

Bodemchemisch onderzoek naar de potenties voor ontwikkeling van soortenrijke schrale graslanden in de Vallei van de Grote Nete

Deelopdracht 02: deelgebied Heikant

Maud Raman & An De Schrijver



INBO.R.2015.11416393

Inhoudstafel

1	Inleiding.....	7
1.1	Project Natuurontwikkeling Sigmaplan – inrichting Grote Nete	7
1.2	Leefgebiedvereisten voor de kwartelkoning en de porseleinhoen	7
1.3	Bodemchemisch onderzoek in functie van verschraling.....	9
2	Doelstelling	10
3	Methodiek.....	11
3.1	Projectgebied	11
3.2	Bodemstaalname.....	11
3.3	Chemische analyses.....	12
4	Bodemtype in de onderzoeksgebieden	13
5	Natuurontwikkeling in relatie tot fosfor (P)	14
5.1	Achtergrondinfo	14
5.2	Grenswaarden voor de te ontwikkelen vegetatietypen met betrekking tot fosfor (P).....	16
6	Achtergrondinformatie over ontgronden, maai- en uitmijnbeheer.....	17
6.1	Ontgronden	17
6.2	Maaien en afvoer van maaisel	17
6.3	Uitmijnen	18
7	Potentie voor de ontwikkeling van schrale graslanden.....	22
7.1	Leeswijzer	22
7.2	Resultaten bodemchemisch onderzoek	23
8	Noodzakelijk beheer in functie van verschraling	33
8.1	Theoretisch kader voor het berekenen van de maai- en uitmijnduur	33
8.2	Herstelbeheer in functie van de creatie van schrale graslanden en moerasvegetaties?.....	34

Lijst van figuren

Figuur 1: Projectgebied voor de potentiebepaling van kwartelkoning en porseleinhoenhabitat met aanduiding (rode ellips) van het gedeelte waar bodemchemisch onderzoek is verricht om na te gaan welke verschrallingsmaatregelen kunnen worden uitgevoerd (Witteveen + Bos 2014).	8
Figuur 2: Locatie van het projectgebied met aanduiding van de bodemstaalnamepunten.	11
Figuur 3: Voorbeeld van genomen bodemprofiel tot meer dan 50 cm diepte (Foto: Mathieu Pieters, november 2014)	12
Figuur 4: Bodemtype van de onderzochte percelen.	13
Figuur 5: Schematische voorstelling van het experiment en de resultaten van Hautier et al. (2009). In een kunstmatig nagebouwde graslandvegetatie werden de effecten van toediening van o.a. stikstof (+N), licht (L), licht en nutriënten (+N+L) op de soortenrijkdom bestudeerd in vergelijking met controles waarin geen stikstof en extra licht werd toegediend (C). Het toedienen van nutriënten (+N) had een sterk negatief effect op de soortenrijkdom van de plantengemeenschap. Wanneer naast nutriënten ook licht werd toegediend (+N+L) bleek de soortenrijkdom niet te dalen.	14
Figuur 6: Schematische voorstelling van het Humped-Back model van Grime (1973).	15
Figuur 7: Biomassa productie en P-afvoer in het derde jaar (2013) na de start van de veldproef in natuurgebied Landschap de Liereman (Natuurpunt vzw) op drie verschillende bodem-P-niveaus: Hoog is 110 mg POlsen kg ⁻¹ , Mid is 70 mg POlsen kg ⁻¹ en Laag is 30 mg POlsen kg ⁻¹ . Uitmijnen van P door bemesting met N en K wordt vergeleken met maaien en afvoeren zonder bemesting. De biomassaproductie en P afvoer zijn veel lager bij verschrallend maaien. Het valt op dat ondanks de gelijke biomassa-productie op de drie percelen er toch een groot verschil in P afvoer bestaat. Uitmijnen vertraagt dus met de tijd. De veldproef is nog lopende en zal nog minstens twee jaar opgevolgd worden.	19
Figuur 8: Gecumuleerde P-afvoer van vier maaibeurten uit een potproef van 123 dagen waarbij uitmijnen van P met Engels raaigras bij verschillende bodem-P-niveaus werd getest. De bodem-P-niveaus zijn dezelfde als in Figuur 10. In tegenstelling tot die veldproef was de biomassaproductie niet dezelfde voor de drie bodem-P-niveaus: de productie was ten opzichte van Hoog 23% en 36% lager bij resp. Mid en Laag. De verschillende balkjes staan voor verschillende behandelingen waarmee getracht werd om meer P af te voeren met het gras. De behandelingen gaven geen noemenswaardige verbeteringen ten opzichte van de controle.	20
Figuur 9: Uitmijnen met tien verschillende gewassen in een potproef met drie verschillende bodem-P-niveaus. De bodems werden optimaal bemest met alle nutriënten, behalve P. Tussen haakjes staat het aantal oogsten vermeld als dit meer dan een keer was. Uit deze gegevens blijkt dat de P-afvoer afhankelijk is van het bodem-P-niveau en van het gebruikte gewas. (ongepubliceerde resultaten Schelfhout et al.)	20
Figuur 10: Concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg ⁻¹ op verschillende dieptes. ..	23
Figuur 11: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg ⁻¹ op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).	24
Figuur 12: Concentratie aan totaal Fe in mg.kg ⁻¹ op verschillende dieptes.	25
Figuur 13: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg ⁻¹ op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).	26
Figuur 14: (Fe-S)/P ratio op verschillende dieptes.	27

Figuur 15: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).....	28
Figuur 16: De bodemzuurtegraad (pH-H ₂ O) op verschillende dieptes.	29
Figuur 17: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H ₂ O) op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).....	30
Figuur 18: Het percentage koolstof (C) op verschillende dieptes.	31
Figuur 19: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).	32
Figuur 20: Afvoer van P via maaibeheer (eenmalig maaien) in kamgras, glanshaver en heischrale graslanden (Data Universiteit Gent).....	33

Lijst van figuren in bijlage

Bijlagefiguur 1: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg ⁻¹ op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).....	43
Bijlagefiguur 2: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg ⁻¹ op 40-50 cm diepte.....	44
Bijlagefiguur 3: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg ⁻¹ op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).	45
Bijlagefiguur 4: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg ⁻¹ op 40-50 cm diepte.	46
Bijlagefiguur 5: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).	47
Bijlagefiguur 6: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 40-50 cm diepte.	48
Bijlagefiguur 7: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H ₂ O) op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).....	49
Bijlagefiguur 8: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H ₂ O) op 40-50 cm diepte.	50
Bijlagefiguur 9: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).....	51
Bijlagefiguur 10: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 40-50 cm diepte.	52

Lijst van tabellen

Tabel 1: Vegetatietypen in functie van gradiënten voor voedselrijkdom (Olsen P) en vocht.	16
Tabel 2: Geschatte kostprijs van verschillende natuurontwikkelingsmaatregelen. Gegevens uit Anonymous (2012a) en Oosterbaan et al. (2008). Maatregelen die jaarlijks herhaald moeten worden, werden uitgedrukt in jaarlijkse kost.	18
Tabel 3: Indicatieve aannames van P-afvoer in een uitmijnbeheer (N+K-bemesting) bij dalende biobeschikbaarheid aan P in de ploegvoor (0-30 cm).....	34
Tabel 4: Overzichtstabel van de per perceel noodzakelijke termijn (in jaren) van maaien en uitmijnen.....	35

1 Inleiding

1.1 Project Natuurontwikkeling Sigmaplan – inrichting Grote Nete

In het geactualiseerd Sigmaplan voor veiligheid en natuurlijkheid zullen een aantal gebieden in de Vallei van de Grote Nete heringericht worden in de periode 2010-2030. Enerzijds wordt de ontwikkeling van de Europese beschermde natuur beoogd (850 ha), anderzijds worden maatregelen genomen tegen overstromingen: het vergroten van de winterbedding en de aanleg van gecontroleerde waterbuffergebieden.

In het “Natuurontwikkelingsplan Sigmaplan - inrichting Grote Nete” (Technum 2012) wordt een concreet inrichtingsplan voor de vallei van de Grote Nete uitgewerkt. Voor uitdieping en indijking van de Grote Nete werden in het valleigebied rietmoerassen, soortenrijke natte graslanden en alluviale ruigtes aangetroffen. De vallei werd gekenmerkt door hogere grondwaterpeilen en overstromingen. De Grote Nete zelf meanderde en stond in open verbinding met de zijlopen. Oevers waren minder verdedigd (Technum 2012). In het kader van het natuurontwikkelingsplan wenst men habitats die vroeger in de vallei voorkwamen op grotere schaal te realiseren.

De Instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en de gewestelijke instandhoudingsdoelstellingen (gIHD) stellen voor een aantal doelsoorten welke kernpopulaties en/of hoeveel broedparen er zich moeten kunnen vestigen in en langs de Grote Nete binnen de verschillende deelgebieden van dit project. Binnen de vallei van de Grote Nete dient potentieel leefgebied gerealiseerd worden voor ca 16 tot 20 koppels kwartelkoning in combinatie met potentieel leefgebied voor 18-22 koppels porseleinhoen (Technum 2012).

Momenteel is een bijkomende studieopdracht lopende waarin onderzocht wordt waar deze potentiële leefgebieden moeten gerealiseerd worden rekening houdend met de leefgebiedvereisten voor deze soorten. Alsook zal een beheerplan voor deze zones worden opgemaakt. De zone voor potentiebepaling van kwartelkoning- en porseleinhoenhabitat wordt weergegeven in figuur 1. Op deze figuur werd eveneens een aanduiding gemaakt van het gebied waar het bodemchemisch onderzoek werd verricht (zie verder).

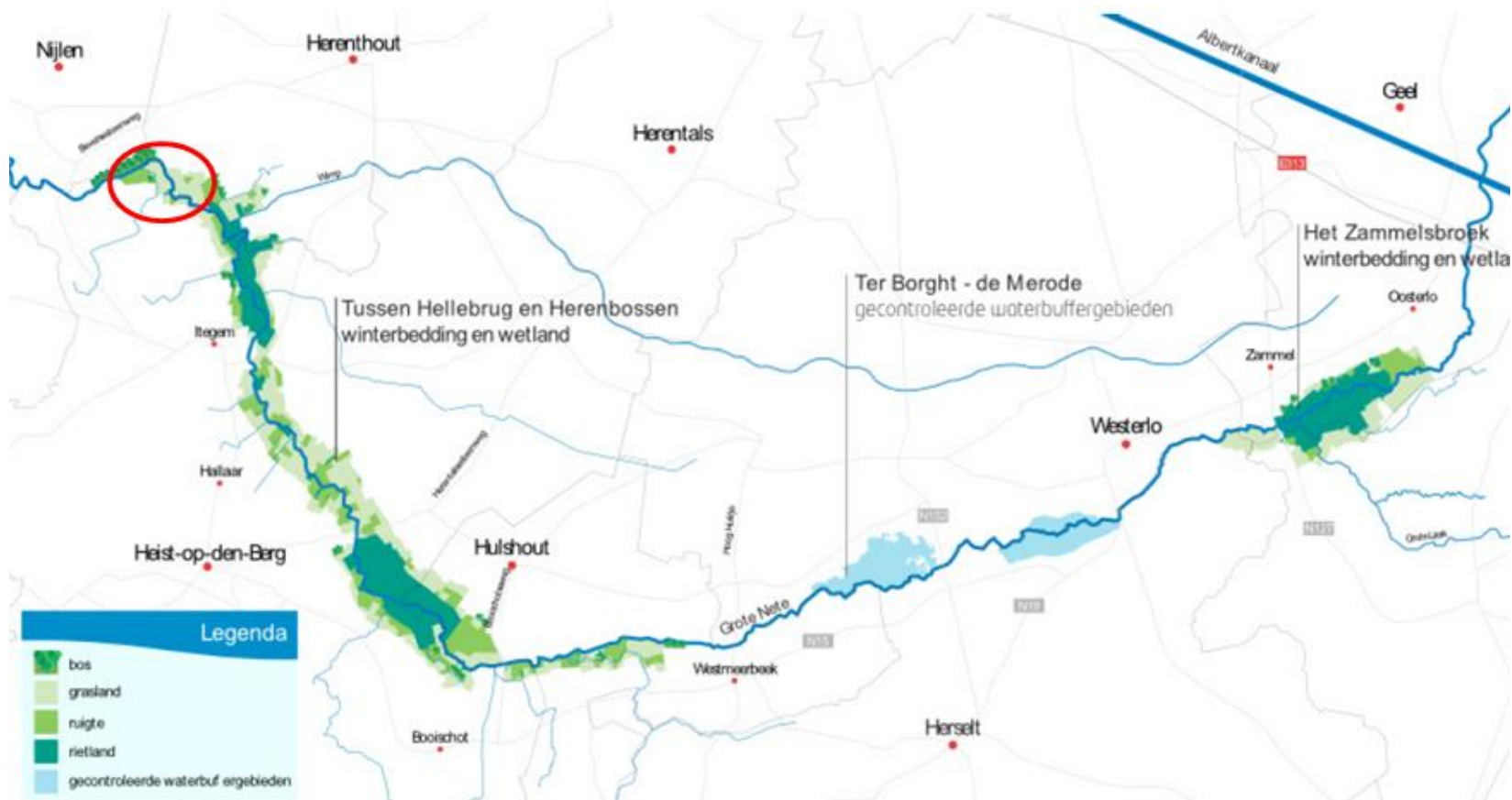
1.2 Leefgebiedvereisten voor de kwartelkoning en de porseleinhoen

(Technum 2012)

Gezien de lopende studieopdrachten voornamelijk betrekking hebben op de realisatie van leefgebieden voor de kwartelkoning en de porseleinhoen, worden hier kort nog eens de leefgebiedvereisten voor deze soorten vermeld.

Porseleinhoen

Porseleinhoenen verkiezen eerder relatief grootschalige gebieden met een min of meer natuurlijk en dynamisch peilverloop: relatief hoog peil in de winter en relatief laag in de zomer. In minstens een deel van het broedterritorium dienen ondiep overstroomde zones aanwezig te zijn (waterdiepte van maximaal 15-30 cm) met lage moerasvegetaties (zeggen, gemaaid riet, ...) of grazige vegetaties (bv. ondergelopen graslanden). Door het zakken van het waterpeil in de loop van het voorjaar en de zomer ontstaan slikveldjes en ondiepe poeltjes die sterk geprefereerd worden door deze soort. Door uitdroging van het leefgebied kunnen slikken en drassige zones verdwijnen. Ondiepe waterzones zouden moeten behouden blijven in de zomerperiode. Zomerinundaties in riviervalleien blijken ook gunstige omstandigheden op te leveren voor de porseleinhoen (met soms zeer plotse en late vestiging van territoria). Eens de dieren aan het broeden zijn, zijn grote peilverhogingen (> 10cm) ongewenst.



Figuur 1: Projectgebied voor de potentiebepaling van kwartelkoning en porseleinhoenhabitat met aanduiding (rode ellips) van het gedeelte waar bodemchemisch onderzoek is verricht om na te gaan welke verschralingsmaatregelen kunnen worden uitgevoerd (Witteveen + Bos 2014).

Porseleinhoenen komen vrijwel steeds voor in gemaaide vegetaties (maaitijdstip tussen september en half april), hetzij rietlanden met een maaibeurt in de winter, hetzij natte hooilanden die in de nazomer gemaaid worden. Vooral de vogels die in hooilanden broeden zijn zeer gevoelig voor uitmaaïen.

Een tabel met criteria voor lokale staat van instandhouding wordt weergegeven in bijlage 1.

Kwartelkoning

Kwartelkoningen prefereren vrij grote en vochtige gebieden die relatief laat gemaaid worden, zoals natuurlijk extensief beheerde kruidenrijke hooilanden in beek- en rivierdalen met een regelmatig overstromingsregime in de winter en in het voorjaar. Het betreft voornamelijk zilverschoon-, grote vossestaart- en glanshavergraslanden. Er wordt ook gebroed in grazige akkergewassen als klaver en luzerne. De vegetatie moet minstens 20-30 cm hoog zijn. Te dichte vegetaties –zoals bemeste graslanden– zijn niet geschikt gezien de vogels er niet doorheen kunnen lopen. In Nederland broeden deze vogels in terreinen die jaarrond extensief begraasd worden. Begrazing creëert een mozaïek van ruigtes en grazige plekken. Doordat hier niet gemaaid wordt, lopen legsels en kuikens geen gevaar.

Een tabel met criteria voor lokale staat van instandhouding wordt weergegeven in bijlage 1.

1.3 Bodemchemisch onderzoek in functie van verschraling

Om na te gaan in welke mate kruidenrijke graslandcomplexen -leefgebied voor de kwartelkoning en paapje- of moerasvegetaties kunnen gerealiseerd worden in combinatie met specifieke beheer- en vernattingsmaatregelen wordt een gericht bodemchemisch onderzoek gevoerd.

De meeste gronden in het projectgebied zijn of waren in het recente verleden in landbouwgebruik. Een verstoring van het bodemprofiel evenals een sterk gewijzigde nutriëntenhuishouding in de bodem als gevolg van dit landbouwgebruik (jarenlange bemesting en bekalking) kan de ontwikkelingskansen van schrale hooilandvegetaties echter sterk beïnvloeden. De opdrachtgever wenst dan ook de nutriëntentoestand van de percelen te onderzoeken aan de hand van chemische bodemanalyses.

Voor het herstel van soortenrijke vegetatietypen op nutriëntenrijke bodems bestaat momenteel een consensus dat voornamelijk fosfor (P) een cruciale rol speelt. Voormalige landbouwgronden worden gekenmerkt door hoge gehalten aan nutriënten in de toplaag, waarvan voornamelijk P sterk is geaccumuleerd en zeer immobiel is. Honderden tot zelfs duizenden jaren na stopzetting van het voormalige landbouwgebruik kunnen nog steeds verhoogde P concentraties in de bodem en hieraan gerelateerde effecten op de samenstelling van de vegetatie worden teruggevonden. In tegenstelling tot stikstof (N) dat zeer mobiel is en gemakkelijk uitspoelt of vervluchtigt, is P in de bodem zeer persistent aanwezig omwille van het feit dat het vastgebonden zit aan bodemdeeltjes. In bodems waar een aanzienlijke fractie van P aan ijzer (Fe) gebonden zit kan in zuurstofarme omstandigheden (vb. in de winterperiode bij hoge grondwaterstanden) Fe gereduceerd worden van Fe³⁺ naar Fe²⁺, wat een lagere bindingscapaciteit voor P heeft. Dit heeft tot gevolg dat extra P vrij beschikbaar kan komen in het bodemwater (Lamers et al. 1999). Na vernatting kan dus ernstige eutrofiëring optreden.

Finaal zal deze studie aangeven welke beheervorm de meeste kans op slagen biedt voor herstel of creatie van het beoogde vegetatietype en wat voor elke beheervorm de verwachte ontwikkelingstermijn is. Daarbij zullen de volgende types van verschrallingsbeheer aan bod komen: verschraling door maaien en afvoeren, verschrallen door ontgronden, verschrallen door uitmijnen en verschrallen door de combinatie ontgronden en uitmijnen/maaien.

2 Doelstelling

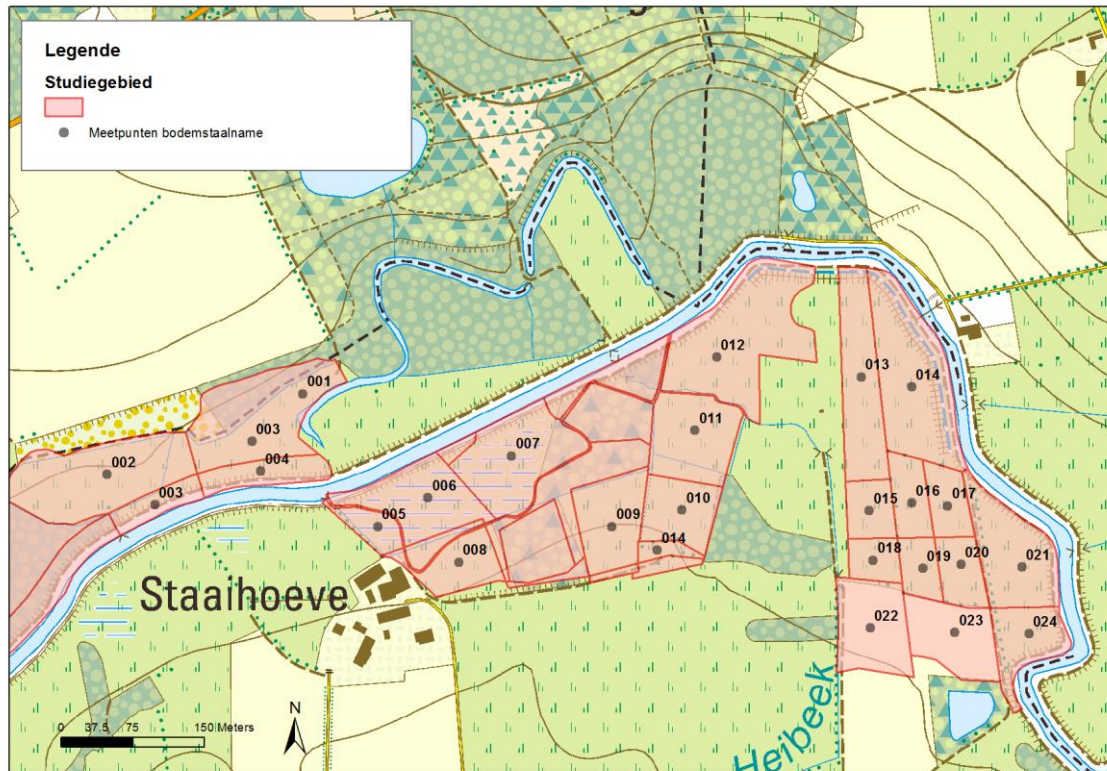
Deze studie bepaalt de potenties voor het herstel en de creatie van schrale tot matig voedselrijke graslanden en moerasvegetaties. Het is van belang om een goed inzicht te verkrijgen in de P concentraties die op korte termijn biobeschikbaar zijn, alsook in de P concentraties die op langere termijn of bv. door vernatting kunnen vrijkomen.

Deze studie onderzoekt en beschrijft aan de hand van chemische bodemanalyses de huidige (anno 2015) bodemchemische toestand van het onderzoeksgebied. We geven per perceel aan welke beheervorm de meeste kans op slagen biedt voor het herstel of ontwikkeling van het tot doel gestelde vegetatietype.

3 Methodiek

3.1 Projectgebied

Een eerste set bodemstaalnamepunten werd genomen nabij Eigenhout langs de Grote Nete (zie Figuur 2). 26 percelen werden onderzocht.



Figuur 2: Locatie van het projectgebied met aanduiding van de bodemstaalnamepunten.

3.2 Bodemstaalname

Per perceel werd een mengmonster genomen van minstens 4 bodemstalen voor de kleine percelen, en 6 bodemstalen voor de grotere percelen. Om inzicht te krijgen in het concentratieprofiel van P doorheen en onder de bouwvoor gebeurde de bemonstering met een frequentie van 10 cm: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 en 40-50 cm. Deze werkwijze laat ons toe om te berekenen hoe lang het duurt om via maaibeheer of uitmijnen de gewenste bodem-P-concentraties te bereiken, al dan niet na 10 of 20 cm ontgronden.



Figuur 3: Voorbeeld van genomen bodemprofiel tot meer dan 50 cm diepte (Foto: Mathieu Pieters, november 2014)

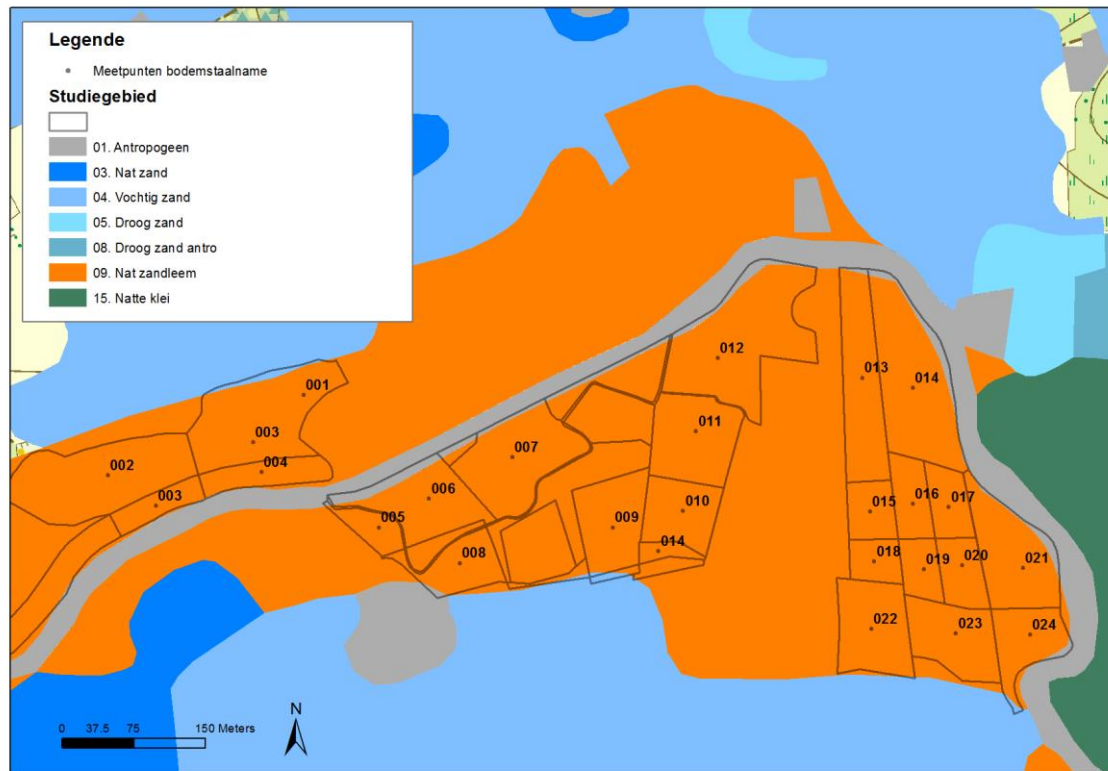
3.3 Chemische analyses

De stalen werden gedroogd onder geforceerde ventilatie bij 40°C, gehomogeniseerd, vermalen en gezeefd over een 1 mm zeef. Het totale gehalte aan P werd colorimetrisch (via malachietkleuring) bepaald na totale destructie van de bodem in HClO_4 , HNO_3 en H_2SO_4 in teflonpotten bij 140°C (P_{tot}). Het binnen het groeiseizoen beschikbaar gehalte aan P werd eveneens colorimetrisch bepaald na extractie van de bodem in NaHCO_3 (POlsen, methode van Olsen). Het 'actief' P, Fe en aluminium (Al) werd bepaald na extractie in een ammoniumoxalaat-oxaalzuuroplossing (Pox, Feox en Alox). Uit deze gegevens kan de fosfaatverzadigingsindex (PSI) berekend worden. De zuurtegraad van de bodem werd gemeten via bepaling van de pH-H₂O. Het totaal gehalte aan koolstof (C, als proxy voor het gehalte aan organisch materiaal), stikstof (N) en zwavel (S) werd bepaald via CNS element-analyse.

Alle chemische analyses werden uitgevoerd in het chemisch laboratorium van het Instituut voor Natuur- en bosonderzoek. Dit labo werkt volgens een strikt kwaliteitssysteem. Van elke analytische techniek werd een Standaard Operatie Procedure (SOP) opgesteld, opgemaakt volgens Nederlandse (NEN) en Internationale (ISO) normen.

4 Bodemtype in de onderzoeksgebieden

Figuur 4 toont het bodemtype en de bemonsterde perceelsstructuur in de onderzochte percelen. Alle percelen hebben een nat zandlemige textuur.

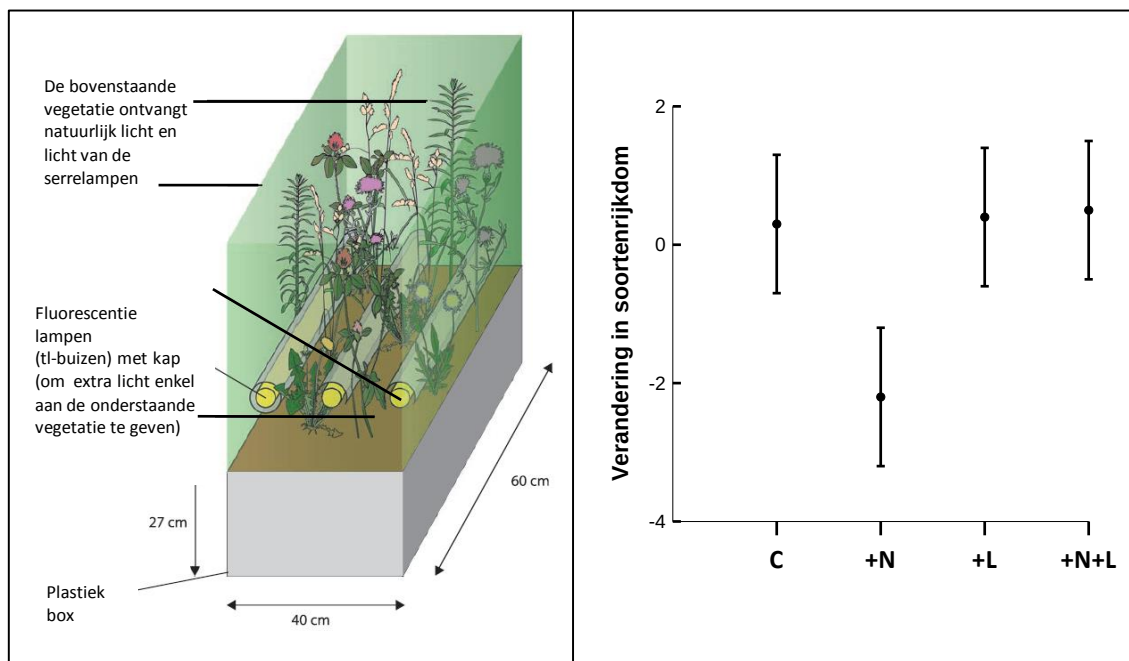


Figuur 4: Bodemtype van de onderzochte percelen.

5 Natuurontwikkeling in relatie tot fosfor (P)

5.1 Achtergrondinfo

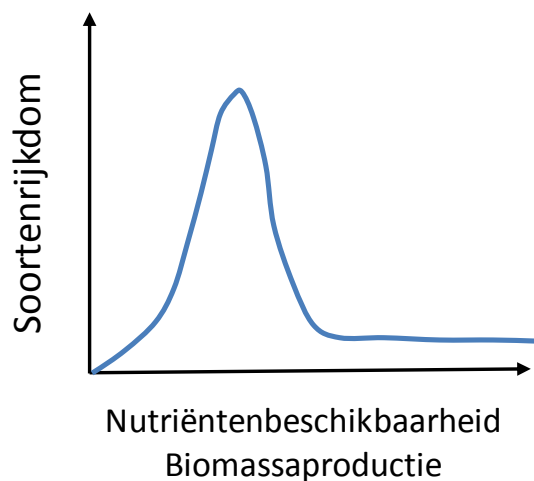
Om op landbouwgrond soortenrijke natuur te creëren is het vrijwel altijd noodzakelijk om de bodemvruchtbaarheid te verlagen. Anorganische nutriënten vormen samen met licht en water de voedingsbronnen van planten. De bron of het nutriënt dat het meest limiterend is bepaalt de groeisnelheid en de biomassaproductie van planten het meest (Tilman 1997). Als geen enkel nutriënt limiterend is voor de groei, neemt de groei van een beperkt aantal snelgroeiende plantensoorten toe ten koste van andere soorten, waardoor het aantal plantensoorten afneemt. Op eutrofe bodems domineren dus snelgroeiende, competitieve soorten wat leidt tot homogene vegetaties met lage biodiversiteit (Grime 2001; Janssens et al. 1998; Smolders et al. 2006). Hoogproductieve soorten overschaduwen door hun hoge groeisnelheid de minder productieve soorten, waardoor deze door gebrek aan licht geen kans krijgen. De studie van Hautier et al. (2009) toonde dit effect mooi aan. Een kunstmatig nagebouwde soortenrijke graslandvegetatie werd al dan niet onderworpen aan nutriëntenadditie (o.a. N, fosfor (P), kalium (K), ...) (zie Figuur 4). Men stelde vast dat het aantal soorten significant afnam wanneer de beschikbaarheid aan o.a. N toenam. Echter, wanneer via lampen licht werd toegediend aan de lagere vegetatie, kon de onderstaande vegetatie overleven en veranderde de soortenrijkdom niet.



Figuur 5: Schematische voorstelling van het experiment en de resultaten van Hautier et al. (2009). In een kunstmatig nagebouwde graslandvegetatie werden de effecten van toediening van o.a. stikstof (+N), licht (L), licht en nutriënten (+N+L) op de soortenrijkdom bestudeerd in vergelijking met controles waarin geen stikstof en extra licht werd toegediend (C). Het toedienen van nutriënten (+N) had een sterk negatief effect op de soortenrijkdom van de plantengemeenschap. Wanneer naast nutriënten ook licht werd toegediend (+N+L) bleek de soortenrijkdom niet te dalen.

Een hoge nutriëntenbeschikbaarheid leidt tot een sterke homogenisering van de bodem (Tilman 1997). In nutriëntenarme omstandigheden bestaat een grotere variatie in welk nutriënt al dan niet beschikbaar is, wat resulteert in een grotere heterogeniteit in de vegetatie. Verder wordt aangenomen dat de soortenrijkdom van de vegetatie een klokcurve volgt (zie Figuur 6) in functie van nutriëntenbeschikbaarheid (de Humped-Back theorie van Grime, 1973): op zeer schrale bodems zijn enkel de meest extremofiele soorten zoals

struikheide in staat om te overleven, op voedselrijke bodems domineren snelgroeiende soorten die de competitie voor licht winnen, enkel bij een matige tot lage voedselrijkdom is de diversiteit het hoogst (sterke competitie voor nutriënten). Heischrale graslanden komen vooral voor op voedselarme zandgronden en zijn over het algemeen iets soortenrijker. Valleigraslanden komen meestal voor op meer voedselrijke lemige/kleiige gronden met een zandige ondergrond (waarlangs overtollig water makkelijk kan afgevoerd worden). In de recente literatuur bestaat momenteel heel wat discussie over deze Humped-back theorie (zie o.a. Adler et al. 2011, Fridley et al. 2012, Pan et al. 2012).



Figuur 6: Schematische voorstelling van het Humped-Back model van Grime (1973).

Limitatie van de plantengroei door minstens één essentieel voedingselement is dus cruciaal voor de ontwikkeling van soortenrijke natuur (Lucassen et al. 2008). Het sturen op limitatie van P blijkt voor meerdere graslandtypes cruciaal te zijn (Fagan et al. 2008; Lucassen et al. 2008; Smolders et al. 2006; Wassen et al. 2005, Ceulemans et al. 2013). Recente literatuur stelt dat voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetaties zowel limitatie van N als P noodzakelijk kan zijn (Elser et al. 2007, Harpole et al. 2011, Agren et al. 2012).

De nutriëntbeschikbaarheid wordt niet enkel bepaald door nutriëntconcentraties in de bodem, maar ook door de mobiliteit van nutriënten alsook door de ecofysiologie van plantensoorten (mechanismen voor opname van nutriënten). Ook de aanwezigheid van mycorrhiza speelt hierbij een rol omdat ze de opname van P faciliteren door een verhoging van oppervlakte/volume verhouding (Drouillon 2004). Niet elke plant in een biotoop wordt in zijn groei gelimiteerd door hetzelfde nutriënt. Input van nutriënten die de biomassaproductie niet limiteren kunnen wel specifieke plantensoorten bevoordelen wat mogelijks een verandering in soortensamenstelling kan teweeg brengen (Güsewell et al. 2003, Güsewell 2004). Uit deze informatie kunnen we dus voorlopig besluiten dat zowel N als P limiterend kunnen optreden. N en P zouden ook synergetisch kunnen werken in hun effect op de soortenrijkdom.

Verschillende auteurs die N-limitatie aantreffen benadrukken het belang van fosforbeschikbaarheid voor de soortenrijkdom en voor bedreigde plantensoorten. Herstel van fosforlimitatie zou meer kans hebben om de oorspronkelijke soortenrijkdom te verkrijgen, uiteraard indien andere factoren zoals dispersiemoeilijkheden geen beperkende rol spelen.

Nadat landbouwactiviteiten worden stopgezet neemt de N-beschikbaarheid sterk af. N verdwijnt uit de bodem door nitraatuitspoeling en door denitrificatie. P, echter, wordt zelfs honderden jaren na stopzetting van de bemesting nog teruggevonden in de bodem (Koerner et al. 1997, Dupouey et al. 2002). Fosfaat accumuleert in de bodem omdat het onder droge omstandigheden wordt vastgelegd aan bodemdeeltjes. De diepte waarover het fosfaat geaccumuleerd is hangt sterk samen met het bodemtype (zand versus kleibodem), de mate

van historische bemesting, en het grondgebruik (al dan niet diepgeploegd) (Weijters & Bobbink 2010). In voormalige landbouwbodems zijn de fosfaatconcentraties vaak veel te hoog voor de ontwikkeling van soortenrijke graslanden. Wanneer de bodems vernat worden, bestaat de kans op nog grotere eutrofiëringsverschijnselen, waarbij fosfaten die gebonden werden aan Fe worden vrijgesteld.

5.2 Grenswaarden voor de te ontwikkelen vegetatietypen met betrekking tot fosfor (P)

Zowel voor de kwartelkoning als voor de porseleinhoen is een complex van vegetatietypen nodig, gekoppeld aan een specifiek beheer.

Volgende vegetatietypen kunnen deel uitmaken van zo'n complex in het valleigebied:

- Glanshavergrasland
- Grote vossestaartgrasland
- Dottergrasland
- Zilver schoongrasland
- Moerasspirearuipte
- Rietmoeras
- Grote zeggenvegetaties

Elk vegetatietype heeft specifieke standplaatsvereisten. In Tabel 1 worden de vereisten van de verschillende vegetatietypen weergegeven voor voedselrijkdom en vocht.

Tabel 1: Vegetatietypen in functie van gradiënten voor voedselrijkdom (Olsen P) en vocht.

		Voedselrijkdom gradiënt (Olsen-P)			
		< 15	15-25	25-40	> 40
		Voedselarm	Matig voedselrijk	Matig -zeer voedselrijk	Zeer voedselrijk
Vochtgradiënt	Droog	Glanshavergrasland		Derivaat- en rompgemeenschappen	Soortenarm Productief
	Vochtig	Grote vossenstaartgrasland			
	Vochtig-nat	Dottergraslanden			
	Nat	Moerasspirearuipte Zilver schoongraslanden			
		Rietmoeras Grote zeggenvegetaties			

In deze studieopdracht leggen we de focus op percelen die in kader van de vooropgestelde natuurdoelen moeten verschaald worden.

Hierbij beschouwen we:

- < 15 mg/kg P-Olsen als streefwaarde voor schrale droge en vochtige graslanden;
- < 25 mg/kg P-Olsen als streefwaarde voor matig voedselrijke graslanden en moerasvegetaties.

Op basis van deze grenswaarden worden de kansen voor de ontwikkeling van het vegetatietype ingeschat.

6 Achtergrondinformatie over ontgronden, maai- en uitmijnbeheer

Wanneer van een sterk bemeste situatie wordt vertrokken zijn vaak ingrijpende maatregelen nodig om naar een nutriëntenarm systeem terug te keren. Via bv. het ontgronden van de bovenste bodemlaag is het mogelijk om op korte termijn de gewenste abiotische situatie te bereiken. Maaien en uitmijnen kan dan weer gezien worden als een vorm van natuurontwikkeling over langere termijn.

6.1 Ontgronden

De laatste jaren wordt steeds vaker overgegaan tot ontgronden om een snelle verschraling te realiseren. Hierbij wordt de nutriëntenrijke bodemlaag tot soms wel meer dan 50 cm diepte afgevoerd. Ontgronden blijkt inderdaad een effectieve maatregel te zijn voor de afvoer van P gezien het tot een sterke afname van de bodemnutriëntenstock leidt (Frouz et al. 2009, Klooker et al. 1999, Verhagen et al. 2001). Het is echter belangrijk dat de diepte van ontgronden beslist wordt op basis van metingen, de ploegvoor verwijderen blijkt vaak onvoldoende gezien P in P-verzadigde bodems ook dieper verhoogde concentraties kan vertonen. Deze drastische ingreep heeft echter ook nadelen: het weghalen van de bovenste bodemlaag veroorzaakt ook de verwijdering van het merendeel van het bodemorganisch materiaal, wat betekent dat (een deel van) het zuurbufferend vermogen van de bodem vermindert (zie ook De Schrijver et al. 2012b). Verder wordt bij ontgronden (een deel van) de bodembiota en de zaadbank (Kemmers et al. 2006, Oosterbaan et al. 2008) verwijderd. De zeer hoge kostprijs is eveneens een nadeel. Deze maatregel kan echter goedkoper worden uitgevoerd als bv. de grond gebruikt kan worden bij de aanleg van dijken of andere toepassingen (zo'n 15000 à 25000€/ha, Oosterbaan et al. 2008). Hierbij moeten we wel de nuance maken dat na ontgronden de vegetatie ook blijvend beheerd moet worden door maai-beheer. De kost die hiermee gepaard gaat is doorsnee wel lager dan een maai-beheer met als doel de bodem te verschralen, omdat bij deze laatste maatregel meerdere maaisneden noodzakelijk zijn terwijl bij een onderhoudsbeheer de vegetatie meestal slechts één of maximaal tweemaal gemaaid wordt.

Het is echter niet in alle gevallen mogelijk om te ontgronden tot de gewenste diepte door het ontstaan van een 'badkuip' waarin het regenwater blijft staan. Ook de aanwezigheid van erfgoedwaarden kunnen conflicteren met deze maatregel. In de depressie van de Moervaart zorgt de aanwezigheid van paleogeulen er bijvoorbeeld voor dat in bepaalde zones ontgronden onmogelijk is (De Schrijver et al., 2013c). Daarenboven is het gewenste resultaat na ontgronden niet gegarandeerd gezien de herkolonisatie van doelplantensoorten vaak moeizaam verloopt zonder introductie (Allison & Ausden 2004, Sival et al. 2009, Verhagen et al. 2004).

Met een oppervlakkige ontgroning, of plaggen, wordt bedoeld dat minder dan 10 cm van de toplaag afgevoerd wordt. Met deze maatregel wordt een deel van de nutriënten en een belangrijke hoeveelheid bodemorganisch materiaal verwijderd. Op landbouwbodems waarop kerende grondbewerkingen werden toegepast, zitten de verhoogde nutriëntenconcentraties echter minstens tot op 30 cm diepte. Hierdoor is plaggen meestal niet geschikt voor het herstel van de abiotiek op voormalige landbouwbodems.

6.2 Maaien en afvoer van maaisel

Het maaien van graslanden wordt al honderden jaren uitgevoerd om het hooi te gebruiken als wintervoeding voor vee. Tegenwoordig wordt maai-beheer in de natuursector toegepast om bloem- en soortenrijke vegetaties te creëren en te behouden (Van Uytvanck & De Blust, 2012). Maaien en afvoeren in bestaande natuurgebieden voert nutriënten af, houdt de vegetatie open en zorgt zo voor een verhoogde soortenrijkdom in graslanden. Maai-beheer kan ook worden ingezet om natuurontwikkeling te realiseren op voormalige

landbouwgronden. Een bemest grasland dat meermaals gemaaid wordt, kan jaarlijks meer dan 15 ton biomassa produceren. De biomassaproductie zal bij omschakeling van landbouwbeheer naar verschralend maaibeheer reeds na enkele jaren afnemen door een limitatie door stikstof (N) (Smits et al. 2008) of kalium (K) (Oelmann et al. 2009). Deze kan zelfs snel terugvallen naar minder dan vijf ton biomassa per jaar zonder een verhoging in het aantal plantensoorten met zich mee te brengen (Berendse et al. 1992). Dit was ook zo bij een hoge maaifrequentie van vier keer per jaar (Pavlu et al. 2011). De vegetatiesamenstelling blijft dan vaak steken in een soortenarme, grasrijke vorm omdat deze N- of K limitatie onvoldoende is om de competitieve grassen in hun groei te beperken. Een (co-) limitatie door P is noodzakelijk voor veel soortenrijke vegetatietypes.

Fosfor is echter veel minder mobiel dan N en K en bijgevolg ook moeilijker uit het systeem te verwijderen. En als daarbovenop ook de afnemende biomassaproductie de P-afvoer vertraagt door N- of K-limitatie, zal het via maaien en afvoeren vaak meer dan honderd jaar duren om voldoende P-arme omstandigheden te verkrijgen. Het is bijgevolg beter om een verschralend maaibeheer in te zetten op terreinen waar de gewenste bodem-P-condities bijna bereikt zijn (Smolders et al. 2008), zoals vanaf 25 mg Polsen kg⁻¹.

Naast de bijzonder lange tijdsduur om via maaibeheer de geschikte biogeochemische omstandigheden te creëren, hangt er ook een zekere kostprijs vast aan een ontwikkelingsbeheer via maaien, die varieert tussen 580 en 1872 euro ha⁻¹ j⁻¹ (Tabel 1). Deze kostprijs is afhankelijk van de verkoopswaarde van het hooi, die op zijn beurt grotendeels bepaald wordt door de kwaliteit van het maaisel. De maaiselkwaliteit wordt mede beïnvloed door de frequentie van het maaien. Bij vier keer maaien is de verteerbaarheid veel hoger dan bij slechts twee keer maaien (Pavlu et al. 2011). Voor maaisel van een lagere kwaliteit kunnen de paarden- en schapensector interessante afzetmarkten zijn. Ook bij runderen zijn er afzetmogelijkheden. Drooggevalen en jonge koeien kunnen dit hooi als voeder gebruiken. Hooi van latere kwaliteit kan ook zonder productieverliezen bijgemengd worden (tot 40 %) voor hoog productief melkvee (Bruinenberg et al. 2006).

Tabel 2: Geschatte kostprijs van verschillende natuurontwikkelingsmaatregelen. Gegevens uit Anonymous (2012a) en Oosterbaan et al. (2008). Maatregelen die jaarlijks herhaald moeten worden, werden uitgedrukt in jaarlijkse kost.

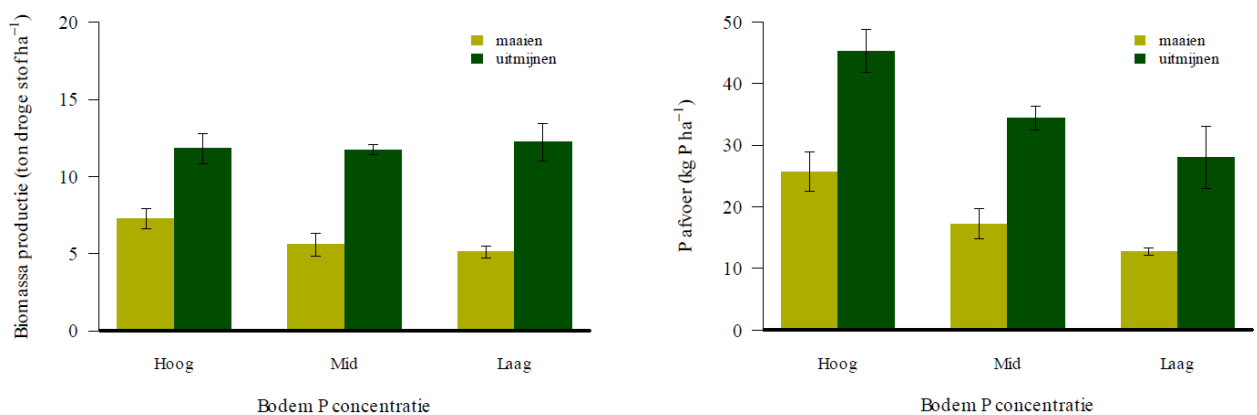
Maatregel	Kostenrange (euro ha ⁻¹)
Ontgronden (30 cm)	15000-300000
Plaggen	6000-11000
Maaien en afvoeren	580-1872
Uitmijnen	540

6.3 Uitmijnen

Een alternatief voor ontgronden en maaien en afvoeren is de techniek van P-uitmijning. Uitmijnen is een aangepaste landbouwmethode gericht op het afvoeren van P, waardoor een overgangsfase gecreëerd wordt van landbouw naar natuur. Deze techniek kan ingezet worden als uitbolscenario ter voorbereiding op een natuurbeheer. Uitmijnen wordt voorgesteld als een snellere verschralingstechniek dan maaien aangezien de nutriëntenlimitaties worden opgeheven door selectieve bemesting met andere nutriënten (N en K) dan P (Chardon 2008, Crawley et al. 2005, Marrs 1993, Perring et al. 2009). De hoeveelheid N en K die wordt toegevoegd is afhankelijk van het bodem- en gewastype en kan best geadviseerd worden door experts (vb. Bodemkundige Dienst van België). Hierbij moet ook de pH tussen de 5,5 en 6,5 worden gehouden met bv. bekalking om maximale opname van P mogelijk te maken. Er zijn echter nog tal van onzekerheden aan deze techniek in ontwikkeling.

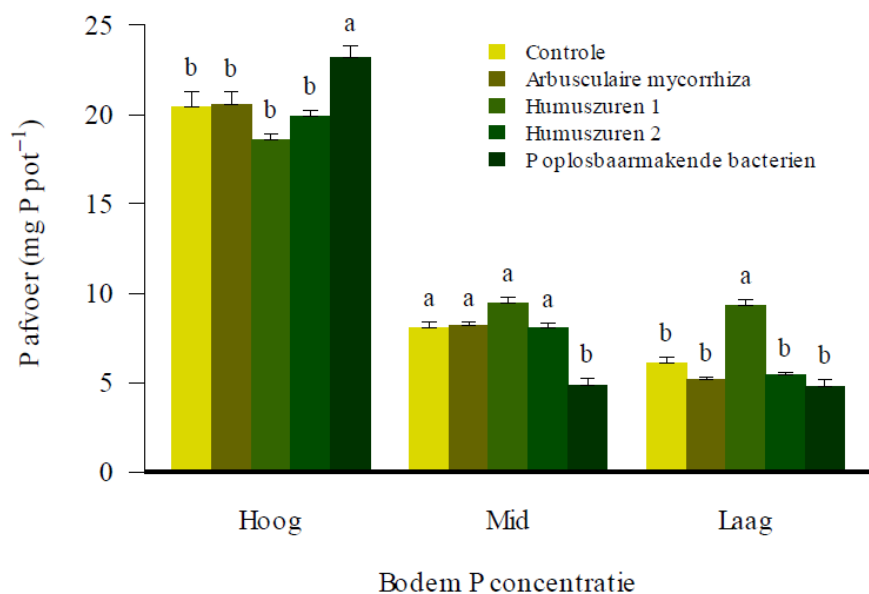
De eerste veld- en potexperimenten van P-uitmijnen met grassen bij verschillende bodem-P-niveaus tonen aan dat de efficiëntie van het uitmijnen zal dalen bij afname van de bodem-P-concentratie en dus in de loop van het verschrallingsproces (Figuur 8 en Figuur 9, Schelfhout et al. submitted). Het onmiddellijk opneembare P in de bodemoplossing kan via uitmijnen op korte termijn sterk dalen (Van Eekeren et al. 2007), maar over de langetermijneffecten van uitmijnen is nog niet veel geweten (Herr et al. 2011). De meer gefixeerde bodem-P-fracties (zie ook De Schrijver et al. 2013b) blijven vaak hoog en kunnen met vertraging P aanleveren (Koopmans et al. 2004), waardoor P-arme bodemcondities niet snel gehaald kunnen worden. Hierdoor zal een verschralling van een P-rijke tot een P-arme bodem met uitmijnen toch nog decennia kunnen duren, afhankelijk van de uitgangssituatie en het natuurdoeltype. Uitmijnen zal bijgevolg een methode zijn die slechts in een beperkt aantal situaties wordt aangeraden. Ook maakt deze bevinding duidelijk dat uitmijnen tot aan de doel-P-concentratie af te raden is, gezien de geringe meerwaarde ten opzichte van maaien en afvoeren zonder bemesting. In de latere fase van een uitmijnbeheer kan ook best overgeschakeld op maaien en afvoeren waarbij ook met het biotisch herstel kan gestart worden.

Ook over de kostprijs van uitmijnen is er nog onzekerheid. Zolang een landbouwkundig waardevol product geteeld kan worden, is de kostenbalans mogelijks neutraal of zelfs positief. Het is echter nog onbekend of de voederkwaliteit optimaal blijft bij lage bodem-P-concentraties.

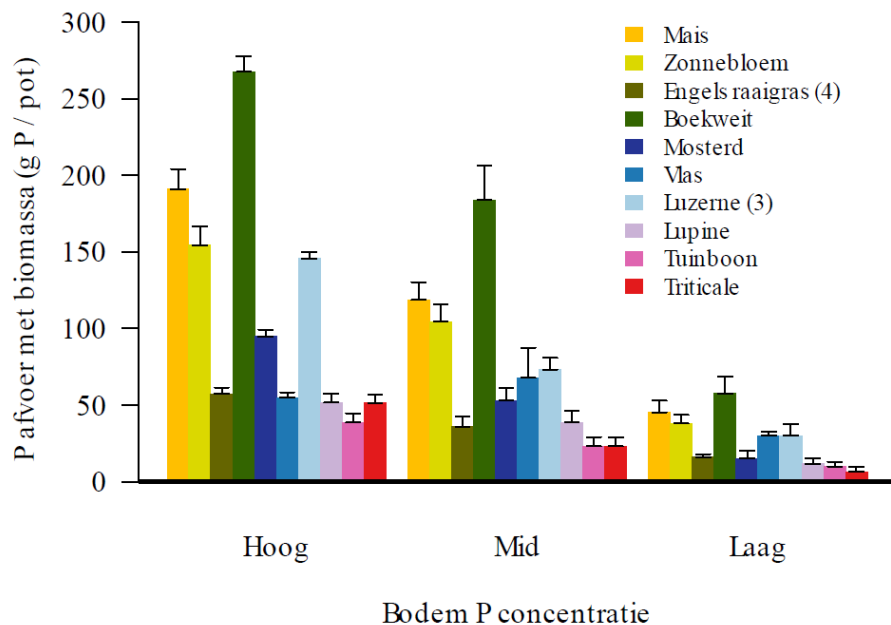


Figuur 7: Biomassa productie en P-afvoer in het derde jaar (2013) na de start van de veldproef in natuurgebied Landschap de Liereman (Natuurpunt vzw) op drie verschillende bodem-P-niveaus: Hoog is 110 mg P Olsen kg⁻¹, Mid is 70 mg P Olsen kg⁻¹ en Laag is 30 mg P Olsen kg⁻¹. Uitmijnen van P door bemesting met N en K wordt vergeleken met maaien en afvoeren zonder bemesting. De biomassaproductie en P afvoer zijn veel lager bij verschrallend maaien. Het valt op dat ondanks de gelijke biomassa-productie op de drie percelen er toch een groot verschil in P afvoer bestaat. Uitmijnen vertraagt dus met de tijd. De veldproef is nog lopende en zal nog minstens twee jaar opgevolgd worden.

Verschralling via uitmijnen blijkt dus, zeker bij hoge bodem-P, bijna 50% sneller te gaan dan maaien en afvoeren, maar voor veel voormalige landbouwpercelen is de benodigde tijdsduur nog steeds erg lang. Daarom wordt gezocht naar manieren om de techniek van P-uitmijning te verbeteren. We hebben zonder resultaat geprobeerd om de vertraagde nalevering van bodem-P uit de traag circulerende P pool te versnellen via bodemaddities zoals humuszuren, arbusculaire mycorrhiza en fosfor oplosbaar makende bacteriën (Figuur 9, Schelfhout et al. submitted). Een andere denkpiste is om gebruik te maken van andere gewassen die het uitmijnen kunnen versnellen omwille van hun specifieke mechanismen om P uit de meer gefixeerde P-fracties te onttrekken (Sharma et al. 2007, Turner 2008).



Figuur 8: Gecumuleerde P-afvoer van vier maaibeurten uit een potproef van 123 dagen waarbij uitmijnen van P met Engels raaigras bij verschillende bodem-P-niveaus werd getest. De bodem-P-niveaus zijn dezelfde als in Figuur 10. In tegenstelling tot die veldproef was de biomassa productie niet dezelfde voor de drie bodem-P-niveaus: de productie was ten opzichte van Hoog 23% en 36% lager bij resp. Mid en Laag. De verschillende balkjes staan voor verschillende behandelingen waarmee getracht werd om meer P af te voeren met het gras. De behandelingen gaven geen noemenswaardige verbeteringen ten opzichte van de controle.



Figuur 9: Uitmijnen met tien verschillende gewassen in een potproef met drie verschillende bodem-P-niveaus. De bodems werden optimaal bemest met alle nutriënten, behalve P. Tussen haakjes staat het aantal oogsten vermeld als dit meer dan een keer was. Uit deze gegevens blijkt dat de P-afvoer afhankelijk is van het bodem-P-niveau en van het gebruikte gewas. (ongepubliceerde resultaten Schelfhout et al.).

Zo is het mogelijks interessant om een P-vrijmakend gewas in rotatie te gebruiken met een hoog productief gewas (Teboh & Franzen, 2011). Uit een eerste potproef bij verschillende

bodem-P-niveaus bleek dat boekweit en luzerne interessante uitmijngewassen zijn (Figuur 10). Deze resultaten worden in de komende jaren uitgetest in een gewasrotatie op pas verworven percelen van Landschap De Liereman (Natuurpunt).

Het inzetten van P-uitmijnen als natuurontwikkelingsmaatregel moet echter doordacht gebeuren. Deze techniek is eerst en vooral een landbouwtechniek gericht op een zo hoog mogelijke P-afvoer om de abiotische omstandigheden te herstellen voordat overgegaan wordt naar een biotisch herstel. Beheerders en ook recreanten kunnen het moeilijk hebben met het verder zetten van een landbouwmethode op een pas verworven perceel door de natuursector. Zo kan bv. de teelt van mais, ondanks de hoge P-afvoer, op tegenstand stuiten. Andere factoren dan een snelle P-afvoer kunnen bepalend zijn voor de gewaskeuze. Zo kan het gebruik van graangewassen, boekweit, luzerne en grasklaver beter in het volledige plaatje van natuurherstel passen door hun bijkomende waarde voor bv. akkervogels en insecten. Ook is voor de bodembiota zeer nadelig om grondbewerkingen uit te voeren op een reeds lang gevestigd grasland zodat gewassen zouden kunnen worden ingezaaid (Roger-Estrade et al. 2010). Uitmijnen met de bestaande vegetatie kan een mogelijke piste zijn, maar moet nog verder uitgetest worden.

7 Potentie voor de ontwikkeling van schrale graslanden

7.1 Leeswijzer

Onderstaand worden de resultaten van de chemische analyses op de bodemstalen voorgesteld door middel van overzichtsfiguren per bodemvariabele en kaarten per bodemvariabele voor de diepteklasse 0-10 cm. Kaartmateriaal voor de overige diepteklassen (10-20, 20-30, 30-40 en 40-50 cm) werd geplaatst in bijlage 2. Achtereenvolgens worden de resultaten voor biobeschikbare P concentraties (Polsen), de totale Fe concentraties (Fetotaal), de (Fe-S)/P-ratio, de actuele zuurtegraad (pH-H₂O) en het percentage koolstof (C) in de bodem getoond. Hier wordt kort de relevantie van deze chemische analyses toegelicht.

Olsen-P (Polsen): is een maat voor het biobeschikbaar P, het P dat binnen het huidige groeiseizoen beschikbaar is voor biota.

Totaal Fe: is een maat voor de totale concentraties aan Fe in de bodem. Bodems met veel Fe kunnen dikwijls ook hoge concentraties aan totaal P bevatten, terwijl de biobeschikbare P concentraties laag kunnen zijn.

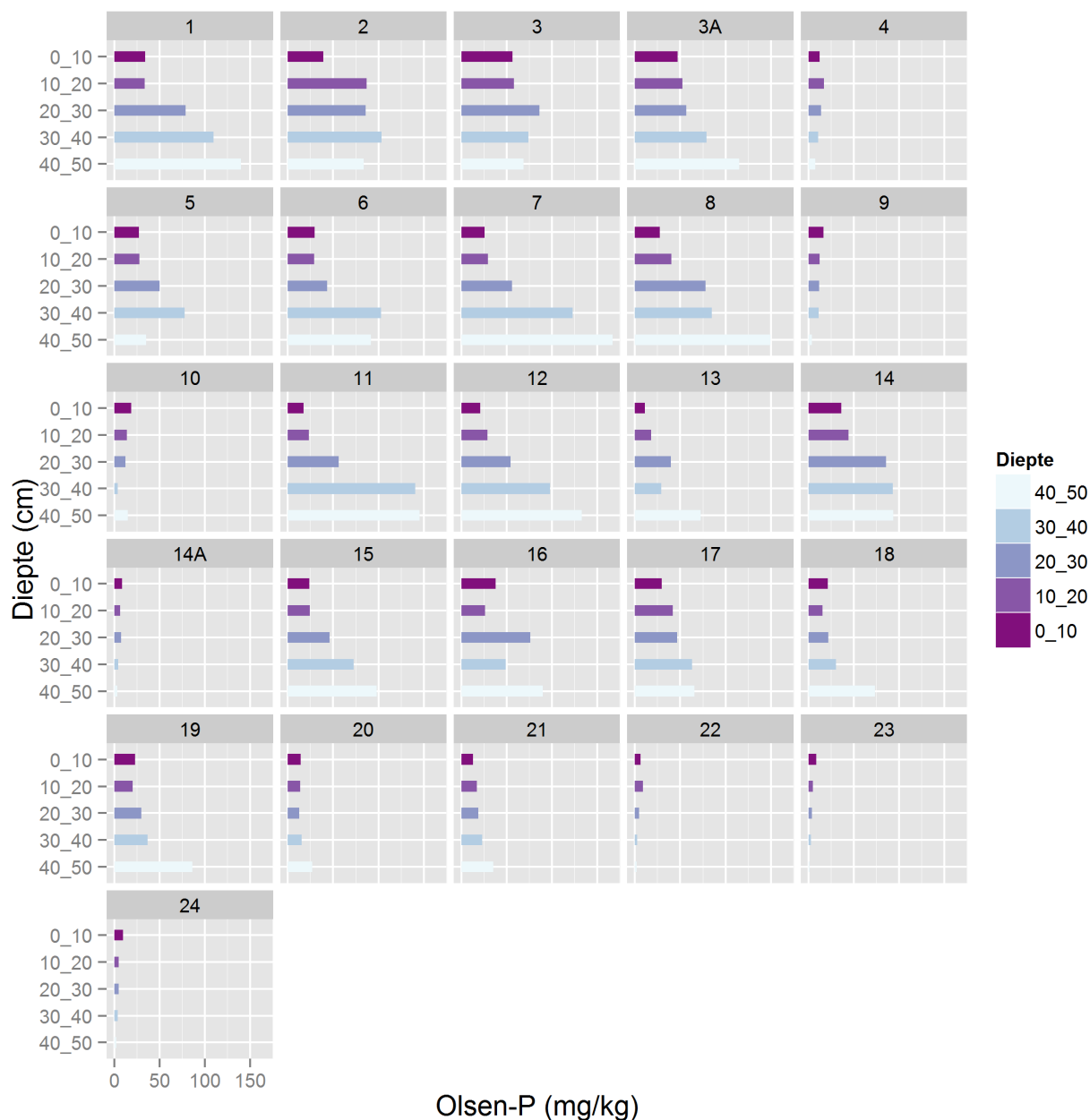
(Fe-S)/P-ratio: het risico op interne eutrofiëring kan nagegaan worden door de bepaling van de (Fe-S)/Pratio van de bodem (gebaseerd op totale concentraties Fe, S en P). De (Fe-S)/P ratio geeft een indruk van de hoeveelheid ijzer die beschikbaar is voor fosfaatbinding. Wanneer deze ratio kleiner is dan vijf is het risico op fosfaatnalevering bij vernatting zeer groot (Boers & Uunk 1990). Wanneer deze ratio kleiner is dan tien is het risico op fosfaatnalevering bij vernatting groot. Deze ratio wordt ook gebruikt in functie van het herstel van open water (Boers & Uunk 1990), o.a. in beleidsregels die zijn opgesteld door waterschappen in Nederland (De Schrijver et al. 2013a).

pH-H₂O: de actuele bodemzuurtegraad pH-H₂O geeft een actueel beeld van de concentratie aan protonen in de bodemoplossing. Wanneer de pH-H₂O lager is dan 4.5 bevindt de bodem zich in het aluminiumbufferbereik, waar aluminium in oplossing komt en toxisch kan zijn voor diverse ecologische groepen.

Percentage koolstof (C): geeft inzicht in de hoeveelheid organisch materiaal aanwezig in de bodem.

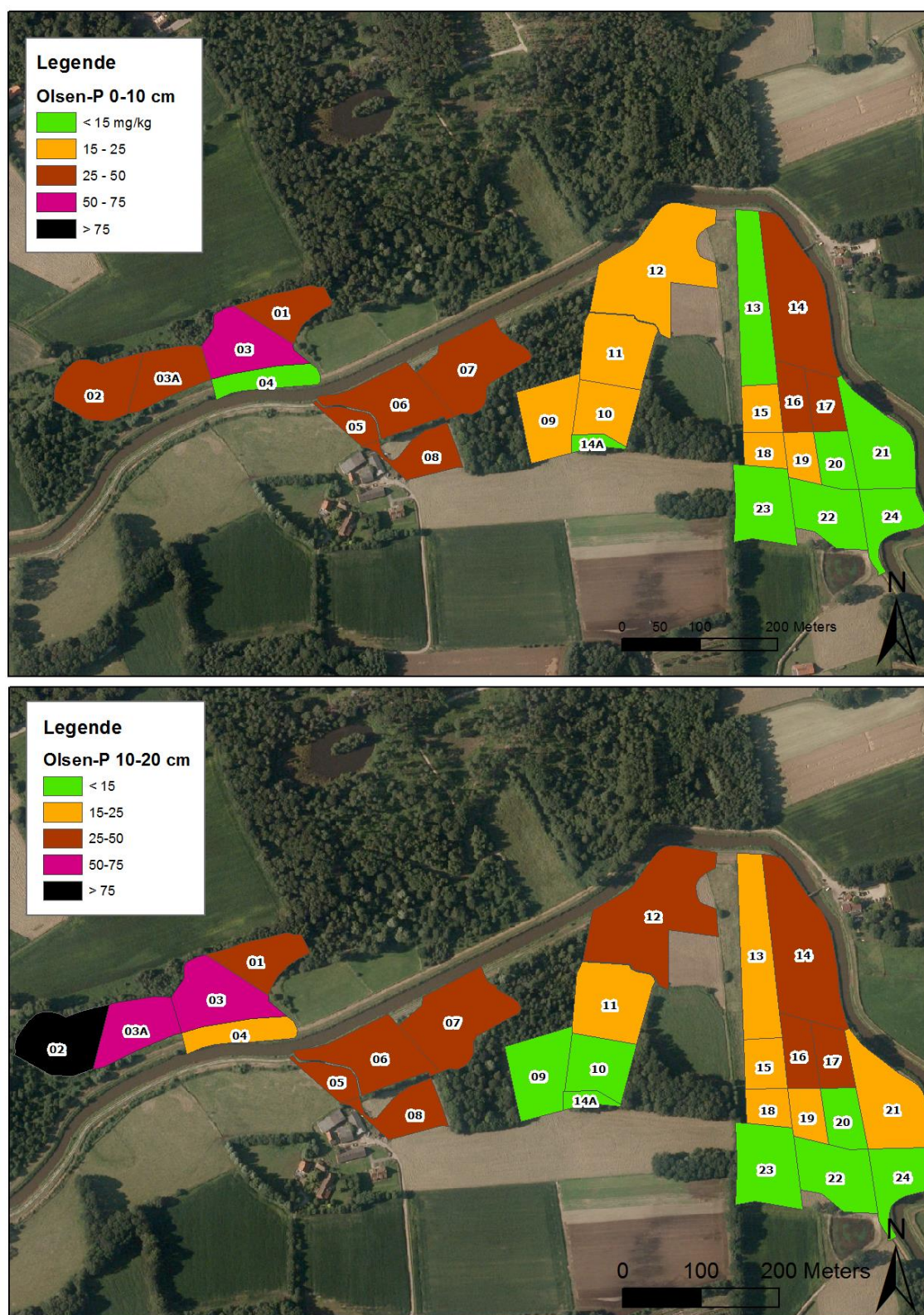
Percentage stikstof (N): geeft inzicht in de totale hoeveelheid stikstof aanwezig in de bodem, voornamelijk gebonden aan organisch materiaal.

7.2 Resultaten bodemchemisch onderzoek

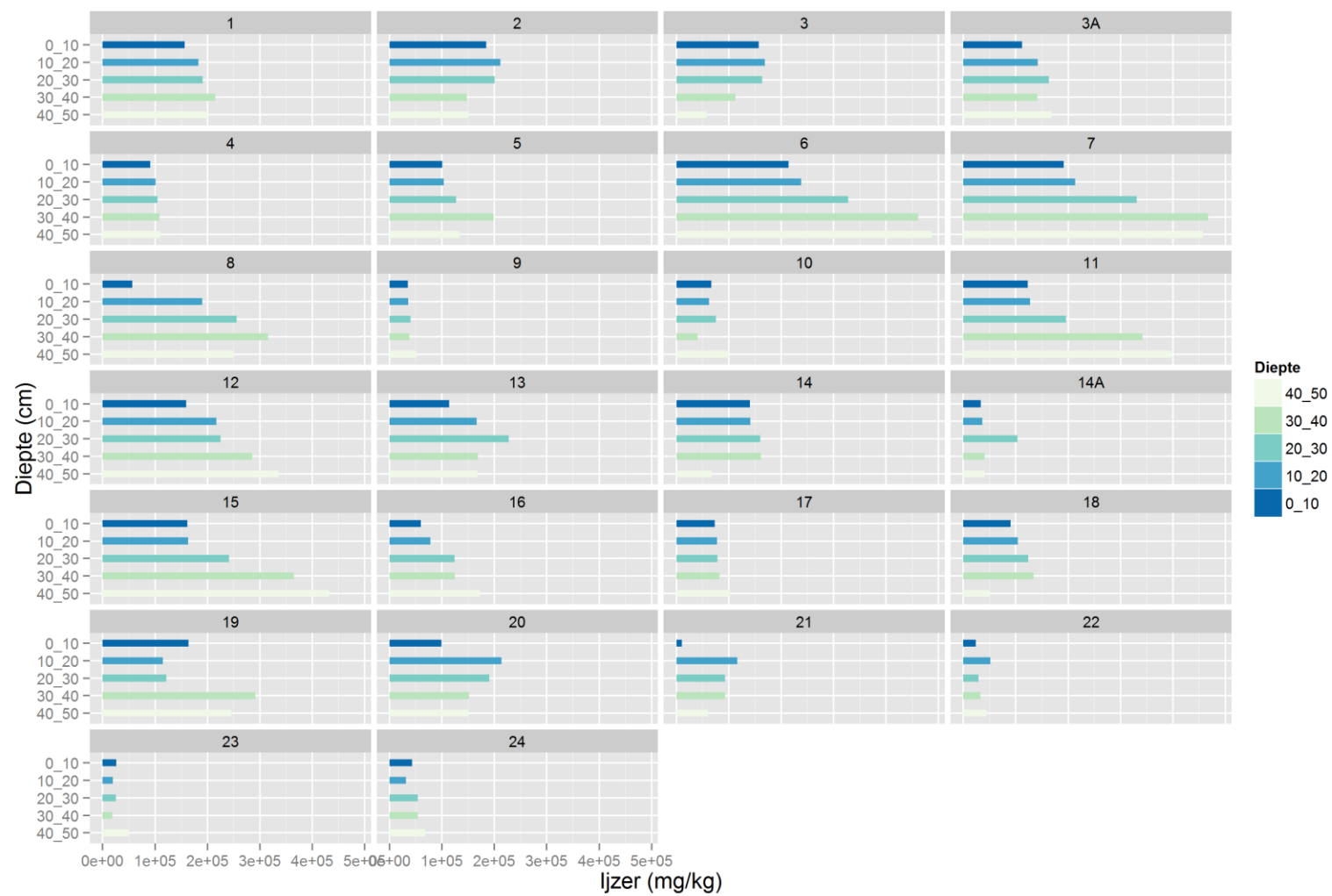


Figuur 10: Concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg^{-1} op verschillende dieptes.

De biobeschikbare P concentraties (Olsen-P) variëren in de bovenste 10 cm tussen 6.42 mg.kg^{-1} op perceel 22 en 56.27 mg.kg^{-1} in perceel 3. Acht percelen hebben Olsen-P concentraties die lager liggen dan 15 mg.kg^{-1} , vijftien percelen hebben concentraties lager dan 25 mg.kg^{-1} . In de bodemlaag 10-20 cm hebben nog steeds zeven percelen Olsen-P concentraties die lager liggen dan 15 mg.kg^{-1} en veertien percelen met concentraties lager dan 25 mg.kg^{-1} . Een aantal percelen (2, 3, 3A en 14) hebben in de bovenste bodemlagen hogere Olsen-P concentraties ($> 30 \text{ mg.kg}^{-1}$). Voor de meeste percelen worden hogere Olsen-P concentraties aangetroffen in diepere bodemlagen. In diezelfde bodemlagen worden ook hogere Fe-concentraties aangetroffen.

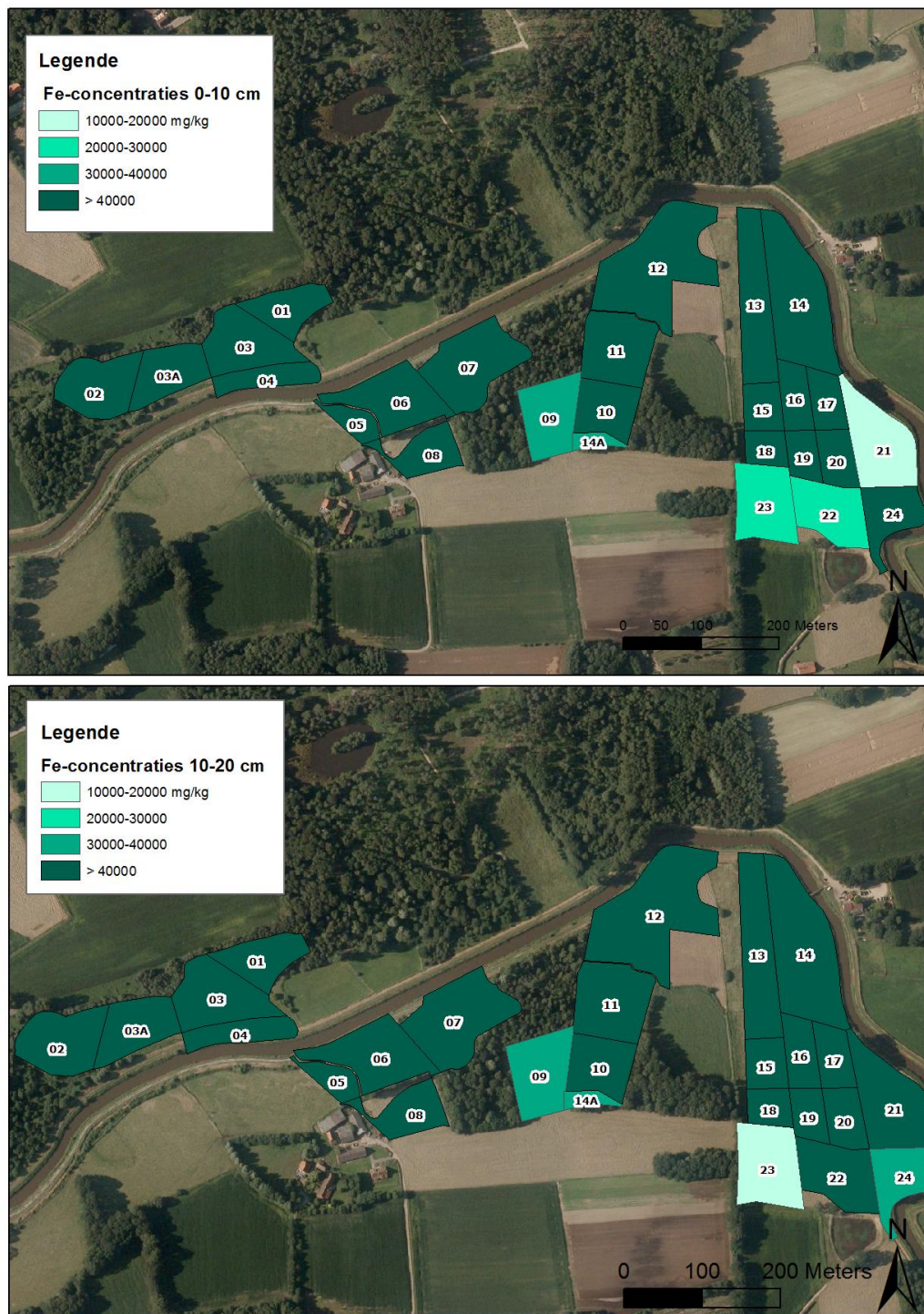


Figuur 11: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg^{-1} op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).

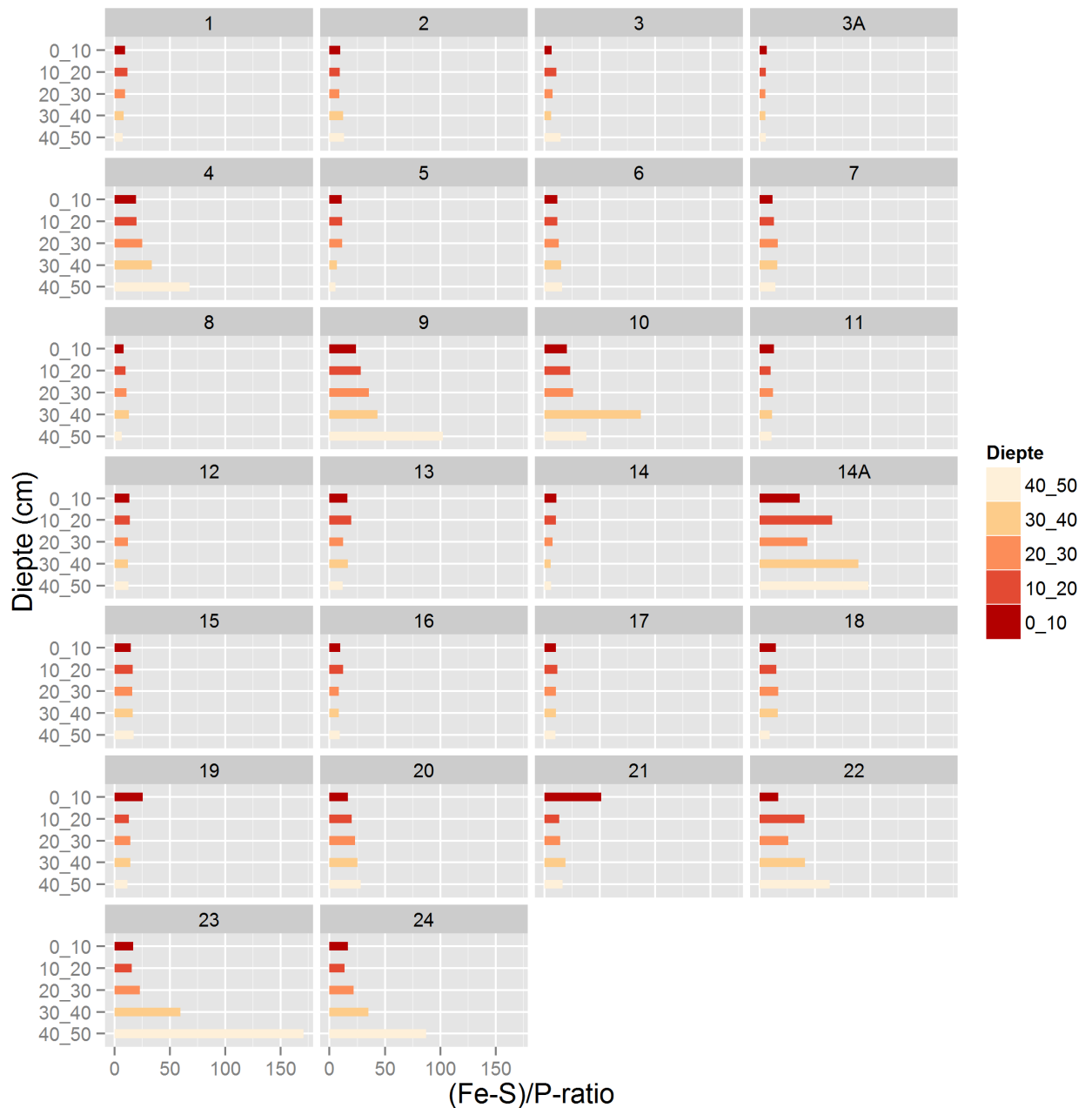


Figuur 12: Concentratie aan totaal Fe in mg.kg^{-1} op verschillende dieptes.

Er worden zeer hoge concentraties aan totaal Fe aangetroffen in de bodems met natte zandleemtextuur. Ze variëren in de bovenste 10 cm van de bodem tussen 10241.81 en 214214.72 mg.kg⁻¹. Voor de meeste percelen worden hogere Fe-concentraties aangetroffen in de diepere bodemlagen. Perceel 6 heeft in de 40-50 cm bodemlaag een Fe-concentratie van 487696.83 mg.kg⁻¹. Fe-concentraties spelen een cruciale rol bij de biogeochemie van fosfor in de bodem.



Figuur 13: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg⁻¹ op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).

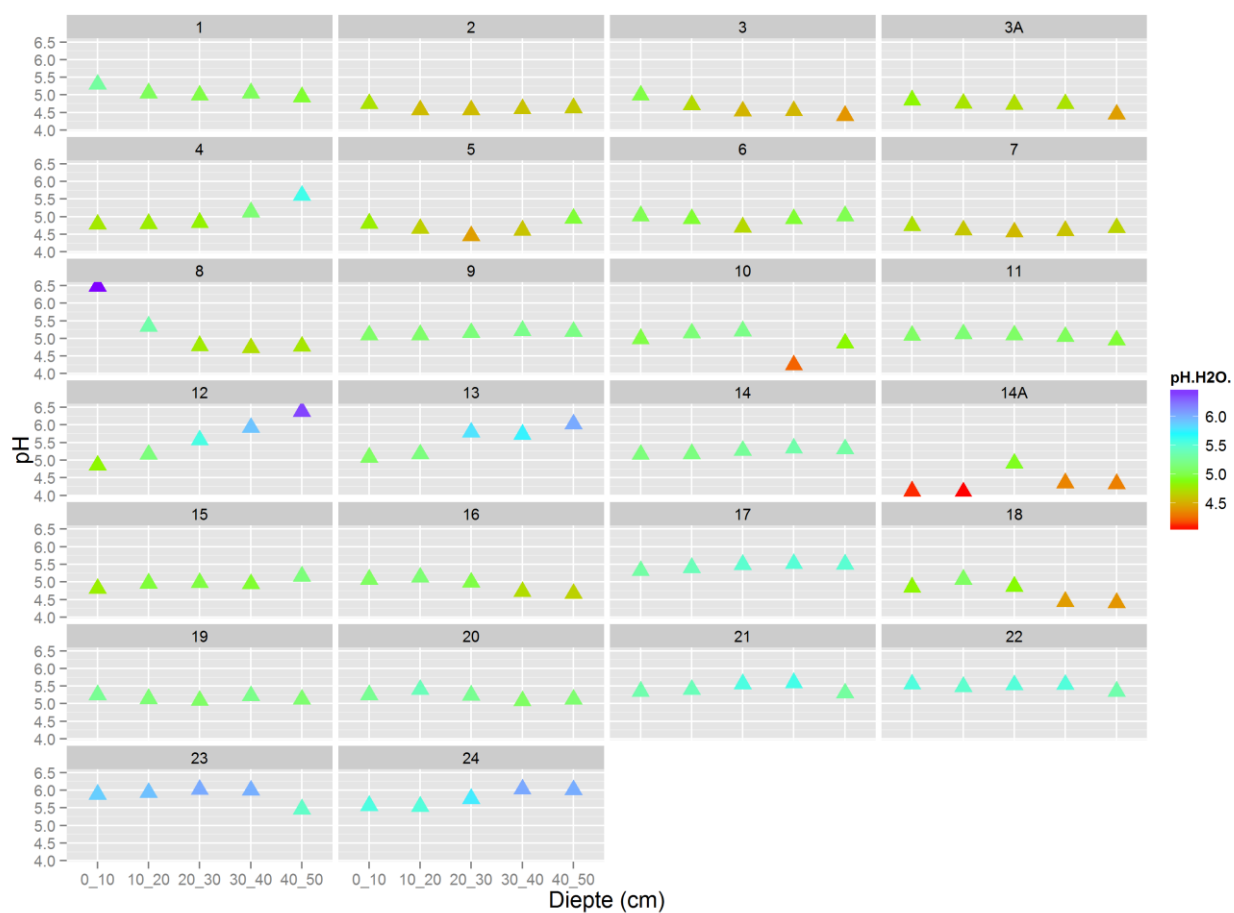


Figuur 14: (Fe-S)/P ratio op verschillende dieptes.

De Fe-rijke percelen blijken ook hoge (Fe-S)/P ratio's te hebben. Alle percelen hebben over het gehele diepteprofiel een (Fe-S)/P ratio > 5 wat erop wijst dat risico voor P-nalevering bij vernatting of in natte omstandigheden (bv. winterperiode) klein is. In de meeste percelen ligt de (Fe-S)/P ratio zelfs beduidend hoger dan 10, wat aangeeft dat het risico op nalevering van P bij hoge grondwaterstanden wellicht onbestaand is.

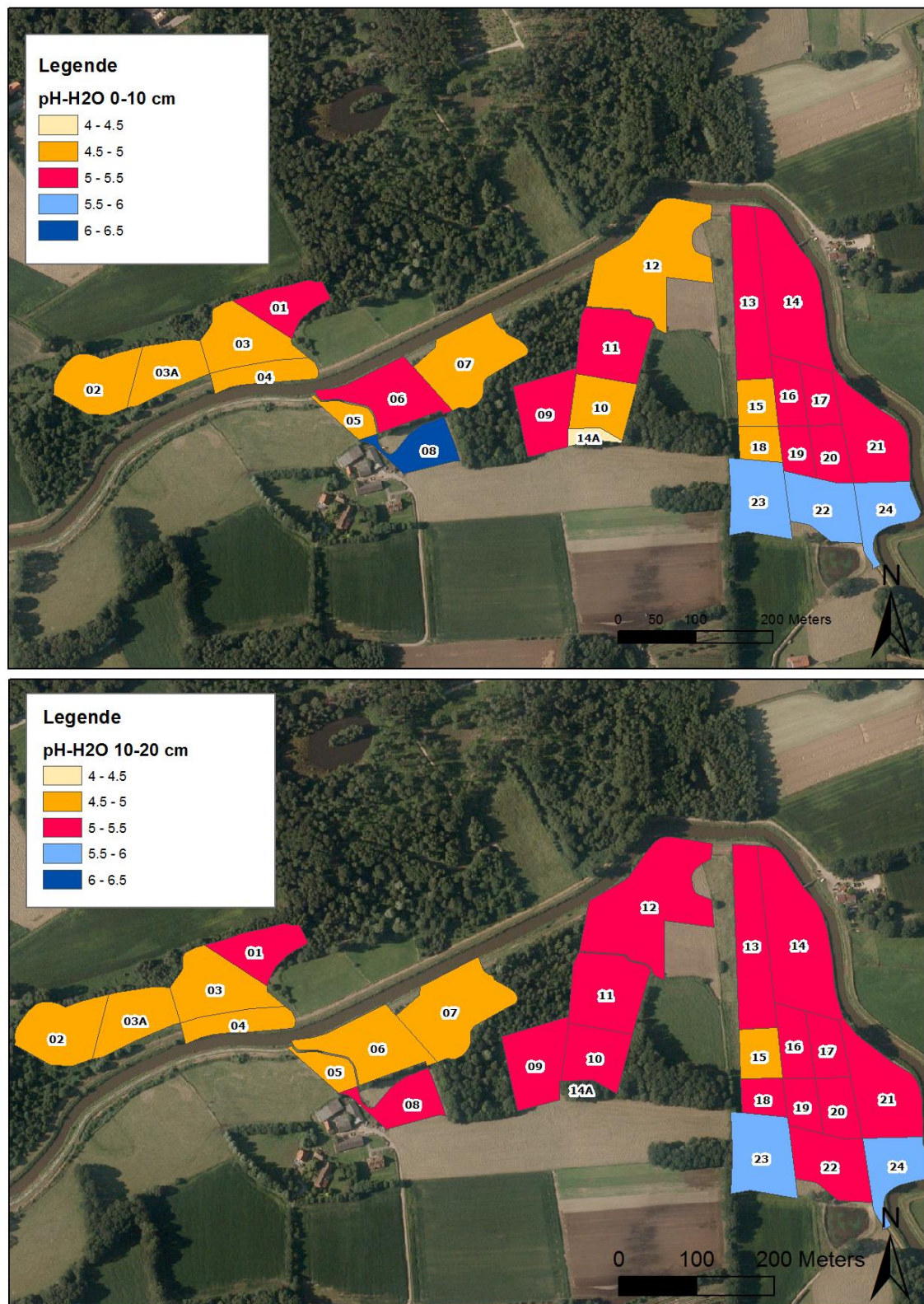


Figuur 15: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).

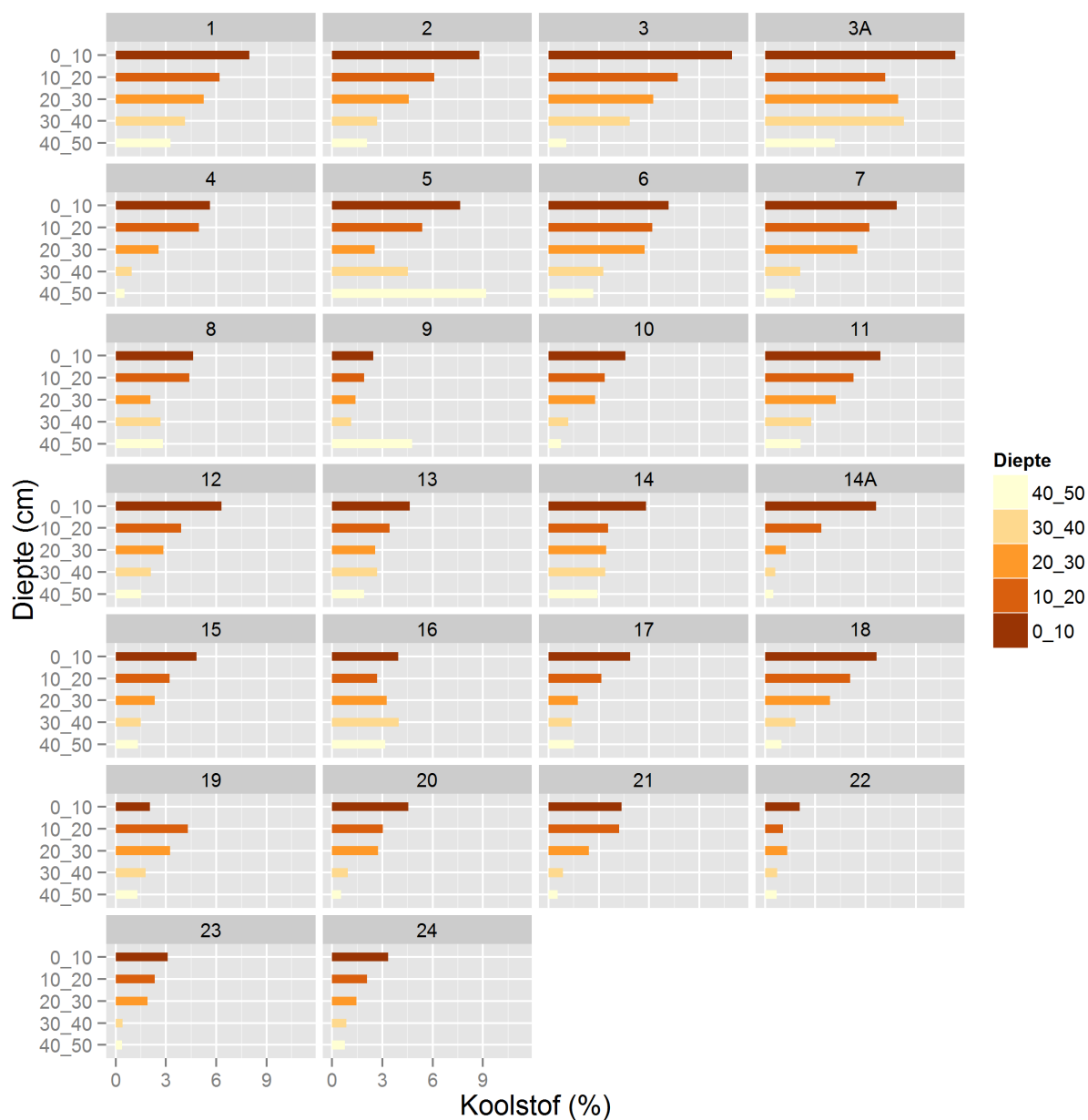


Figuur 16: De bodemzuurtegraad (pH-H₂O) op verschillende dieptes.

Voor de meeste percelen liggen de pH-H₂O waarden allemaal in het kationenuitwisselingsbufferbereik (pH-H₂O 4.5-6). Voor enkele percelen zijn waarden tussen 4 en 4.5 genoteerd. De pH-H₂O waarden variëren van 4.09 tot 6.48 over alle percelen en dieptelagen heen.

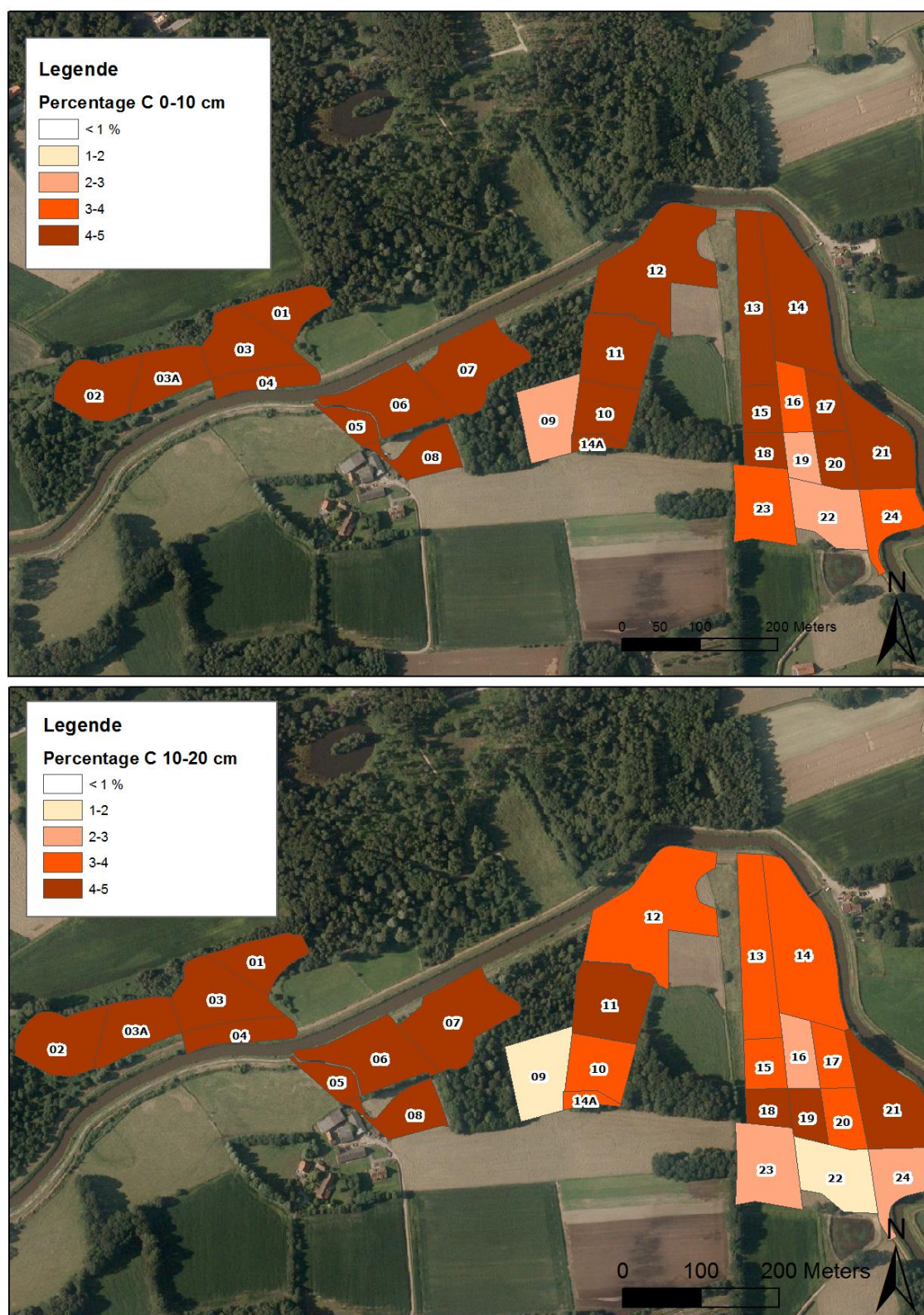


Figuur 17: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H₂O) op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).



Figuur 18: Het percentage koolstof (C) op verschillende dieptes.

De hoogste percentages koolstof (C) bevinden zich in de bovenste 20 cm van de bodem. Hoe dieper in de bodem, hoe minder C. Voor de meeste percelen wordt in de bovenste 20 cm C-concentraties van > 3% aangetroffen. Voor de percelen 1, 2, 3 en 3A wordt in de toplaag C-concentraties van > 8 % aangetroffen. Het percentage C is direct gelinkt aan het gehalte organisch materiaal in de bodem, wat een belangrijke rol speelt in de buffercapaciteit van de bodem.



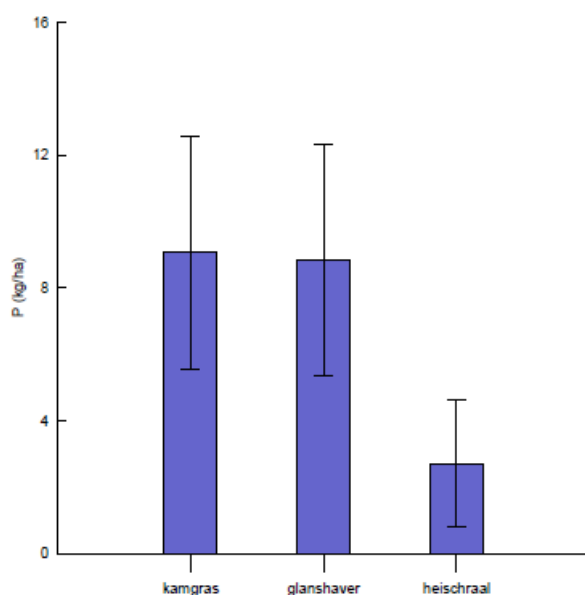
Figuur 19: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 0-10 cm diepte (boven) en 10-20 cm diepte (onder).

8 Noodzakelijk beheer in functie van verschraling

In dit hoofdstuk wordt de noodzakelijke termijn (in jaren) van maaien en uitmijnen berekend om de gewenste abiotische omstandigheden voor de tot doel gestelde vegetatietypen te bekomen. Een eerste paragraaf legt uit hoe berekend werd hoe lang moet gemaaid of uitgemijnd worden om de gewenste abiotiek te bereiken. In §8.2 wordt getoond hoe lang het duurt vooraleer via een klassiek maaibeheer de gewenste abiotiek in relatie tot P bekomen wordt, al dan niet na ontgronden van 10 of 20 cm. In §8.3 wordt besproken hoe lang het duurt om de gewenste abiotiek te bekomen via uitmijnen, al dan niet na ontgronden van 10 of 20 cm diepte. In tabel 2 wordt het cijfermateriaal achter deze kaartjes gegeven. Er worden ook cijfers gegeven van hoe diep ontgrond moet worden om quasi onmiddellijk de gewenste abiotiek met betrekking tot P te bekomen.

8.1 Theoretisch kader voor het berekenen van de maai- en uitmijnduur

Wanneer de bodem verschraalt neemt de P-afvoer bij maaien af door het optreden van limitatie door nutriënten die snel uit het systeem verdwijnen, zoals stikstof (N) en kalium (K). Op basis van literatuur en eigen metingen nemen we aan dat de P-afvoer van de rijkere graslandtypes via maaibeheer in natuurpercelen tussen 5 en 15 kg P per hectare bedraagt (Figuur 36, Oosterbaan et al. 2008, Sival et al. 2007). Voor heischrale graslanden op nutriëntenarme bodems ligt de P-afvoer significant lager (zie Figuur 36).



Figuur 20: Afvoer van P via maaibeheer (eenmalig maaien) in kamgras, glanshaver en heischrale graslanden (Data Universiteit Gent).

Wanneer er echter selectief bemest wordt met N en K, kan de P-afvoer langere tijd hoog gehouden worden. Na verloop van tijd treedt echter toch een verlaging in de P-afvoer op door een vertraagde aanvulling van biobeschikbaar P vanuit de traagcirculerende actieve P pool (cfr. Koopmans et al. 2004). Gezien het precieze verloop van deze afname van P in de tijd tot op heden niet gekend is, op basis van de huidige kennis, een theoretische berekening gemaakt.

De pool van biobeschikbaar P (hier gekwantificeerd als Olsen-P) wordt permanent aangevuld vanuit de traag circulerende actieve P pool (hier gekwantificeerd als oxalaat-P). Op basis van de fractie aan oxalaat-P werd per perceel berekend wat de overmaat is aan P in de

ploegvoer. Daartoe werd eerst de relatie tussen oxalaat-P en Olsen-P bepaald. Met behulp van opgestelde regressievergelijkingen kan voor de verschillende percelen ingeschat worden hoe groot de traag-circulerende (oxalaat-P) concentraties mogen zijn voor de opgestelde gradiënt in Olsen-P.

De overmaat aan oxalaat-P moet worden weggewerkt via opname door de gewassen. Voor onze berekeningen hebben we de P-afvoer doen dalen naarmate de Olsen-P concentraties in de bodem afnemen (zie Tabel 3). Deze gegevens zijn gebaseerd op onze huidige kennis, maar blijven indicatief en dienen nog verfijnd te worden op basis van het lopende onderzoek. De uitmijntijd werd bepaald door te berekenen in hoeveel jaar de overmaat aan oxalaat-P kon weggewerkt worden door gewasteelt. Door de gekende relatie tussen de concentraties oxalaat-P en Olsen-P kan doorheen de tijd berekend worden hoe de P-afvoer vermindert (volgens Tabel 3).

Tabel 3: Indicatieve aannames van P-afvoer in een uitmijnbeheer (N+K-bemesting) bij dalende biobeschikbaarheid aan P in de ploegvoer (0-30 cm).

Gemiddelde Olsen-P concentratie in de ploegvoer (mg.kg ⁻¹)	P-afvoer (kg.ha ⁻¹)
> 60	50
50-60	45
40-50	40
30-40	30
25-30	25
20-25	15
<20	15

8.2 Herstelbeheer in functie van de creatie van schrale graslanden en moerasvegetaties?

Tabel 3 geeft per perceel de ruwe data voor de termijnen van maai- en uitmijnbeheer om de gewenste abiotische condities te bereiken.

Uit onze analyses blijkt dat de percelen 4, 9, 10, 14A, 20 en 21 niet intensief verschraald moeten worden. Hier zijn fosforconcentraties in de bodem reeds gunstig.

Voor de overige percelen zijn de noodzakelijke termijnen van maaien en uitmijnen ontzettend groot. Dit is te wijten aan een zeer hoge P-stock in de bodem. Er wordt veel fosfor vastgehouden door de grote hoeveelheden ijzer die in de bodem aanwezig zijn. Deze percelen moeten in het verleden zwaar bemest geweest zijn. Verschralen heeft hier weinig zin.

Desondanks de grote fosforvoorraad in de bodem hebben verschillende percelen in de bovenste 20cm gunstige biobeschikbare P-concentraties. Zo hebben percelen 22, 23 en 24 nu reeds waarden < 15 mg.kg⁻¹ en werden er in de percelen 18, 19, 15, 13 en 11 Olsen-P concentraties tussen 15-25 mg.kg⁻¹ gemeten. In het kader van de natuurontwikkeling dient beter uitgegaan te worden van de huidige situatie zonder herstelmaatregelen.

De (Fe-S)/P-ratio's waren overal gunstig wat erop wijst dat er niet direct een risico is op interne eutrofiëring bij vernatting. Hier dient voorlopig nog voorzichtig mee omgegaan te worden. We zullen wensen het effect van vernatting in deze ijzerrijke omstandigheden verder te onderzoeken.

Tabel 4: Overzichtstabel van de per perceel noodzakelijke termijn (in jaren) van maaien en uitmijnen.

Plot	Olsen-P	Overmaat P	Duur maaien	Duur uitmijnen
1	49	18940	1894	989
2	70	29580	2958	733
3	67	29033	2903	1163
03A	52	38157	3816	1246
4	14	0	0	0
5	35	20826	2083	2078
6	34	34494	3449	2589
7	37	6757	676	266
8	49	17598	1760	970
9	14	0	0	0
10	15	0	0	0
11	32	11182	1118	788
12	35	11281	1128	798
13	23	3059	306	306
14	55	21660	2166	1046
14A	8	0	0	0
15	31	15126	1513	1509
16	47	20422	2042	1216
17	39	14940	1494	1084
18	20	10610	1061	1061
19	24	3606	361	360
20	14	0	0	0
21	16	0	0	0
22	7	0	0	0
23	6	0	0	0
24	6	0	0	0

Referenties

- Adler PB., Seabloom EW., Borer ET., Hillebrand H., Hautier Y. et al. 2011. Productivity is a poor predictor of plant species richness. *Science* 333: 1750-1753
- Agren GI., Wetterstedt JAM., Billberger MFK. 2012. Nutrient limitation on terrestrial plant growth – modeling the interaction between nitrogen and phosphorus. *New Phytologist* 194: 953-960
- Allison M. & Ausden M. (2004). Successful use of topsoil removal and soil amelioration to create heathland vegetation. *Biological Conservation*, 120(2), 221–228.
- Berendse F., Oomes M.J.M., Altena H.J. & Elberse W.T. (1992). Experiments on the restoration of species-rich meadows in The Netherlands. *Biological Conservation*, 62(1), 59–65.
- Bischoff A. (2000). Dispersal and re-establishment of *Silene silaus* in floodplain grasslands. *Basic and Applied Ecology* 1:129-131.
- Boers P., Uunk J. 1990. Methode voor het inschatten van de nalevering van fosfaat door de waterbodem na vermindering van de externe belasting. Lelystad, nota Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren / RIZA nr. 90.032
- Bruinenberg M.H., Geerts R.H.E.M., Struik P.C. & Valk H. (2006). Dairy cow performance on silage from semi-natural grassland. *NJAS*, 54(1), 95–110.
- Ceulemans T., Merckx R., Hens M., Honnay O. 2013. Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment – is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography* 22: 73-8
- Chardon W.J. (2008). Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van "Bodemdiensten." Wageningen: Wageningen UR.
- Crawley M.J., Johnston A.E., Silvertown J., Dodd M., de Mazancourt C., Heard M. S., Henman D.F. & Edwards G.R. (2005). Determinants of species richness in the Park Grass Experiment. *The American naturalist*, 165(2), 179–92.
- Critchley C.N.R., Chambers B.J., Fowbert J.A., Sanderson R.A., Bhogal A., Rose S.C. (2002). Association between lowland grassland plant communities and soil properties. *Biological Conservation* 105(2):199-215.
- Critchley CNR., Chambers BJ., Fowbert JA., Sanderson RA., Bhogal A., Rose SC. 2002. Association between lowland grassland plant communities and soil properties. *Biological Conservation*, 105(2), 199-215.
- Critchley CNR., Chambers BJ., Fowbert JA., Sanderson RA., Bhogal A., Rose SC. 2002. De Schrijver A., Schelfhout S.,
- De Schrijver A., Schelfhout S., & Verheyen K. (2013c). Onderzoek naar mogelijkheden voor natuurontwikkeling in de depressie van de Moervaart in relatie tot fosfor. 81pp.
- De Schrijver A., Schelfhout S., Demey A., Raman M., Baeten L., De Groote S., Mertens J. & Verheyen K. (2013b). Focus op de biogeochemie: deel 5: Natuurherstel op landbouwgrond: fosfor als bottleneck. *Natuur.Focus*, December, pp. 145-153.
- De Schrijver A., Van Uytvanck J., Thomaes A., Schelfhout S., Mertens J. 2011. Ecologische bosontwikkeling op voormalige landbouwgronden in de praktijk: keuzes voor beheerders. *Bosrevue juli-aug-sept*, 7-11.

- De Schrijver A., Wuyts K., Schelfhout S., Staelens J., Verstraeten J. & Verheyen K. (2012b). Focus op de biogeochemie, deel 1. Verzuring van terrestrische ecosystemen. Oorzaken, remedies en gevolgen voor biodiversiteit. Natuur. Focus,
- Drouillon M. (2004). Availability of phosphorus in a gradient of nutrient-limited ecosystems: Pools and Processes. Leuven. 19 p.
- Dupouey JL., Dambrine E., Laffite JD., Moares C. 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology* 83: 2978-2984.
- Elser JJ., Bracken MES., Cleland EE., Gruner DS., Harpole WS., Hillebrand H., Ngai JT., Seabloom EW., Shuring JB., Smith JE. 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystem. *Ecology Letters* 10: 1135-1142.
- Fagan KC., Pywell RF., Bullock JM. & Marrs RH. 2008. Do restored calcareous grasslands on former arable fields resemble ancient targets? The effect of time, methods and environment on outcomes. *Journal of Applied Ecology* 45: 1293-1303.
- Fridley JD., Grime JP., Huston MA., Pierce S., Smart SM. et al. 2012. Comment on 'Productivity is a poor predictor of plant species richness. *Science* 335: 1441.
- Frouz J., Diggelen R., Pižl V., Starý J., Háněl L., Tajovský K., & Kalčík J. (2009). The effect of topsoil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration. *Biodiversity and Conservation* 18(14): 3963-3978.
- Gilbert J.C., Gowing D.J.G., Wallace H. (2009). Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142(5):1074-1083.
- Gowing DJG., Tallowin JRB., Dise NB., Goodyear J., Dodd ME., Lodge RJ. 2002. A review of the ecology, hydrology and nutrient dynamics of floodplain meadows in England. *English nature Reports* 2002, number 446.
- Grime JP. 1973. Control of species density in herbaceous vegetation. *Journal of Environmental Management* 1: 151-167.
- Grime JP. 2001. Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Harpole WS., Ngai JT., Cleland EE., Seabloom EW., Borer ET., Bracken MES., Elser JJ., Gruner DS., Hillebrand H., Shurin JB., Smith JE. 2011. Nutrient co-limitation of primary producer communities. *Ecology Letters* 14: 852-862.
- Hautier Y., Niklaus P.A. & Hector A. 2009. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science* 324: 636-638.
- Herr C., De Becker P., & Hens M. (2011). Ecohydrologisch en bodemkundig onderzoek i.f.v. herstelmaatregelen aan Achelse Kluis (Rapporten., Vol. 32). Brussel.
- Huybrechts W., De Becker P., De Bie E. & Callebaut J. Flawet 1.0. Database Flanders Wetland Sites.
- Janssens F., Peeters A., Tallowin JRB., Bakker JP., Bekker RM., Fillat F. & Oomes MJM. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil* 202: 69-78.

- Kemmers R.H., Jansen P.C., van Delft S.P.J. (2001). Waterbeheer en indirecte eutrofiëring. Effecten op het Weidekerveldgrasland (*Sanguisorba-Silvaetum*) in de Hengstpolder nabij Sliedrecht. Wageningen: Alterra R.I.v.d.G.R. Alterra-rapport 413. 72 p.
- Klooker J., Bakker J., & van Diggelen R. (1999). Natuurontwikkeling op minerale gronden. Ontgronden: nieuwe kansen voor bedreigde plantensoorten? Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- Koerner W., Dupouye J.L., Dambrine E., Benoit M. (1997). Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. *Journal of Ecology* 85: 351-358.
- Koopmans, G.F., Oenema, O. & Riemsdijk, W.H. Van. (2004c) Characterization, desorption, and mining of phosphorus in noncalcareous sandy soils., Universiteit Wageningen, Doctoral thesis, 168.
- Lamers L., Lucassen E., Smolders F. & Roelofs J. 2005. Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H2O* 17: 28-30
- Loeb R., Kuijpers L., Peters R.C.J.H., Lamers L.P.M., Roelofs J.G.M. (2009). Nutrient limitation along eutrophic rivers? Roles of N, P and K input in a species-rich floodplain hay meadow. *Applied Vegetation Science* 12:362-375.
- Lucassen E., Smolders A., Gerats R., Brouwers E., van den Munckhof P. & Roelfos J. 2008. Het herstel van de valkenbergvennen vanuit voormalige landbouwgronden. *De Levende Natuur* 109: 163-168.
- Marrs, R. H. (1993). Soil Fertility and Nature Conservation in Europe: Theoretical Considerations and Practical Management Solutions. *Advances in Ecological Research* 24: 241-300.
- Oelmann Y., Broll G., Holzel N., Kleinebecker T., Vogel A., & Schwartz P. (2009). Nutrient impoverishment and limitation of productivity after 20 years of conservation management in wet grasslands of north-western Germany. *Biological Conservation* 142(12): 2941-2948.
- Oosterbaan, A., J.J. de Jong & A.T. Kuiters, 2008. Vernieuwing in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1669. 57 blz.
- Pan X., Liu F., Zhang M. 2012. Comment on 'Productivity is a poor predictor of plant species richness. *Science* 335: 1441-44.
- Pavlu V., Schellberg J., & Hejrcman M. (2011). Cutting frequency vs. N application: effect of a 20-year management in *Lolium-Cynosuretum* grassland. *Grass and Forage Science* 66: 501-515.
- Perring M. P., Edwards G., & de Mazancourt C. (2009). Removing Phosphorus from Ecosystems Through Nitrogen Fertilization and Cutting with Removal of Biomass. *Ecosystems* 12(7): 1130-1144.
- Roger-Estrade J., Anger C., Bertrand M., Richard G., (2010). Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil Tillage Res.* 111: 33-40.
- Schelfhout S., De Schrijver A., De Bolle S., Verheyen K., De Gelder L., Du Pré T., De Neve S., Haesaert G., Mertens J. (submitted). Phosphorus mining for ecological restoration: P uptake decreases when soil P concentration declines. *Plant and Soil*.
- Sharma N.C., Starnes D.L., & Sahi S.V. (2007). Phytoextraction of excess soil phosphorus. *Environmental Pollution* 146(1): 120-127.

- Sival F., Chardon W. & van Rooij M. (2007). Fosfaat en natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in de provincie Zeeland. (Alterra-rapport 1495): Wageningen UR.
- Smits N.A.C., Willems J.H. & Bobbink R. (2008). Long-term after-effects of fertilisation on the restoration of calcareous grasslands. *Applied Vegetation Science* 11(2): 279–286. doi:10.3170/2008-7-18417.
- Smolders A., Lucassen E., Tomassen H., Lamers L. & Roelofs J. 2006. De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, April, 5-11.
- Smolders A., Lucassen E., Van Der Aalst M., Lamers L. & Roelofs J. (2008). Decreasing the Abundance of *Juncus effusus* on Former Agricultural Lands with Noncalcareous Sandy Soils: Possible Effects of Liming and Soil Removal. *Restoration Ecology* 16(2): 240–248.
- Teboh J.M., & Franzen D.W. (2011). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Potential to Contribute Solubilized Soil Phosphorus to Subsequent Crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(13): 1544–1550.
- Tilman D. 1997. Mechanisms of Plant Competition. In: Crawley M. (Ed). *Plant Ecology*, Second Edition, Blackwell Science, Oxford, England, pp. 239-261.
- T'Jollyn F., Bosch H., Demolder H., De Saeger S., Leyssen A., Thomaes A., Wouters J., Paelinckx D., & Hoffmann M. 2009. Ontwikkeling van criteria voor de beoordeling van de lokale staat van instandhouding van de Natura 2000 habitattypen. Versie 2.0. Instituut voor natuur- en bosonderzoek, Brussel.
- Turner, B. L. (2008). Resource partitioning for soil phosphorus: a hypothesis. *Journal of Ecology* 96(4): 698–702.
- Van Uytvanck J. & De Blust G. (2012). Handboek voor beheerders: Europese natuurdoelstellingen op het terrein: Deel I. Habitats. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) / Lannoo: Brussel. ISBN 978-94-01-40096-1. 302 p.
- Van Uytvanck J., Declerck K. & Adriaens P. 2009. Natuurontwikkeling door ontgronding in Vlaanderen: een kort overzicht. *De Levende Natuur* 110: 7-8.
- Venterink H.O., van der Vliet R.E., Wassen M.J. (2001). Nutrient limitation along a productivity gradient in wet meadows. *Plant and Soil* 234(2):171-179.
- Verhagen R., Klooker J., Bakker J.P., & van Diggelen R. (2001). Restoration succes of low-production plant communities on former agricultural soils after top-soil removal. *Applied Vegetation Science* 4: 75–82.
- Verhagen R., van Diggelen R., & Bakker J. (2004). Ontgronden van voormalige landbouwgronden: welk resultaat na tien jaar voor de vegetatie? *De Levende Natuur* 105(2): 44–50.
- Wassen M.J., Venterink H.O., Lapshina E.D. & Tanneberger F. 2005. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437: 547-550.
- Weijters M. & Bobbink R. 2010. Studie van de bodemchemie en oppervlaktewaterkwaliteit in het natuurinrichtingsproject Zoerselbos. Eindrapport, rapportn° 2010.8

Bijlage 1: Criteria voor de lokale staat van instandhouding

Porseleinhoen

BijlageTabel 1: Criteria voor de lokale staat van instandhouding van de porseleinhoen.

criterium	Indicator	Gunstig	Ongunstig	Opmerkingen	Referentie
Habitatkwaliteit	Biotoop	Lage, kruidachtige vegetatie in permanent ondiep water, bv. zegges en ruige grazige vegetaties; ondiepe oeverzones met zegges, grassen en ruigten of randen van rietmoerassen met ondiep water; (zeer) natte, ruige graslanden.	Moerassen zonder jonge, natte verlandingsstadia of zonder ondiep water (zie subcriterium 'diepte') en slik; verboste verlandingszones; droge of intensieve graslanden; plassen met enkel droge, onbegroeide rand- en oeverzones	Zeggen in ondiep water vormen het meest geschikte habitat.	DEN BOER 2001; BIRGUIDES 2006
Habitatkwaliteit	Vegetatie- (structuur)	Moerassige, vrij ijlevegetatie van 0,5 – 1 m hoog (met uitzondering van eventueel enkele verspreide berken, wilgen e.d.)	Vegetatie > 1 m hoog; oude, dichte moerasvegetatie; verboste vegetatie	Het Porseleinhoen heeft een sterke voorkeur voor jonge, gemaaide vegetaties. Belangrijk is dat de vegetatie aan de bodem open genoeg is om onder of nabij dekking te foerageren in ondiep water en slik.	Beemster 1997; Schotman & Kwak 2003
Habitatkwaliteit	Diepte	Waterpeil in de broedperiode niet hoger dan 15 – 30 cm boven maaiveld en niet lager dan 0 cm	Waterpeil in de broedperiode > 15 – 30 cm boven maaiveld of lager dan 0 cm		SCHOTMAN & KWAK 2003
Habitatkwaliteit	Water- huishouding	Natuurlijk waterpeilbeheer met bv.loedvlaktes in rivierengebied of met hoog winterpeil; aanwezigheid van kwelsituaties	Verdroging en afwezigheid van kwelsituaties; snelle afvoer van water uit rivieruiterwaarden		DEN BOER 2001
Habitatkwaliteit	Voedselrijkheid	Eutrofe of mesotrofe plassen	Oligotrofe plassen		DEN BOER 2001
Habitatkwaliteit	Verstoring	Weinig of geen menselijke verstoring binnen 100 m van geschikt habitat	Herhaalde of langdurige verstoring op minder dan 100 m van geschikt habitat		MINISTERIE VAN LNV 2008

Beemster N (1997). Dynamisch waterpeil in de Oostvaardersplassen – effecten op broedvogels in relatie tot vegetatieontwikkeling. Flevobericht nr. 400, Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied.

Birdguides LTD (2006). Birds of the Western Palearctic Interactive 2.0. Skylark Associates Ltd.

De Boer T (2001). Beschermingsplan moerasvogels 2000-2004. Wageningen; Informatie- en kenniscentrum natuurbeheer.

Ministerie van LNV, Directie Kennis (2008). Natura 2000 profielendocument – Porseleinhoen. Digitale publicatie op <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=profielen#vogels>

Schotman AGM, Kwak RGM (2003). Moerasvogels op peil- en deelrapport 2. Successie versus succes van moerasvogels. Aanbevelingen voor beheerders op basis van relatie tussen moerasvogels en vegetatiesuccessie. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 828.2.

Kwartelkoning

BijlageTabel 2: Criteria voor de lokale staat van instandhouding van de kwartelkoning.

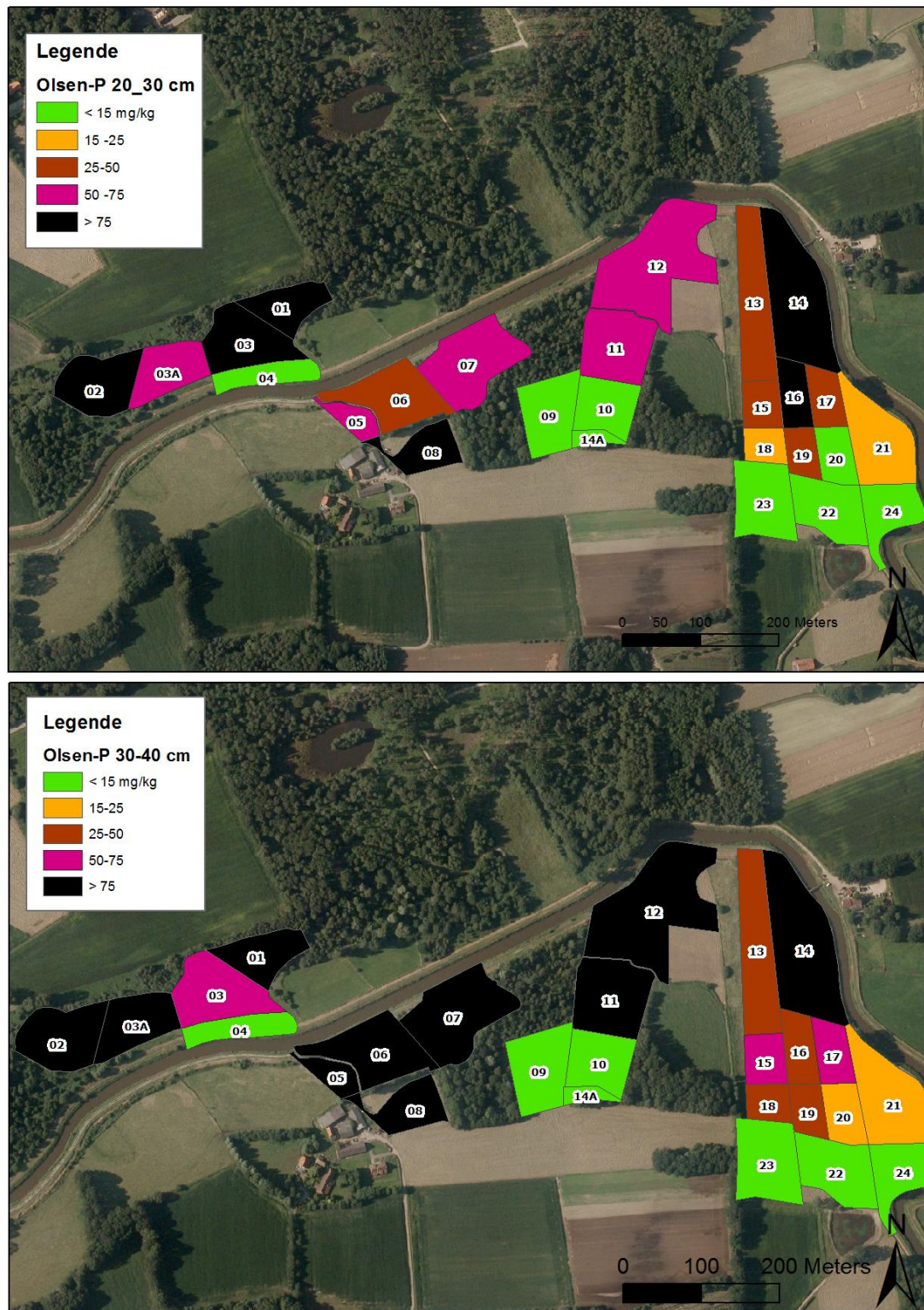
Criterium	Indicator	Gunstig	Ongunstig	opmerkingen	Referentie
Habitatkwaliteit	Landschap	Grote, open gebieden met ononderbroken zicht over meer dan 200 m	Te gesloten landschap (zicht < 200 m)		SPANOGHE ET AL 2003
Habitatkwaliteit	biotoop	Overwegend droge, extensief beheerde, onbemeste, bloemrijke graslanden, met relatief hoog gras en (minstens 20 cm) deels vochtige bodem; grote delen van grasland niet drassig of geïnundeerd na mei	Sterk bemeste of intensief gebruikte hooilanden en graslanden (omdat vegetatie daarin te dicht is); hooi- en graslanden die al in het voorjaar of vroege zomer gemaaid worden; graslanden met dichte pollen van Pitrus; hooi- en graslanden met een dichte mat van oud, plantaardig materiaal op de bodem; zeer natte graslanden; verboste hooi- en graslanden; landbouw- gewassen zoals	De soort is niet echt afhankelijk van vochtige bodem, maar de vegetatie wordt op dergelijke bodems vaak later gemaaid dan op droge bodems, wat het broedsucces bevordert.	BIRGUIDES 2006

BijlageTabel 3: Criteria voor de lokale staat van instandhouding van de kwartelkoning.

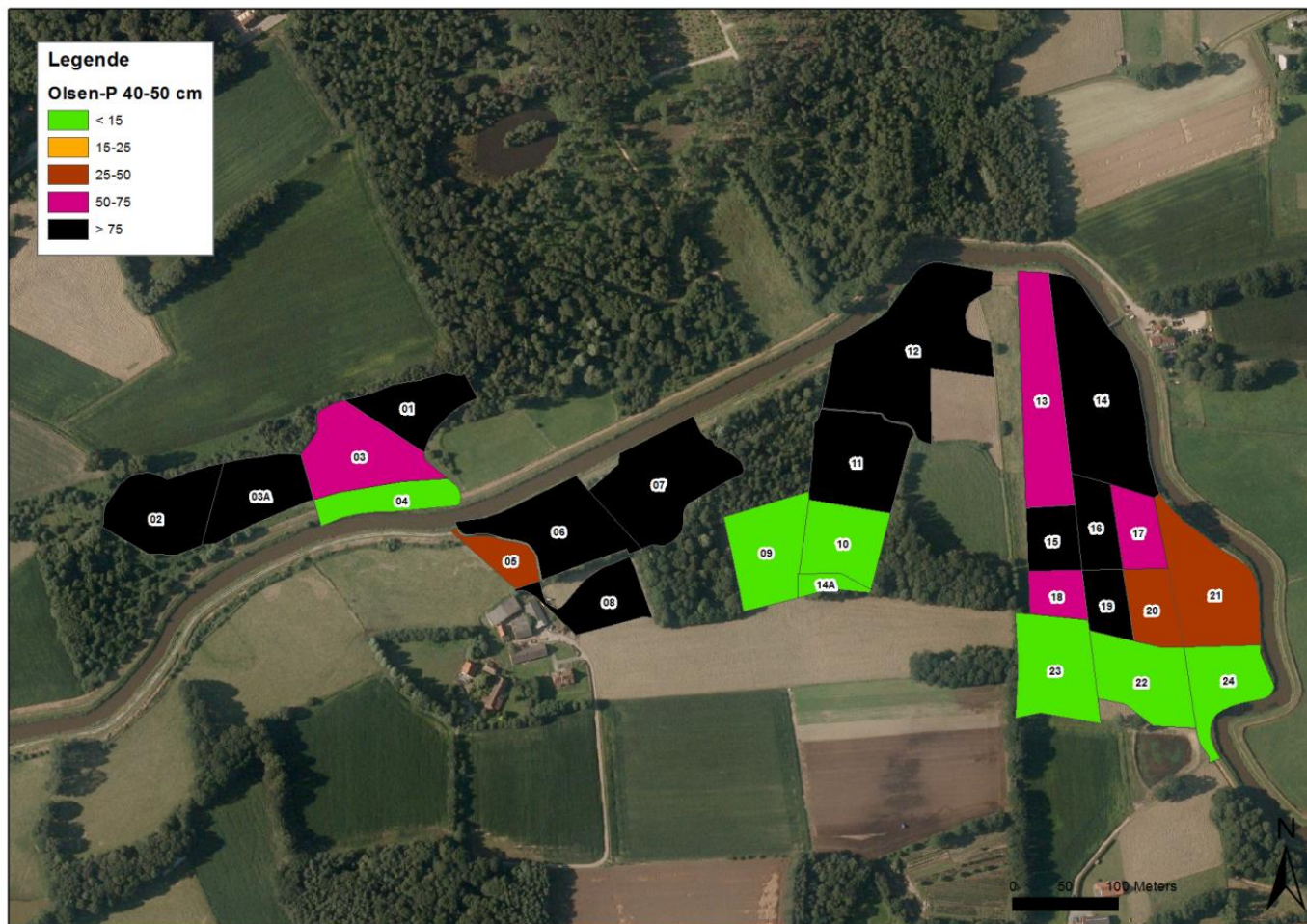
Criterion	Indicator	Gunstig	Ongunstig	opmerkingen	Referentie
			Luzerne en Koolzaad		
Habitatkwaliteit	Vegetatie- (structuur)	Broedplaats met 10 - 20% aan hoge planten van vochtige tot licht moerassige bodem (Riet, Gele Lis,...) en 80 - 90% aan hoge grassen (hooiland) tijdens broedperiode	< 10% aan hoge moerasvegetatie tijdens broedperiode	Hoge planten van vochtige bodem zijn vooral van belang in het vroege voorjaar, wanneer de vegetatie van het hooiland mogelijk nog niet hoog genoeg is.	GREEN 1996
Habitatkwaliteit	vegetatiehoogte	≥ 20 - 30 cm hoog	< 20 cm hoog		BIRGUIDES 2006
Habitatkwaliteit	Verstoring	a) weinig of geen menselijke verstoring binnen 100 m van geschikt habitat	a) herhaalde of langdurige verstoring op minder dan 100 m van geschikt habitat		MINISTERIE VAN LNV 2008
		b) maaien van hooiland uitstellen tot na het broedseizoen, d.w.z. tot na augustus	b) maaien tijdens het broedseizoen (begin mei – eind augustus)		BIRGUIDES 2006

Birdguides LTD (2006). Birds of the Western Palearctic Interactive 2.0. Skylark Associates Ltd.
 Green RE (1996). Factors affecting the population density of the Corncrake in Britain and Ireland. Journal of Applied Ecology 33: 237-248.
 Ministerie van LNV, Directie Kennis (2008). Natura 2000 profielendocument – Kwartelkoning. Digitale publicatie op <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=profielen#vogels>
 Spanoghe G., Decler K., Anselin A., 2003. Instandhoudingsdoelstellingen voor de Europese Vogelrichtlijngebieden (SBZ-V) '2.1 Westkust', '3.2 Poldercomplex' en '3.3 Het Zwin' en de kandidaat Europese habitatgebieden (SBZ-H) 'BE2500001 (1-33) Duingebieden inclusief IJzermonding en Zwin' en 'BE2500002 (1-31) Polders'.IN.R.2003.12.Brussel.

Bijlage 2: Bodemchemische analyseresultaten voor de diepere bodemlagen



Bijlagefiguur 1: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg^{-1} op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).



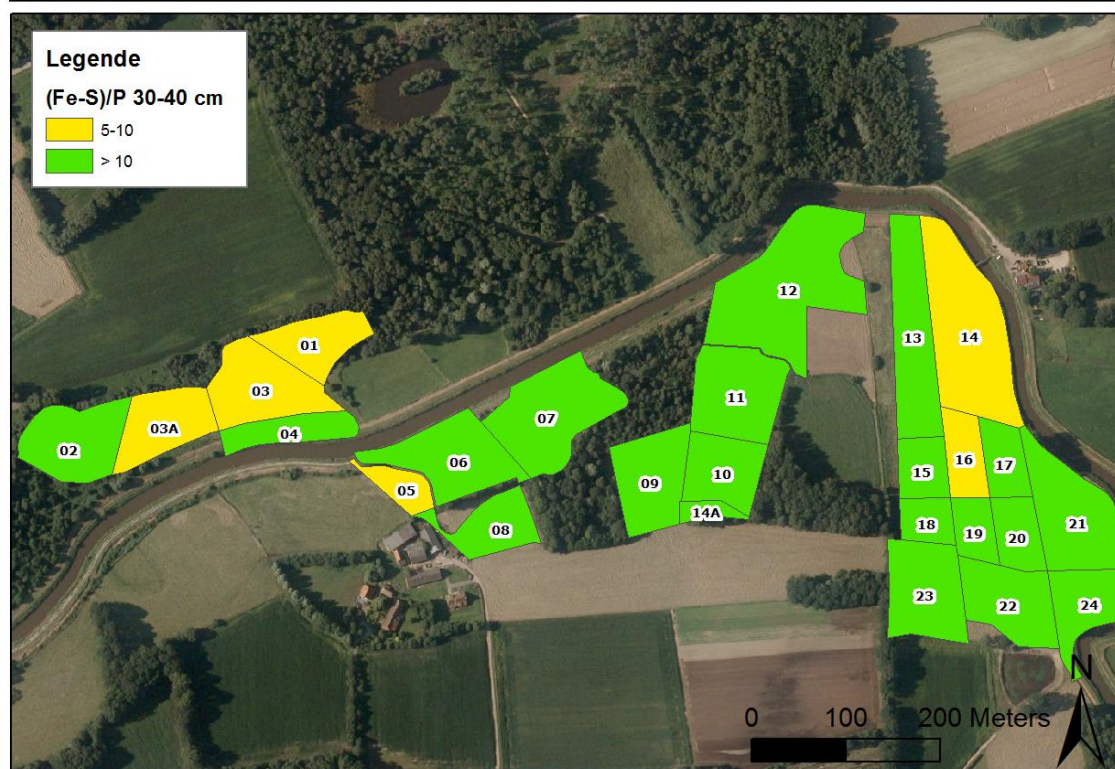
Bijlagefiguur 2: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan biobeschikbaar P (Olsen-P) in mg.kg⁻¹ op 40-50 cm diepte.



Bijlagefiguur 3: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg^{-1} op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).



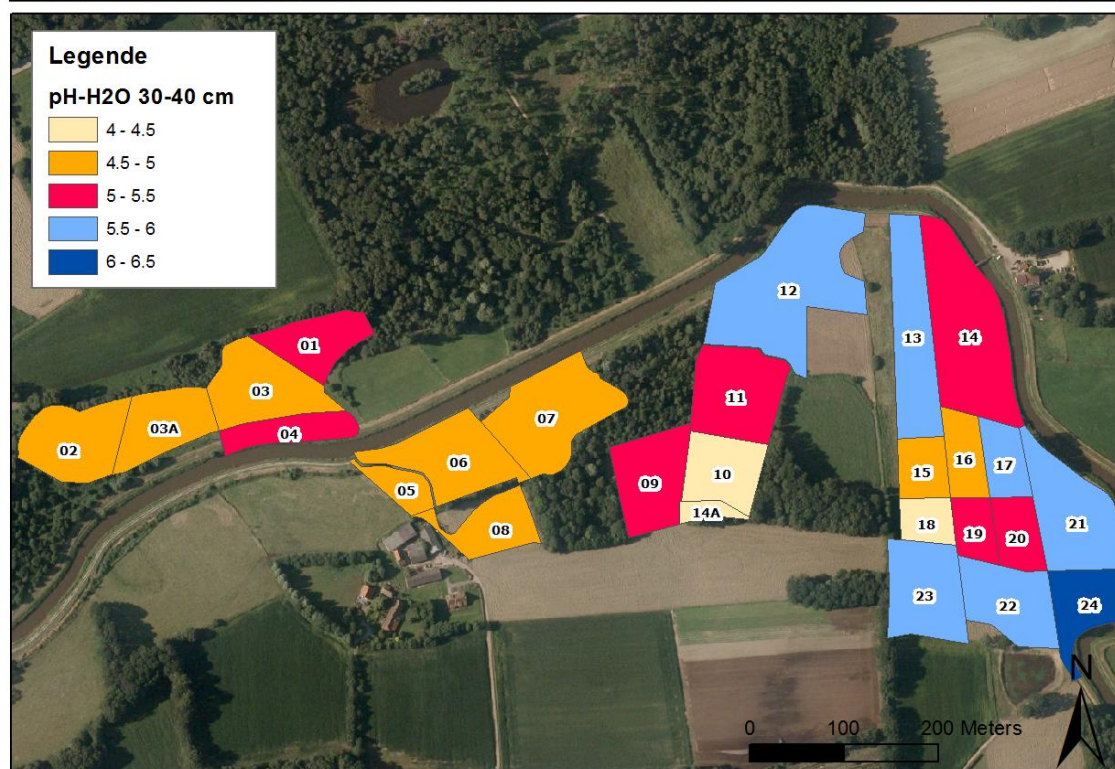
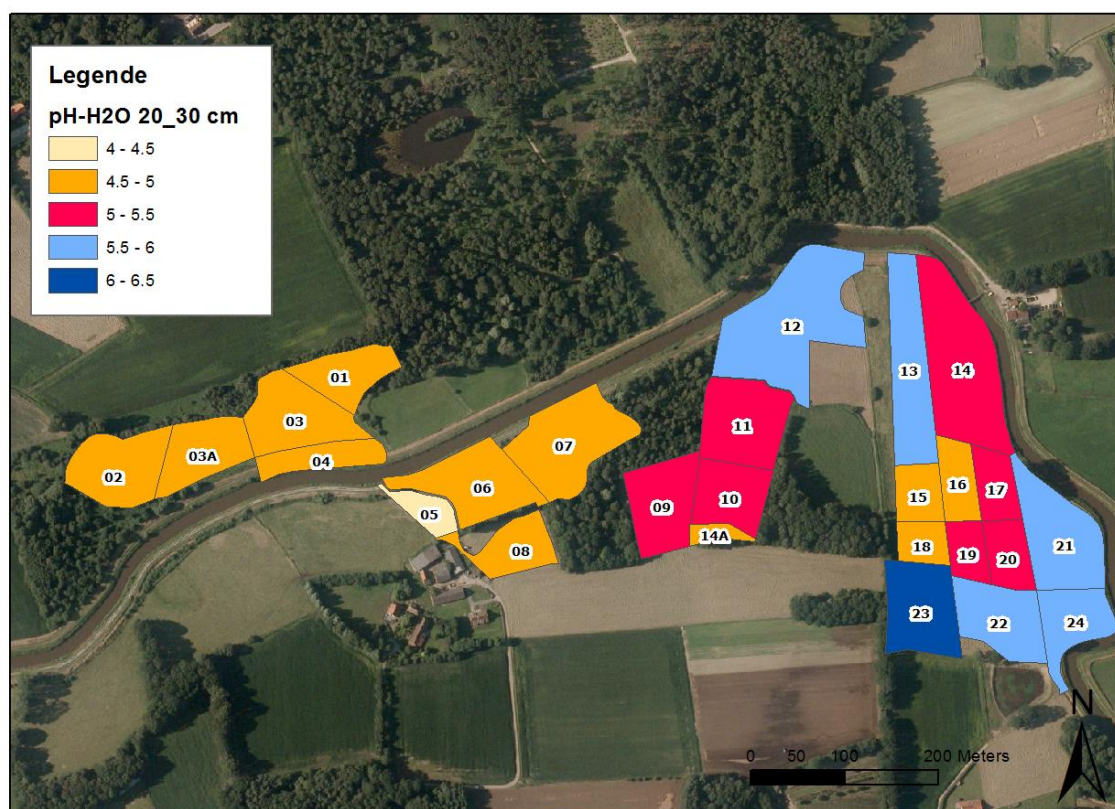
Bijlagefiguur 4: Ruimtelijke variatie van de concentratie aan totaal Fe in mg.kg^{-1} op 40-50 cm diepte.



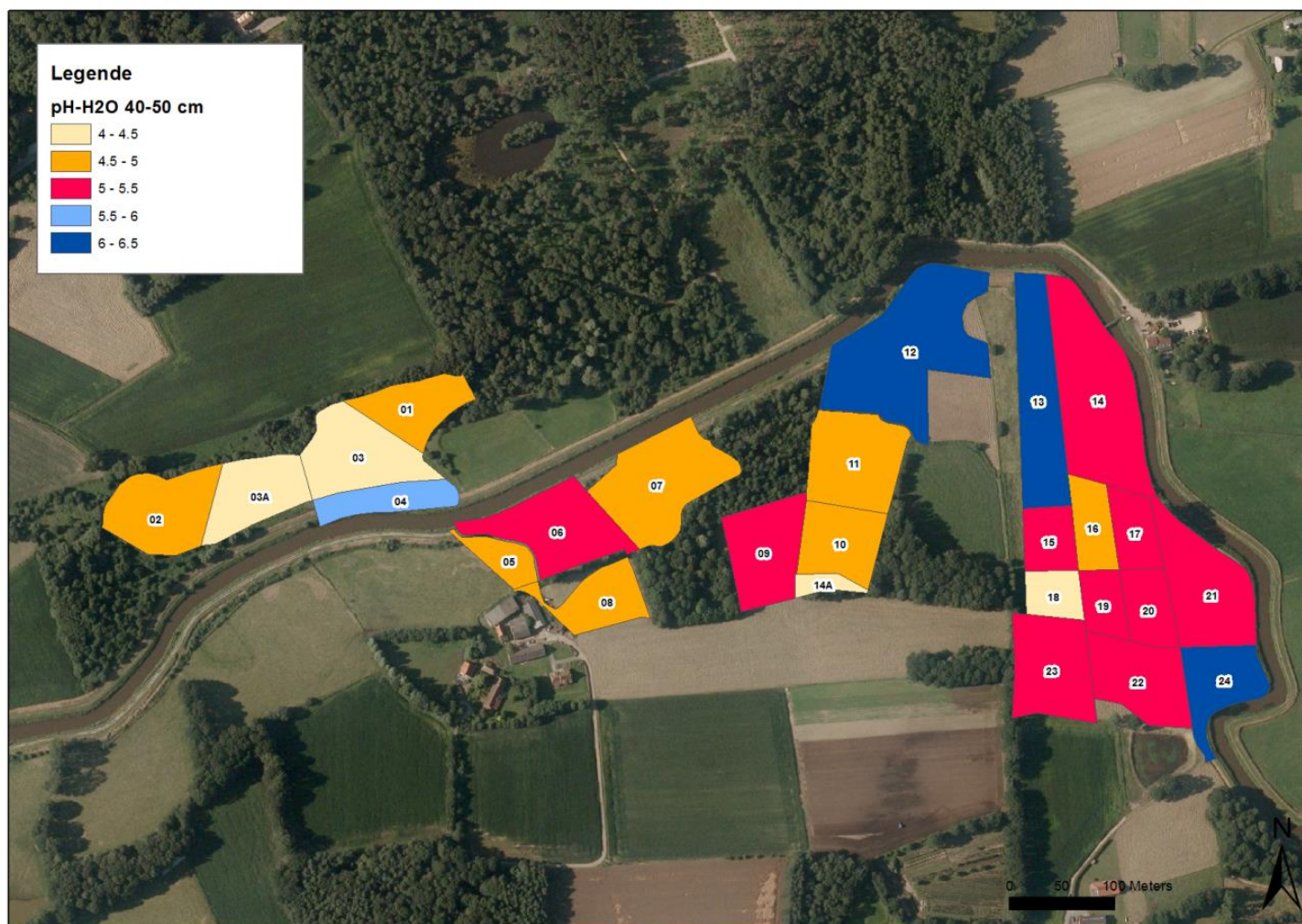
Bijlagefiguur 5: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).



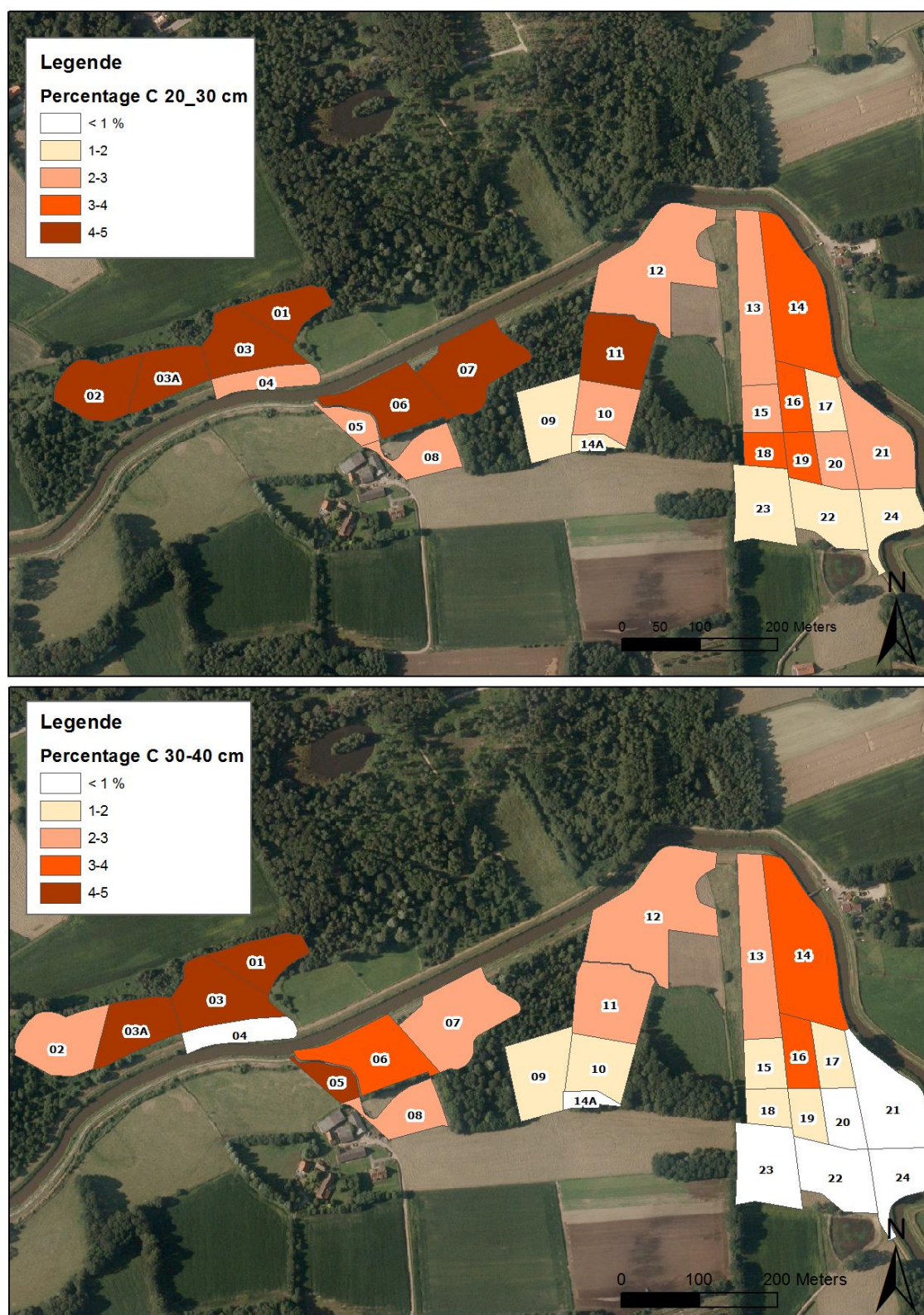
Bijlagefiguur 6: Ruimtelijke variatie van de (Fe-S)/P ratio op 40-50 cm diepte.



Bijlagefiguur 7: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H₂O) op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).



Bijlagefiguur 8: Ruimtelijke variatie van de bodemzuurtegraad (pH-H₂O) op 40-50 cm diepte.



Bijlagefiguur 9: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 20-30 cm diepte (boven) en 30-40 cm diepte (onder).



Bijlagefiguur 10: Ruimtelijke variatie van het percentage koolstof (C) op 40-50 cm diepte.