



Locatie Specifiek Maatwerk voor Water- en Bodemkwaliteit

Deel 3. Tijdreeksanalyse van OS en P in de Achterhoek

Yuki Fujita

Gerard H. Ros

Referaat

Fujita Y & GH Ros (2020). Locatie Specifiek Maatwerk voor Water- en Bodemkwaliteit. Deel 3. Tijdreeks-analyse van organische stof en fosfaat in de Achterhoek. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1761.N.20.3, 18 pp.

Rapport in het kort

Voor alle landbouwpercelen in de Achterhoek is in kaart gebracht of de bodemkwaliteit over de afgelopen 25 jaar is veranderd. Hierbij is gekeken naar het gehalte organische stof, de P-voorraad en de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat in de bodem. Bij de analyse wordt rekening gehouden met de grondsoort en het landgebruik. De bodems hebben landbouwkundig een goede kwaliteit, en het OS-gehalte blijft gelijk of stijgt evenals de P-voorraad in de bodem. De direct beschikbare fosfaat in de bodem daalt, en de bodems komen meer en meer in de landbouwkundige toestand "voldoende". Bij hoge gewasproducties is de instandhouding van de bodemkwaliteit een aandachtspunt.

© 2020 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.

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	3
2 De methode	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Gebruikte data	5
2.3 Data imputatie en reconstructie	6
2.4 Statistische toetsen	7
3 Verandert de bodemkwaliteit?	9
3.1 Een tijdserieanalyse	9
3.2 Fosfaattoestand en -beschikbaarheid	13
3.3 Organische stof	14
4 Conclusie	15
Literatuur	16
Bijlage I. Resultaten	17

Samenvatting en conclusies

Om in de Achterhoek een verbeteringslag uit te voeren qua bodembeheer, bemesting en duurzame landbouwproductie is in 2019 het project 'Locatie Specifiek Maatwerk voor Water- en Bodemkwaliteit' gestart. Binnen dit project wordt ruimtelijk expliciet inzicht te geven in de trend, toestand en waardering van landbouwbodems om zo onderbouwd sturing te geven aan maatwerkoplossingen die ingezet kunnen worden om de bodem- en waterkwaliteit te verbeteren. Hierbij ligt er een focus op inzicht gebaseerd op metingen en praktijkexpertise, en om (inhoudelijke) gebiedskennis waarmee water-beheerders en agrarische ondernemers samen kunnen werken aan oplossingen die bijdragen aan schoon grond- en oppervlaktewater. Data, kennis en praktijkervaring wordt zo ingezet in effectieve maatregelen waarmee gestuurd kan worden op een hogere (dan wel stabiele) gewasopbrengst, een effectieve bemestingspraktijk en weinig uitspoeling. Hiervoor wordt actief samengewerkt met de Vruchtbare Kringloop Achterhoek, het waterschap Rijn en IJssel en betrokken partners als ForFarmers, Groeikracht, Eurofins Agro, Vitens en provincie Gelderland.

De voorliggende rapportage beschrijft de methodiek als ook de resultaten van een meerjarige trend-analyse van de bodemkwaliteit voor de landbouwbedrijven in de Achterhoek.

Uit deze studie blijkt dat:

- Het gehalte organische stof de afgelopen twee decennia vrij stabiel is gebleven en in veel situaties stijgt. Dit correspondeert met tientallen andere studies in Nederland en bevestigt dat agrarische ondernemers via een uitgekiende vruchtwisseling en slim bodembeheer erin slagen om de jaarlijkse afbraak van organische stof te compenseren en deze zelfs op te bouwen.
- De hoeveelheid direct beschikbaar fosfaat (gemeten via 0.01M CaCl_2 of waterextractie) is gedaald, zeer waarschijnlijk als gevolg van het mestbeleid dat stuurt op evenwichtsbemesting.
- In tegenstelling tot de dalende trend in direct beschikbaar P is er een stijgende of geen trend te zien in de P-voorraad in de bodem. Als gevolg hiervan is de P-beschikbaarheidsindex toegenomen. Dit betekent dat er voldoende fosfaat beschikbaar is voor optimale ruwvoer- en gewasproductie, en ook dat het risico op uit- en afspoeling van P kleiner is geworden. Een aandachtspunt is wel de instandhouding van een goede bodemkwaliteit wanneer er netto sprake is van uitmijning van de bodem, als er meer fosfaat wordt afgevoerd dan aangevoerd. Bij het huidige bemestingbeleid dat streeft naar een optimale streeftoestand, is het risico op een P-tekort – ook op langere termijn – gering. Als er percelen voorkomen binnen het bedrijf met een lage P-toestand, dan moet er creatief worden nagedacht over oplossingen rondom bemesting (slim verdelen van mest binnen het bedrijf), bouwplan (klaver in het bouwplan), bodembeheer (bekalken en beregenen), en mogelijk zelfs extra aanvoer van fosfaat via krachtvoer.

1 Inleiding

De kwaliteit van het oppervlaktewater is afhankelijk van de stoffen die in het water zitten en van de aanwezige dieren en planten en enkele voor hen cruciale factoren. Om de beoogde ecologische doelen voor de waterkwaliteit te bereiken, werken waterbeheerders met verschillende partijen samen om de verliezen van nutriënten naar het watersysteem te verkleinen. Naast de inrichting van het watersysteem speelt de agrarische landgebruiker hierin een belangrijke rol. Zijn rol is cruciaal omdat op het boerenbedrijf, en de percelen daarvan, keuzes gemaakt worden die van invloed zijn op de bodemkwaliteit (fysisch, chemisch en biologisch) en indirect ook op de waterkwaliteit (Groenendijk et al., 2018). Een goede bodem is namelijk in staat om gewasgroei maximaal te ondersteunen, nutriënten en water vast te houden en de mogelijke verliezen naar het watersysteem te beperken.

Er zijn de afgelopen jaren goede resultaten geboekt in de Achterhoek bij deelnemers van de Vruchtbare Kringloop Achterhoek (Hilhorst & Plomp, 2018). Maar dat is niet voldoende en de boeren in het gebied (voor een groot deel verenigd in de Vruchtbare Kringloop Achterhoek) moeten en kunnen blijven werken aan verbetering. Belangrijk hiervoor is dat de juiste kennis aanwezig is over i) hoe de bodemkwaliteit is, ii) hoe deze samenhangt met de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater, en iii) hoe er perceelsgericht gestuurd kan worden op een vitale bodem en een duurzame landbouwproductie (Ros, 2019). Heel belangrijk daarbij is dat op bedrijfs- en perceelsniveau de huidige toestand als het mogelijke handelingsperspectief inzichtelijk wordt gemaakt (Verhoeven & Ros, 2018a).

Om in de Achterhoek een verbeterslag uit te voeren qua bodembeheer, bemesting en duurzame landbouwproductie is in 2019 het project 'Locatie Specifiek Maatwerk voor Water- en Bodemkwaliteit' gestart. Binnen dit project wordt ruimtelijk expliciet inzicht te geven in de trend, toestand en waardering van landbouwbodems om zo onderbouwd sturing te geven aan maatwerkoplossingen die ingezet kunnen worden om de waterkwaliteit te verbeteren. Hierbij ligt er een focus op inzicht gebaseerd op metingen en praktijkexpertise, en om (inhoudelijke) gebiedskennis waarmee waterbeheerders en agrarische ondernemers samen kunnen werken aan oplossingen die bijdragen aan schoon grond- en oppervlaktewater. Data, kennis en praktijkervaring wordt zo ingezet in effectieve maatregelen waarmee gestuurd kan worden op een hogere (dan wel stabiele) gewasopbrengst, een effectieve bemestingspraktijk en weinig uitspoeling. Hiervoor wordt actief samengewerkt met de Vruchtbare Kringloop Achterhoek, het waterschap Rijn en IJssel en betrokken partners als ForFarmers, Groeikracht, Eurofins Agro, Vitens en provincie Gelderland.

Concreet wil dit project inzicht geven in:

- de ruimtelijke variatie in (intensiteit van) landgebruik, uitspoelingsgevoeligheid van teelten, de erosiegevoeligheid, de mate van ondergrondverdichting, en het risico op verslamping.
- de ruimtelijke variatie in bodemkwaliteit voor wat betreft parameters die van invloed zijn op de opbrengend vermogen van het perceel als ook de uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat.
- de huidige en gewenste bodemkwaliteit vanuit agronomisch en milieukundig oogpunt. Het is hiervoor gewenst de bodem agronomisch en milieukundig te beoordelen (conform het Bemestingsadvies en de Goede Landbouw Praktijk) voor de belangrijkste bedrijfssystemen in

de regio. De gewenste praktijk qua bemesting, bodembeheer en bekalking wordt vergeleken met de huidige bemestingspraktijk.

- de impact en relevantie van duurzaam bodembeheer en bemestingspraktijk van deelnemers van de VKA. Zijn er verschillen tussen deze bedrijven, tussen deelnemers en ondernemers die geen onderdeel zijn van de VKA, wat zijn de oorzaken ervan en biedt dit inzicht kansen voor de effectieve inzet en uitrol van maatregelen in het beheergebied?
- in de ontwikkeling van de bodemkwaliteit van de laatste decennia met een focus op organische stof en fosfaat.

De voorliggende rapportage beschrijft de methodiek als ook de resultaten van een meerjarige trendanalyse van de bodemkwaliteit voor de landbouwbedrijven in de Achterhoek. In de laatste decennia is de intensiteit van bodemgebruik namelijk toegenomen en zijn de gebruiksnormen van meststoffen regelmatig aangescherpt om zo de kwaliteit van de leefomgeving te beschermen. In de Achterhoek blijkt op basis van de K LW-gegevens van deelnemende boeren dat er al jaren sprake is van negatieve bodemoverschotten voor fosfaat (gemiddeld over alle bedrijven), met uitzondering voor die jaren waar droogte beperkend is voor een goede gewasgroei. Hierdoor ontstaan er vragen of deze ontwikkeling risico's oplevert voor een duurzame ruwvoerproductie. In samenwerking met de Vruchtbare Kringloop Achterhoek, het waterschap Rijn en IJssel en de provincie Gelderland wordt in deze studie nagegaan hoe het organische stofgehalte en de fosfaattoestand in de afgelopen twee decennia zijn veranderd, en wat dit betekent voor de bodemkwaliteit.

Dit rapport is het derde deel in een serie waarin de resultaten van het project 'Locatie Specifiek Maatwerk in Bodem- en Waterbeheer' worden beschreven. Andere delen van het rapport geven een gebiedsbeschrijving en gaan dieper in op de impact van de bodem op ruwvoerproductie en mineralenbenutting als ook het handelingsperspectief om met maatregelen te sturen op een hogere gewasproductie en een schoner watersysteem.

2 De methode

2.1 Inleiding

De analyse is gebaseerd op de metingen die door het agrarisch laboratorium Eurofins Agro (voorheen BLGG) zijn uitgevoerd over de periode 1995 tot op heden. De metingen zijn daarbij geaggregeerd per 4-cijferig postcodegebied en over vijf opvolgende tijdsperiodes van vijf jaar. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen grondsoort (zand en klei) en landgebruik (grasland, akkerbouw en mais). De bodemeigenschappen die zijn onderzocht zijn het organische stofgehalte (OS, %) als ook metingen die de fosfaattoestand beschrijven, zoals PAL (P-bodemvoorraad, mg P_2O_5 100g⁻¹), Pw (P-water, mg P_2O_5 L⁻¹) en P-CaCl₂ (plant beschikbaar P, P-PAE, mg P kg⁻¹).

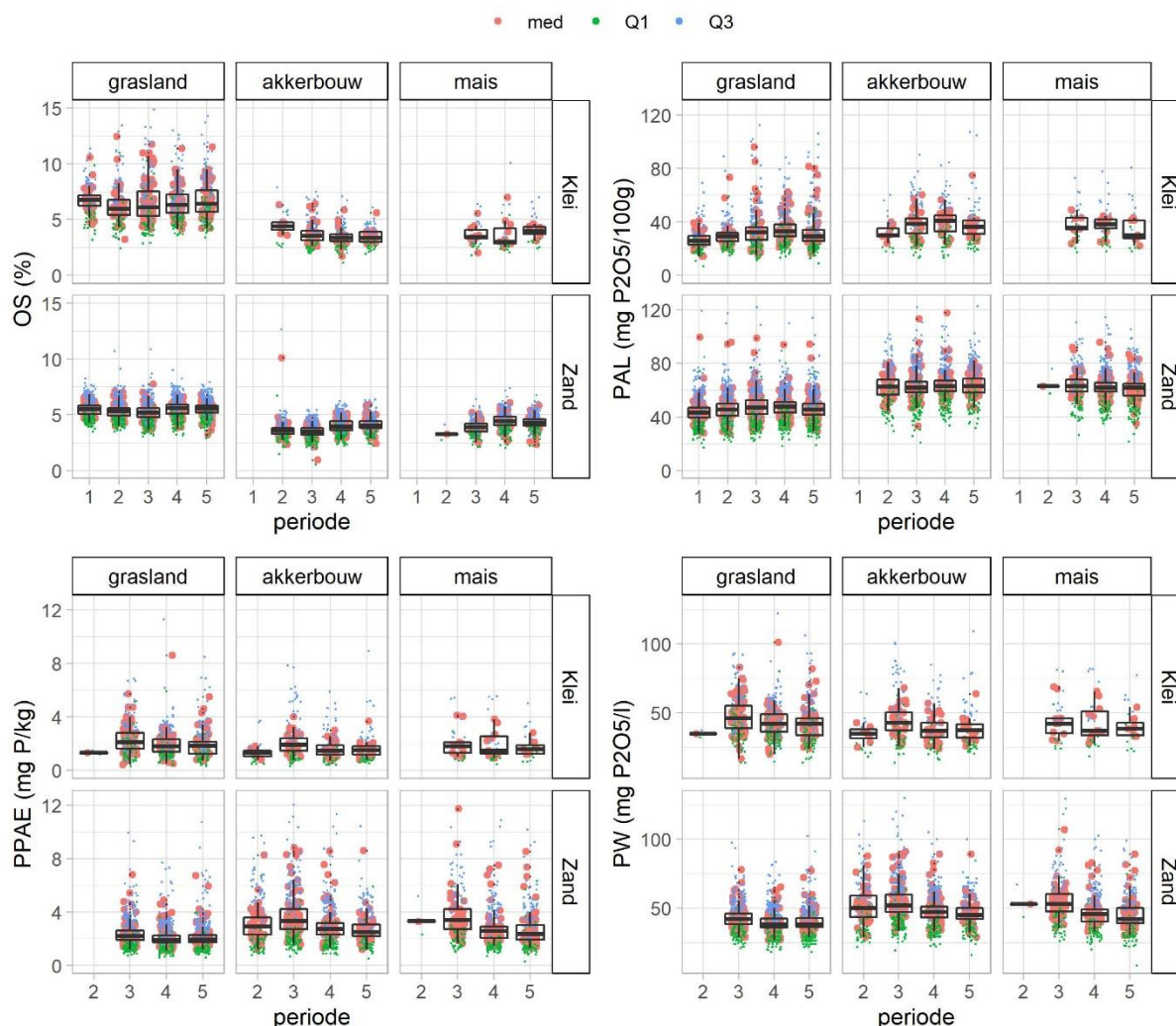
2.2 Gebruikte data

Door Eurofins zijn gegevens aangeleverd van de volgende bodemanalyses die over de periode 1995 – 2020 zijn bemonsterd in de Achterhoek. Dit zijn:

- OS (organische stofgehalte in de bodem, %)
- PAL (P bodemvoorraad, mg P_2O_5 100g⁻¹, gemeten via ammoniumlactaat extractie)
- Pw (P water, mg P_2O_5 L⁻¹, gemeten via waterextractie), en
- P-PAE (plant beschikbaar P, mg P kg⁻¹, gemeten via 0.01M CaCl₂ extractie).

Bodemanalyses op grasland hebben betrekking op de eerste 10cm van de bouwvoor. Voor akkerbouw en mais zijn er grondmonsters genomen van de eerste 25cm. Voor elke bodemparameter werden de summary data gerapporteerd voor 5 tijdsperiodes (1 = 1995-2000, 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, 5 = 2016-2019) voor elke 4-cijfer postcode, gesplitst naar landgebruik (SMS = maisland, GLD = grasland, Overig = akkerbouw) en bodemtype (klei, löss, en zand). De summary data zijn: minimum, maximum, gemiddelde, mediaan, 25ste kwantiel, 75ste kwantiel, en het aantal monsters. De summary data werden niet gegeven wanneer het aantal monsters binnen een combinatie van postcode x landgebruik x grondsoort x periode kleiner was dan 20. We hebben de gegevens van lossgrond in de Achterhoek niet gebruikt omdat er slechts 4 gegevens beschikbaar waren.

De dataset omvat het grootste deel van de Achterhoek. Van de in totaal 181 viercijferige postcode-gebieden hadden 98, 115, 133, 129, en 128 postcodes gegevens voor respectievelijk de periode 1, 2, 3, 4, en 5. Voor sommige gewassen was de dataset incompleet. Gegevens van bijvoorbeeld mais waren niet beschikbaar voor periode 1. Zie Figuur 2.1. voor het overzicht van de originele dataset.



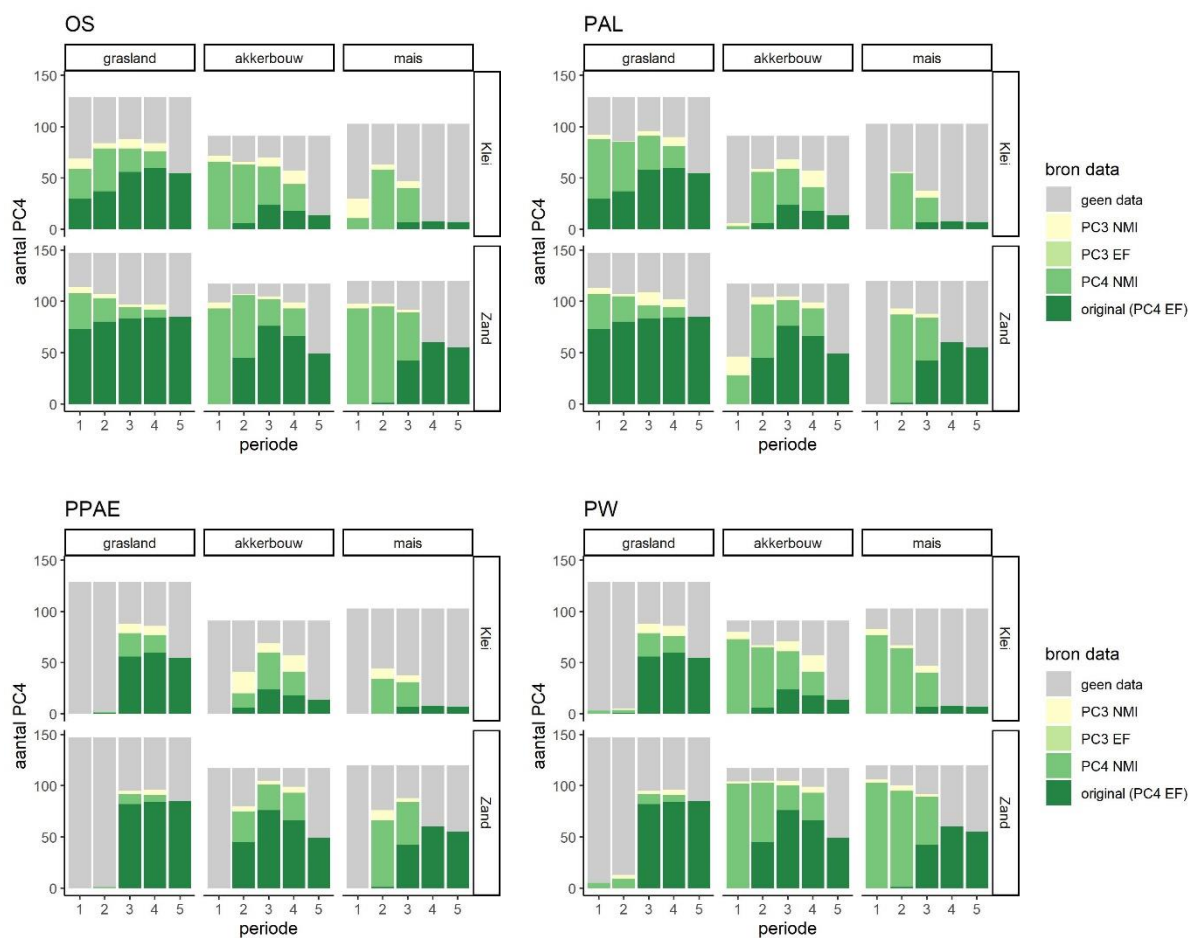
Figuur 2-1. Originele gegevens van OS, PAL, PPAE en Pw, ontvangen van Eurofins. De punten betreffen de mediaan, eerste kwantiel (Q1), en derde kwantiel (Q3). Elk punt staat voor een 4-cijferige postcode. Zwarte vakken geven van de eerste tot de derde kwantiel van de mediaanwaarden binnen de categorie. Tijdsperiodes zijn: 1 = 1995-2000, 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, en 5 = 2016-2019. Voor een duidelijke visuele presentatie werd de grens van de y-as ingesteld, waardoor een klein aantal punten uit de figuur werd verwijderd (d.w.z. 5 punten voor OS, 3 punten voor PAL en 7 punten voor PPAE).

2.3 Data imputatie en reconstructie

Voor elke combinatie van 4-cijferige postcode x landgebruik x grondsoort x periode werden de parameters van de normale verdeling (d.w.z. het gemiddelde en de standaardafwijking) geschat op basis van de mediaan, het eerste en derde kwantiel als ook het aantal monsters. Aangezien de summary data niet voor alle combinaties beschikbaar waren, werden de ontbrekende gegevens aangevuld vanuit een NMI-database waarin allerlei proef- en perceelsgegevens van de afgelopen jaren is opgeslagen. Als er desondanks nog gegevens ontbraken, dan zijn deze aangevuld op basis van geaggregeerde data van de driecijferige postcode x landgebruik x grondsoort x periode. Combinaties die heel beperkt voorkwamen, werden uitgesloten van de analyse. Alle bodemmetingen werden van tevoren log10-transformeerd, om zo een normale verdeling te krijgen; een randvoorwaarde voor een betrouwbare statistische analyse.

Om temporele veranderingen in de bodemvariabelen te onderzoeken, is het belangrijk om monsters op te nemen die de volledige variatie van de percelen binnen de Achterhoek vertegenwoordigen. Daarom

hebben we eerst 25 % van de alle percelen in het gebied (d.w.z. 12.339 percelen) willekeurig gekozen. Ten tweede hebben we voor elke combinatie van postcode x gewastype x bodemtype het aantal monsters bepaald dat uit die combinatie moet worden gesampled (om de gereconstrueerde dataset te vormen). Ten derde zijn de waarden van de bodemmetingen willekeurig getrokken uit de normale verdeling die voor die specifieke combinatie is gedefinieerd, voor elke periode van vijf jaar afzonderlijk. Met deze resampling methode is een tijdreeks van 12.339 willekeurige percelen gereconstrueerd. Sommige parameters voor bepaalde combinatie van landgebruik x grondsoort x periode zijn uitgesloten van de resampling omdat er weinig gegevens beschikbaar zijn. Dat zijn PW en P-PAE van grasland in periode 1 en 2, P-PAE van mais en akkerbouw in periode 1, PAL van akkerbouw op klei in periode 1, en PAL van mais in periode 1. Figuur 2.2. geeft een compleet overzicht van de beschikbaarheid en de bron van de gegevens voor elke variable en elke periode. Omdat de hoogste resolutie van de aangeleverde gegevens beschikbaar zijn op postcodeniveau (er zijn geen tijdseries beschikbaar voor individuele percelen), wordt hier de databeschikbaarheid weergegeven per PC4-gebied.



Figuur 2-2. Data beschikbaarheid van OS, PAL, PPAE, en Pw voor elke periode. Bron van de parameterschatting van verdeling is; original (PC4 EF): gegevens van Eurofins op 4-cijferige postcode niveau, PC4 NMI: gegevens van NMI op 4-cijferige postcode niveau, PC3 EF: gegevens van Eurofins op 3-cijferige postcode niveau, PC3 NMI: gegevens van NMI op 3-cijferige postcode niveau, geen data: geen data beschikbaar. Tijdsperiodes zijn: 1 = 1995-2000, 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, 5 = 2016-2019.

2.4 Statistische toetsen

De temporele verandering is getoetst met lineaire regressieanalyse op de gereconstrueerde monsters van 12.339 percelen. Voor elke combinatie van grondsoort en landgebruik werd hiervoor onderzocht of de verandering van OS, PAL, P-PAE, en PW over de jaren (als het middenjaar van elke periode; 1998,

2003, 2008, 2013, 2018) is veranderd. De trend over de jaren is statistisch significant als de helling van het regressiemodel afwijkt van nul. De resampling van 12.339 percelen was 100 keer herhaald om de verdeling van de regressiehelling te schatten. Als de helling meer dan 95 keer boven nul ligt, is de temporele trend als toename beoordeeld. Als de helling meer dan 95 keer onder nul ligt, is hij beoordeeld als een afname.

De temporele veranderingen van de bodemmetingen werden ook geëvalueerd op 4-cijferig postcodeniveau. Voor elke combinatie van postcode x landgebruik x grondsoort hebben we de geschatte verdeling van bodemvariabelen vergeleken tussen periode 1 (1995-2000) en periode 5 (2016-2019). Wanneer gegevens van periode 1 en periode 5 niet beschikbaar zijn, werden gegevens van respectievelijk periode 2 en periode 4 gebruikt. Voor P-PAE en Pw van grasland (waarvoor nauwelijks gegevens beschikbaar zijn voor de periode 1 en 2) zijn gegevens van de periode 3 en de periode 5 vergeleken. Het verschil tussen twee periodes werd vergeleken met t-test met een 95% betrouwbaarheidsinterval. Merk op dat alleen postcodes met gegevens van zowel periode 1 (of 2) als periode 5 (of 4) in deze analyse zijn opgenomen.

3 Verandert de bodemkwaliteit?

3.1 Een tijdserieanalyse

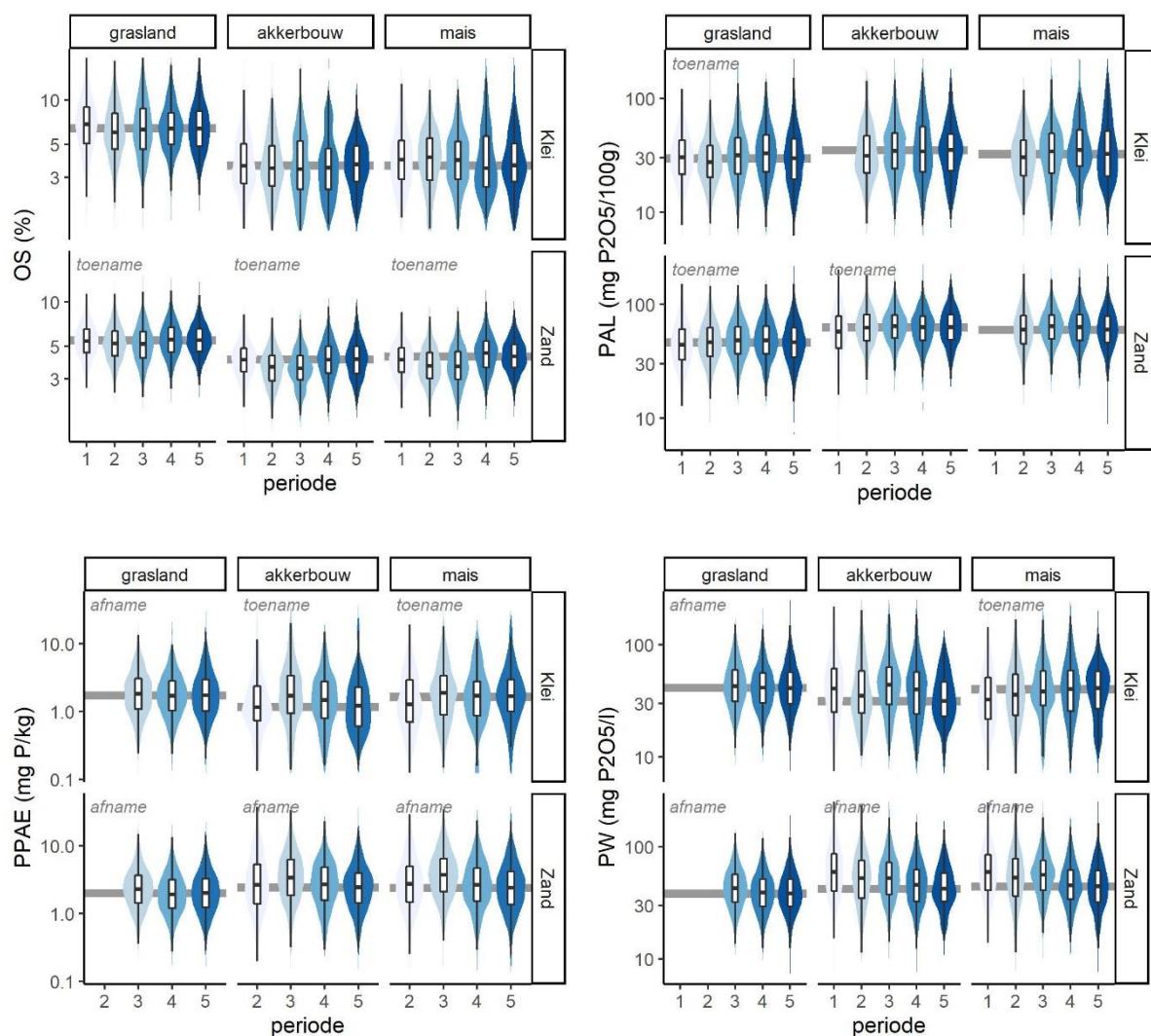
Is de bodemkwaliteit voor organische stof en fosfaat de afgelopen jaren gedaald? In Figuur 3.1. wordt deze vraag beantwoord voor de verschillende bodems en landgebruik. Bodems onder grasland bevatten gemiddeld meer organische stof dan bodems onder akkerbouw en mais.

Het **OS-gehalte** was gemiddeld 5,6% voor grasland, 3,8% voor akkerbouw, en 4,0% voor mais. Op alle zandgronden is het OS-gehalte significant maar met een kleine omvang toegenomen ($p < 0,05$) over de afgelopen twee decennia. Het OS-gehalte stijgt in die periode met gemiddeld 0,22% voor grasland (overeenkomend met 0,011% OS jaar⁻¹), met 0,26% voor akkerbouw (overeenkomend met 0,010% OS jaar⁻¹) en met 0,51% voor maisland (overeenkomend met 0,019% OS jaar⁻¹).

De **P-voorraad** is de laatste twee decennia vrijwel niet veranderd. De gemiddelde PAL-voorraad bleef rond 30-34 mg P₂O₅ 100g⁻¹ voor grasland op klei, met een gemiddelde jaarlijkse stijging van 0,45% (overeenkomend met 0,13 mg P₂O₅ 100g⁻¹ jaar⁻¹). In grasland op zand bleef de gemiddelde PAL-voorraad rond 45-49 mg P₂O₅ 100g⁻¹, met een gemiddelde jaarlijkse stijging van 0,19% (overeenkomend met 0,09 mg P₂O₅ 100g⁻¹ jaar⁻¹). Ook op de akkerbouwgronden waar PAL gemeten is, steeg deze met 0,57% op zandgrond. Op basis van al de uitgevoerde bodemanalyses concluderen we er vrijwel geen risico is op een dalende P-voorraad bij de huidige bemestingspraktijk.

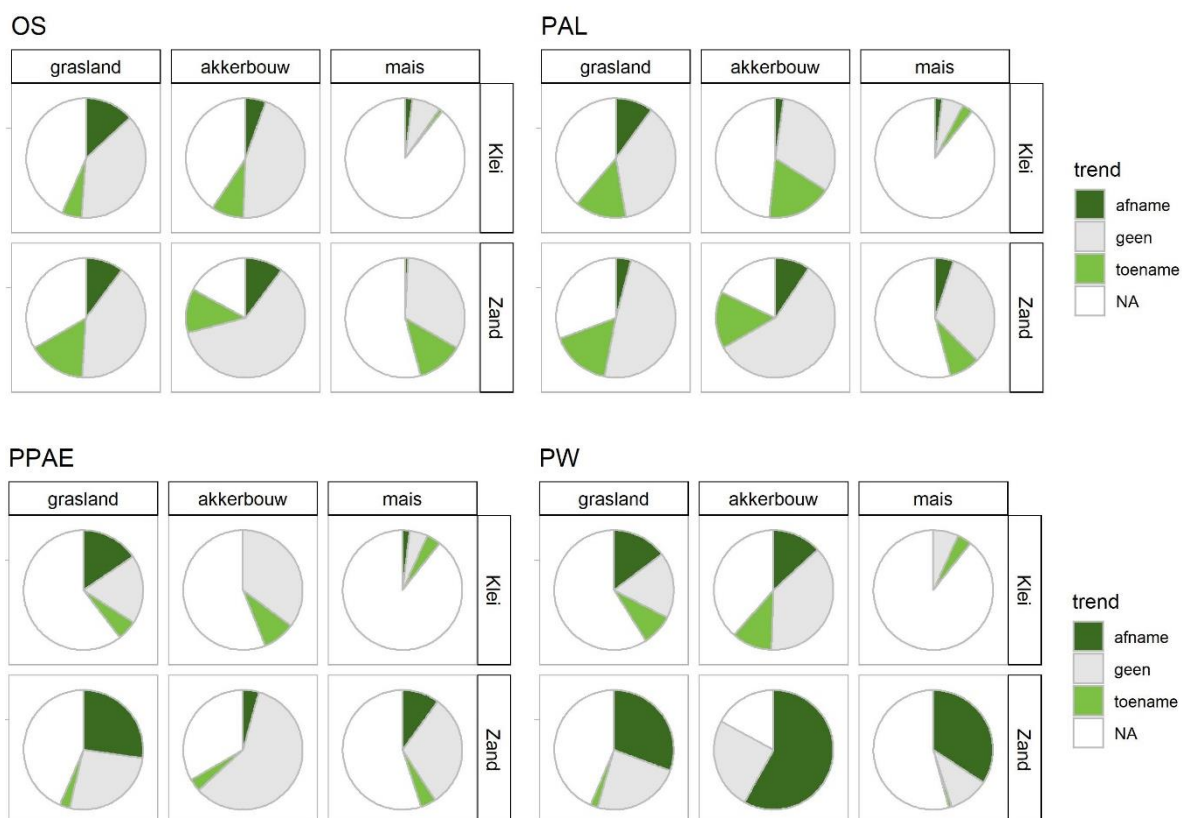
De **direct beschikbare hoeveelheid P** (P-PAE) daarentegen is voor elk type landgebruik op zandgronden gedaald. De gemiddelde P-PAE concentraties op zandgronden waren 2,8 mg P kg⁻¹ in de periode 2001-2005 en 2,1 mg P kg⁻¹ in de periode 2016-2019. De P-concentratie is gedaald met 1,2% per jaar (- 0,03 mg P kg⁻¹ jaar⁻¹) voor grasland op zand, met 1,0% (- 0,03 mg P kg⁻¹ jaar⁻¹) voor akkerbouw op zand en met 1,1% (- 0,03 mg P kg⁻¹ jaar⁻¹) voor maisland op zand. Daarentegen vertoonde de P-concentratie een stijgende trend op kleigronden, in het bijzonder voor percelen met mais. De gemiddelde P-PAE concentraties op kleigronden waren 1,05 mg P kg⁻¹ in de periode 2001-2005 en 1,69 mg P kg⁻¹ in de periode 2016-2019. De gemiddelde P-concentratie van bodems onder mais steeg zelfs met 2,5% per jaar, een toename van 0,029 mg kg⁻¹ jaar⁻¹.

Vergelijkbare trends zijn te zien voor het **Pw-getal**. Het Pw-getal daalde voor elk type landgebruik op zandgronden. De gemiddelde Pw-concentraties op zandgronden waren 60 mg L⁻¹ in de periode 1995-2000 en 40 mg L⁻¹ in de periode 2016-2019. De gemiddelde jaarlijks afname in de laatste twee decennia was 0,38 mg L⁻¹ jaar⁻¹ (-0,8%) op grasland, 0,7 mg L⁻¹ jaar⁻¹ (-1,3%) op akkerbouw, en 0,73 mg L⁻¹ jaar⁻¹ (-1,3%) op maisland. Op kleigronden waren de gemiddelde Pw concentraties 36 mg L⁻¹ in de periode 1995-2000 en 40 mg L⁻¹ in de periode 2016-2019. Daar is het Pw-getal licht toegenomen voor maisland (+0,3 mg L⁻¹ jaar⁻¹), en licht afgenomen voor grasland (-0,13 mg L⁻¹ jaar⁻¹).



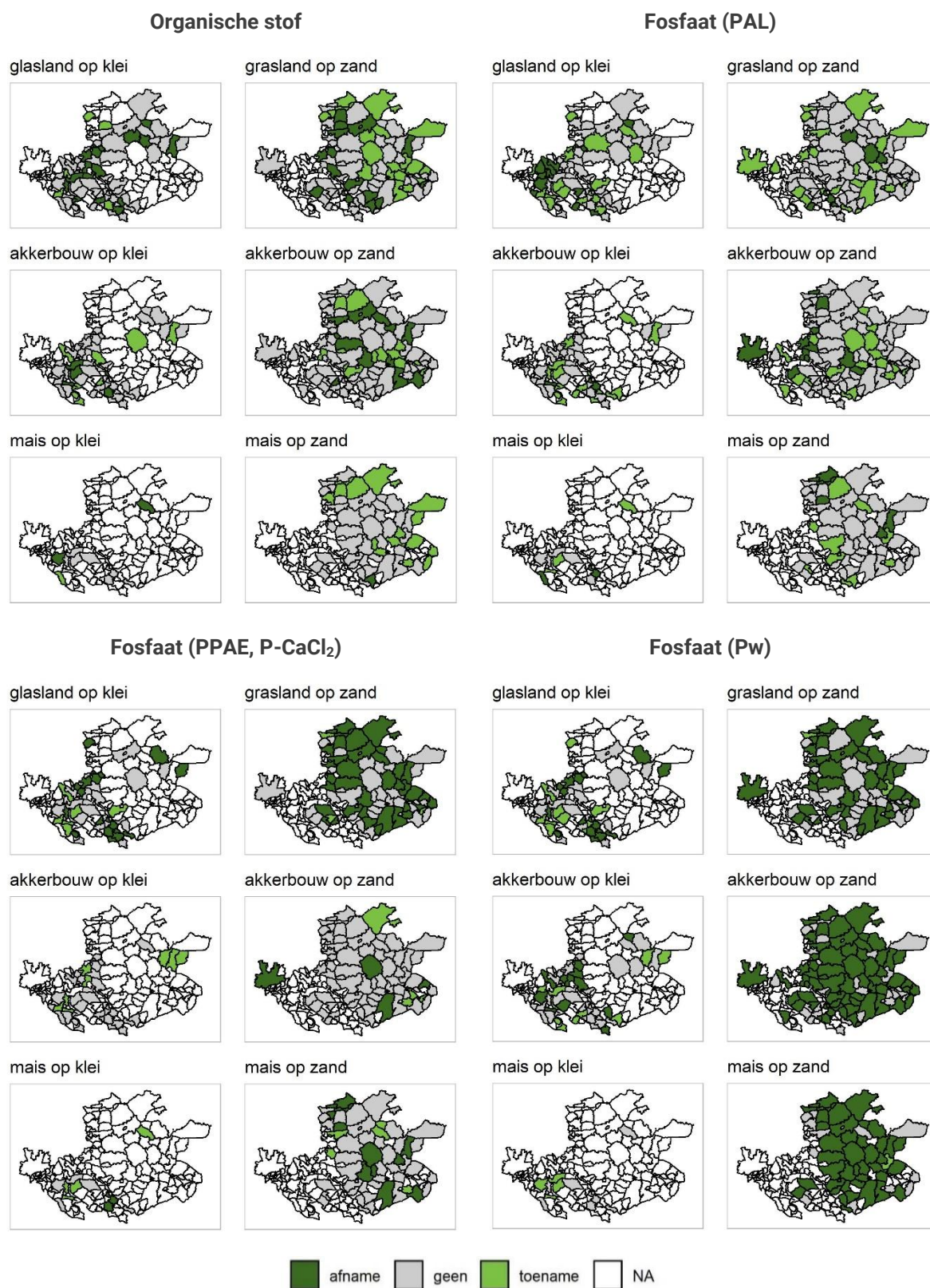
Figuur 3-1. Temporele variatie in geschatte bodemparameters (OS, PAL, PPAE, PW) van 12339 willekeurig gekozen percelen in de Achterhoek. De resampling van 12339 percelen is 100 keer herhaald. De boxplot toont het bereik van de 1e tot 3e kwantiel. Grijs lijnen geven de mediaanwaarde van de huidige situatie weer. Tijdsperiodes zijn: 1 = 1995-2000, 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, 5 = 2016-2019. Resultaten van de regressieanalyse (of het toeneemt of afneemt over 5 periodes) worden getoond als het significant is (met een 95% betrouwbaarheidsinterval, op basis van 100-keer herhaling van resampling). Zie Figuur I.1 in Bijlage I voor de verdeling van regressiehellings van de 100-keer resampling.

Hoewel er aantal trends werden waargenomen in de tijdelijke ontwikkeling van het organische stofgehalte en de P-toestand, was de overlap tussen de periodes vrij groot (zie Bijlage I). Dit betekent ook dat er binnen de Achterhoek een grote variatie bestaat tussen percelen. Om hier beter rekening mee te houden, is een vergelijkbare analyse uitgevoerd per postcodegebied. Op 4-cijferig postcode-niveau vertoonde de meerderheid van de postcodes geen trend voor het organische stofgehalte (Figuur 3-2). Het aantal postcodes met een toenamende trend en een afnemende trend is vergelijkbaar voor vrijwel alle combinaties van grondsoorten en landgebruik. Ook voor de P-voorraad, gemeten via PAL, verschilt het aantal gebieden met een toenamende en afnemende trend niet veel. Uitzondering hierop is de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat (Pw) op zandgronden: in meer dan helft van de onderzochte gebieden is er sprake van een dalende trend. Vergelijkbare resultaten kwamen boven tafel voor het P-PAE-getal. Beide metingen bevestigen dat een dalende P-aanvoer (via minder bemesting) zorgt voor een lagere directe beschikbaarheid van P in de bodemoplossing.



Figuur 3-2. Percentage gebieden (4-cijferige postcode) waarin OS, PAL, PPAE, of Pw is afgenomen (donkergroen) of toegenomen (lichtgroen) in de afgelopen decennia. De vergeleken periodes zijn: tussen de period 2006-2010 en 2016-2019 voor PPAE en Pw van grasland, en tussen de periode 1995-2000 (of 2001-2005) en 2016-2019 (of 2011-2015) voor de rest. Of de variabelen toenamen of afnamen is getest met een t-test. Wanneer een combinatie van landgebruik en bodemtype niet voorkomt in een postcode of er geen metingen bekend zijn, dan wordt deze als NA weergegeven.

Figuur 3-3 illustreert de ruimtelijke variatie in de temporele trends van de onderzochte bodemeigenschappen. Er zijn geen duidelijke ruimtelijke patronen zichtbaar: het Pw-getal daalt in vrijwel alle gebieden, terwijl de P-voorraad in sommige gebieden daalt of stijgt.

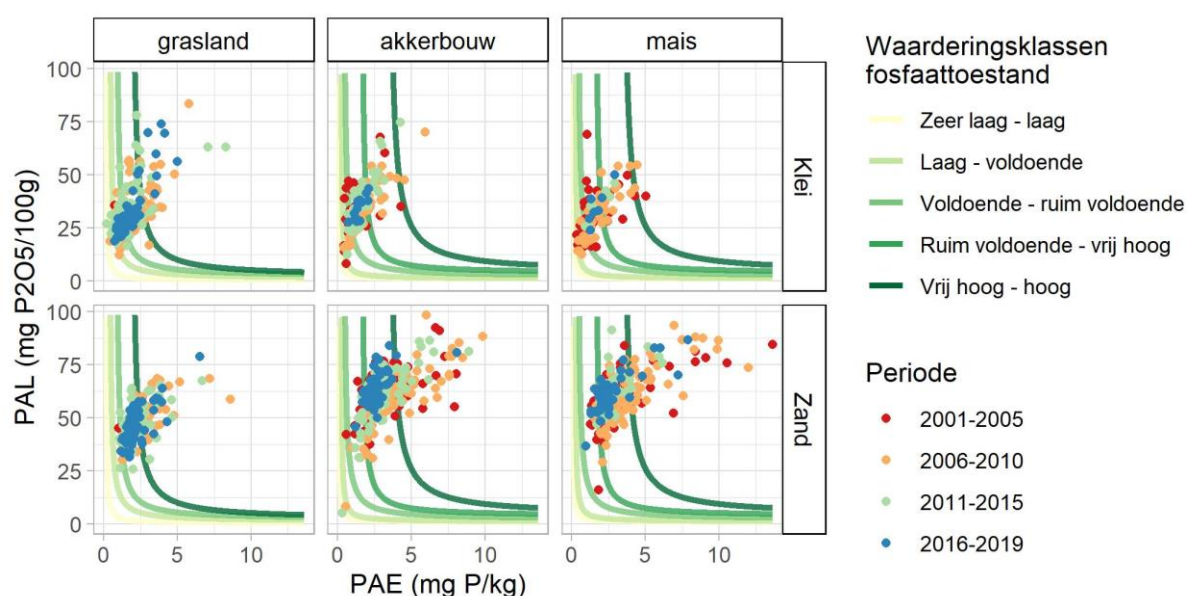


Figuur 3-4. Tijdelijke veranderingen van OS en P op 4-cijferige postcode niveau, per grondsoort en landgebruikstype.

3.2 Fosfaattoestand en -beschikbaarheid

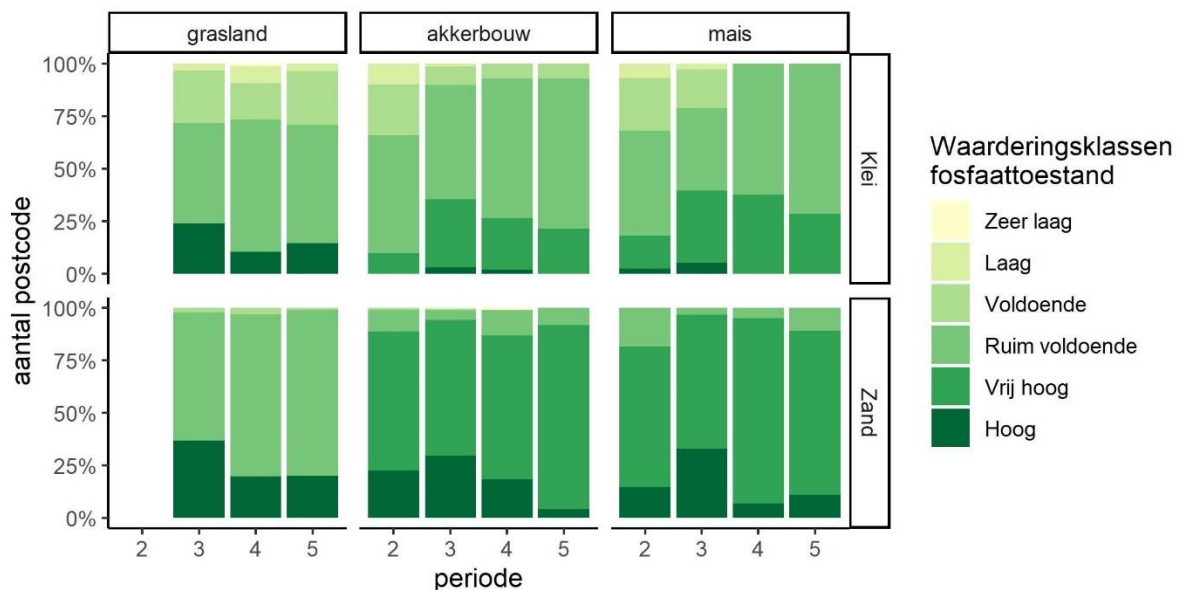
De daadwerkelijke beschikbaarheid van P voor gewasgroei kan worden bepaald door verschillende metingen, zoals de hoeveelheid direct beschikbaar P (bv. P-PAE) en de hoeveelheid P dat in de loop van de tijd beschikbaar kan komen (bv. De P-voorraad, gemeten als PAL). De ratio tussen P-PAE en PAL geeft een indicatie van het bufferend vermogen, dat wil zeggen het vermogen van de bodem om de P-concentratie in de bodemoplossing constant te houden zodra er P-opname plaatsvindt door gewasopname (dan wel water uitspoelt). NMI heeft een waarderingmethode ontwikkeld op basis van de combinatie P-PAE en PAL (de P-beschikbaarheidsindex, Van Rotterdam-Los & Bussink, 2012) dat anno 2020 ook gebruikt wordt in bemestingsadviezen en richting heeft gegeven aan de nieuwe invulling van het mestbeleid. In Figuur 3.4. zijn de tijdreeksgegevens van deze studie gepresenteerd op dit waarderingsschema: het laat daarmee zien in welke mate de waargenomen veranderingen ook daadwerkelijk impact hebben op een duurzame ruwvoer- of gewasproductie.

In de eerste periodes (vooral de jaren voor 2010) zijn er een aantal gebieden die een erg hoge P-beschikbaarheidsindex hebben, met name op zandgronden. In de laatste periode (2016-2019) zijn er bijna geen gebieden meer met een hoge P-beschikbaarheidsindex. Dit is in lijn met de afnemende trend van P-PAE in de laatste decennia, een direct gevolg van de afnemende gebruiksnormen (en daaraan gekoppelde bemestingspraktijk). Omdat P-PAE is afgenomen en PAL licht is toegenomen op een groot deel van de zandgronden, is het bufferend vermogen van de bodem vergroot. Dit betekent ook dat er anno 2020 (nog) geen groot risico is op te lage fosfaatgehalten in het gewas.



Figuur 3-5. Gemiddelde PAL en P-PAE per 4-cijferige postcode voor verschillende periodes. De grenzen van de landbouwkundige klassenindeling (Van Rotterdam-Los & Bussink, 2012) zijn weergegeven met lijnen. Tijdsperiodes zijn: 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, 5 = 2016-2019.

Wat betekent dit voor de landbouwkundige “kwaliteit” van de landbouwpercelen? Hiervoor is in Figuur 3.5. in beeld gebracht hoe de beoordeling van de P-toestand is veranderd over de afgelopen 25 jaar. Wanneer we met een landbouwkundige blik kijken naar de gemeten fosfaattoestand, dan blijkt dat het aandeel percelen in de klasse “te hoog” structureel is gedaald. Tegelijkertijd zien we ook dat het aandeel percelen in de klasse “te laag” structureel is gedaald. Deze analyse illustreert hiermee het onderliggende principe van de fosfaatmestwetgeving dat als doel heeft om alle bodems in een optimale P-toestand te brengen en daarmee te hoge of te lage situaties qua fosfaatbeschikbaarheid probeert te voorkomen. De huidige analyse laat zien dat dit in de praktijk dus ook gerealiseerd wordt.



Figuur 6. Landbouwkundige waardering van de P-toestand (Van Rotterdam-Los & Bussink, 2012) per 4-cijferige postcode, voor verschillende periodes. De gegevens van periode 2 van grasland zijn verwijderd omdat de P-PAE-gegevens voor slechts 3 postcodes beschikbaar zijn. Tijdsperiodes zijn: 2 = 2001-2005, 3 = 2006-2010, 4 = 2011-2015, 5 = 2016-2019.

3.3 Organische stof

De huidige analyse laat zien dat het organische stofgehalte in vrijwel alle percelen boven het landbouwkundig optimum van 2% á 3% voor akkerbouw ofwel 3% á 5% voor grasland. Een hoger OS-gehalte dan dit optimum is positief vanuit zowel landbouwkundig als milieukundige perspectief (in het bijzonder in relatie tot klimaatverandering) maar niet noodzakelijk. Dit resultaat bevestigt hiermee eerdere studies van Reijneveld et al. (2009), de Haas et al. (2014), van Duijvendijk et al. (2018), Brolsma et al. (2017) en Tol-Leenders et al. (2020). Studies die eerder op bedrijfsniveau een sterke daling waarnamen (Hanegraaf et al., 2009; Maljaars, 2017) zijn statistisch zwak en deels zelfs gebaseerd op een onjuiste analyse. Hoewel het type analyse als ook het gebruikte schaalniveau sterk kan variëren, is de conclusie gerechtvaardigd dat agrarische ondernemers via een uitgekiende vruchtwisseling en slim bodembeheer erin slagen om de jaarlijkse afbraak van organische stof te compenseren en deze zelfs op te bouwen.

Organische stof bouwt zeer langzaam op en een toename of afname neemt daarmee meerdere decennia in beslag. Daar komt bij dat de ruimtelijke heterogeniteit vaak groot is, tussen en zelfs binnen percelen. Dit betekent dat alle studies die een verandering in organische stof willen aantonen, te maken hebben met kleine veranderingen die in de praktijk binnen de meetfout van bemonstering en analyse vallen. Veranderingen zijn daardoor alleen te onderbouwen via grote datasets over een langere periode. Dit maakt het tegelijk lastig om inzicht te geven in de invloed van omgevingsfactoren zoals het landgebruik, het mestbeleid, en het gebruik van groenbemesters. Een complicerende factor is dat er landelijk een trend is van permanent grasland naar wisselteelt tussen grasland en akkerbouw.

4 Conclusie

Over het algemeen was het organische stofgehalte in landbouwgronden in de Achterhoek de afgelopen twee decennia vrij stabiel. Deze resultaten bevestigen hiermee eerder onderzoek uit 2014 dat liet zien dat het OS-gehalte onder grasland over een periode van 12 jaar vrijwel gelijk was gebleven (de Haas et al., 2014). Er was een trend van licht toenemende OS zichtbaar voor elk type landgebruik op zand, het meest voorkomend bodemtype in de Achterhoek. Dit kan het gevolg zijn van extra aanvoer van organische stof (via compost of dierlijke mest) en meer langjarig grasland (het percentage grasland is toegenomen als derogatie-eis).

De tijdserieanalyse laat zien dat de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat (gemeten via extractie met 0.01M CaCl_2 of water) in de laatste twee decennia is afgenomen op zandgronden. Dat is een direct gevolg van de afnemende gebruiksnormen in deze periode. De afnemende trend in de direct beschikbare hoeveelheid P is in overeenstemming met de studie van de Haas et al. (2014). De kleigronden daarentegen vertonen geen afnemende trend of laten zelfs een stijgende trend zien. Dit komt waarschijnlijk door een veel sterkere mate van buffering vanuit de geadsorbeerde P-voorraad in de kleibodem, en het feit dat daar gemiddeld meer mest mag worden opgebracht. Effecten van een dalende P-bemesting zijn daardoor minder snel zichtbaar in de direct beschikbare P-concentratie.

In tegenstelling tot de dalende trend in P-PAE - met name op zand - is er een stijgende of geen trend te zien in de P-voorraad in de bodem (gemeten via extractie met ammoniumlactaat). Als gevolg hiervan is de buffercapaciteit van P, die op basis van de combinatie van PAL en P-PAE kan worden beoordeeld, de laatste decennia toegenomen. Een daling in P-PAE die samengaat met een hogere P-voorraad laat zien dat de bodems daarmee duurzamer zijn geworden vanuit zowel landbouwkundig als milieukundig oogpunt. Er is voldoende fosfaat beschikbaar voor optimale ruwvoer- en gewasproductie, en het risico op uit- en afspoeling van P is kleiner geworden. Een aandachtspunt is wel de instandhouding van een goede bodemkwaliteit wanneer er over langere termijn minder fosfaat mag worden aangevoerd dan er via het gewas wordt opgenomen. Als er sprake is van uitmijning (en dat lijkt consequent op te treden in de laatste jaren) betekent dit dat er een serieus risico ontstaat dat de bodemtoestand daalt tot onder de situatie "voldoende". In die situatie moet er creatief worden nagedacht over oplossingen rondom bemesting (slim verdelen van mest binnen het bedrijf), bouwplan (klaver in het bouwplan), bodembeheer (bekalken en beregenen), en mogelijk zelfs extra aanvoer van fosfaat via krachtvoer.

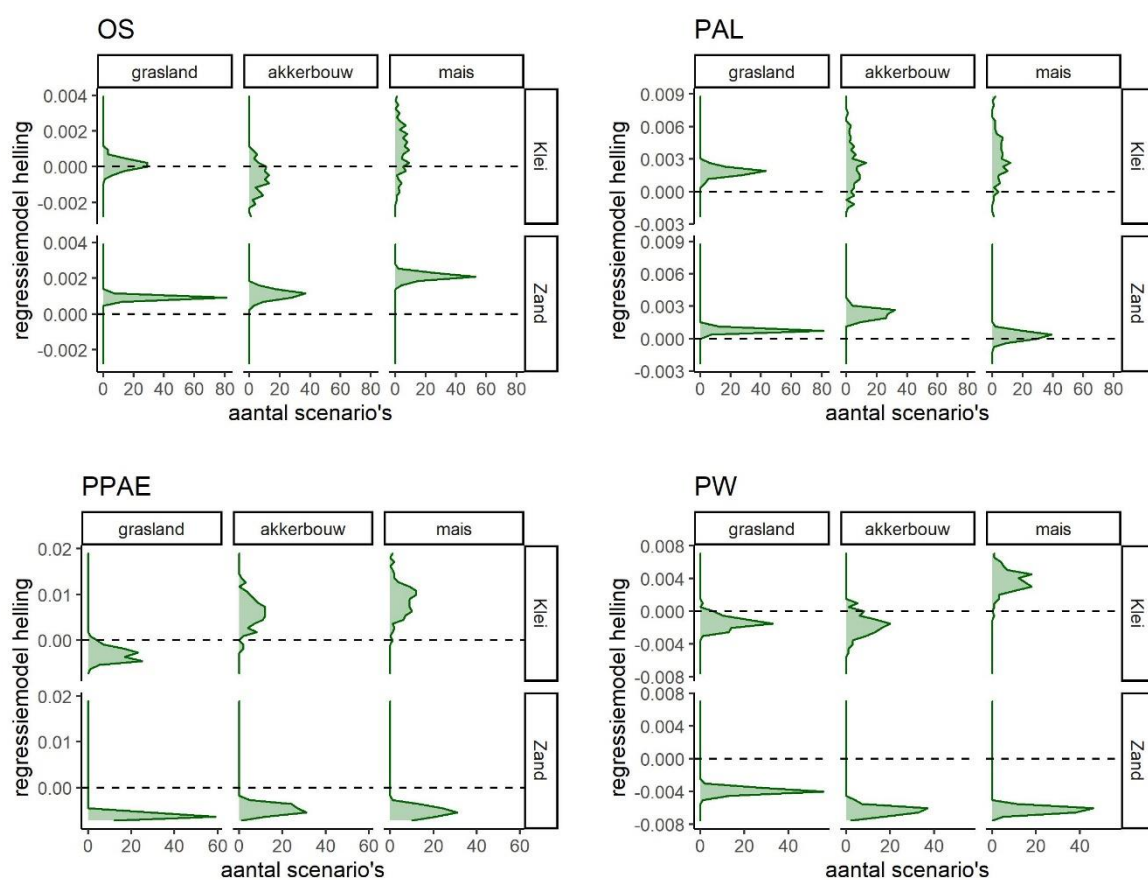
Binnen de Achterhoek is er variatie in de mate waarin de bodemkwaliteit qua organische stof of fosfaat is veranderd. Er is echter geen duidelijk ruimtelijk patroon zichtbaar waarbij specifieke gebieden een stijgende of dalende trends van OS of P-voorraad laten zien. Binnen regio's blijkt er echter een aanzienlijke variatie op te kunnen treden. Dit betekent ook dat locatiespecifieke perceelskenmerken en het beheer van deze percelen een grote rol spelen bij het optreden van een aanwezige stijging of daling van het OS-gehalte of de P-toestand. Met goed vakmanschap is het dus mogelijk om de bodemkwaliteit op orde te brengen en te houden. Samen kijken en leren van goed bodembeheer.

Literatuur

- Brolsma K, Ton E & A Reijneveld** (2017). *Bodemvruchtbaarheid in Nederland over de peri-ode 2005 – 2015. Trends in de chemische, de fysische en de biologische bodemvrucht-baarheid per LEI gebied voor elke grondsoort en per sector*. Eurofins Agro. 49 pp.
- CBGV** (2020) *Bemestingsadvies Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen*. Beschikbaar via www.bemestingsadvies.nl.
- De Haas MJG, Van Rotterdam-Los AMD & DW Bussink** (2014). *Ontwikkeling bodemvruchtbaarheid en ruwvoer kwaliteit van grasland in Nederland*. NMI-rapport 1526.N.13.
- Groenendijk et al.** (2018) *Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en water-kwaliteit; Deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem*. Alterra, Wageningen.
- Hanegraaf M, Hoffland E, Kuikman PJ & L Brussaard** (2009). *Trends in soil organic mat-ter contents in Dutch grasslands and maize fields on sandy soils*. European Journal of Soil Science 60, 213-222.
- Hilhorst & Plomp** (2018) *Resultaten KringloopWijzer 2013-2017*. VKA-rapport 1-40.
- Maljaars C** (2017). *Afstudeerwerkstuk: Analyse van trends in organische stofgehalte van Zeeuwse akkerbouwgrond*. Aeres Hogeschool. 46 pp.
- Reijneveld A, Van Wensum J & O Oenema** (2009). *Soil organic carbon content of agri-cultural land in the Netherlands between 1984 and 2004*. Geoderma 152: 231-238.
- Ros GH** (2019) *De open Bodemindex 0.11*. OBI rapportage, 183 pp.
- Van Duijvendijk K, Bussink DW, Ros GH, Van Vliet P & RLM Schils** (2019). *Vitaliteit van landbouwbodems in Noord-Brabant*. NMI-rapport 1718.N.18, 72 pp.
- Van Rotterdam-Los A & DW Bussink** (2012). *Implementatie van een nauwkeurige bepaling van de fosfaattoestand voor de indeling van gronden in waarderingsklassen*. NMI-rapport 1477a.N.12.
- Van Tol-Leenders D et al** (2020). *Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998 – 2018)*. Wageningen Environmental Research, 65 pp en bijlagen.
- Verhoeven F & GH Ros** (2018a) *Kansenkaart Waterkwaliteit: slimme combinaties*. V-Focus februari 2018.
- Verhoeven F & GH Ros** (2018b) *Kansenkaart 1.0: slimme combinaties*. V-Focus oktober 2018.

Bijlage I. Resultaten

Helling van regressiemodel

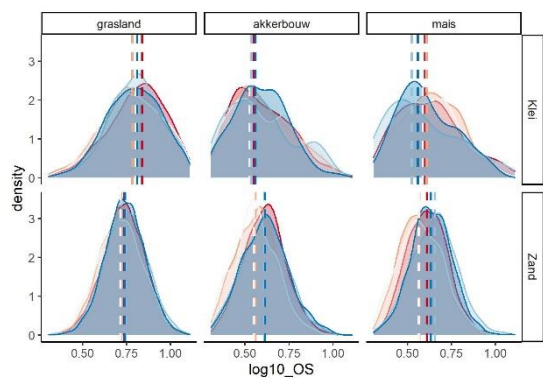


Figuur I.1. Verdeling van regressiehelling van OS, PAL, PPAE, en Pw. Een positief helling betekent dat de bodemvariabele in de loop van de tijd toeneemt. De verdeling was gemaakt door de resampling van 12339 willekeurige percelen 100 keer te herhalen.

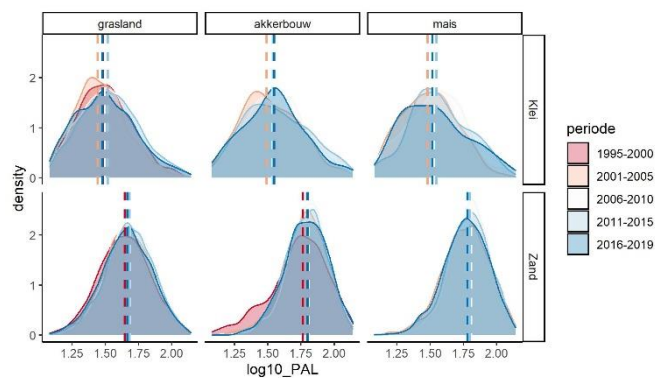
Verdeling van bodemeigenschappen over de verschillende tijdsperioden

De figuur hieronder beschrijft de variatie in bodemeigenschappen per grondsoort en type landgebruik (na log-transformatie) voor de verschillende perioden waarin het grondmonsters is genomen.

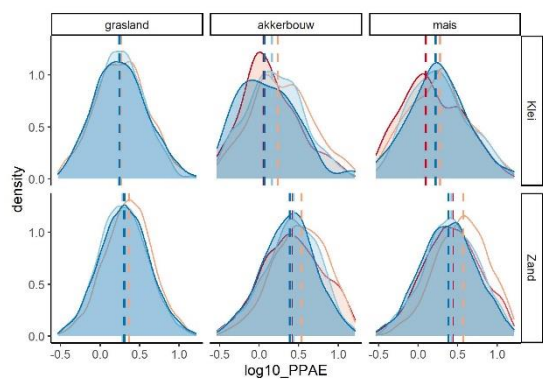
OS



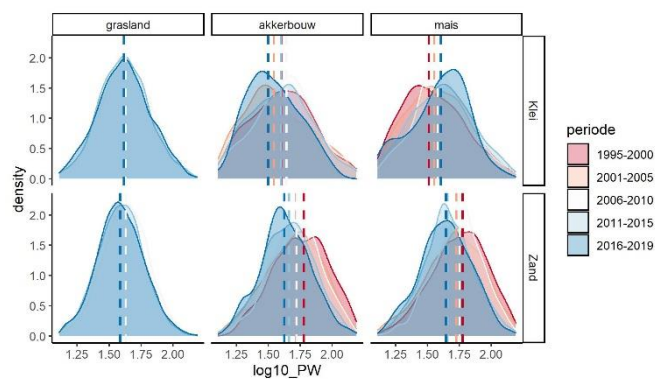
PAL



PPAE



PW



Figuur I.2. Density plot van OS, PAL, P-PAE, en Pw. Gestippelde lijnen tonen de mediaanwaarden van elke periode.



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