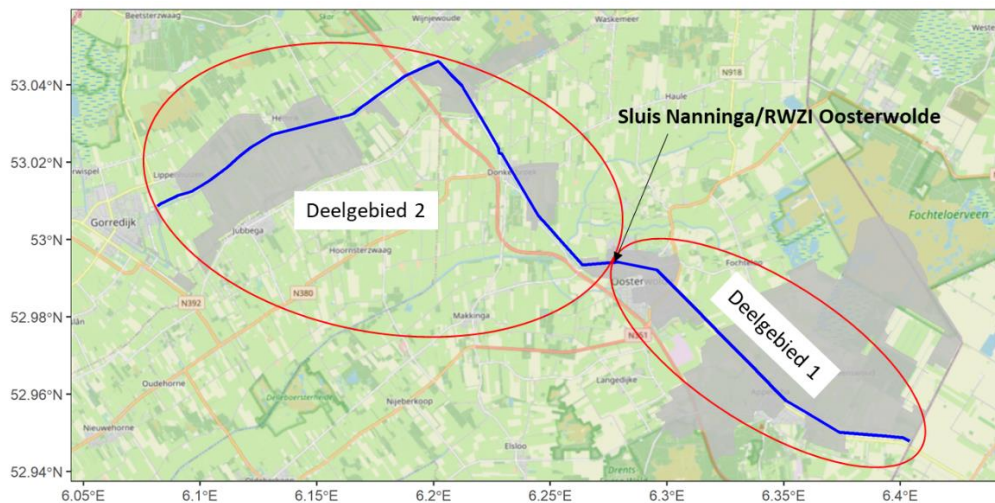
#### Ecologische toestand en knelpunten

De Opsterlandse Compagnonsvaart (OCV) heeft een redelijke goede ecologische toestand. Knelpunten voor het behalen van een goede ecologische toestand zijn een hoge externe belasting met nutriënten, onvoldoende doorzicht, een fosfaatrijke bodem, een gebrek aan habitatdiversiteit, een slechte bereikbaarheid, te intensief beheer en een te hoge concentratie van toxische stoffen. Er wordt in de analyse van het watersysteem aanbevolen om met name maatregelen te nemen die gericht zijn op het reduceren van de P-belasting en het daarmee samenhangende slechte lichtklimaat. Geopperde maatregelen zijn het reduceren van de P-belasting vanuit de landbouw, defosfatering van instromend polderwater en het reduceren van de P-belasting vanuit RWZI Oosterwolde. Het reduceren van de P-belasting vanuit de landbouw kan echter leiden tot woekering van ondergedoken planten. De waterbodem bevat hoge gehalten fosfaat, maar de huidige condities zijn niet gunstig voor de groei van planten. Een reductie van de externe nutriëntenbelasting zou wel tot gunstige condities kunnen leiden.

#### Water aan- en afvoerroutes

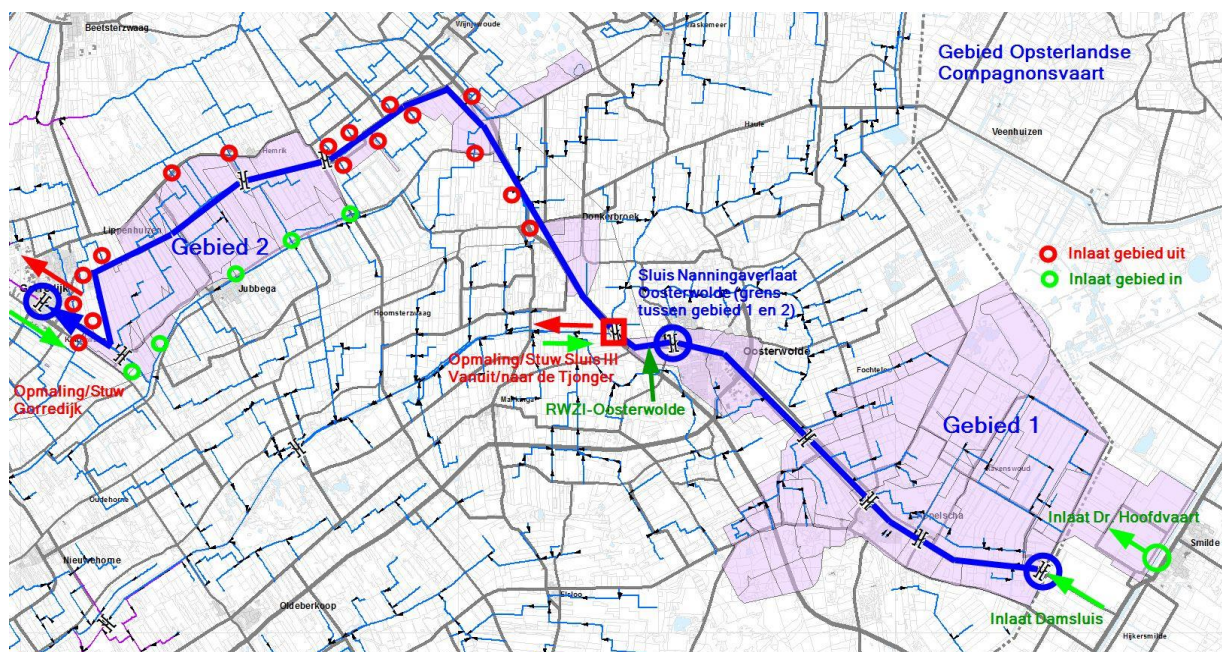
Op basis van verschillen in hydrologische kenmerken is de OCV op te delen in twee deelgebieden, gescheiden door sluis Nanninga, die nabij RWZI Oosterwolde ligt (Figuur 2-4).





Figuur 2-4. Ligging van de OCV en duiding van deelgebieden (Wetterskip Fryslân, 2018b). Water van de grijze vlakken stroomt af op de Compagnonsvaart.

Deelgebied 1 ontvangt water van de Drentse Hoofdvaart en van het aanliggend gebied (grijze vlakken in Figuur 2-4 geeft het aanliggend gebied aan). Het water stroomt af naar deelgebied 2 via sluis Nanninga. Deelgebied 2 ontvangt naast water van deelgebied 1 ook water vanuit RWZI Oosterwolde en van het aanliggend gebied. Ook wordt er droge zomerperioden water ingelaten vanuit de Tjonger en regio Gorredijk. In de zomer zijn er ook diverse kleine inlaten actief. Het water verlaat deelgebied 2 via de stuw bij Gorredijk en diverse uitlaten. De routes van water aan- en afvoer zijn in Figuur 2-5 weergegeven. Voor details wordt verwezen naar de uitgevoerde watersysteemanalyse (Wetterskip Fryslân, 2018b).



Figuur 2-5. Gedetailleerde watersysteemkaart van de Opsterlandse Compagnonsvaart (Wetterskip Fryslân, 2018b). De pijlen geven de dominante stroomrichting aan, de roze/paarse vlakken betreft gebieden die op de vaart afstromen.

### Bijdrage landbouwpercelen aan de totale P-belasting

Voor deelgebied 1 geldt dat in de zomer de gehele P-belasting afkomstig is van inlaat van de Drentse Hoofdvaart (vrijwel geheel via damsluis). Voor de winter geldt dat de P-vracht vooral afkomstig is van

het aanliggend gebied. Voor deelgebied 2 geldt dat dat een aanzienlijk deel van de P-vracht in de zomer en winter afkomstig is van RWZI Oosterwolde (circa 55-65% respectievelijk). Het relatief aandeel van het aanliggend gebied op de totale P-vracht is laag (0% in de zomer, circa 8% in de winter). Wateraanvoer vanuit deelgebied 1 heeft een grotere effect op de totale P-vracht, met name in de winter (circa 30%). Dit betekent dat in de winter het omliggend gebied van deelgebied 1 een groter effect heeft op de P-vracht op de deelgebied 2 dan het omliggend gebied van deelgebied 2 zelf. Voor het P-meetnet betekent dit dat percelen die in het omliggend gebied van deelgebied 1 liggen het relevantst zijn. In de water-systeemanalyse wordt uitgegaan van een gemiddelde P-concentratie van water vanuit het aanliggend gebied van 0,06 mg P L<sup>-1</sup> in de zomer en 0,07 mg P L<sup>-1</sup> in de winter (zie tabel op p.21 van Wetterskip Fryslân, 2018b). Deze data lijkt afkomstig te zijn van een monitoringspunt (wordt naar verwezen als "113" in de tabel). In het fosfaatmeetnet zullen deze getallen (waterflux en P concentraties) nader worden onderzocht.

## 2.2 Ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen

Vanuit de WSA's is er bekend welke percelen afstromen op de SCV en OCV (percelen gelegen in de geel/lichtbruine vlakken in Figuren 2.1 en 2.2). Voor deze percelen die gelegen zijn de volgende bodemeigenschappen in kaart gebracht:

- Gewascategorie en perceeloppervlak volgens Basisregistratie Gewaspercelen 2019 (Ministerie van Economische Zaken, 2019)
- Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en de kwel/infiltratie druk (MIPWA output gehaald van NHI, 2020)
- pH, organische stof, Al/Fe-oxalaat, P-oxalaat, P-verzadigingsgraad, P-bindingscapaciteit, PAL, P-CaCl<sub>2</sub> (bodemarchief NMI).
- Risico op bodemverdichting (Van den Akker, 2013)
- Dikte van de keileemlaag en waar de keileemlaag gelegen is (gebruikt voor MIPWA vanaf versie 2.0, ontvangen van Wetterskip Fryslân)
- Maaiveldhoogte (Actueel Hoogtebestand Nederland, 2020)
- Ligging van buisdrainage (NHI, 2020)
- Bodemtype volgende de 1:50.000 bodemkaart (Alterra, 2014)

De ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen is hieronder beschreven. Voor een inhoudelijke beschrijving van de relevante bodemparameters verwijzen we graag naar de uitgebreide rapportage die in 2018 voor het hele beheergebied van Wetterskip Fryslân is gemaakt (Ros et al., 2018). De ruimtelijke variatie van al deze kenmerken zijn als bijlage aan dit rapport toegevoegd.

### Bodemtype en gewas

Het merendeel van de onderzoekslocatie bestaat uit humuspodzolgronden (63%) en moerige gronden (32%). Relatief gezien is de fractie moerige gronden groter in deelgebied 1 (oosten) van de OCV in vergelijking met de rest van het onderzoeksgebied. Verder zijn er sporadisch zand- (3%) en veengronden (2%) aanwezig, die met name gelegen zijn in deelgebied 1 van de OCV. Het merendeel van de percelen in het afwaterend gebied bestaat uit grasland (80%, waarvan 66% blijvend grasland) en maïs (11%), wat aangeeft dat het grootste deel van het areaal wordt beheerd door melkveehouders.

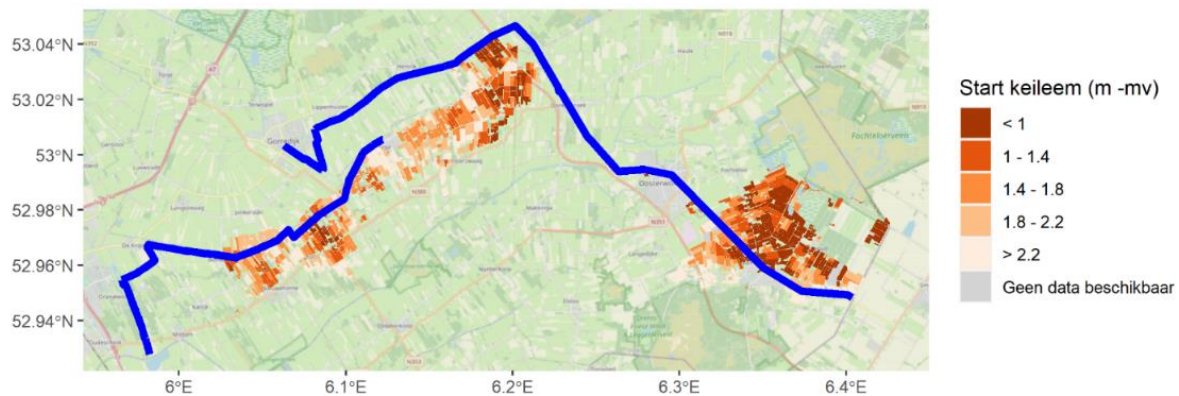
### Fosfaattoestand

Deelgebied 1 van de OCV is gekenmerkt door een relatief hoog vermogen om fosfaat te binden in vergelijking met de rest van het onderzoeksgebied (relatief hoge gehalten aan aluminium, ijzer en organische stof). Hierdoor is PAL (indicator van de totale hoeveelheid fosfaat) relatief gezien hoog en

P-CaCl<sub>2</sub> (indicator voor de beschikbare hoeveelheid fosfaat) relatief laag. Dit is o.a. te verklaren door het veel voorkomen van moerige gronden.

## Hydrologie

De grondwaterstanden liggen in het algemeen tussen de 1,1 en 1,8 m-mv (GLG, 20<sup>ste</sup> en 80<sup>ste</sup> kwantiel, zie Figuur S1.7 in Bijlage I) en tussen de 0,7 en 1,1 m-mv (GHG, 20<sup>ste</sup> en 80<sup>ste</sup> kwantiel). Netto is het hele onderzoeksgebied een infiltratiegebied, wat aangeeft dat kwel een relatief lage bijdrage levert aan de totale waterbalans. Dit komt overeen met de resultaten van de watersysteemanalyses. Verder is op de keileemkaart te zien dat de keileemlaag het dichtst bij maaiveld ligt ter plaatse van deelgebied 1 van de OCV (meest oostelijk gelegen percelen) en het gebied ten noordoosten van de SCV (begint vaak al op een diepte van <1.5 m-mv, zie Figuur 2-6). Dit heeft een effect op de fosfaat transportroute van perceel naar watersysteem (uitspoeling en afstroming wordt gemakkelijker wanneer de keileem eerder begint).



Figuur 2-6. Start van de keileemlaag ten opzichte van maaiveld.

# 3 Ontwerp meetnet

## 3.1 Selectie van percelen

In het huidige onderzoeksgebied liggen 2.081 percelen. Om meer inzicht te krijgen in het gedrag en de verliezen van fosfaat richting het oppervlaktewater worden acht representatieve percelen geselecteerd die variëren in het risico op P afstroming/uitspoeling naar de Compagnonsvaarten. Het getal 'acht' is tot stand gekomen door een balans te maken tussen kosten en het opdoen van additionele kennis. Door percelen te kiezen die verschillen in bodemeigenschappen en hydrologische condities wordt er inzicht verkregen in de diverse processen die in het gebied de fosfaatvrucht van landbouwpercelen naar oppervlaktewater beïnvloeden. Inzicht in deze processen kan gebruikt worden om de resultaten op te schalen naar het gehele gebied, zodat er een uitspraak gedaan kan worden over de P afstroming/uitspoeling van alle percelen. Deze sectie beschrijft de selectie van de acht representatieve percelen. Een samenvatting is opgenomen in Figuur 3-1.

Procesdiagram	Stappenbeschrijving	Aantal percelen
	Groeperen (clusteren) percelen op basis van bodemeigenschappen en hydrologie	2.081
	Selecteren van percelen die het sterkst de eigenschappen van de groep reflecteren	457
	Filteren percelen op basis van ligging in het gebied (percelen reflecteren lokale gebiedskenmerken)	244
	Creëren subgroepen die allemaal staan voor een representatieve combinatie van buisdrainage, gewas en bodemtype.	69
	Selecteren van 1 perceel uit elke lijst. Laatste selectie na afstemming met de perceeleigenaar. Vergelijken verwachte situatie met situatie in het veld	8

Figuur 3-1. Samenvatting van het selectieproces van representatieve percelen

De methodiek voor perceelselectie is hieronder in meer detail beschreven.

## Clusteranalyse: variabelen

Als eerst is een clusteranalyse uitgevoerd, die percelen groepeerd op basis van vergelijkbare bodemeigenschappen en hydrologie. Als voorbeeld is het handig om percelen met een hoge fosfaattoestand (bijvoorbeeld P-AL 90 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100g<sup>-1</sup> en een P-CaCl<sub>2</sub> van 4 mg P kg<sup>-1</sup>) in een ander groep te plaatsen dan percelen waar de fosfaattoestand laag is. Voor het risico van P uitspoeling/afstroming van landbouwpercelen naar oppervlaktewater zijn echter veel meer parameters relevant dan alleen P-AL en P-CaCl<sub>2</sub>, waardoor het moeilijker wordt om uit het hoofd logische groepen te creëren. Een clusteranalyse is een analyse die hierbij helpt, omdat het de rationaliteit van het groeperen van percelen snapt (percelen met een hoge fosfaattoestand verschillen van percelen met een lage fosfaattoestand) en ook logische groepen kan maken wanneer er veel parameters relevant zijn. De parameters die in de clusteranalyse zijn gebruikt zijn opgenomen in Tabel 3-1, waarbij ook staat beschreven waarom de parameters in de analyse zijn meegenomen.

Tabel 3-1. Overzicht van bodemparameters die gebruikt zijn voor de perceelselectie.

Parameter	Effect op P-vracht	Redenatie
Gemiddeld hoogste grondwaterstand	Hoger bij hogere GHG	Natter perceel leidt tot meer ondiepe uitspoeling/runoff
Gemiddeld laagste grondwaterstand	Hoger bij hogere GLG	Natter perceel leidt tot meer ondiepe uitspoeling/runoff
IJzer/Aluminium – oxalaat	Lager bij hogere gehalten	Bindt fosfaat waardoor de beschikbaarheid afneemt
Organisch stofgehalte	Hoger bij hogere gehalten	Bindt net als P aan IJzer en aluminiumoxiden, waardoor er minder bindingsplaatsen voor P beschikbaar zijn
Fosfaatverzadigingsgraad	Hoger bij hogere gehalten	P wordt minder snel gebonden als er minder bindingsplekken in de bodem aanwezig zijn
PAL	Hoger bij hogere gehalten	Indicator voor hoeveel P er in totaal in de bodem aanwezig is.
P-CaCl <sub>2</sub>	Hoger bij hogere gehalten	Indicator voor hoeveel P er in beschikbare vorm aanwezig is.
Natte omtrek van een perceel (de fractie van de omtrek van een perceel waar sloten liggen in vergelijking met de totale omtrek van een perceel)	Hoger bij een hoger getal	Hogere natte omtrek zorgt voor snellere transportroutes van bodem naar water
Risico op ondergrondverdichting	Hoger bij een hoger risico	Water spoelt sneller uit wanneer er verdichtende lagen aanwezig zijn
Risico op runoff	Hoger bij een hoger risico	Meer afstroming leidt tot hogere P vrachten

## Clusteranalyse: bepaling van de hoeveelheid clusters

Bij het toewijzen van percelen aan groepen (clusters) is belangrijk hoeveel clusters je wilt vormen. Het bepalen van de optimale hoeveelheid van clusters is dus belangrijk. Aan de ene kant is het gunstig om het aantal clusters te minimaliseren maar aan de andere kant is het gunstig om zoveel mogelijk variatie te houden in bodemeigenschappen. Praktisch gezegd zijn er 2.081 percelen in het gebied die allemaal uniek zijn, dus als je alle variatie van het gebied wilt behouden zou je 2.081 groepen overhouden. Hier kan je niet zoveel mee, omdat je percelen wil selecteren die representatief staan voor een groep (anders zou je moeten monitoren op 2.081 percelen en dat is qua tijd en kosten niet haalbaar). Het andere

uiterste is door te zeggen dat alle percelen op elkaar lijken en ze in te delen in één groep. Op die manier verlies je alle variatie binnen het gebied en helpt het je ook niet verder. Er zal dus een goede balans gevonden moeten worden tot detail (veel groepen) en een gunstig aantal groepen voor interpretatie (weinig groepen). Om dit probleem om te lossen wordt in de praktijk meestal gebruik gemaakt van een aantal objectieve analyses (scree plot al dan niet in combinatie met een parallel analyse, zie Cattell, 1966; Horn, 1965). Voor het huidige meetnet, gebruik makend van de variabelen in Tabel 3-1, geven deze analyses aan dat het gebruik van drie clusters leidt tot een goede balans tussen het behouden van detail en het creëren van ruimte voor interpretatie.

### Cluster interpretatie

Nadat de cluster analyse percelen heeft gegroepeerd is het belangrijk om te onderzoeken hoe de groepen verschillen, en dus op basis waarvan de clustering heeft plaatsgevonden. Om hierin te assisteren zijn in Tabel 3-2 de gemiddelde bodemeigenschappen van de percelen in de clusters opgenomen.

Tabel 3-2. Gemiddelde waarden voor bodemeigenschappen bij de verschillende clusters.

Cluster	GHG (m-mv)	GLG (m-mv)	P-CaCl <sub>2</sub> (mg P/kg)	PAL (mg P/kg)	Som van Fe+Al-ox	Organische stofgehalte (%)	P-verzadigingsgraad (%)
1	1,17	1,72	2,34	37	52	5,6	50
2	0,79	1,14	1,96	25	50	7,0	46
3	0,84	1,46	1,29	32	69	7,2	40

De interpretatie van Tabel 3-2 is als volgt:

- Cluster 1 betreft relatief droge percelen (lage grondwaterstanden) met een hogere fosfaat-toestand als de andere clusters (hogere PAL, hogere P-CaCl<sub>2</sub>). Fosfaat is in dit cluster makkelijker beschikbaar dan in de andere clusters omdat er weinig ijzer/aluminium in de bodem zit, in combinatie met een hogere P-verzadigingsgraad.
- Cluster 2 betreft relatief natte percelen (hogere grondwaterstanden dan in de andere clusters). Verder is in dit cluster relatief weinig reversibel gebonden fosfaat in de bodem (laagste PAL) en is de P beschikbaarheid gemiddeld (P-CaCl<sub>2</sub> zit tussen de twee andere clusters in).
- Cluster 3 betreft percelen die relatief gezien niet droog of nat zijn, en waar P minder snel in beschikbare vorm aanwezig is. Dit is te zien aan de lage P-CaCl<sub>2</sub> waarden in combinatie met hogere gehalten aan ijzer/aluminium. Dit, in combinatie met de lagere P-verzadigingsgraad, geeft aan dat de percelen nog makkelijk veel fosfaat kunnen binden.

Uit de cluster analyse komt één groep niet naar voren (omdat het een kleine groep is) die ons inziens wel relevant is, namelijk een groep percelen waar zowel de grondwaterstanden hoog staan als ook de P beschikbaarheid hoog is. De keuze is gemaakt om naast de drie hierboven beschreven clusters een extra groep te introduceren die representatief is voor percelen met een verhoogd risico op P-verliezen door hoge grondwaterstanden en P-beschikbaarheid.

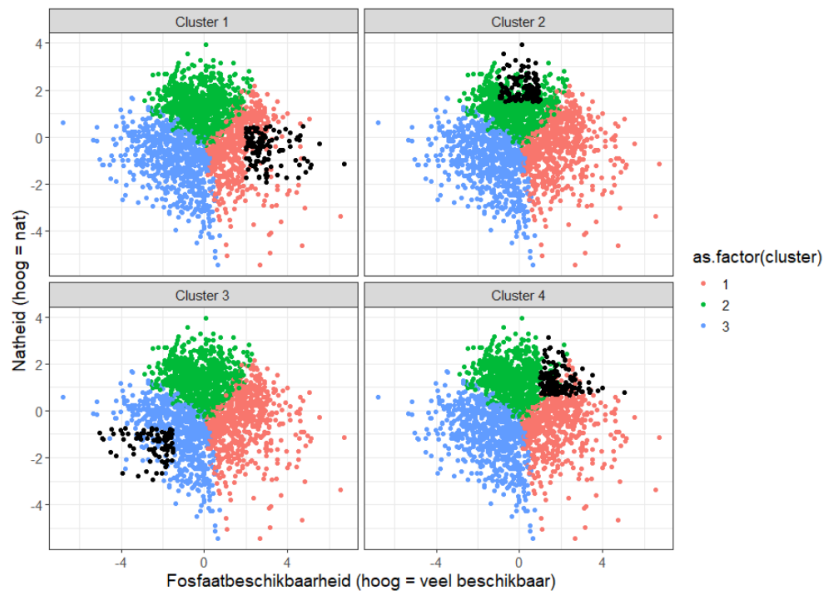
### Selectie van percelen binnen de clusters

Alle percelen zijn gegroepeerd in clusters, maar er zijn nog steeds 2.081 percelen waaruit er 8 gekozen moeten worden. Hieronder is beschreven op welke manier de selectie heeft plaatsgevonden. Samenvattend zijn er meerere stappen uitgevoerd, namelijk (i) het selecteren van uitersten, waardoor de geselecteerde percelen sterk van elkaar verschillen, (ii) onderzoeken of er een verband bestaat tussen clusters en locatie van de percelen in het gebied, op basis waarvan er ruimtelijk gefilterd kan worden (iii) selecteren van percelen die een representatief gewas en bodemtype hebben en (iv) percelen

selecteren die wel of juist geen buisdrainage hebben liggen. De stappen zijn hieronder in meer detail beschreven.

*Stap 1. Selecteren van uitersten in de clusters (maximaliseren verschillen tussen clusters).*

Als eerst zijn binnen de clusters de percelen geselecteerd die het meest het onderscheid van de percelen ten opzichte van de andere percelen reflecteren (uitersten van de groep). De selectie is per cluster in Figuur 3-2 weergegeven, waar de zwarte stippen de geselecteerde percelen aangeven.

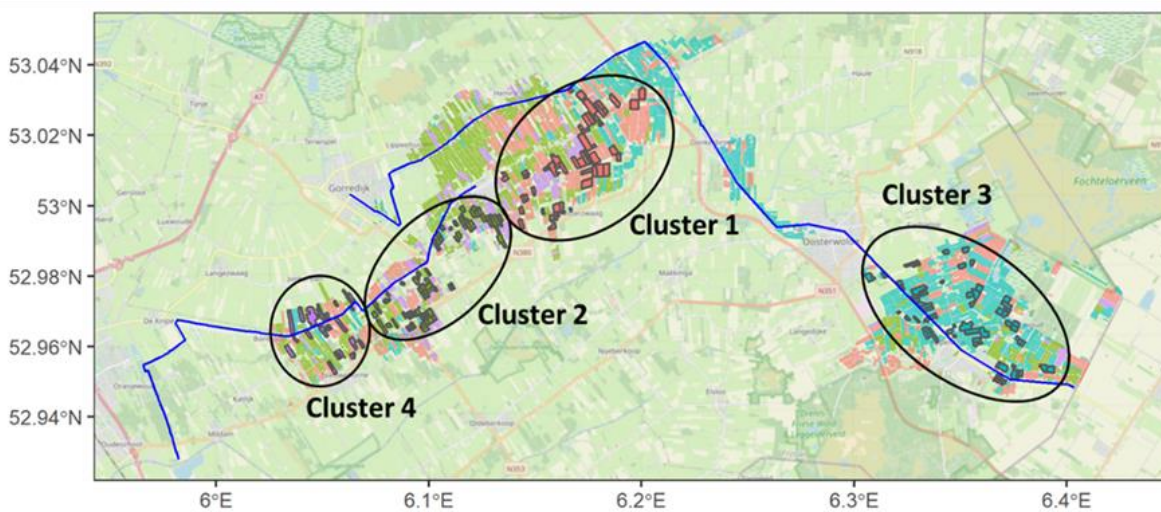
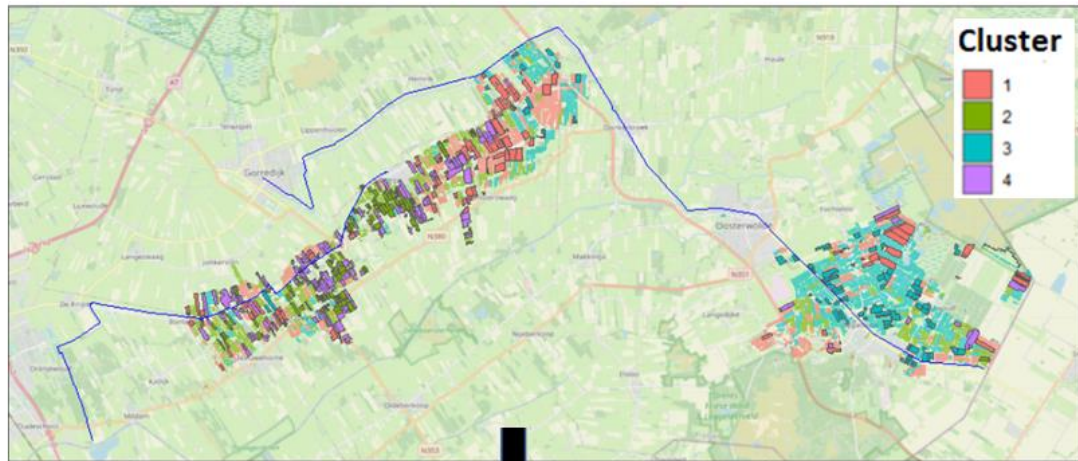


Figuur 3-2. Principal Component Analysis scores voor de percelen in het onderzoeksgebied. De kleuren geven de verschillende clusters aan volgens de k-means clusteranalyse. De zwarte stippen zijn de geselecteerde percelen.

Als voorbeeld onderscheidt cluster 2 zich van de overige clusters doordat de percelen het natst zijn (Tabel 3-2, Figuur 3-2). De keuze is daarom gemaakt om de percelen te selecteren die het hoogst scoren op natheid. Een soortgelijke actie is uitgevoerd voor alle drie de clusters. Verder is er in Figuur 3-2 ook een vierde cluster te zien. Dit is een groep percelen die boven het 70<sup>ste</sup> percentiel scoren op “natheid” en “fosfaatbeschikbaarheid”. Naar verwachting is bij deze percelen het risico het grootst op P afstroming en uitspoeling naar oppervlaktewater. Deze groep wordt hierna omschreven als cluster 4.

*Stap 2. Selectie op basis van ligging percelen.*

Uit de watersysteemanalyses blijkt dat met name percelen in deelgebied 1 van de OCV en in het deelgebied 2 van de SCV relevant zijn voor de P-vracht naar de compagnonsvaarten (Wetterskip Fryslân, 2018a en b). Percelen die in andere deelgebieden liggen, worden bij het ontwerp van het meetnet niet meegenomen. Verder is voor de tot nu toe geselecteerde percelen (Figuur 3-2) per cluster gekeken waar ze in het gebied gelegen zijn. Op basis hiervan is een ruimtelijke analyse uitgevoerd waarbij gekeken is waar groepen percelen liggen die (i) in hetzelfde cluster vallen en (ii) dicht bij elkaar liggen. Op basis van deze analyse is per cluster één gebied geselecteerd. Percelen die niet in dat gebied lagen zijn weggefilterd. De gebieden per cluster zijn (voor en na de ruimtelijke filtering) weergegeven in Figuur 3-3. De percelen in het bovenste deel van Figuur 3-3 zijn dezelfde percelen als de zwartgekleurde stippen in Figuur 3-2.



*Figuur 3-3. Geselecteerde percelen vòòr de ruimtelijke filtering (boven, gaat om dezelfde percelen als in Figuur 3.1) en de geselecteerde percelen na de ruimtelijke filtering (onder). In het onderstaande plaatje zijn de donker gekleurde percelen met zwarte rand de geselecteerde percelen en de semi-transparante percelen zonder zwarte rand alle percelen. De kleur geeft aan in welk cluster de percelen vallen.*

In Figuur 3-3 is in het onderste plaatje te zien waar de geselecteerde percelen representatief voor staan. De donker gekleurde polygonen met een zwarte rand zijn de geselecteerde percelen, en de licht transparante polygonen met een soortgelijke kleur zijn de percelen die vergelijkbare eigenschappen hebben als de geselecteerde percelen.

### *Stap 3. Verdere selectie op basis van bodemtype en gewas*

Tot nu toe heeft de clusteranalyse alleen rekening gehouden met continue variabelen (variabelen uitgedrukt in getallen). Bodemtype en gewas vallen hier niet direct onder (indirect wel door bijvoorbeeld organische stof, fosfaattoestand en grondwaterstand). Bij het selecteren van percelen is het echter gunstig om op percelen te monitoren waar het bodemtype en gewas ook representatief staat voor het gebied (als voorbeeld wil je niet monitoren op een perceel met rode bieten als dat het enige perceel van het gebied is waar dit wordt geteeld). Om inzicht te krijgen op het voorkomen van gewasteelten en bodemtypen is eerst per cluster bepaald welk bodemtype en gewas hier aanwezig zijn (Tabel 3-3 en Tabel 3-4), op basis waarvan de lijst met geselecteerde percelen hierop aangepast kan worden.



Tabel 3-3. Gewasteelten in 2019 van de percelen die in deelgebied 1 van de OCV en deelgebied 2 van de SCV.

	<b>Grasland (blijvend)</b>	<b>Grasland (tijdelijk)</b>	<b>Mais, snij-</b>	<b>Aardappelen</b>	<b>Overig</b>
Cluster 1	189 (45%)	71 (17%)	83 (20%)	34 (8%)	44 (10%)
Cluster 2	328 (81%)	34 (8%)	21 (5%)	9 (2%)	15 (4%)
Cluster 3	332 (64%)	93 (18%)	39 (6%)	21 (4%)	31 (6%)
Cluster 4	88 (62%)	19 (14%)	23 (16%)	4 (3%)	7 (5%)
<b>Totaal</b>	<b>937 (63%)</b>	<b>217 (15%)</b>	<b>166 (11%)</b>	<b>68 (5%)</b>	<b>97 (7%)</b>

In de bovenstaande tabel is te zien dat de meeste percelen bestaan uit grasland en maïs. Er zijn wel verschillen tussen de clusters. Zo is het percentage grasland het hoogst en percentage bouwland het laagst bij cluster 2. Dit was ook te verwachten, omdat de percelen in cluster 2 het natst zijn (Figuur 3-2).

Aan de hand van Tabel 3-3 is het advies om de volgende percelen te selecteren:

- Cluster 1: 1x blijvend grasland, 1x maïs (hoogste percentage maïs)
- Cluster 2: 2x blijvend grasland (hoogste percentage blijvend grasland)
- Cluster 3: 1x blijvend grasland, 1x tijdelijk grasland (hoogste percentage tijdelijk grasland)
- Cluster 4: 1x blijvend grasland, 1x maïs (één na hoogste percentage maïs)

De onderliggende gedachte is dat het verkrijgen van inzicht in percelen met blijvend grasland, tijdelijk grasland en maïs voldoende inzicht geeft voor het gehele gebied. Het verkrijgen van inzicht in percelen waar aardappelen of een ander gewas wordt geteeld wordt niet als kansrijk gezien om op in te zetten, omdat het percentage percelen waar deze gewassen worden geteeld erg laag ligt.

Tabel 3-4. Bodemtype van de percelen uit deelgebied 1 van de OCV en deelgebied 2 van de SCV.

<b>Cluster</b>	<b>Humuspodzolgronden</b>	<b>Moerige gronden</b>	<b>Zandgronden</b>	<b>Veengronden</b>	<b>Overig</b>
1	343 (82%)	62 (15%)	5 (1%)	2 (1%)	9 (2%)
2	243 (60%)	150 (37%)	8 (2%)	6 (2%)	-
3	206 (40%)	246 (48%)	47 (9%)	15 (3%)	2 (<1%)
4	129 (92%)	11 (8%)	1 (1%)	-	-
<b>Totaal</b>	<b>921 (62%)</b>	<b>469 (32%)</b>	<b>61 (4%)</b>	<b>23 (2%)</b>	<b>11 (1%)</b>

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat het grootste gedeelte van het gebied bestaat uit humuspodzolgronden en moerige gronden. Verschillen in bodemtype (bovenstaande tabel) zijn, net als bij de gewasteelt, ook deels te verklaren door clustereigenschappen. Zo is in cluster 3 het organisch stofgehalte het hoogst (Tabel 3-2), wat hier gereflecteerd is aan het hogere percentage aan moerige gronden. Rekening houdend met grondsoort worden de volgende percelen geselecteerd:

- Cluster 1: 2x humuspodzol (één na hoogste percentage humuspodzol)
- Cluster 2: 1x humuspodzol, 1x moerige grond (één na hoogste percentage moerige grond)
- Cluster 3: 1x humuspodzol, 1x moerige grond (hoogste percentage moerige grond)
- Cluster 4: 2x humuspodzol (hoogste percentage humuspodzol)

De onderliggende gedachte is dat het verkrijgen van inzicht in percelen met humuspodzolgronden en moerige gronden voldoende inzicht geeft voor het gehele gebied.

#### Stap 4. Selectie op basis van aanwezigheid drainage

Om inzicht te krijgen in het effect van buisdrainage op P vrachten naar het watersysteem is voor de tot nu toe geselecteerde percelen de aanwezigheid van buisdrainage bepaald (Tabel 3-5). Per cluster wordt één perceel geselecteerd met buisdrainage en één zonder.

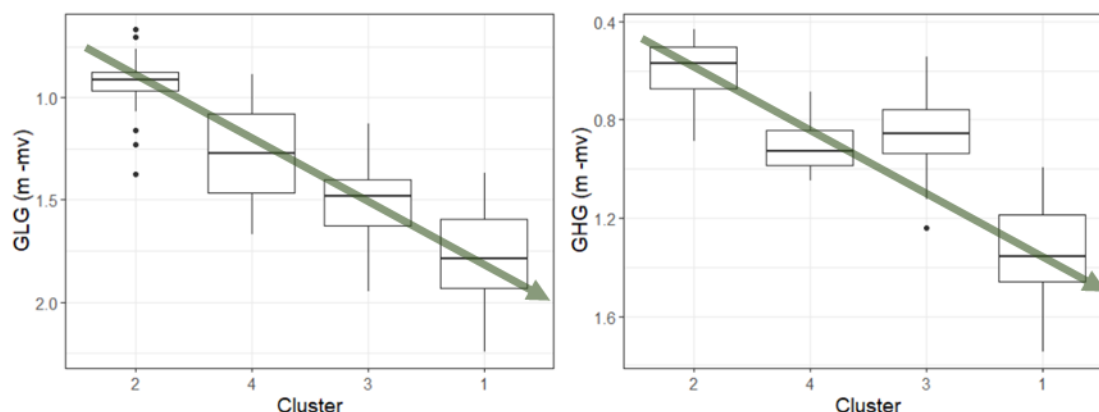
Tabel 3-5. Perceelsselectie, uitgesplitst in bodemtype, gewas en aanwezigheid van drainage. In vet wordt aangegeven welke percelen worden geselecteerd.

Cluster	Bodemtype	Gewas	Drainage
1 (31 percelen)	Humuspodzol (31x)	Blijvend grasland (11x)	Ja (4x) <b>Nee (7x)</b>
		Maïs, snij- (20x)	<b>Ja (16x)</b> Nee (4x)
2 (75 percelen)	Humuspodzol (62x)	Blijvend grasland (62x)	Ja (12x) <b>Nee (50x)</b>
	Moerige grond (13x)	Blijvend grasland (13x)	<b>Ja (5x)</b> Nee (8x)
3 (38 percelen)	Humuspodzol (7x)	Blijvend grasland (7x)	<b>Nee (7x)</b>
	Moerige grond (31x)	Blijvend grasland (14x)	Ja (5x) Nee (9x)
		Tijdelijk grasland (17x)	<b>Ja (9x)</b> Nee (8x)
4 (19 percelen)	Humuspodzol (19x)	Blijvend grasland (15x)	<b>Ja (7x)</b> Nee (8x)
		Maïs, snij (4x)	<b>Nee (4x)</b>

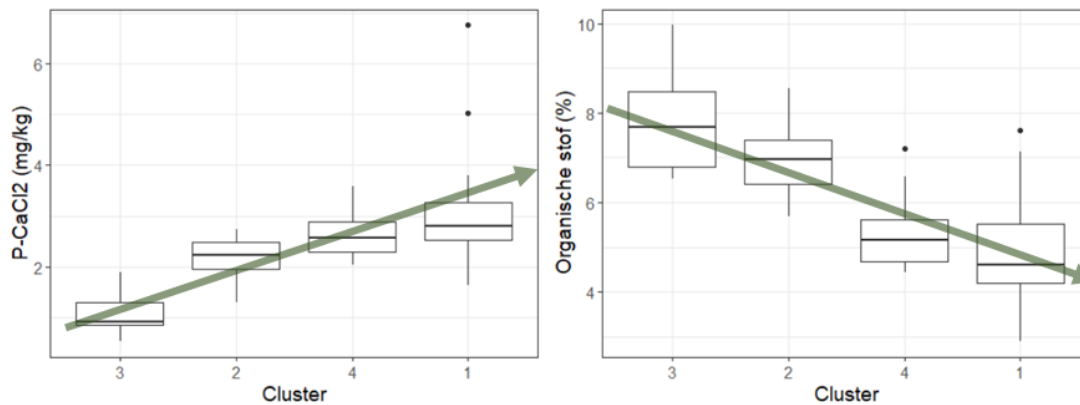
De vet gearceerde percelen in Tabel 3-5 geven aan dat de percelen die voldoen aan deze criteria worden meegenomen in het selectieproces. Bij elk cluster is geprobeerd de variatie zo groot mogelijk te houden gegeven het aanwezige P-uitspoelingsrisico. Als we als voorbeeld cluster 1 nemen, is eerder op basis van bodem- en gewasstype besloten om te monitoren op 2 percelen met een humuspodzolgrond, waarvan 1 perceel met blijvend grasland en 1 perceel met snijmaïs. Over het algemeen is het P-uitspoelingsrisico groter op een maïspanceel dan op een grasperceel, en is om deze reden ervoor gekozen om uit de lijst met snijmaïspancelen een perceel te kiezen met drainage, en de lijst met graslandpercelen een perceel zonder drainage. Tabel 3-5 geeft daarmee als resultaat verschillende lijsten van percelen die in aanmerking komen voor de aanleg van monitoringsproeven (in totaal 8 lijsten). Uiteindelijk wordt uit elke lijst van geselecteerde percelen slechts één perceel gekozen.

#### Een check: variatie in bodemeigenschappen voor de geselecteerde percelen

De methodiek van de perceelselectie zou geleid moeten hebben tot verschillen in bodemeigenschappen en hydrologie tussen de geselecteerde percelen. Voor de zekerheid is gecheckt of deze perceelseigenschappen echt van elkaar verschillen. Dit is hieronder voor enkele variabelen weergegeven.



Figuur 3-4. Variatie in grondwaterstanden (GHG en GLG) tussen en binnen de clusters.



Figuur 3-5. Variatie in de hoeveelheid beschikbaar fosfaat ( $P-CaCl_2$ ) en organische stof tussen en binnen de clusters.

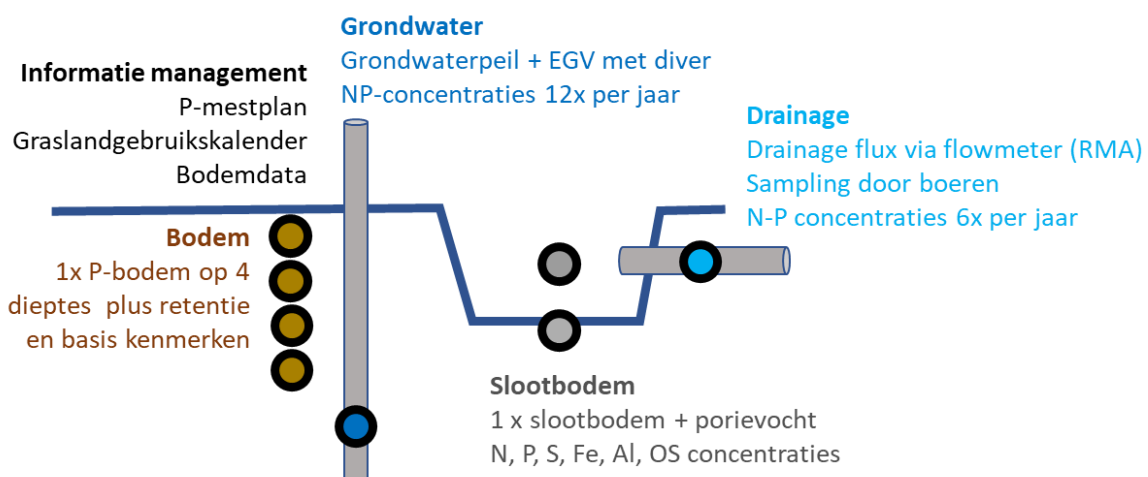
Uit Figuur 3-4 en Figuur 3-5 blijkt dat de variatie in bodemeigenschappen tussen de clusters inderdaad aanwezig is. Zo verschillen grondwaterstanden tussen clusters 2 (hoogste grondwaterstand) > 4 > 3 > 1 (laagste grondwaterstand) en verschillen organische stofgehalten tussen clusters 3 (hoogste organische stofgehalten) > 2 > 4 > 1 (laagste organische stofgehalten).

### Laatste selectie op basis van veldkennis

De tot stand gekomen lijst van percelen is grotendeels gebaseerd op gemodelleerde data. Voor de definitieve selectie van percelen is het daarom gewenst om praktijkkennis vanuit het gebied te benutten om de finale selectie te maken van de percelen waarop de komende jaren gemonitord gaat worden. Hiervoor zal gebruik worden gemaakt van kennis en expertise zoals deze aanwezig is bij de agrariërs die betrokken zijn bij de ontwikkeling van dit meetnet. De ontwikkelde kaarten binnen deze studie worden hierbij als startpunt gebruikt.

## 3.2 Metingen

Per individueel perceel wordt informatie opgevraagd over het management, en worden de bodem, slootbodem, grondwater en drainagewater regelmatig bemonsterd. Een samenvatting van het meetplan is weergegeven in Figuur 3-6.



Figuur 3-6. Samenvatting van het meetplan op perceelsniveau (voor elke meetlocatie).

Aanvullend op de perceelmetingen worden slootbodemonsters genomen op de route van het perceel naar de desbetreffende Compagnonsvaart, en worden er een aantal meetpunten aangelegd in de Compagnonsvaarten zelf. Het monsternamenplan is hieronder in meer detail beschreven.

### **Informatie agrarisch management**

Bij ieder perceel wordt aan de agrariër toestemming gevraagd om de volgende data te verlenen voor de percelen die gekozen worden voor de monitoring:

- Timing weiden/maaïen/mesten (bij voorkeur via een graslandgebruikskalender)
- Mestgiften (kunstmest en dierlijke mest)
- Gemiddelde opbrengst (vanuit de KringloopWijzer)
- Bodemdata (PAL, P-CaCl<sub>2</sub>, textuur, pH en organische stof)

### **Bodem**

Bij ieder perceel wordt eenmalig een bepaling gedaan van de bodemeigenschappen. Op vier dieptes (ter indicatie 0-10cm, 10-30cm, 30cm – GLG en GLG – 100cm onder GLG) wordt gemeten:

- Basiskanmerken (gehalten klei/zand/silt/organische stof, pH)
- Beschikbaar fosfaat (P-CaCl<sub>2</sub>)
- Totale hoeveelheid fosfaat (PAL, P-tot)
- Fosfaatbindend vermogen (de som van IJzer en Aluminium gemeten in een oxalaatextractie)
- Fosfaatverzadigingsgraad (P oxalaat gedeeld door 0.5 x het fosfaatbindend vermogen)
- Bodemverdichting (middels een penetrometer)

Dieptes worden mogelijk aan de hand van het bodemprofiel in het veld aangepast.

### **Drainage**

Op de percelen met drainage (4 percelen) is het voorstel om de drainageflux continu te meten middels debietmeters (als gedaan in het meetnet te Boermarke Zeijen door het bedrijf RMA). Naast het meten van het debiet is het advies om een opvangbak voor drainagewater te plaatsen. Deelnemende boeren willen we vragen om verspreid over de seizoenen een monster van het drainagewater te nemen na harde regenbuien (maximaal 6x per jaar). Het advies is om de monsters te analyseren op de relevante N en P fracties (P-tot, ortho-P, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N-tot). Stikstofanalyses worden meegenomen omdat dit makkelijk meegenomen kan worden in de analyses (standaardpakket) en omdat de relatie tussen stikstof – en fosfaatuitspoeling mogelijk extra inzichten geeft in het gedrag van nutriënten in de bodem. De focus ligt overigens op fosfaat.

### **Grondwater**

Het voorstel is om op elk perceel een freatische peilbuis te plaatsen. De grondwaterstand en geleidbaarheid kunnen continu worden gemonitord met de daarvoor aanwezige apparatuur bij Wetterskip Fryslân. Het voorstel is om in het eerste jaar maandelijks de relevante N en P fracties (zie 'drainage' voor beschrijving) te meten in het grondwater. Aan de hand van de temporele variatie in de analyseresultaten kan de meetfrequentie voor komende jaren worden aangepast.

### **Slootbodemonsters**

Het advies is om bij elk perceel nulmetingen uit te voeren van de samenstelling van de slootbodemonsters als ook op een aantal meetpunten langs de routing waarmee het water naar de Compagnonsvaarten stroomt. Hierbij is het voorstel om te sloot ter plaatse van het perceel mee te nemen en maximaal 10 meetpunten in de route van het perceel naar de Compagnonsvaarten. De exacte locatie van de meetpunten wordt afgestemd met Wetterskip Fryslân wanneer het zeker is op welke percelen

gemonitord gaat worden (na afstemming met percee-eigenaren). Bij de slootbodembemonstering wordt een monster genomen van het porievocht in de slootbodem en het slootbodem zelf. Het voorstel is om de monsters minimaal te analyseren op sulfaat, ijzer, aluminium, organische stof en fosfaat (standaardpakket slootbodem).

### **Oppervlaktewater**

In beide Compagnonsvaarten zijn verschillende meetpunten aanwezig waarbij het standaard analysepakket van oppervlaktewaterkwaliteit wordt gemonitord. Wanneer de laatste perceelselectie is uitgevoerd (afstemmen met percee-eigenaren) is het voorstel om samen met Wetterskip Fryslân 4 extra meetpunten in de compagnonsvaarten aan te leggen waarmee inzicht wordt verkregen over het transport van P door het afwaterend gebied. In het eerste jaar is het advies om deze maandelijks te monitoren. Op basis van de resultaten van het eerste jaar kan er in het tweede jaar mogelijk frequenter worden bemonsterd om gericht inzicht te krijgen in de mogelijke P-verliezen die kunnen optreden door het voorkomen van piekevents (bijvoorbeeld 1x twee weken hoogfrequent op twee locaties). Het advies is om de watermonsters te analyseren op de standaard waterkwaliteitsmetingen waaronder alle N en P fracties, temperatuur, doorzicht en EGV. Op die manier kan het knelpunt van een hoge externe belasting van nutriënten gekoppeld worden aan het knelpunt van onvoldoende doorzicht en het transport van water door het gebied.

### **Extra: RWZI en overstorten**

De P-vrachten van de RWZI's worden al maandelijks door Wetterskip Fryslân gemonitord. Wetterskip Fryslân is op het moment met gemeenten in overleg over de monitoring van P-concentraties en mogelijke debieten die optreden bij overstorten. Relevantie informatie die hierbij beschikbaar komt, zal gebruikt worden voor het verbeteren van de water- en stoffenbalans van het gebied.

## **3.3 Opschalen van resultaten**

Omdat acht percelen zijn geselecteerd die representatief staan voor een bepaalde groep percelen, kunnen de resultaten hiervan worden opgeschaald naar het gehele gebied. Om de nauwkeurigheid hiervan te vergroten worden eenmalig op circa 40 percelen monsternames uitgevoerd (op twee dieptes). Hierbij is het voorstel om deze te analyseren op alle basiskennmerken (textuur, pH, organische stof) en de relevante P-parameters (PAL, P-CaCl<sub>2</sub>, P-ox, PVG). Waar mogelijk wordt ook gebruik gemaakt van aanwezige bodemanalyses die de agrarische ondernemers hebben laten analyseren bij het agrarisch laboratorium Eurofins Agro. Gebruik makend van bestaande gebiedsinformatie zal vervolgens een gestratificeerd meetprotocol worden opgesteld waarbij voldoende monsters per cluster worden genomen om zo opschaling mogelijk te maken naar het afwaterende gebied op de Compagnonsvaarten.

# 4 Duurzaam bodem –en waterbeheer

## Achtergrond

Er komt in het mestbeleid, bodembeleid, het agrarisch natuurbeleid als ook binnen het waterbeheer meer en meer aandacht voor maatwerk. Diverse recente studies laten zien dat alleen via dit maatwerk het mogelijk is om de uiteenlopende doelen en beleidsopgaves te vertalen in maatregelen waarmee de agrarische sector bij kan dragen aan de realisatie van deze doelen. Grofweg zijn er vier strategieën om de N- en P-belasting vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater te verlagen (Westerhof et al., 2016):

- 1) inzet van maatregelen die onderdeel zijn van de Goede Landbouw Praktijk (GLP);
- 2) inzet van een verbeterde GLP;
- 3) inzet van maatregelen die de huidige praktijk verder extensiveren; dan wel
- 4) het verlaten van de hoofdfunctie landbouw (a) of de versoepeling van milieudoelen (b).

Voor elk van de hierboven genoemde vier strategieën is maatwerk essentieel, waarbij de KRW-doelen voor stikstof eenvoudiger zijn te realiseren dan die van fosfor. Dit omdat fosforverliezen veel sterker worden gestuurd door de bodem en minder door de bemestingspraktijk. De opgave voor fosfor is met bestaande maatregelen echter niet te en vraagt in de praktijk inzet van extra maatregelen die ingrijpen op de transportroute naar, dan wel de retentie in, het waterlichaam (strategie 2 en 3). Van de honderd maatregelen op de BOOT-lijst valt het merendeel onder de GLP. Ook veel initiatieven binnen het huidige Deltaplan Agrarisch Waterbeheer zijn gefocust op verdere implementatie van GLP. Dit betekent ook dat de belasting van het oppervlaktewater met P daardoor weinig tot niet vermindert. In gebieden met een grote P-opgave zullen daarom maatregelen nodig zijn vanuit de derde of mogelijk zelfs de vierde strategie. Door deze maatregelen te koppelen aan die percelen die erg gevoelig zijn voor P-verliezen, is het mogelijk om gericht de belasting vanuit de hotspots voor fosfor te verlagen.

## Vooruitblik

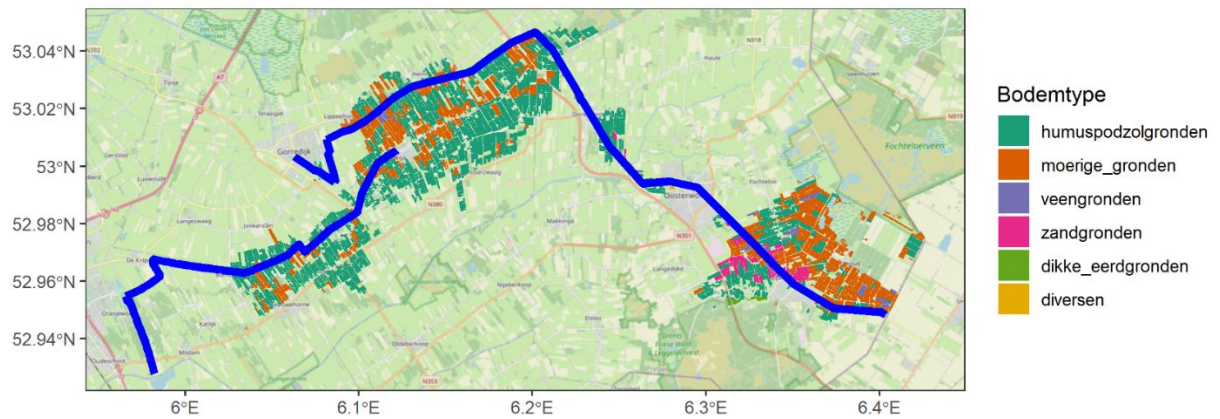
In de context van dit P-meetnet voor de Compagnonsvaarten wordt zowel de ruimtelijke variatie in de bodemkwaliteit in kaart gebracht als ook de relatie van deze bodemkenmerken met de daadwerkelijke P-verliezen vanuit de landbouwbodem naar het oppervlaktewater. Dit biedt mogelijkheden om zowel meer inzicht te krijgen in het watersysteem als ook de concrete onderbouwing van maatregelen waarmee agrariërs bij kunnen dragen aan een duurzaam bodem- en watersysteem (zie bijv. Ros et al., 2020). Dit ruimtelijk inzicht is zelfs cruciaal om gericht te sturen op landbouwkundige maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten te verlagen. Dit omdat zowel de verliezen als ook de effectiviteit van maatregelen per perceel kunnen verschillen. Bij de jaarlijkse terugkoppeling naar de agrariërs zal dan ook expliciet hier een verbinding worden gelegd met het handelingsperspectief om via duurzaam bodembeheer en bemesting invloed uit te oefenen op de P-belasting van het oppervlaktewater. En daarmee tegelijkertijd de P-benutting van het bedrijf te vergroten.

Het verkregen inzicht vanuit dit meetnet zal ook benut worden voor verdere verbeteringen van de water- en stoffenbalans. We voorzien dat hiermee een accurater beeld kan worden gegeven van de P-emissies vanuit de landbouwbodem als ook de mogelijke effecten daarvan op de aquatische ecologie. Hiervoor zal in de komende jaren actief worden samengewerkt met specialisten van Wetterskip Fryslân .

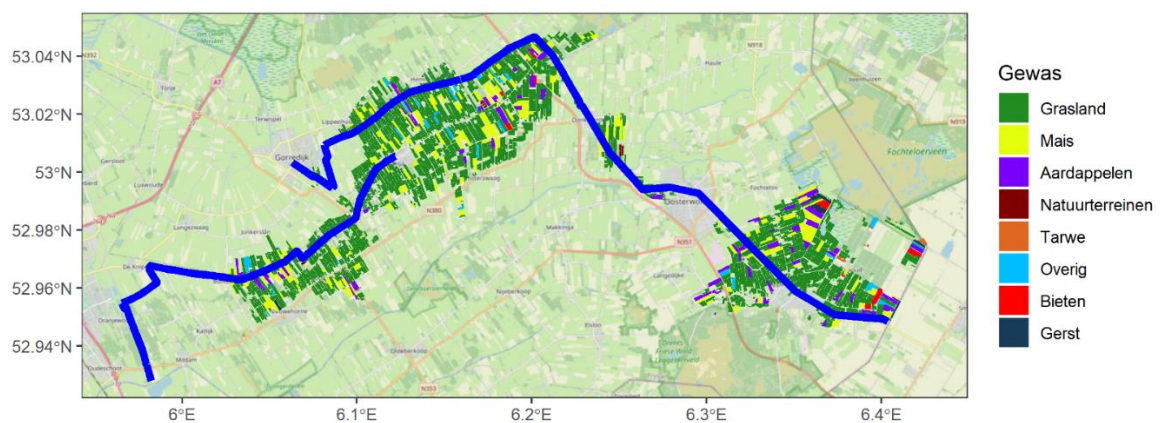
# Literatuur

- Actueel Hoogtebestand Nederland** (2020). *Open Data*. Opgehaald van Actueel Hoogtebestand Nederland: <https://www.ahn.nl/open-data/>
- Van den Akker JJH, De Vries F, Vermeulen GD, Hack-ten Broeke MJD & T Schouten** (2013). *Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied kaart*. Alterra-rapport 2409, Wageningen.
- Alterra** (2014, 01 01). *Nationaal Georegister*. Opgehaald van BRO - bodemkaart 1:50.000: <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/api/records/ed960299-a147-4c1a-bc57-41ff83a2264f/formatters/xsl-view?view=dutchprofile&portalLink=>
- Cattell RB** (1966). *The Scree Plot Test for the Number of Factors*. *Multivariate Behavioral Research* 1, 140-161.
- Horn JL** (1965). *A rationale and test for the number of factors in factor analysis*. *Psychometrika* 30, 179-185.
- Ministerie van Economische Zaken** (2019). *Basisregistratie Gewaspercelen (BRP)*. Opgehaald van Overheid: <https://data.overheid.nl/dataset/10674-basisregistratie-gewaspercelen-brp>
- NHI** (2020). *NHI Data Portaal*. Opgehaald van Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI): <https://data.nhi.nu/>
- Ros GH, Kros H, van Vliet P & K van Duijvendijk** (2018). *Kwantificering nutriëntensituatie van de bodem in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. NMI-rapport 1708.N.17, 25 pp.
- Ros, GH, Verweij SE, Quist N & N van Eekeren** (2020). *Bedrijfsbodewaterplan; maatwerk voor duurzaam bodem- en waterbeheer*. NMI-rapport 1805.N.20, 33 pp.
- TUFOWKTM** (2020, 12 11). *Schoterlandse Compagnonsvaart*. Opgehaald van Wikipedia: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2907665>
- Wetterskip Fryslân** (2018a). *Watersysteemanalyse Schoterlandse Compagnonsvaart*.
- Wetterskip Fryslân** (2018b). *Watersysteemanalyse Opsterlandse Compagnonsvaart*.
- Wetterskip Fryslân** (2019). *Watersysteemanalyse Schoterlandse Compagnonsvaart*.
- Westerhof et al.** (2016). *Nutriënten op hun plek. Arrangementen van waarde voor voedselproductie, bodem en water*. ORG-ID, 71 pp.

# Bijlage I. Variatie in bodemkwaliteit

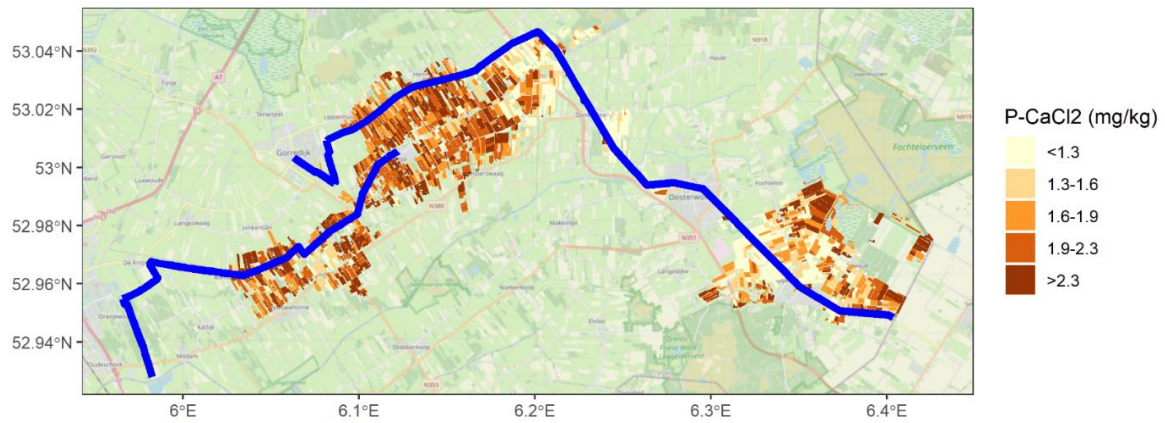


Figuur S1.1 Ruimte variatie in bodemtype.

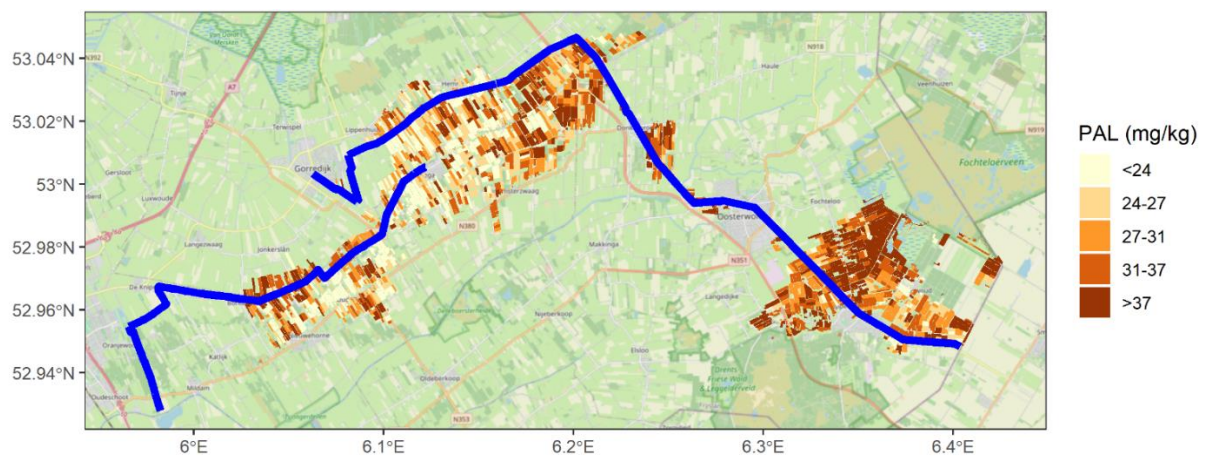


Figuur S1.2 Ruimtelijke variatie in gewassen.

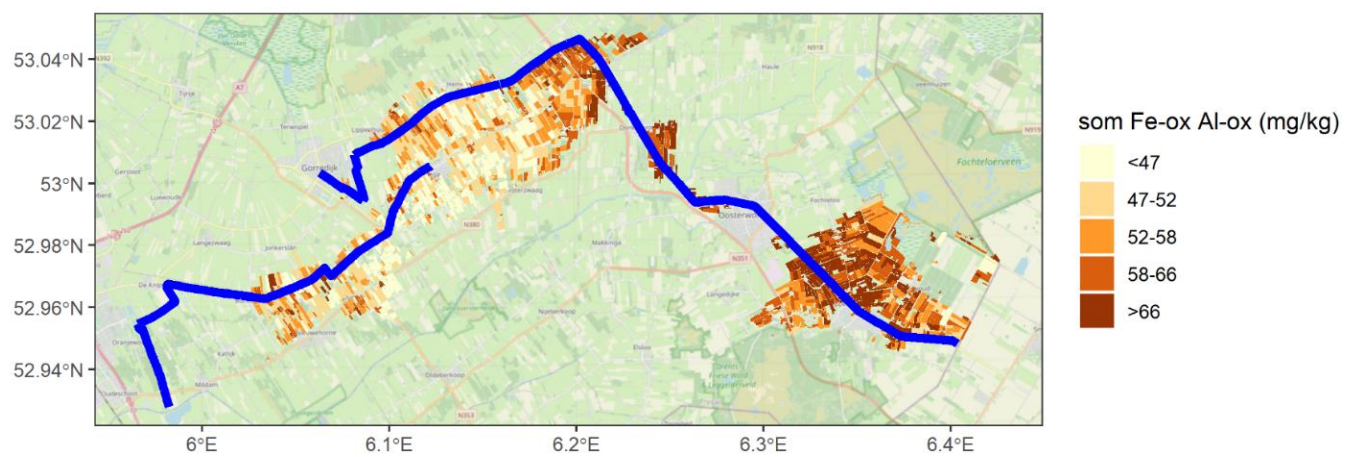




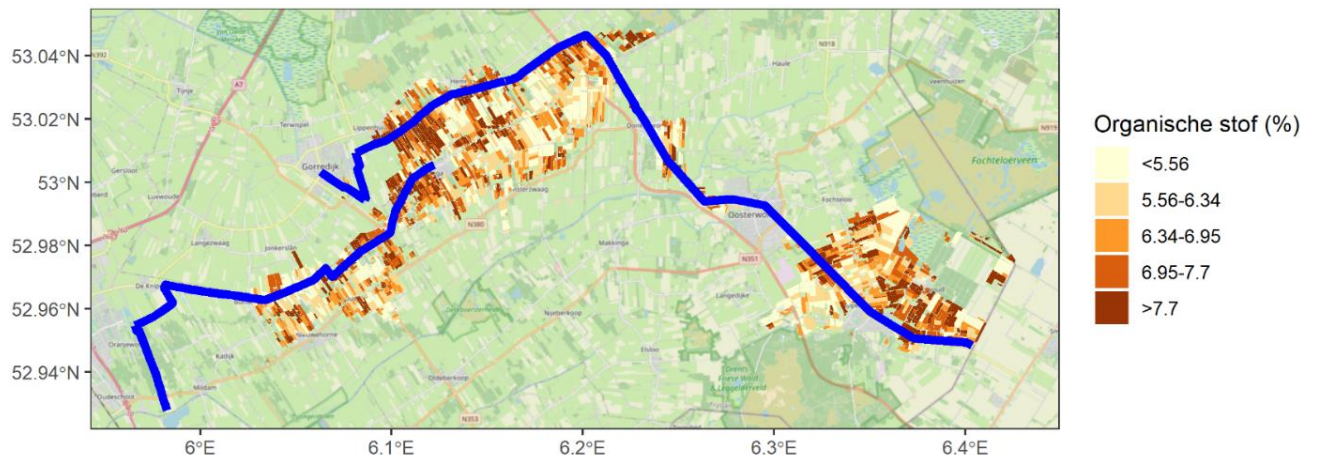
Figuur S1.3 Ruimtelijke variatie in P-CaCl<sub>2</sub>.



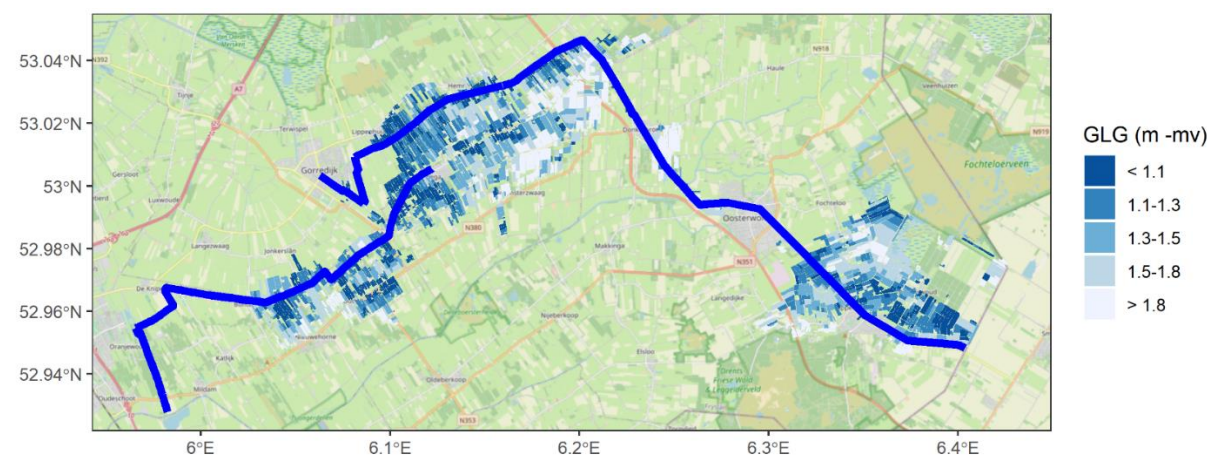
Figuur S1.4 Ruimtelijke variatie in PAL.



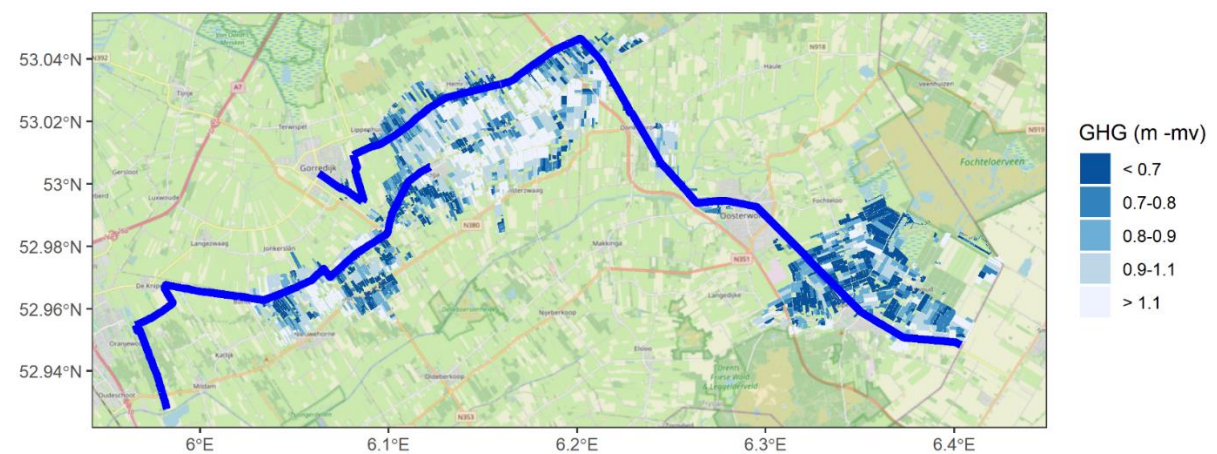
Figuur S1.5 Ruimtelijke variatie in de som van ijzer en aluminium gemeten in een oxalaatextractie.



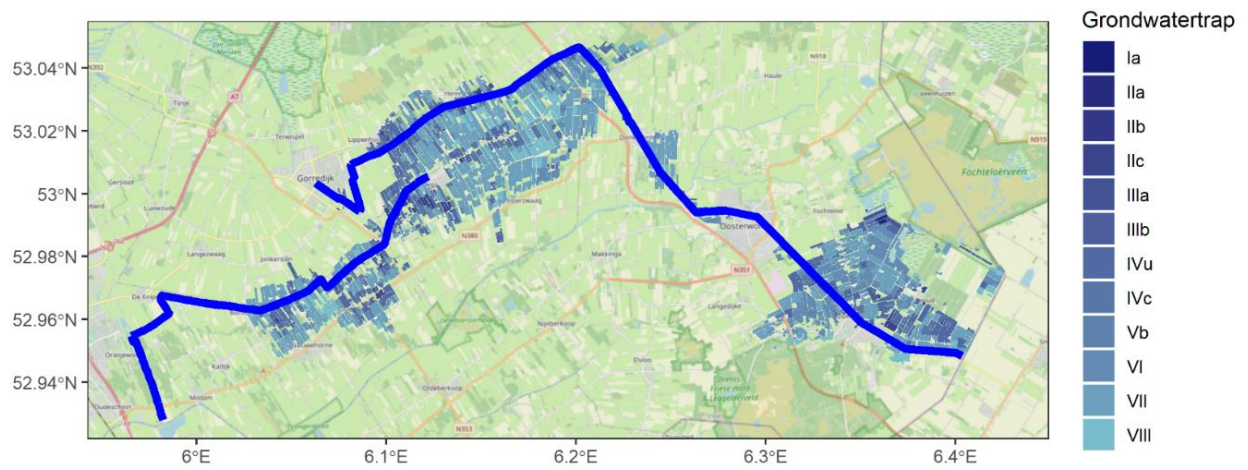
Figuur S1.6 Ruimtelijke variatie in organische stofgehalten.



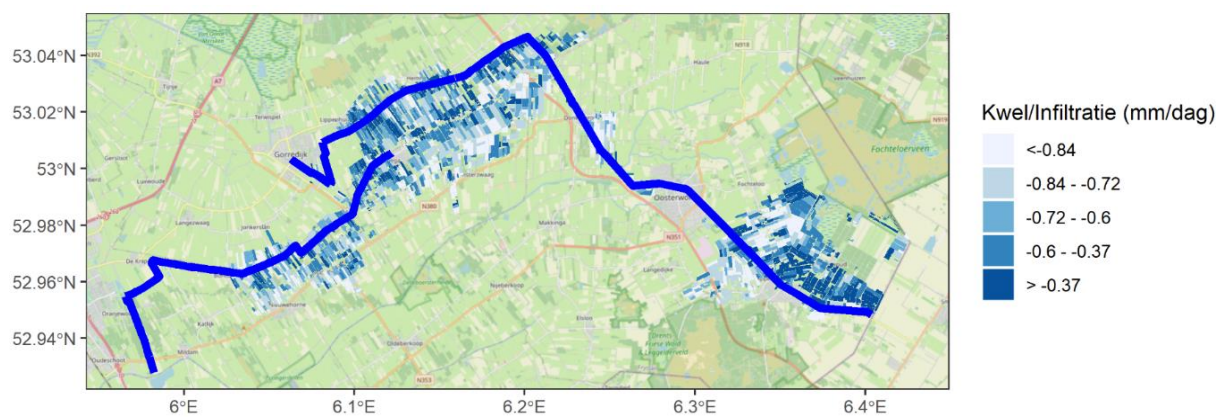
Figuur S1.7 Ruimtelijke variatie in GLG.



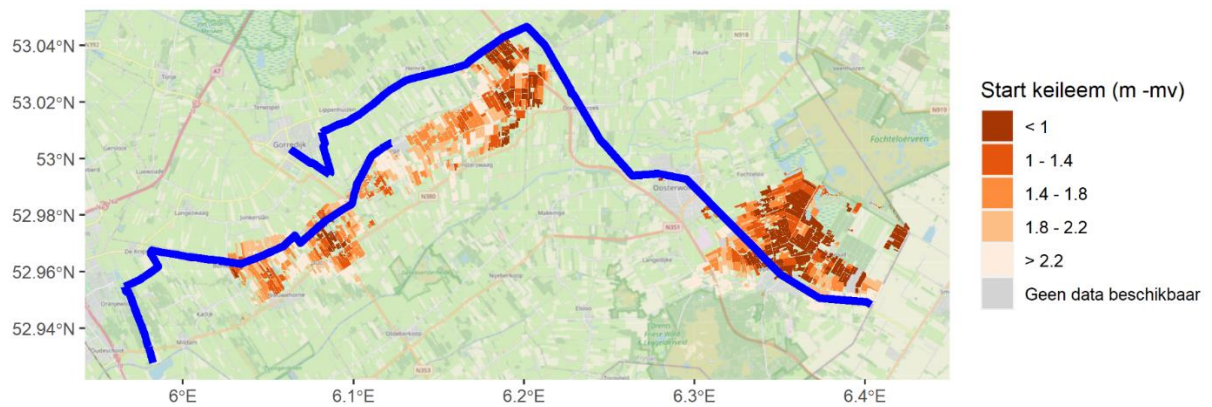
Figuur S1.8 Ruimtelijke variatie in GHG.



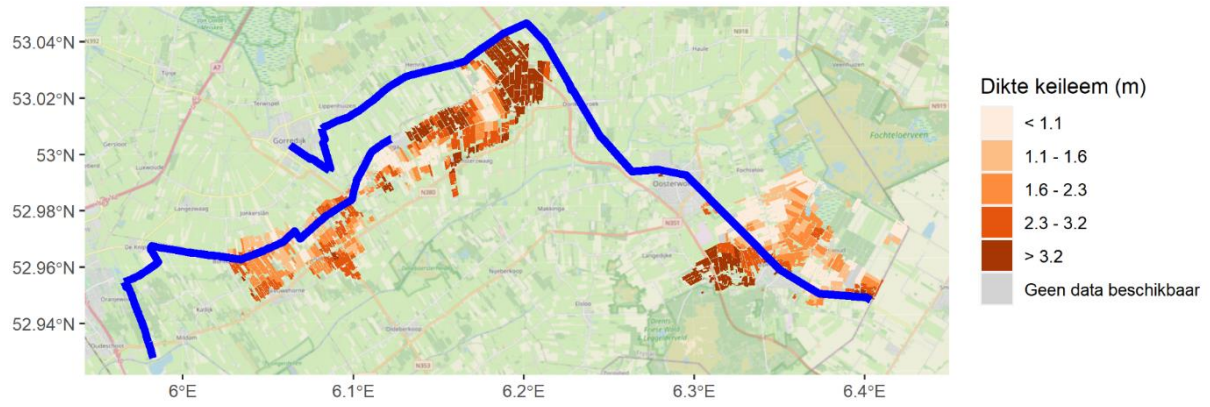
Figuur S1.9 Ruimtelijke variatie in grondwatertrap.



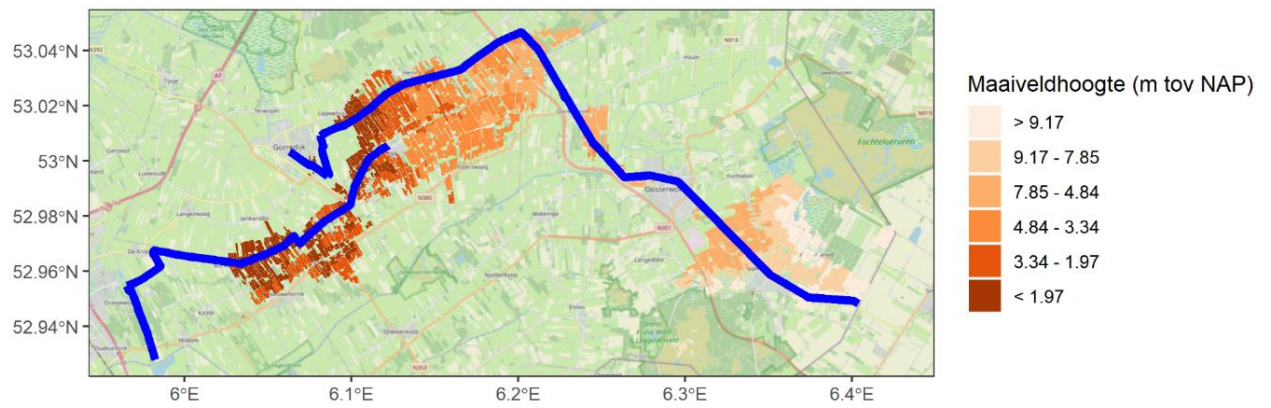
Figuur S1.10 Ruimtelijke variatie in kwel/infiltratie.



Figuur S1.11 Start van de keileemlaag ten opzichte van maaiveld.

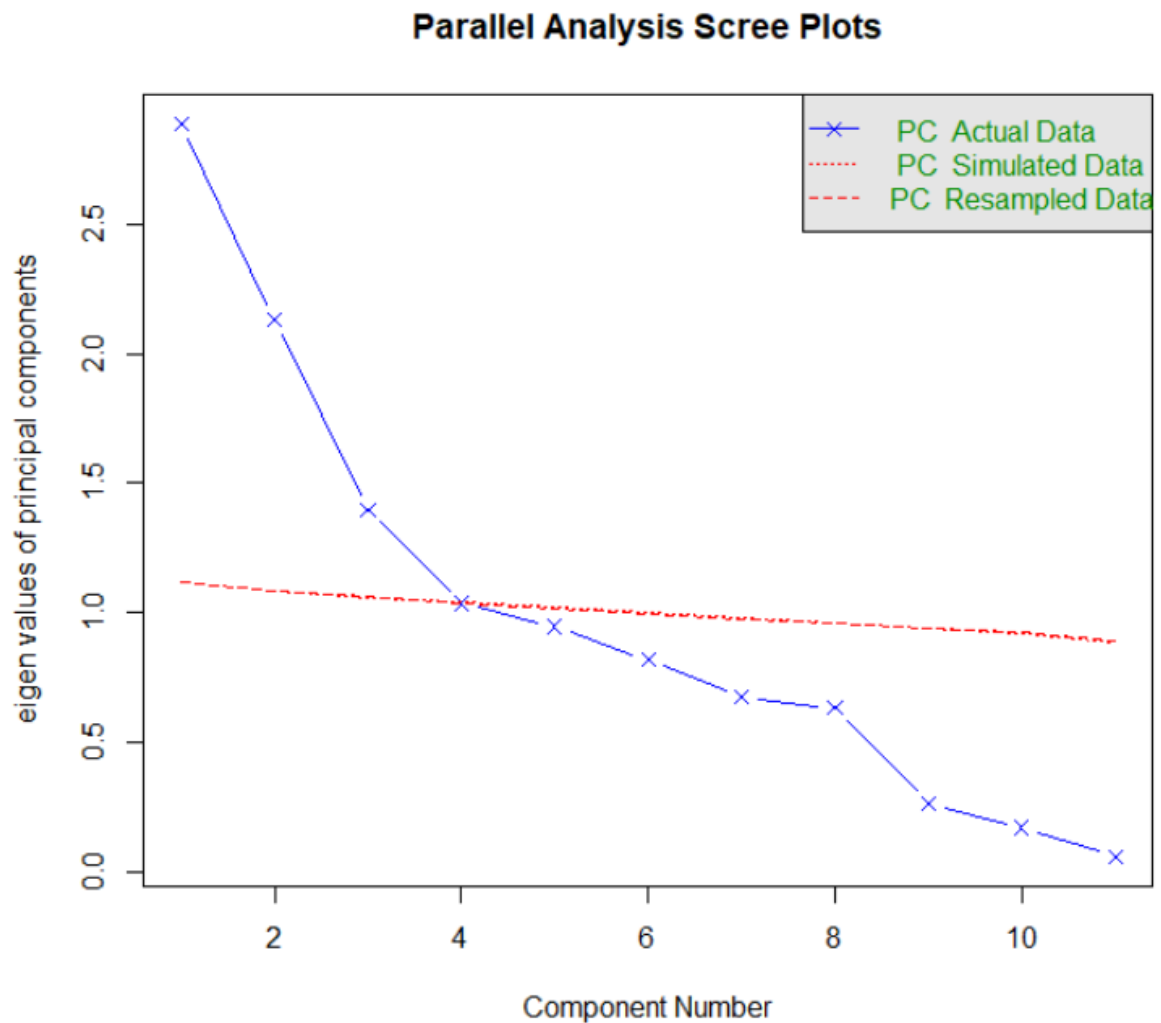


Figuur S1.12 Dikte van de keileemlaag.



Figuur S1.13 Ruimtelijke variatie in maaiveldhoogte.

## Bijlage II. check cluster analyse



Figuur S2.1 Parallel analyse ter bepaling van de hoeveelheid clusters in de  $k$  means cluster analyse (fa.parallel functie binnen de Psych package in R). De aanbevolen hoeveelheid clusters is in dit geval 3 (eerste cluster boven het snijpunt van de blauwe en rode lijn).



Nutriënten Management Instituut BV  
Nieuwe Kanaal 7c  
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03  
e-mail: [nmi@nmi-agro.nl](mailto:nmi@nmi-agro.nl)  
website: [www.nmi-agro.nl](http://www.nmi-agro.nl)