



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Voorkomen en bestrijden van dominantie van Pitrus in natte schraallanden

Praktijkexperiment Gees

Rolf Kemmers
Popko Bolhuis
Evert Jan Lammers
Bernard de Jong



Alterra-rapport 1620, ISSN 1566-7197



Voorkomen en bestrijden van dominantie van Pitrus in natte schraallanden

In opdracht van het Bestuur Beleidsondersteunend Onderzoek (BO-)cluster Ecologische Hoofdstructuur van het Ministerie LNV, uitgevoerd binnen het thema abiotische randvoorwaarden

Voorkomen en bestrijden van Pitrus-dominantie in natte schraallanden

Praktijkexperiment Gees

**Rolf Kemmers
Popko Bolhuis
Evert Jan Lammers
Bernard de Jong**

Alterra-rapport 1620

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Kemmers, R.H., P. Bolhuis, E.J. Lammers en B. de Jong, 2008. *Voorkomen en bestrijden van Pitrus-dominantie in natte schraallanden; Praktijkexperiment Gees*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1620. 61 blz.; 8 fig.; 9 tab.; 12 ref.

Doel van het onderzoek waarover dit rapport verslag uitbrengt is het verwerven van inzicht in de effectiviteit van maatregelen om ongewenste ontwikkeling van Pitrus bij natuurontwikkeling te voorkomen of te bestrijden. In het Geeserstroombied vind op grote schaal natuurontwikkeling plaats op voormalige landbouwgronden en is een meerjarig praktijkexperiment opgezet om te toetsen via welke inrichting- en beheersmaatregelen de vestiging en dominantie van Pitrus kan worden voorkomen. In dit rapport worden de opzet en uitgangspunten van het experiment beschreven. De ontwikkelingen in de bodem en de vegetatie zullen op een aantal meetpunten worden gevolgd. De productieniveaus van de vegetatie en de voedselrijkdom van de bodem in de uitgangstoestand van de verschillende percelen van het experiment worden beschreven.

Trefwoorden: Pitrus, fosfaat, transitie landbouw natuur, gewasproductie, afgraven, vernatten, uitmijnen, hooien, beweiden.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Materiaal en methoden	17
2.1 Keuze onderzoeksgebied	17
2.2 Opzet experiment	18
2.3 Selectie percelen	23
2.4 Experimenteel ontwerp	23
2.5 Te meten variabelen, parameters en frequentie	25
3 Resultaten	27
3.1 Bodemkundige uitgangstoestand	27
3.1.1 Fosfaat en ijzer	27
3.1.2 Overige voedselrijkdomparameters	30
3.1.3 Conclusies.	30
3.2 Fosfaatadsorptie	31
3.2.1 Empirische gegevens	31
3.2.2 Conclusies	33
3.3 Vegetatie	33
3.3.1 Droge stofproductie en gehalten	33
3.3.2 Pitrus	34
3.3.3 Vegetatieopnamen	36
3.3.4 Conclusies	36
Literatuur	37
Bijlage 1 Stroomgebied Geeserstream met voorgenomen maatregelen en zoekgebieden (I,II,III) voor experiment	39
Bijlage 2 Bodemkaart met ligging monsterpunten	43
Bijlage 3 Geselecteerde percelen in vernattingszone I voor praktijkexperiment	47
Bijlage 4 Schematisch overzicht van steekproefopzet	51
Bijlage 5 Coördinaten monsterpunten	53
Bijlage 6 -1 Ligging van monsterpunten.	55
Bijlage 6-2 3	59

Woord vooraf

De afgelopen jaren is in veel graslandreservaten een zodanige toename van Pitrus geconstateerd dat doelstellingen voor botanisch beheer en weidevogels niet meer kunnen worden gerealiseerd – niet op de korte, noch op de lange termijn. Het probleem doet zich vooral voor op gronden die de laatste 20 jaar zijn overgekomen uit de landbouw. Op verzoek van en in samenwerking met Staatsbosbeheer heeft het toenmalige OBN-deskundigenteam Natte schraallanden in 2003 een protocol opgesteld voor experimenten waarin beheersmaatregelen worden onderzocht op hun effectiviteit om dominantie van Pitrus terug te dringen (Kemmers et al. 2004). Dit protocol heeft in overleg met Staatsbosbeheer geleid tot de selectie van het Geeserstroombied als locatie die geschikt is voor de uitvoering van de voorgestelde experimenten op praktijkschaal.

Het voor u liggende rapport geeft een uiteenzetting over de opzet van het experiment en een verslag van de bodemkundige en vegetatiekundige Ausgangssituatie die in 2006/2007 is vastgelegd.

Samenvatting

Doel

Doel van het onderzoek waarover dit rapport verslag uitbrengt is het verwerven van inzicht in de effectiviteit van maatregelen om ongewenste ontwikkeling van Pitrus bij natuurontwikkeling te voorkomen of te bestrijden (pitrusproblematiek). In dit rapport wordt de opzet van een praktijkexperiment beschreven om te toetsen via welke beheersmaatregelen de vestiging en dominantie van Pitrus kan worden voorkomen. Tevens worden in het rapport de huidige productieniveaus van de vegetatie en de voedselrijkdom van de bodem in de verschillende percelen van het praktijkexperiment beschreven.

Praktijkexperiment

Op veel voormalige landbouwgronden met een natuurontwikkelingsdoelstelling komen zeer hoge bedekkingen van Pitrus (*Juncus effusus*) voor, waardoor doelstellingen voor weidevogelbeheer of botanisch beheer in het gedrang komen. Het probleem doet zich voor op gronden met een overmaat aan fosfaat, stikstof en sulfaat en een gebrek aan ijzer. De gronden zijn als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding vaak als inzigtgebied te typeren. Het toenmalige deskundigenteam Natte schraallanden adviseerde in 2004 het Staatsbosbeheer om op praktijkschaal een experiment op te zetten waarbij verschillende vormen van inrichting en beheer worden beoordeeld op hun effectiviteit bij de Pitrusbestrijding. Een areaal van ca. 600 ha landbouwgrond in het stroomgebied van de Geeserstream en het Loodiep ten zuidwesten van Emmen bleek aan alle randvoorwaarden voor een experiment te voldoen. Op korte termijn zouden daar inrichtingsmaatregelen als vernatting en ontgronding worden uitgevoerd, die goed aansloten bij het voorgenomen experiment. Met de resultaten van het praktijkexperiment dienen een aantal kennisvragen beantwoord te kunnen worden:

1. Onder welke omstandigheden leidt vernatting van voormalige landbouwgronden tot het vrijkomen van ongewenste hoeveelheden fosfaat?
2. Wat zijn de effecten van inrichtings- en beheersmaatregelen op de bodemvruchtbaarheid van voormalige landbouwgronden?
3. Hoe kan een ongewenste pitrusontwikkeling door te hoge fosfaatbeschikbaarheid via inrichtings- of beheersmaatregelen worden voorkomen?

Hypothese

Vermoed wordt dat Pitrus tot kieming komt op voormalige bemeste landbouwgronden met een geringe zuurbuffercapaciteit wanneer bemesting (inclusief bekalking) wordt gestopt, bodembeschadiging optreedt, vernatting plaatsvindt en de fosfaatbeschikbaarheid toeneemt. Met name door begrazing zou Pitrus tot dominantie komen. Maatregelen gericht op verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid, vergroting van de zuurbuffercapaciteit of bekalking, oppervlakkige ontwatering en een frequent maaibeheer zouden Pitrus-dominantie voorkomen. De

fosfaatbeschikbaarheid moet door de maatregelen tot onder een kritische niveau worden teruggedrongen.

Het experiment is gebaseerd op de theorie dat in zand- en veengronden de overmaat aan fosfaat wordt gebonden aan ijzer- en aluminiumoxiden. De bodem heeft een bepaalde capaciteit om fosfaat te adsorberen. Anorganisch fosfaat in een bodemvochttoplossing wordt verondersteld te worden geadsorbeerd aan ijzer- en aluminiumoxiden, waarna zich een evenwichtsreactie instelt. De ligging van het evenwicht, en dus de beschikbaarheid van fosfaat in de bodemvochttoplossing, wordt bepaald door de verhouding tussen fosfaat en ijzer- en aluminiumoxiden in de bodem: de fosfaatverzadigingsindex. Naarmate deze index lager is, neemt de beschikbaarheid af. Zowel bodemzuurgraad als vochtcondities beïnvloeden de oplosbaarheid van ijzeroxiden en daarmee de fosfaatverzadigingsindex. Via vegetatiebeheer kan fosfaat meer of minder snel aan de bodem worden onttrokken, waardoor de index eveneens kan worden beïnvloed.

Experimentele opzet

Het Geeserstroombied is rijk aan gradiënten: hoog-laag, zand-veen; mate van kwel en ijzerrijkdom van de bodem. De voorgenomen inrichtingsmaatregelen in het Geeserstroombied zijn richtinggevend geweest voor het vinden van geschikte percelen voor het praktijkexperiment. Er werden drie inrichtingszones geselecteerd die als behandeling voor het experiment werden aangehouden: I) Vernatting; II) Oppervlakkige drainage en begreppeling; III) Afgraven. De inrichtingsmaatregelen werden uitgevoerd in de periode voorjaar 2006- zomer 2007.

Binnen de inrichtingszones werden bestaande percelen ingericht voor vijf verschillende vormen van beheer: a) Maaien en afvoeren; b) Maaien en afvoeren + N- en K-bemesting (Uitmijnen); c) Maaien en afvoeren + bekalking; d) Begrazing; e) Begrazing + bekalking.

De combinatie van inrichtings- en beheersmaatregelen vormde een matrix met te onderzoeken behandelingen c.q. scenario's die naar verwachting zouden aangrijpen op de processen die de ontwikkeling van Pitrus belemmeren. Omdat niet alle vijftien scenario's uit de matrix even relevant zijn, werden in het experiment uiteindelijk negen combinaties van inrichting en beheer (scenario's) onderzocht. Een perceel werd als eenheid van behandeling genomen. Omdat een duplo opzet wetenschappelijk wenselijk, maar praktisch niet realiseerbaar was, werden de percelen in tweeën verdeeld, waardoor pseudo-replica's werden verkregen.

Om ontwikkelingen in bodem en vegetatie te kunnen volgen is een meetplan opgesteld met in de tijd gefaseerde herhaalde bemonsteringen.

Bemonstering en analyse

Binnen elke pseudo-replica werden vier waarnemingsvlakken van 20x20m via loting geselecteerd. Binnen elk waarnemingsvlak werden 5 bodemmonsters (0-10 cm-mv) gestoken en bijeengevoegd tot één mengmonster en werd op een representatieve plek de bovengrondse vegetatie over een oppervlakte van 50x50 cm geogst. Binnen elk van de drie inrichtingszones werd door loting een punt geselecteerd waar ook een

diepteprofiel van de bodem werd bemonsterd voor analyse van het fosfaatgehalte. Bemonstering van de bodem werd uitgevoerd in de voorzomer van 2006 (zones I en II) en in het voorjaar van 2007 (zone III). In het voorjaar van 2007 werd tevens een sliblaag verzameld die zich tijdens het eerste jaar na vernatting op het maaiveld had afgezet. De vegetatie werd geoogst in de zomer van 2006 ten tijde van peak standing crop. Op de bodem van de afgegraven zone III was in de zomer van 2006 nog geen vegetatie tot ontwikkeling gekomen en kon niet worden geoogst. In voorjaar 2007 werden haarden met pitrus geoogst in zone II.

Bodemmonsters werden geanalyseerd op bodemzuurgraad, gehalten organischstof, totaalstikstof en –fosfor, met oxalaat extraheerbare gehalten ijzer, aluminium en fosfaat, met water extraheerbaar fosfaat en met zoutzuur extraheerbaar kalium. De vegetatie werd geanalyseerd op gehalten droge stof, fosfor, stikstof en kalium.

Significante verschillen in uitgangstoestand

De gronden in Gees zijn over het algemeen zeer rijk aan ijzer en matig rijk aan fosfor. Daardoor komt de fosfaatverzadigingsindex nergens hoger dan 10%. Zowel binnen als tussen de inrichtingsvarianten en tussen duplo's komen belangrijke verschillen in de uitgangssituatie voor, waardoor het niet eenvoudig wordt t.z.t. conclusies te trekken uit de behandelingen. De meeste fosfaat ligt in alle percelen opgeslagen in de bovenste 30 cm van het bodemprofiel. Onder een diepte van 40 cm-mv komt nog maar nauwelijks fosfaat voor.

De bodem van de percelen van de begreppelde en venig ontwikkelde inrichtingsvariant II bevat de hoogste gehalten stikstof en fosfaat. De afgegraven inrichtingsvariant III heeft volgens verwachting de laagste gehalten stikstof en fosfaat en organische stof. De kaliumgehalten variëren sterk per perceel maar minder per inrichtingsvariant. Het in 2007 afgezette sliblaagje heeft vergelijkbare gehalten fosfaat maar hogere gehalten kalium en stikstof dan de bodem waarop het is afgezet.

Fosfaatadsorptie

Het fosfaat in de minerale gronden van Gees gedraagt zich volgens verwachting en kan worden begrepen uit een evenwichtsreactie tussen aan ijzer- en aluminiumoxiden geadsorbeerd en in het bodemvocht opgelost fosfaat. De maximale P-adsorptiecapaciteit bedraagt 24% van het gehalte ijzer- en aluminiumoxiden. In de uitgangstoestand zijn de gronden in Gees niet P-verzadigd geweest. De moerige gronden vertonen een afwijkend gedrag dat kan worden toegeschreven aan het verlies aan P-adsorptiecapaciteit door de aanwezigheid van opgelost organische stof (DOC) dat zicht aan de Fe- en Al-oxiden hecht.

Gewasproductie en beperkende factoren

In de uitgangstoestand komen tussen de inrichtingsvarianten significante verschillen voor in droge stofproductie en N-gehalte van het gewas. Verschillen in P- en K-gehalten zijn niet significant. De gemiddelde gewasproductie per perceel varieerde tussen 5,5 en 2,2 ton/ha. Ook komen significante verschillen voor tussen de verschillende beheersvarianten binnen de inrichtingsvarianten. De productie van alle percelen wordt door stikstof beperkt. In haarden met een dominante

Pitrusbegroeiing is eveneens sprake van stikstofbeperking. In bovengrondse biomassa van Pitrus komen significant hogere stikstofconcentraties voor dan in de biomassa van de vegetatie van de onderzochte percelen.

Over de ontwikkelingen in de vegetatie in de periode 2006-2008 zal in 2008 afzonderlijk worden gerapporteerd.

1 Inleiding

Doel

Doel van het onderzoek waarover dit rapport verslag uitbrengt is het verwerven van inzicht in de effectiviteit van maatregelen om ongewenste ontwikkeling van Pitrus bij natuurontwikkeling te voorkomen of te bestrijden (pitrusproblematiek).

Aanleiding

De afgelopen jaren is in de graslandreservaten van Staatsbosbeheer, maar ook van andere terreinbeheerders, een forse toename van Pitrus (*Juncus effusus*) geconstateerd. Dit leidt op veel plaatsen tot zeer hoge bedekkingen van Pitrus, waardoor doelstellingen voor weidevogelbeheer of botanisch beheer op de korte en lange termijn niet kunnen worden gerealiseerd.

Het probleem doet zich vooral voor op gronden die de laatste 20 jaar zijn overgekomen uit de landbouw en die waarschijnlijk gekenmerkt zijn door een overmaat aan fosfaat, stikstof en sulfaat en een gebrek aan ijzer. Een groot gedeelte van de gronden die te leiden hebben onder verpitruusing liggen in inzigggebieden, gebieden met zwakke kwel of voormalige kwelgebieden, die als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding zijn veranderd in inzigggebieden.

Staatsbosbeheer heeft in 2002 de voorzitter van het toenmalige OBN-deskundigenteam Natte schraallanden benaderd met de vraag of het team bereid is een voorstel op te stellen voor onderzoek naar beheersmaatregelen waarmee pitrus kan worden teruggedrongen of bestreden. Dit resulteerde in een advies van het deskundigenteam met een onderzoeksvoorstel: Voorkomen en bestrijden van Pitrus-dominantie in natte schraallanden (Kemmers et al. 2004). In dit voorstel werd gepleit om op praktijkschaal een experiment op te zetten waarbij verschillende vormen van inrichting en beheer worden beoordeeld op hun effectiviteit bij de Pitrusbestrijding.

Achtergrond

Door literatuuronderzoek naar de abiotische randvoorwaarden en de fysiologie van Pitrus en op basis van ervaringen met de effectiviteit van beheersmaatregelen is een hypothese opgesteld over het tot dominantie komen van Pitrus. Pitrus komt tot kieming op voormalige met fosfaatbelaste landbouwgronden met een geringe zuurbuffercapaciteit wanneer bemesting (inclusief bekalking) wordt gestopt, vernatting plaatsvindt en bodembeschadiging optreedt door maaien of begrazen. Wanneer op zulke gronden begrazing plaatsvindt, komt Pitrus tot dominantie, onder meer vanwege selectieve vraat van grassen. Daaruit volgt dat maatregelen gericht op verlaging van de fosfaatbeschikbaarheid, vergroting van de zuurbuffercapaciteit, oppervlakkige ontwatering, bemesting en een frequent maai-beheer zouden moeten leiden tot ongunstige omstandigheden voor Pitrus, waardoor Pitrus-dominantie op een effectieve wijze kan worden bestreden, beheerst en voorkomen. Door Smolders et al. (2007) worden kritische fosfaatgrenzen aangegeven die niet mogen worden overschreden om dominantie van Pitrus te voorkomen. Zij baseerden hun advies op

onderzoek van de bodem door middel van een P-Olsen analyse. Bij overschrijding van de kritische grens adviseren zij afgraving van de bovengrond. In de praktijk is dit lang niet altijd mogelijk en kan dit bovendien tot ongewenste neveneffecten leiden. Kemmers et al. (2007) stellen echter dat de fosfaatproblematiek een relatief probleem is en moet worden beschouwd in relatie tot het fosfaatbergend vermogen van de bodem, dat wordt bepaald door het gehalte amorfe ijzer- en aluminiumoxiden (Van Riemsdijk et al., 1984; van der Zee & van Riemsdijk, 1986) De fosfaatverzadigingsindex (PSI) geeft de verhouding aan tussen geadsorbeerd fosfaat en de hoeveelheid amorfe ijzer- en aluminiumoxiden. De beschikbaarheid van fosfaat in het bodemvocht is laag als de PSI laag is en neemt niet-lineair toe als de PSI stijgt. Met name in kwelgevoede (zand)gronden kunnen zeer hoge gehalten ijzeroxide voorkomen (Van Delft en Jansen, 2003), waardoor bij een hoog fosfaatgehalte van de bodem een lage PSI en fosfaatbeschikbaarheid kunnen voorkomen.

Aanpak

In het advies aan SBB (Kemmers et al 2004) werd ervoor gepleit een aantal regionale praktijkexperimenten op te zetten gedifferentieerd naar landschappelijke omstandigheden. Omdat de problematiek met name (maar niet uitsluitend) speelt in het pleistocene beekdallandschap werd daar primair gezocht naar een locatie. Bij voorkeur zouden daar recent of binnen afzienbare termijn inrichtingsmaatregelen voor natuurontwikkeling moeten worden genomen, zodat we daarbij konden aansluiten met het praktijkexperiment. Het experiment diende aan te sluiten bij vormen van beheer en inrichting die ook op de schaal van de reële praktijkvoering (perceelniveau) mogelijk zouden zijn. Daarom dienden op een geschikte locatie liefst meerdere vergelijkbare percelen (herhalingen) aanwezig te zijn en meerdere inrichtingsvarianten. Met de resultaten van het praktijkexperiment dienden een aantal kennisvragen beantwoord te kunnen worden:

1. Onder welke omstandigheden leidt vernatting van voormalige landbouwgronden tot ongewenste P-mobilisatie als gevolg van reductie van ijzer in de bodem, al dan niet beïnvloed door sulfaat afkomstig uit het water of de atmosfeer?
2. Wat zijn de effecten van inrichtings- en beheersmaatregelen (wel/niet afgraven, beweiden, maaien met afvoeren) op de bodemvruchtbaarheid van voormalige landbouwgronden (hoeveelheid en beschikbaarheid van fosfor, hoeveelheid stikstof en beschikbaar kalium) in relatie tot de vegetatieontwikkeling (productiviteit en samenstelling)?
3. Hoe kan een ongewenste vegetatieontwikkeling door te hoge fosfaatbeschikbaarheid via inrichtings- of beheersmaatregelen worden voorkomen of bestreden (Pitrusproblematiek).

Op initiatief van Staatsbosbeheer en in overleg met de Dienst Landelijk Gebied regio Noord werd de zoekruimte voor het experiment gericht op het stroomgebied van de Geeserstream en het Loodiep, waar een gebied van 620 ha. landbouwgrond volgens een inrichtingsplan zou worden omgevormd tot natuurontwikkelingsgebied (Hofstra 2004). Dit gebied bleek aan alle randvoorwaarden voor het experiment te voldoen. Het experiment kon aansluiten bij verschillende voorgenomen inrichtingsmaatregelen

conform het gebiedsinrichtingsplan. Dit leverde een aantrekkelijk financieel voordeel op voor het experiment.

Binnen dit stroomgebied werd gezocht naar geschikte percelen waarbij verschillende inrichtings- en beheersvarianten konden worden onderzocht op hun effectiviteit om Pitrusdominantie te voorkomen. Er werd een experiment opgezet waarbij verschillende combinaties van varianten in duplo konden worden onderzocht. Via loting binnen percelen werd een netwerk uitgezet en vastgelegd van punten waar in de tijd herhaalde opnamen van bodem en vegetatie konden worden uitgevoerd. De nultoestand van de bodemchemische en vegetatiekundige aspecten werd vastgelegd nadat de percelen waren ingericht.

Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de opzet van het praktijkexperiment en geeft de resultaten van de analyse van bodem en gewas aan het begin van het experiment (0-toestand). In hoofdstuk 2 wordt de opzet van het experiment beschreven, welke percelen zijn geselecteerd als proefvlak, welk ontwerp voor het experiment is gekozen en welke variabelen zijn gemeten om de uitgangstoestand te beschrijven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar de uitgangstoestand van bodemkundige en vegetatiekundige parameters. Eerst wordt perceelgewijs aangegeven hoeveel nutriënten (N,P,K) in de bodem aanwezig en beschikbaar zijn en wat de fosfaatbindingscapaciteit is. Speciale aandacht wordt besteed aan de fosfaat-adsorptiekenmerken van de bodem. Vervolgens wordt de productiviteit van de vegetatie in de verschillende percelen besproken en afgeleid welke voedingsstoffen beperkend zijn voor de productie. Tenslotte worden de nutriëntverhoudingen in de vegetatie vergeleken met die in haarden van Pitrus. Speciale aandacht wordt besteed aan de vergelijkbaarheid van de percelen in relatie tot de experimentele behandelingen.

2 Materiaal en methoden

2.1 Keuze onderzoeksgebied

Het stroomgebied van de Geeserstroom en het Loodiep is op praktische gronden gekozen als onderzoeksgebied voor het praktijkexperiment. Voor dit gebied is een inrichtingsplan opgesteld, waarbij ca. 620 ha landbouwgrond zal worden ingericht als natuurgebied (Hofstra, 2004.). De voorbereidingen voor het inrichtingsplan waren reeds in een ver gevorderd stadium en bij de plaatselijke beheerseenheid was een grote bereidheid aanwezig om aan het experiment mee te werken. Op landschapsschaal zouden grote delen van het stroomgebied op korte termijn vernat worden. Naar verwachting zou door deze vernatting het in de bodem geaccumuleerde fosfaat worden gemobiliseerd, waardoor eutrofiering optreedt die zich in de vegetatie zal uiten in een massale ontwikkeling van Pitus.

Gebiedskarakteristiek

Binnen het Geeserstroomgebied is een noordelijk deelgebied (Mepperhooilanden, Marsen) en een zuidelijk deelgebied te onderscheiden (Bergstukken, Roonboom, Oude maden). De deelgebieden zijn via een smal beekdal met elkaar verbonden (zie bijlage 1).

Het noordelijk deelgebied is het bovenstroomse gebied, waar de Geeserstroom haar oorsprong heeft. Dit deelgebied bestaat uit laaggelegen ijzerrijke veen- en beekerdgronden en wordt omringd door hogere podzolgronden, waarop aan de westzijde de Boswachterij Gees is gelegen (zie bijlage 2). De hogere podzolgronden van de Boswachterij Gees vormen een belangrijk brongebied van de lokale kwel die ondiep toestroomt naar het beekdal. Het noordelijk deelgebied is daardoor rijk aan gradiënten: hoog-laag, zand-veen; mate van kwel en ijzerrijkdom. In het zuidelijk deelgebied zijn in principe vergelijkbare gradiënten aanwezig, maar nemen veengronden een grotere oppervlakte in. Dit zuidelijk deelgebied is minder ijzerrijk dan het noordelijk deelgebied. In combinatie met de Boswachterij vormt het beekdal een lokaal stroomgebied.

In de eerste fase van de gebiedsinrichting (start 2005) komt het noordelijk deelgebied aan bod. De tweede fase betreft de inrichting van het zuidelijk deelgebied en begint pas later.

Gebiedsinrichting

In het Geeserstroomgebied zullen op ruime schaal sloten worden gedempt waardoor vernatting zal optreden in het beekdal (zie kaart Bijlage 1). Uniek is dat ook in de hogere delen van het stroomgebied (Boswachterij) vernattingsmaatregelen zijn genomen, waardoor naar verwachting de kwel in het bovenstroomse deelgebied plaatselijk zal toenemen. Daarnaast zullen plaatselijk gronden worden afgegraven die zijn gelegen op de gradiënt van hoge terreindelen naar een toekomstig veenmoeras en langs een te graven slenk die de 'afwatering' van het veenmoeras verzorgt. Tenslotte

is er een zone waar oppervlakkige begreppeling (slenkjes) zal plaatsvinden van veengronden aan de noordzijde van het veenmoeras. De voorgenomen inrichtingsmaatregelen in het Geeserstroombied zijn richtinggevend geweest om te zoeken naar geschikte percelen voor het onderzoek. Binnen elke zoekruimte moeten vervolgens percelen voor de verschillende beheersvarianten (zie paragraaf experimentele behandelingen a t/m e) worden gezocht. Als meest geschikte zoekruimte zijn 3 zones aangegeven (zie bijlage 1):

- I. Vernatting
- II. Oppervlakkige drainage; begreppeling
- III. Afgraven

2.2 Opzet experiment

Het beoogde praktijkexperiment is in het noordelijk deelgebied ingepast. Binnen dit deelgebied is gezocht naar geschikte percelen voor uitvoering van het experiment, waarbij effecten van inrichting en beheer op de fosfaatbeschikbaarheid en de vegetatiesamenstelling konden worden onderzocht. Daartoe zullen via een monitoringprogramma in de tijd herhaalde opnamen van de bodem en vegetatiesamenstelling worden gemaakt en vergeleken.

Uitgangspunten

De praktijkproeven zijn zoveel mogelijk geënt op de gangbare en voorgenomen locale inrichtings- en beheersmaatregelen. De proeven worden zodanig ingericht dat meer fundamenteel gericht onderzoek in tweede instantie kan worden ingebed. De opzet van het onderzoek is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Het experiment sluit aan bij het voorgenomen beheer en moet eenvoudig in de bedrijfsvoering zijn op te nemen; aangesloten wordt bij maatregelen die genomen worden in het kader van het overgangsbeheer. De motivatie is dat Pitrus in de eerste jaren na de inrichting de kop zal opsteken en in de overgangsfase onderdrukt moet worden.
- Begrazing zal een steeds belangrijkere beheersvorm worden (door politiek-economische redenen zal op grote schaal omvorming van landbouw naar natuur plaatsvinden in Nederland; budgettair zal dit areaal slechts te beheren zijn door inzet van integrale begrazing); daarom wordt begrazing ook als beheersvorm in het onderzoek meegenomen.
- De hypothese dat een overmaat aan fosfaat de sleutelfactor is voor het pitrusprobleem (zie onderzoeksprotocol dat in opdracht van SBB door het OBN-deskundigenteam Natte Schraallanden is opgesteld; Kemmers et al., 2004);
- De te onderzoeken inrichtings- en beheersmaatregelen worden verondersteld aan te grijpen op processen die de fosfaatbeschikbaarheid of gewasopname van fosfaat sturen.

Processen

Het onderzoek is gebaseerd op de theorie dat in de zand- en veengronden de overmaat aan fosfaat wordt gebonden aan ijzer- en aluminiumoxiden. De bodem

heeft een bepaalde capaciteit om fosfaat te adsorberen of fixeren. Anorganisch fosfaat in een bodemvochttoplossing (P) wordt verondersteld te worden geadsorbeerd aan ijzer- en aluminiumoxiden (S), waarna zich een evenwichtsreactie met een evenwichtsconstante K instelt volgens :



waarbij als reactievergelijking geldt:

$$[SP]/([S] \cdot [P]) = K$$

De totale adsorptiecapaciteit (St), gevormd door ijzer- en aluminiumoxiden, kan worden geschreven als:

$$St = [SP] + [S]$$

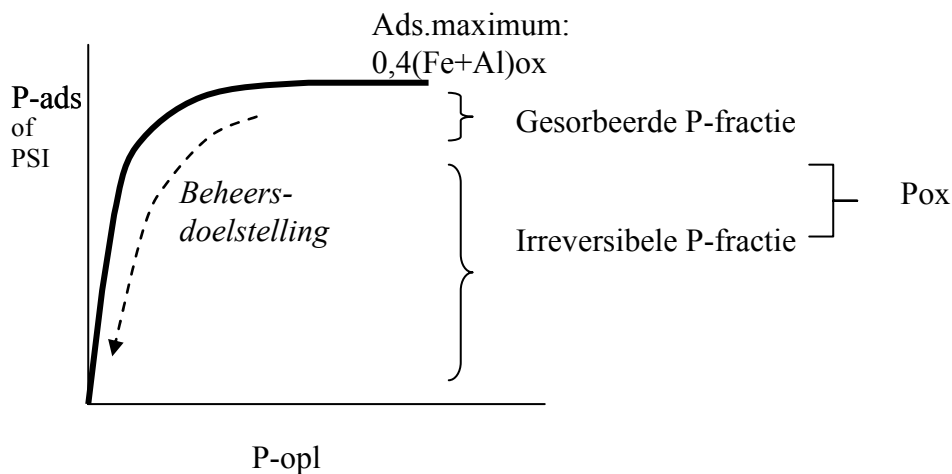
Eliminatie van S levert:

$$[SP]/ [St] \cdot = K \cdot [P]/ (1+K \cdot [P]) \quad (2)$$

Vergelijking (2) is een zgn. Langmuir-isotherm, die het evenwicht beschrijft tussen de fractie geadsorbeerd (linker term vgl. 2) en opgelost fosfaat (rechter term). Figuur 1 is een grafische weergave van de adsorptie-isotherm. De linkerterm van de vergelijking kan worden herschreven als $P_{ox}/(Al+Fe)_{ox}$ en wordt ook wel de fosfaatverzadigingsindex (PSI) genoemd (Koopmans, 2004). Het suffix *ox* heeft betrekking op de extractie van fosfaat, aluminium- en ijzeroxiden met ammoniumoxalaat (Schwertmann 1964). Deze extractiemethode ontsluit de reactieve, ook wel amorfte genoemd, ijzer- en aluminiumoxiden waaraan fosfaat kan worden geadsorbeerd. De PSI kan een maximale waarde van 0,4 à 0,5 (α) bereiken. Er is dan sprake van een adsorptiemaximum (Q_{max}) volgens:

$$Q_{max} = \alpha (Al+Fe)_{ox}$$

Het adsorptiemaximum komt ongeveer overeen met 40 à 50% van het gehalte aan ijzer- en aluminiumoxiden. De bodem is dan fosfaatverzadigd. Naarmate meer van de bindingscapaciteit is benut, zal de oplosbaarheid van fosfaat in het bodemvocht toenemen en het evenwicht van vergelijking (1) naar links verschuiven (zie ook Fig. 1). Het evenwicht wordt bepaald door de bindingssterkte. De helling van de grafiek geeft informatie over de bindingssterkte.



Figuur 1 Opgelost fosfaat is in evenwicht met geadsorbeerd fosfaat. Het evenwicht kan grafisch worden weergegeven door een niet-lineair verband dat door een zgn. Langmuir vergelijking wordt beschreven.

De Langmuir-isotherm geeft het verband weer tussen de geadsorbeerde fosfaatfractie (PSI) en opgelost fosfaat (P_{op}). Dit verband verloopt niet lineair (Figuur 1). Het horizontale deel van de isotherm wijst op fosfaatverzadigde omstandigheden, waarbij fosfaat vooral vanuit de gesorbeerde (i.e. reversibel gebonden) fase in oplossing komt en makkelijk beschikbaar is. In het verticale deel van de curve is de fosfaatconcentratie veel sterker gebufferd en verandert de concentratie nog maar langzaam: in dit deel van de curve is een langzame diffusiereactie verantwoordelijk voor het slechts moeizaam in oplossing komen van de gefixeerde (quasi-irreversibele) fosfaatfractie (Koopmans, 2004). In dit deel van de curve is de fosfaatbeschikbaarheid gering. De helling van het verticale deel van de isotherm geeft informatie over de bindingssterkte (K) van het evenwicht tussen geadsorbeerd en opgelost fosfaat.

Verwacht werd dat de fosfaatbindingscapaciteit van de voormalige landbouwgronden in het Geeserestroomgebied vrijwel geheel zal zijn benut, dat de gronden dus (vrijwel) fosfaatverzadigd zijn en dat de fosfaatbeschikbaarheid groot is. Onduidelijk is welke maatregelen het meest effectief zijn om de fosfaatbeschikbaarheid terug te dringen. Het praktijkonderzoek heeft als doel via monitoring dit proces te volgen.

Aangrijpingspunten maatregelen

Via inrichting en beheer moet gepoogd worden de fosfaatverzadigingsgraad en daarmee de fosfaatbeschikbaarheid terug te dringen. Het doel van het beheer is erop gericht zo dicht mogelijk bij de oorsprong van de grafiek uit te komen. Door de volgende inrichtingsvarianten kan de fosfaatbeschikbaarheid worden beïnvloed:

- *Vernatting*: Door vernatting wordt de bodem anaëroob. Hierdoor kunnen ijzeroxiden worden gereduceerd en in oplossing gaan, waardoor de bindingscapaciteit en/of de bindingssterkte van de bodem voor fosfaat afneemt. Hierdoor komt meer fosfaat in oplossing en voor de planten beschikbaar. Vernatting leidt dus tot fosfaatmobilisatie. In ons experiment beschouwen we deze situatie als de referentie.
- *Begreppeling*: Door begreppeling ontstaat een oppervlakkige drooglegging waardoor meer aërobe omstandigheden ontstaan. Onder deze aërobe omstandigheden worden ijzeroxiden gevormd, zodat de bindingscapaciteit voor fosfaat toeneemt en de beschikbaarheid van opgelost fosfaat voor de planten afneemt.
- *Afgraven*: Door afgraven wordt de voorraad fosfaat verminderd. Beoogd wordt af te graven tot een diepte waar nog maar weinig fosfaat geadsorbeerd is en dus de beschikbaarheid voor de plant gering is.

De fosfaatbeschikbaarheid kan ook worden beïnvloed door beheersmaatregelen:

- *Maaien en afvoeren*: Door maaien en afvoeren wordt het opgeloste fosfaat uit de bodem opgenomen, zodat de fosfaatverzadiging en –voorraad geleidelijk kan afnemen. Hoewel rijkelijk fosfaat aanwezig is, leert de ervaring dat de productie al snel beperkt kan worden door een gebrek aan stikstof en/of kalium (Kemmers et al., 2004). Hierdoor verloopt de afvoer van fosfaat steeds langzamer.

- *Uitmijnen:* Door naast maaien en afvoeren ook stikstof- en kaliumbemesting te geven blijft de productie op niveau, waardoor de uitputting van de fosfaatvoorraad in de bodem sneller verloopt (Sival en Chardon, 2004).
- *Bekalken:* Bij overgang van landbouwgrond naar natuur zal de bodemzuurgraad kunnen dalen. Door te bekalken blijft de zuurgraad op peil. IJzeroxiden lossen minder goed op naarmate de omstandigheden minder zuur zijn. Door bekalking wordt de fosfaatadsorptiecapaciteit en/of bindingssterkte dus op peil gehouden en wordt de mobilisatie van fosfaat tegengewerkt. Door deze maatregel komt minder fosfaat beschikbaar dan wanneer niet bekalkt zou worden. De maatregel werkt echter in tegen een vermindering van de fosfaatvoorraad in de bodem.
- *Begrazen:* Begrazing leidt niet of nauwelijks tot afvoer van fosfaat maar tot het in kringloop brengen ervan. Via mest en urine komt na vraat een deel van het fosfaat weer terug in de bodem. De ervaring leert dat in begraasde systemen de mobilisatie van fosfaat (beschikbaar P) wordt gestimuleerd (Kemmers et al., 2004). Begrazing zal dus nauwelijks bijdragen aan afvoer van fosfaatvoorraden, maar zorgt wel ervoor dat biomassa wordt afgevoerd.
- *Combinaties:* Door begrazing in combinatie met bekalking wordt de fosfaatmobiliteit mogelijk iets teruggedrongen, waardoor de productie weer afneemt. Begrazing in combinatie met stikstof- en kaliumbemesting leidt waarschijnlijk tot een verhoogde gewasproductie, waartoe de begrazingsdichtheid zou moeten worden vergroot om verruiging te voorkomen. Dit lijkt ons niet wenselijk vanwege de geringe draagkracht van de bodem bij vernattingsmaatregelen. Te sterke betreding leidt tot bodembeschadiging en tot gunstige omstandigheden voor pitruskieming (lichtkieming).

Experimentele behandelingen

Voor het inrichtingsgebied wordt onderscheid gemaakt tussen een overgangsbeheer en een eindbeheer. Voor grote arealen is als overgangsbeheer uitmijnen aangegeven, bedoeld als maatregel om de overmaat aan P versneld af te voeren. Voor een kleiner areaal is als overgangsbeheer alleen maaien en afvoeren aangegeven. Hoewel begrazing niet als reguliere vorm van overgangsbeheer is aangegeven, wordt deze beheersvorm wel in het praktijkonderzoek opgenomen op nadrukkelijk verzoek van SBB (zie eerder). Om ook de effecten van zuurgraad op fosfaatgedrag mee te kunnen nemen wordt voorgesteld perceelsgewijze bekalking als beheersmaatregel mee te nemen in het onderzoek. Samengevat worden de volgende beheervarianten onderzocht:

- a. Maaien en afvoeren
- b. Maaien en afvoeren + N- en K-bemesting (Uitmijnen)
- c. Maaien en afvoeren + bekalking
- d. Begrazing
- e. Begrazing + bekalking

Door combinatie van inrichtings- en beheersmaatregelen ontstaat een matrix met te onderzoeken behandelingen (scenario's, zie tabel 1). In tabel 1 is kort aangegeven op welk proces de maatregelen naar verwachting aangrijpen en in welke mate dit

bijdraagt aan de doelstelling om een schraler milieu te creëren via afvoer van P uit de bodem. Het hoeft niet te betekenen dat een scenario dat nauwelijks bijdraagt aan een verlaging van de P-verzadiging per definitie ook slecht is voor een natuurdoelstelling. Zo levert scenario IIc volgens het schema een ongunstige (-) bijdrage aan de verlaging van de P-verzadiging. Tegelijkertijd wordt door dit scenario wel de P-fixatie extra versterkt, zodat de beschikbaarheid voor het gewas geringer wordt. Uiteindelijk zal de respons van de vegetatie uitsluitend moeten geven of het scenario per saldo gunstig of ongunstig is voor de natuurdoelstellingen.

Tabel 1. Voorgestelde inrichtings- en beheersvarianten (scenario's) met verwachte effecten op fosfaatgedrag. Met + of - is de mate aangegeven waarmee het scenario naar verwachting bijdraagt aan de verlaging van de P-verzadiging (zie grafiekje 1). De + en - kunnen alleen binnen kolommen of rijen worden vergeleken.

Beheersvarianten	Inrichtingsvarianten		
	Zone I Vernatting	Zone II Begreppeling	Zone III Afgraven
a. Maaien en afvoeren	Afname P-sorptiecapaciteit P-mobilisatie Versterkte P-afvoer ++	Toename P-sorptiecapac. P-fixatie Vertraagde P-afvoer +	P-verwijdering Zeer sterke P-afvoer +++
b. Maaien en afvoeren N- en K bemesting	Afname P-sorptiecapaciteit P-mobilisatie Versterkte P-desorptie Extra sterke P-afvoer +++	Toename P-sorptiecapac. P-fixatie Versterkte P-desorptie Versterkte P-afvoer ++	Effect afhankelijk van P-rest in bodem Iets versterkte P-afvoer ? ++++ ?
c. Maaien en afvoeren + Bekalken	Minder afname P-sorptiecapaciteit Minder P-mobilisatie Minder sterke P-afvoer +	Extra toename P-sorptiecapaciteit Extra P-fixatie Extra vertraagde P-afvoer -	Effect afhankelijk van P- rest in bodem Iets versterkte P-fixatie Iets minder P-afvoer ++
d. Begrazen	Afname P-sorptiecapaciteit Versterkte P-mobilisatie P-circulatie Versterkte productiviteit --	Geen realistisch scenario	P-verwijdering Effect afhankelijk van P- rest in bodem Iets meer P-mobilisatie ??
e. Begrazen + Bekalken	Minder afname P-sorptiecapaciteit Minder P-mobilisatie P-circulatie Minder productiviteit --	Geen realistisch scenario	P-verwijdering Effect afhankelijk van P- rest in bodem Iets minder P-mobilisatie ??

Licht grijs gearceerde vlakken werden in tweede instantie als minder relevante scenario's beschouwd. Hoofddoel van afgraven is immers dat de bulk van het fosfaat verdwijnt, waarom zou je dan met kalk of N en K nog een extra marginaal effect willen forceren? Donkergrijs gearceerde vlakken zijn wellicht ook niet realistisch: een hoge investering als pluggen suggereert immers een hoge ambitie voor het natuurdoel (botanische doelstelling); bij dergelijke hoogwaardige natuur zal eerder een maaibeheer van toepassing zijn. De vakken met 'Geen realistisch scenario' hebben die kwalificatie gekregen omdat je geen hoge investering in begreppeling pleegt als je begrazing inzet als goedkope beheersvariant.

2.3 Selectie percelen

In bijlage 3 zijn de geselecteerde percelen weergegeven.

Zone I

In zoekruimte I vindt vernatting plaats door demping van greppels en sloten (maatregel NM3, zie bijlage 1). In deze zone wordt een slenk aangelegd (NM2), waardoor plaatselijk ook afgegraven gronden ontstaan. In zoekruimte I worden 2 deelgebieden aangegeven. In het noordelijke deel (I-N) worden beheersvarianten a t/m c en in het zuidelijk deel (I-Z) beheersvarianten d en e voorgesteld. In beide delen is een hoogtegradiënt aanwezig wat zich uit in een overgang van podzol- naar bekeerd- of broekeerdgronden. De aanwezige percelen verlopen in de richting van de gradiënt. In het zuidelijke deel is het aandeel hogere gronden wat groter, zodat dit iets beter geschikt is voor beweiding (draagkracht). In het zuidelijk deel zullen naast de slenk ook plaatselijk gronden worden afgegraven, zodat de combinatie begrazen en afgraven kan worden onderzocht (scenario III d en III e).

Zone II

In zoekruimte II worden ondiepe greppels aangelegd (maatregel NM4) die afwateren op de te graven laagte waar een kwelmoeras tot ontwikkeling moet komen. In deze zone liggen vooral venige en moerige percelen zonder uitgesproken hoogtegradiënt. Wel verlopen de percelen in de richting van een hoogte gradiënt. Ergens langs deze gradiënt mag door te nemen maatregelen een versterkte kwel worden verwacht. Deze zone II overstroomde vanuit het kwelmoeras in het eerste jaar na de ontgronding. In het vroege voorjaar van 2007 bleek na de overstroming een sliblaagje op het maaiveld te zijn achtergebleven.

Zone III

Deze zone is geheel gelegen in af te graven gronden (maatregel NM6, NM7). De zone loopt over een dalvormige laagte met veengronden die aan weerszijden worden begrensd door hoger gelegen bekeerd- en podzolgronden. De veengronden zullen worden afgegraven zodat een laagte met permanent open water (verlanding) ontstaat. De flanken van de laagte worden ook afgegraven (NM 7) en zullen een overgang gaan vormen naar de hogere zandgronden. In tweede instantie is om praktische redenen deze zone verlegd naar een aan de noordzijde aangrenzend deel.

2.4 Experimenteel ontwerp

Pseudo-replica's

In vrijwel alle aangegeven zoekruimtes zijn hoog-laag gradiënten aanwezig met daaraan gekoppelde hydrologische en/of bodemkundige gradiënten. De meeste percelen verlopen in de richting van deze gradiënten. Ergens langs deze gradiënten zal naar verwachting Pitrus verschijnen; we weten alleen niet waar. Daarom moet in de proefopzet met de aanwezige gradiënten zoveel mogelijk rekening worden gehouden. Tegelijkertijd moeten de verschillende scenario's (behandelingen) wel kunnen worden vergeleken, zodat er herhalingen moeten zijn en waardoor juist weer zo weinig mogelijk variatie tussen percelen is gewenst.

Doel van het onderzoek is effecten van inrichtingsvormen en beheersvormen en de mogelijke interacties daartussen te kunnen vergelijken (bv.: is begreppeling met maaien en afvoeren effectiever dan vernatting met uitmijnen?). Om dergelijke vragen te kunnen beantwoorden is een steekproefopzet nodig waarmee een variantieanalyse kan worden uitgevoerd. Dit stelt hoge eisen aan de opzet en de omvang van de steekproef:

- Ondanks de aanwezige gradiënten in de percelen kan in de experimentele opzet het best een perceel als entiteit worden beschouwd. In tweede instantie, als na verloop van tijd patronen in het perceel ontstaan, kan altijd nog op die patronen worden ingespeeld.
- Het is aan te bevelen in ieder geval twee percelen per behandeling te selecteren. De behandeling wordt dan in duplo uitgevoerd. (Formeel zouden duplo's in verschillende gebieden moeten zijn gesitueerd; praktisch was dit niet mogelijk; het zou daarom juister zijn te spreken van een proef met pseudoreplica's). Indien slechts 1 perceel wordt genomen weet je immers niet of een verschil ontstaat door behandeling of door verschillen in omgevingseigenschappen tussen de percelen. Bij een duplo opzet dienen beide percelen met de blanco te worden vergeleken. Alleen als beide behandelde percelen een effect in dezelfde richting te zien geven dan is er een sterke aanwijzing van effect van behandeling. In andere gevallen is de werkelijkheid kennelijk gecompliceerder.

Steekproef

Het is belangrijk een inschatting te kunnen maken van de benodigde omvang van de steekproef (het aantal te nemen monsters van de bodem en de vegetatie) om een verandering (in de tijd) te kunnen waarnemen. Naarmate immers meer variatie (spreiding) in een perceel aanwezig is, zullen meer waarnemingen nodig zijn om veranderingen vast te kunnen stellen. Om significante veranderingen van een variabele (bv. fosfaatgehalte) te kunnen vaststellen, is het dus van belang ervoor te zorgen dat de spreiding zo klein mogelijk is. Daartoe zijn verschillende mogelijkheden aanwezig:

- Stratificatie (naar bodemtype of volgens een ruimtelijke opdeling van het perceel)
- Keuze van een parameter waarvan je vermoedt dat hij sterk zal veranderen (zie kader).
- Nemen van bulkmonsters. Als bv. zou blijken dat een minimumsteekproefomvang van 16 monsters nodig is, dan kun je via bulken volstaan met op vier plekken een mengmonster te nemen dat uit vier submonsters bestaat.

Uiteindelijk werden per behandeling als duplo's twee parallel gelegen (deel)percelen binnen het hoofdperceel geselecteerd, zodat de gradiëntinformatie behouden bleef binnen de duplo's. Binnen elk deelperceel werd vervolgens een aselechte gestratificeerde steekproef van acht bulkmonsters genomen in april 2006. Elk bulkmonster bestond uit vier steken op de hoekpunten van een vierkant met een ribbe van 20 meter en een steek in het midden van het vierkant. Elke steek betrof de toplaag van de bodem (0 - 10 cm). Binnen elk bemonsterd vierkant werd een representatief monster van de vegetatie genomen door over een oppervlak van 50x50

cm de vegetatie ten tijde van peak standing crop af te knippen tot aan het maaiveld. In de inrichtingsvarianten Ia en Ib en III werd geen gewas geoogst omdat de betreffende percelen braak lagen omdat het oud bouwland betrof (Ia,b) of omdat de bovengrond was afgegraven (III).

In totaal hebben we negen scenario's onderscheiden (zie tabel 1) door een aantal minder realistische scenario's te schrappen. Uitgaande van een opzet met duplo's behandelingen zijn 18 percelen geselecteerd. In bijlage 4 is een schematische weergave van de steekproefopzet weergegeven.

In april 2007 werd in zone II additioneel vijf monsters verzameld van het slib dat na inundatie tijdens de winter 2006/7 was achtergebleven. Tevens werden vijf gewasmonsters genomen op plaatsen waar de vegetatie bestond uit een monocultuur van Pitrus. Biomassa van zowel spruit als wortel werd gescheiden en verzameld voor analyse.

Loting van monsterplekken.

Voor de loting werden de hoofdpercelen van elke inrichtingsvariant onderverdeeld in 3 tot 5 subpercelen, die op de luchtfoto als zodanig herkenbaar waren. Elk subperceel werd voorzien van een nummer. Via een randomize procedure (Excell: rand) werden twee subpercelen geloot. Elk geloot subperceel werd in de lengterichting in 2 gelijke delen gesplitst, die vervolgens in 6 gelijke vakken werden opgedeeld (totaal 2x6 vakken). Deze gelijke vakken werden (2x) genummerd van 1 tot 6 en vervolgens werden (2x) twee vakken geloot volgens de randomize procedure. Binnen het gelote vlak werd een vierkant met ribben van 20x20 m uitgezet waarbinnen 5 submonsters werden verzameld. De opsplitsing in het aantal genummerde vakken varieerde per inrichtingsvariant, afhankelijk van de oppervlakte. Van alle monsterlocaties (20x20 m) zijn van het middelpunt de X- en Y coördinaat met GPS ingemeten. In bijlage 5 zijn de coördinaten van de bemonsterde locaties opgenomen. In bijlage 6 zijn de monsterlocaties geplot op de bodemkaart.

Diepteprofielen

Op drie plaatsen (podzol, beekerd, veen) is een diepteprofiel bemonsterd, die inzicht geven in de diepte tot waar fosfaat is doorgedrongen in de bodem. Hiermee wordt een indicatie verkregen over de te hanteren afgravingsdiepte. Per profiel zijn van vijf dieptes monsters verzameld. Op de hoekpunten van een vierkant 20x20m en in het middelpunt werden per diepteklasse 5 subsamples verzameld die vervolgens werden gebulkt tot een mengmonster. De coördinaten van het middelpunt werden vastgelegd met een GPS.

2.5 Te meten variabelen, parameters en frequentie

Om de effecten van de scenario's te kunnen volgen zijn waarnemingen van zowel het bodem als het vegetatiecompartiment gewenst. Het gaat er immers om de fosfaatverzadiging van de bodem terug te dringen en daarmee de productie van de vegetatie te verminderen. Bij de bodemfosfaatanalyse komt het bij monitoring erop aan een parameter te kiezen die ruimtelijk niet te variabel, maar ook in de tijd niet te

onveranderlijk is. Wij denken dat de combinatie van oxalaat- en waterextraheerbaar P (zie Fig. 1) een goede keuze is. Omdat niet alleen P maar ook N en K beperkend kunnen zijn voor de productie, zou het wenselijk zijn van alle 3 elementen zowel in bodem als gewas informatie te verzamelen. Vegetatieopnamen van de monsterplekken horen daar ook bij. Aspecten van grondwater (kwantiteit en kwaliteit) vinden wij in de context van dit onderzoek minder relevant.

Vegetatie

Van de vegetatie zijn de volgende parameters bepaald:

- Vegetatieopname;
- Droge stof (productie);
- P-gehalte;
- N-, K-gehalte

Op een selectie van locaties met dichte begroeiing van Pitrus zijn in 2007 gewasmonsters van zowel wortels als spruit geoogst voor analyse. (zie bijlage 5 voor coördinaten).

Bodem

Van de bodem zijn onderstaande parameters bepaald:

- Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al
- Water extraheerbaar P (Pw-getal en Pw/v= 1:2)
- pH-KCL, Organische stof
- N-totaal, P-totaal
- K-HCl

Op een selectie van plaatsen is in het natte voorjaar 2007 op een aantal plaatsen in zone II 'slib' verzameld dat na inundatie was afgezet op het maaiveld. Zuidelijk van deze zone is een grote oppervlakte volgens plan ontgrond. Hierdoor ontstond een grote vlakte openwater in de winter 2006/2007. Vanuit dit openwater lichaam is het slib afgezet.

Frequentie van metingen

De verwachting is dat significante effecten van het beheer op bodemfosfaatparameters niet op zeer korte termijn zijn te verwachten, tenzij de meetinspanning aanzienlijk wordt opgevoerd. Naarmate de eerste herhaling van de bodemanalyses verder wordt uitgesteld wordt de kans op een meetbaar groter. Mogelijk dat de vegetatie sneller reageert met een afname in de productie.

Wij stellen de volgende herhalingsfrequentie voor (zie tabel 2).

Tabel 2: Frequentie van metingen van bodem en vegetatie

	Jaar
Vegetatieopnamen	0, 2, 4, 6
Gewasanalyse	0, 3, 6,
Bodemanalyse	0, 6,

3 Resultaten

3.1 Bodemkundige uitgangstoestand

3.1.1 Fosfaat en ijzer

Verschillen tussen inrichtingsvarianten

De resultaten van de ANOVA analyse om de 3 inrichtingszones (I,II,III) te toetsen op verschillen tussen een aantal belangrijke parameters zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 Gemiddelden van alle monsterlocaties (n=72) en per inrichtingsvariant (n=3) Significante verschillen tussen inrichtingsvarianten zijn getoetst met ANOVA via Average least square difference. I: vernat, II: begreppeld, III: afgegraven

Parameter	Dimensie	Overall	I	II	III	Vr	F _{pr}
P _{ox}	mg.kg ⁻¹	766,7	441,6 ^a	1533,2 ^b	92,9 ^c	78,56	<0,001
P-conc	mg.l ⁻¹	0,257	0,2637	0,2461	?	0,15	0,698
PSI	mol.mol ⁻¹	0,082	0,094 ^a	0,067 ^b	0,064 ^b	8,13	<0,001
Fe	mg.kg ⁻¹	18175	8140 ^a	40401 ^b	1671 ^c	84,03	<0,001
Al	mg.kg ⁻¹	897,3	632,1 ^a	1449,5 ^b	566,8 ^a	23,32	<0,001
Org. stof	g.100g ⁻¹	15,94	7,45 ^a	34,85 ^b	1,68 ^c	102,34	<0,001
pH-KCl	-	4,95	5,11 ^a	4,92 ^a	4,25 ^b	35,78	<0,001

Met uitzondering van de fosfaatconcentratie in het bodemvocht zijn er significante verschillen in de uitgangstoestand van de verschillende inrichtingszones. Het afgegraven gedeelte (III) heeft de laagste gehalten P_{ox}, Fe en organische stof. De begreppelde inrichtingsvariant (II) heeft voor vrijwel alle parameters significant hogere waarden dan de andere varianten. Variant II is zeer rijk aan ijzer en oxalaatextraheerbaar fosfaat. De P-concentratie in het bodemvocht is echter niet afwijkend van inrichtingsvariant I.

Verschillen binnen inrichtingsvarianten

Binnen de verschillende inrichtingsvarianten zullen verschillende vormen van beheer gevoerd gaan worden. Om de effecten van beheer in de toekomst goed te kunnen beoordelen is het van belang te toetsen of de verschillende beheerseenheden (i.e. percelen) binnen een inrichtingsvariant gelijk zijn. Tabel 4 geeft de resultaten van een ANOVA analyse voor inrichtingsvariant I.

Uit tabel 4 blijkt dat er voor de PSI, het ijzergehalte en het org. stofgehalte tussen de percelen sterk significante verschillen in de uitgangstoestand aanwezig zijn. De pH is voor alle percelen gelijk. Perceel e heeft significant lagere P-oxalaat gehalten en P-concentraties in het bodemvocht dan de overige percelen.

Tabel 4 Gemiddelden van alle monsterlocaties (n=40) en per beheersvorm (n=5) binnen inrichtingsvariant I
Significante verschillen tussen beheersvormen zijn getoetst met ANOVA via least square difference

Inrichtingsvariant I									
Parameter	Dimensie	All	a	b	c	d	e	V _r	F _{pr}
P _{ox}	mg.kg ⁻¹	442	479 ^a	432 ^a	502 ^a	528 ^a	268 ^b	3,61	0,014
P-conc	mg.l ⁻¹	,264	,38 ^a	,24 ^b	,21 ^b	,15 ^b	,34 ^a	3,75	0,012
PSI	mol.mol ⁻¹	,094	,126 ^a	,101 ^b	,080 ^c	,062 ^d	0,101 ^b	8,14	<0,001
Fe	mg.kg ⁻¹	8140	5311 ^a	6660 ^a	11174 _b	14206 _b	3350 ^c	12,68	<0,001
Al	mg.kg ⁻¹	632	916 ^a	518 ^b	356 ^b	539 ^b	831 ^a	2,14	0,097
Org. stof	g.100g ⁻¹	7,45	8,51 ^a	5,37 ^b	7,12 ^a	10,8 ^a	5,48 ^b	4,55	<0,005
pH-KCl	-	5,11	5,10	5,10	5,22	5,10	5,10	0,43	0,79

Tabel 5 geeft de resultaten van een ANOVA analyse voor inrichtingsvariant II.

Tabel 5 Gemiddelden van alle monsterlocaties (n=24) en per beheersvorm (n=3) binnen inrichtingsvariant II
Significante verschillen tussen beheersvormen zijn getoetst met ANOVA via least square difference

Parameter	Dimensie	Overall	a	b	c	V _r	F _{pr}
P _{ox}	mg.kg ⁻¹	1209	791 ^a	1750 ^b	1451 ^a	5,36	0,011
P-conc	mg.l ⁻¹	0,246	0,132 ^a	0,486 ^b	0,120 ^a	33,53	<0,001
PSI	mol.mol ⁻¹	0,067	0,063	0,073	0,070	0,44	0,647
Fe	mg.kg ⁻¹	31655	23881 ^a	44946 ^b	32940 ^a	2,69	0,085
Al	mg.kg ⁻¹	1259	1056	1425	1473	1,70	0,201
Org. stof	g.100g ⁻¹	27,4	21,7	36,7	28,8	1,92	0,165
pH-KCl	-	4,76	4,60 ^a	5,09 ^b	4,75 ^a	5,74	0,008

Uit tabel 5 blijkt dat er alleen voor de fosfaatconcentratie in het bodemvocht sterk significante verschillen aanwezig zijn tussen de percelen van inrichtingsvariant II. In perceel b komt een significant hogere concentratie voor dan in beide andere percelen. Ook neigt in perceel b de pH tot hogere waarden.

Binnen inrichtingsvariant III worden geen beheersvarianten onderscheiden.

Duplo percelen

Ook tussen beide duplo percelen per beheersvorm komen belangrijke verschillen voor (Tabel 6).

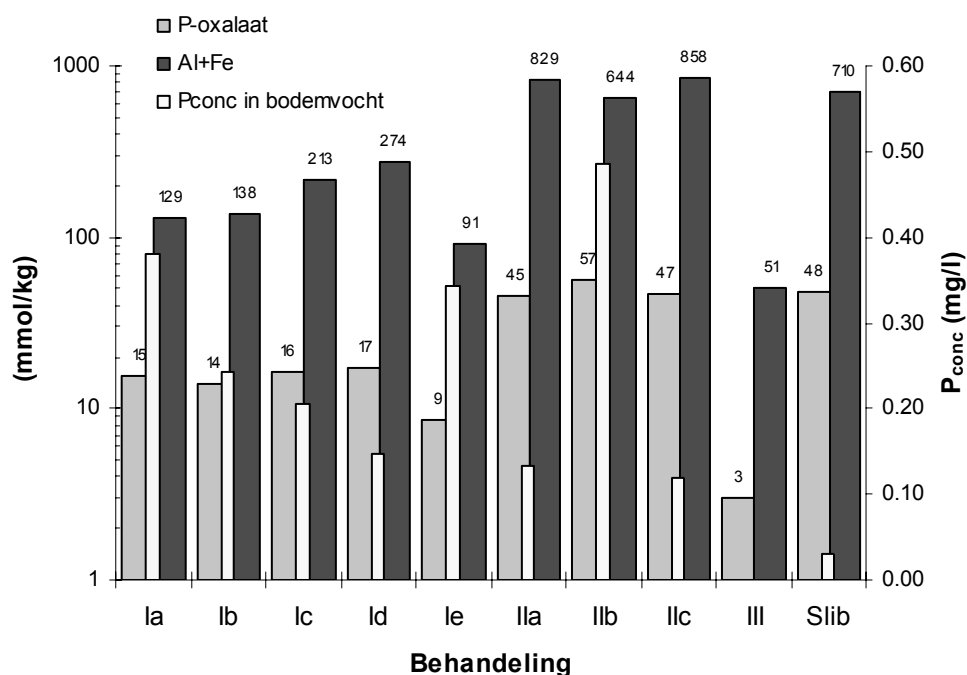
Tabel 6 Waarschijnlijkheid (F_{prob}) van significante verschillen tussen duplopercelen voor de verschillende parameters. F_{prob}<0,05 wijst op een significant verschil.

Duplo's	Parameter							
	P ₂ O ₅	Al	Fe	P	pH	H-conc	org.stof	PSI
IA1-IA2	0.07	0.06	0.04	0.43	0.02	0.08	0.37	0.01
IB1-IB2	0.61	0.09	0.06	0.46	0.25	0.28	0.56	0.65
IC1-IC2	0.35	0.06	0.01	0.06	0.05	0.11	0.07	0.07
ID1-ID2	0.17	0.99	0.93	0.30	0.35	0.61	0.89	0.16
IE1-IE2	0.15	0.02	0.02	0.39	0.22	0.17	0.26	0.09
IIA1-IIA2	0.25	0.07	0.69	0.70	0.52	0.79	0.56	0.51
IIB1-IIB2	0.39	0.10	0.10	0.92	0.04	0.08	0.02	0.10
IIC1-IIC2	0.05	0.15	0.01	0.02	0.01	0.03	0.10	0.06
IIa-IIb		0.97	0.16	0.61	0.61	0.74	0.24	

Voor de fosfaatparameters (P₂O₅, P., PSI) zijn de verschillen tussen de duplopercelen over het algemeen gering.

Overzicht

In figuur 2 is een overzicht gegeven van de belangrijkste fosfaatparameters per inrichtingsvariant en in het afgezette sliblaagje in zone II.

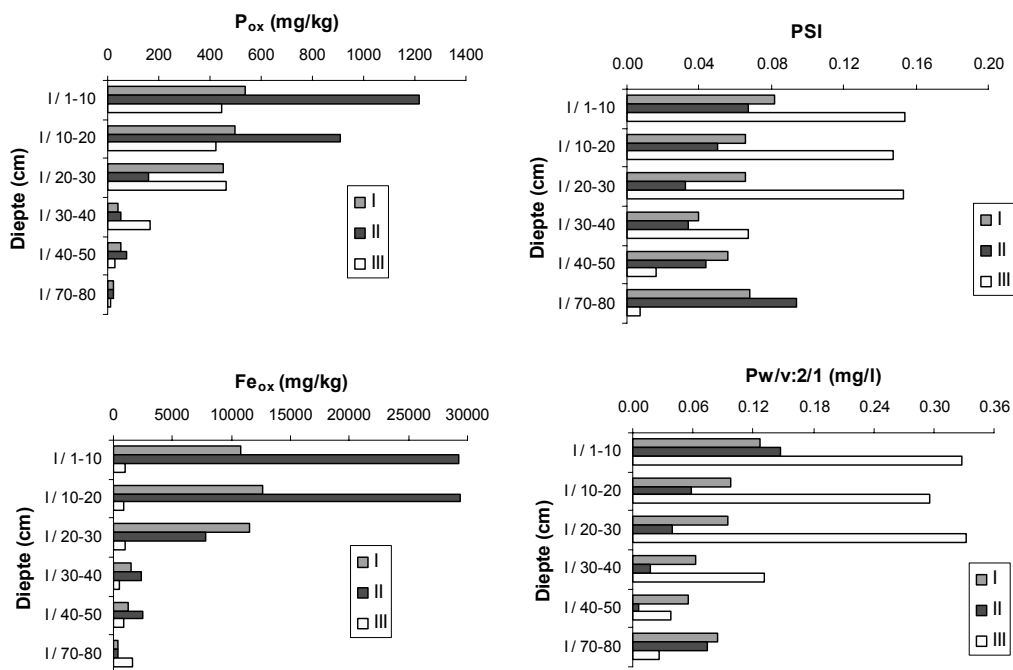


Figuur 2 De gemiddelde van de gehalten geadsorbeerd fosfaat (P-oxalaat), aluminium en ijzeroxiden (Al+Fe) en de fosfaatconcentratie in het bodemvocht (Pconc) van de verschillende behandelingsvakken. (Let op logaritmische schaal). In zone II werd tevens een sliblaagje geanalyseerd.

Uit figuur 2 kan worden afgeleid dat de samenstelling van het afgezette sliblaagje van zone II een sterke gelijkens toont met de samenstelling van de bodemlaag 0-10 cm in dezelfde zone. Alleen de P-concentratie in het slib is duidelijk lager.

Diepteprofielen

De diepte profielen werden bemonsterd voordat in zone III werd afgegraven. Uit figuur 3 blijkt dat fosfaat vooral ligt opgeslagen in de bovenste 30 cm van het profiel. De meeste fosfaat ligt opgeslagen in de bodem van inrichtingsvariant II, waarin ook de meeste ijzeroxiden voorkomen. Hoewel de hoogste absolute hoeveelheden fosfaat in variant II voorkomen, komt de hoogste fosfaatverzadigingsindex en fosfaatbeschikbaarheid (Pw/v) voor in perceel III, wat is toe te schrijven aan de relatief lage ijzergehalten.



Figuur 3 Diepteprofielen van P_{ox} , Fe_{ox} , de fosfaatverzadigingsindex (PSI) en de concentratie opgelost fosfaat in de bodemvocht oplossing (Pw/v) van de drie inrichtingsvarianten (voor ontgroning van inrichtingsvariant III.)

3.1.2 Overige voedselrijkdomparameters

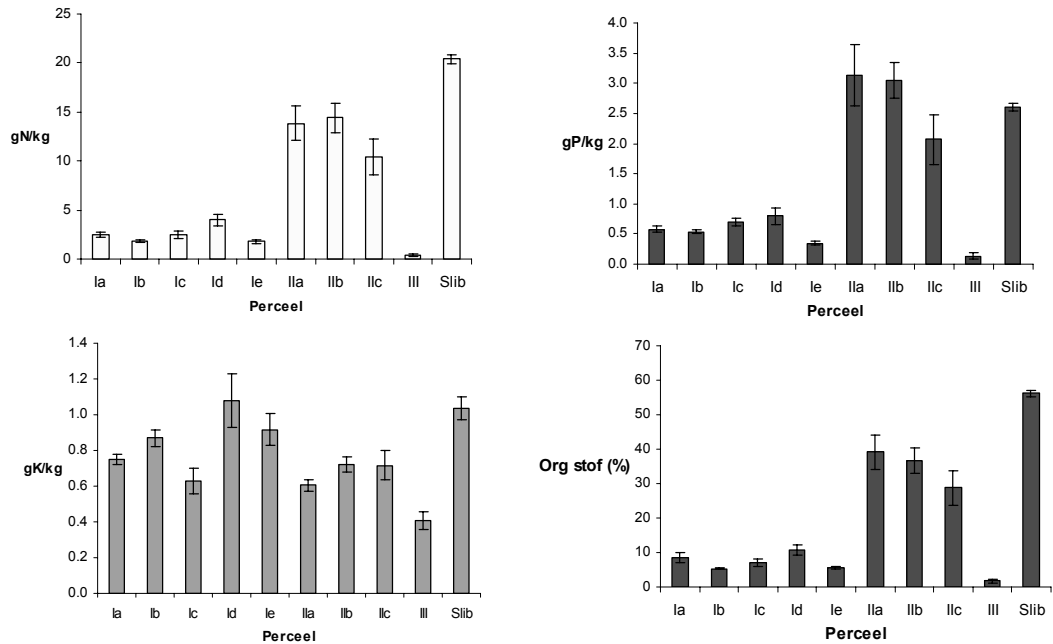
Naast een aantal fosfaatparameters zijn ook totaalgehalten van stikstof, fosfaat, kalium en organische stof in de bodem gemeten (Figuur 4).

De bodem van de percelen van de begreppelde en weinig ontwikkelde inrichtingsvariant II bevat de hoogste gehalten stikstof en fosfaat. De kaliumgehalten variëren sterk per perceel maar minder per inrichtingsvariant. De afgegraven inrichtingsvariant heeft volgens verwachting de laagste gehalten stikstof en fosfaat en organische stof. Het gehalte kalium is in vak III nog betrekkelijk hoog. Het sliblaagje in zone II heeft een hoger gehalte organische stof en is duidelijk rijker aan stikstof en kalium dan de bodemlaag 0-10 cm van dezelfde zone.

3.1.3 Conclusies.

Zowel binnen als tussen de inrichtingsvarianten en tussen duplo's komen belangrijke verschillen in de uitgangssituatie voor, waardoor het niet eenvoudig wordt t.z.t. conclusies te trekken uit de behandelingen. Een mogelijkheid om dit probleem te ondervangen is niet naar absolute verschillen maar naar relatieve verschillen te gaan kijken (effect als percentage verandering). Zie hiertoe deelrapport A1.1 (Olsthoorn, van den Berg & de Gruyter, 2006, bijlage 1). De meeste fosfaat ligt in alle percelen opgeslagen in de bovenste 30 cm van het bodemprofiel. Onder een diepte van 40 cm-mv komt nog maar nauwelijks fosfaat voor.

In de winter 2006/2007 heeft zich door overstroming een sliblaagje afgezet op het maaiveld van zone II. Dit sliblaagje heeft vergelijkbare gehalten fosfaat maar hogere gehalten kalium en stikstof dan de bodem waarop het is afgezet.

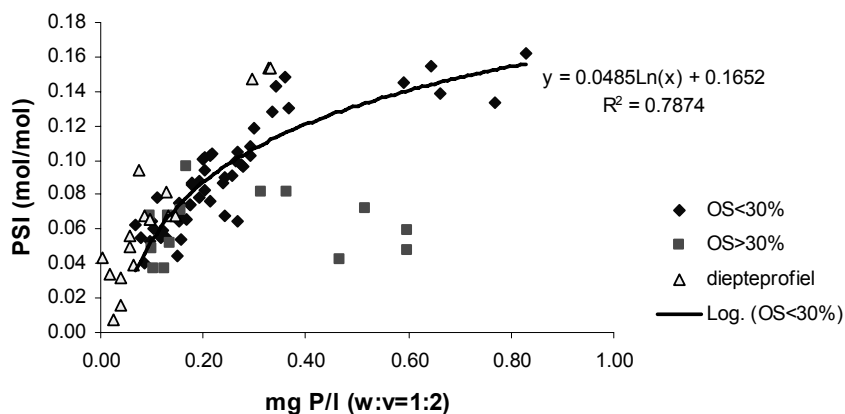


Figuur 4 Gemiddelden en standaardfouten voor de totaalgehalten stikstof, fosfaat, kalium en organische stof (0-10 cm) in de percelen van de verschillende inrichtingsvarianten en in het sliblaagje van zone II.

3.2 Fosfaatadsorptie

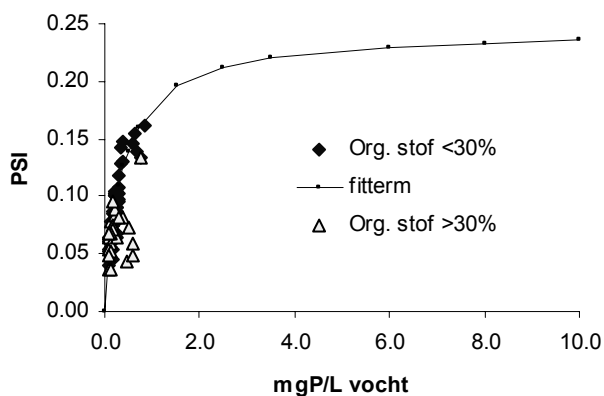
3.2.1 Empirische gegevens

In figuur 5 is het verband weergegeven tussen de fosfaatverzadigingsindex (PSI) en opgelost fosfaat in de bodemvochttoplossing. Het blijkt dat er een logaritmisch verband bestaat tussen deze beide parameters voor gronden met een organische stofgehalte < 30%. Voor moerige gronden ontbreekt deze relatie.



Figuur 5. Verband tussen de fosfaatverzadigingsindex (PSI) en opgelost fosfaat in de bodemvochttoplossing voor de onderzochte percelen met minerale (Org. stof < 30%) en moerige gronden (Org. stof > 30%)

In figuur 6 is dezelfde relatie weergegeven en zijn de punten gefit aan een Langmuir adsorptie-isotherm. Met deze isotherm wordt het evenwicht tussen geadsorbeerd en opgelost fosfaat in de bodemvochttoplossing beschreven (zie vgl 1 en 2 paragraaf 2.2). Bij deze fitprocedure wordt gecalibreerd met de adsorptieparameters, waarbij een bindingssterkte $K=82,6 \text{ l.mmol}^{-1}$ en een $\text{PSI}=0,24$ werd gevonden. De verklaarde variantie van deze adsorptie-isotherm bedraagt $r^2=84,8$; $F_{\text{prob}} < 0,001$.



Figuur 6 Gefitte adsorptie isotherm voor fosfaatgedrag in minerale gronden (org. stof < 30%).

Het blijkt dat fosfaat zich volgens theorie gedraagt en dat voor de minerale gronden in Gees een adsorptiemaximum wordt gevonden bij een fosfaatverzadigingsindex (PSI) van 24%. Hieruit kan worden afgeleid dat de gronden in het gebied van de Geeserstream niet fosfaatverzadigd zijn geweest. De empirisch gevonden bindingssterkte komt goed overeen met de bindingssterkte die werd gevonden tijdens laboratoriumexperimenten na een inundatieduur van 8 à 16 etmalen (Kemmers en Nelemans, 2007). De moerige gronden lijken zich niet volgens de theorie te gedragen. In een adsorptie-experiment met venige gronden (Kemmers en Nelemans, 2007) bleken eveneens veel hogere fosfaatconcentraties in het bodemvocht voor te komen dan op grond van de fosfaatverzadigingsindex werd verwacht. Dit afwijkend gedrag moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan het verlies aan P-adsorptiecapaciteit door de aanwezigheid van opgelost organische stof (DOC) dat zicht aan de Fe- en Al-oxiden hecht. Omdat het evenwicht van de adsorptiereactie (zie vgl. 1 en 2) sterk naar de vaste fase is gelegen, heeft dit afwijkend gedrag van opgelost fosfaat nauwelijks consequenties voor de maximale P-adsorptiecapaciteit.

Op basis van de gevonden adsorptieparameters is in tabel 7 de maximale fosfaatadsorptiecapaciteit (P_{max}) per inrichtingsvariant afgeleid uit de gemiddelde som van amorfe ijzer en aluminiumoxiden per vak.

Tabel 7 De hoeveelheid aluminium- en ijzeroxiden en de maximale hoeveelheid fosfaat (P_{max}) die in de bodem van de verschillende inrichtings- en beheersvarianten geadsorbeerd kan worden.

Behandel vak	Al+Fe	P _{max}	
	mmol/kg	mg/kg	mg/kg
la	129.1	31.0	959
lb	138.5	33.2	1029
lc	213.3	51.2	1585
ld	274.4	65.8	2039
le	90.8	21.8	675
IIa	829.4	199.1	6165
IIb	644.4	154.7	4790
IIc	857.6	205.8	6375
III	50.9	12.2	379

3.2.2 Conclusies

Het fosfaatgedrag in de minerale gronden van Gees kan worden begrepen uit een evenwichtsreactie tussen aan ijzer- en aluminiumoxiden geadsorbeerd en in het bodemvocht opgelost fosfaat. De maximale P-adsorptiecapaciteit bedraagt 24% van het gehalte ijzer- en aluminiumoxiden. In de uitgangstoestand zijn de gronden in Gees niet P-verzadigd geweest. De moerige gronden vertonen een afwijkend gedrag dat kan worden toegeschreven aan het verlies aan P-adsorptiecapaciteit door de aanwezigheid van opgelost organische stof (DOC) dat zicht aan de Fe- en Al-oxiden hecht.

3.3 Vegetatie

3.3.1 Droge stofproductie en gehalten

Per perceel zijn in 2006 acht gewasmonsters verzameld. Elk perceel bestond uit twee subpercelen (duplo's). Tabel 8 geeft gemiddelden en significanties voor verschillen tussen de inrichtingszones I en II. In zone I (te vernatten) is de droge stofproductie hoger, maar het stikstofgehalte van het gewas lager dan in de te begreppelen zone II.

Tabel 8 Gemiddelde waarden van gewasparameters van alle percelen (Overall), van de zones I en II en significantie van verschillen tussen zone I en II. Significant: $0,01 < F_{prob} < 0,05$; sterk significant $F_{prob} < 0,001$.

Parameter	Dimensie	Overall	I	II	vr	F _{prob}
Droge stof	g.m ⁻²	382	546	219	25.85	<0.001
N-gehalte	g.kg ⁻¹	11.46	9.67	13.25	27.52	<0.001
P-gehalte	g.kg ⁻¹	2.033	1.183	2.234	8.43	0.006
K-gehalte	g.kg ⁻¹	11.74	13.06	10.42	3.44	0.07
N/P	g.g ⁻¹	5.77	5.32	6.22	4.98	0.03
N/K	g.g ⁻¹	2.033	1.183	2.23	8.43	0.006
K/P	g.g ⁻¹	6.20	7.15	5.25	4.72	0.035

In tabel 9 zijn de gemiddelden van de gewasparameters van de verschillende percelen per zone weergegeven. In zone I heeft alleen perceel e een sterk significant hogere droge stofproductie dan de beide andere percelen. Verder is het kaliumgehalte en de K/P verhouding van het gewas van perceel e significant lager dan in dat van beide

andere percelen. Binnen zone II is het fosfaatgehalte van het gewas van perceel b hogere en de N/P verhouding lager dan in dat van beide andere percelen. Evenzo is van perceel c het kaliumgehalte en de P/K verhouding significant hoger dan in dat van beide andere percelen.

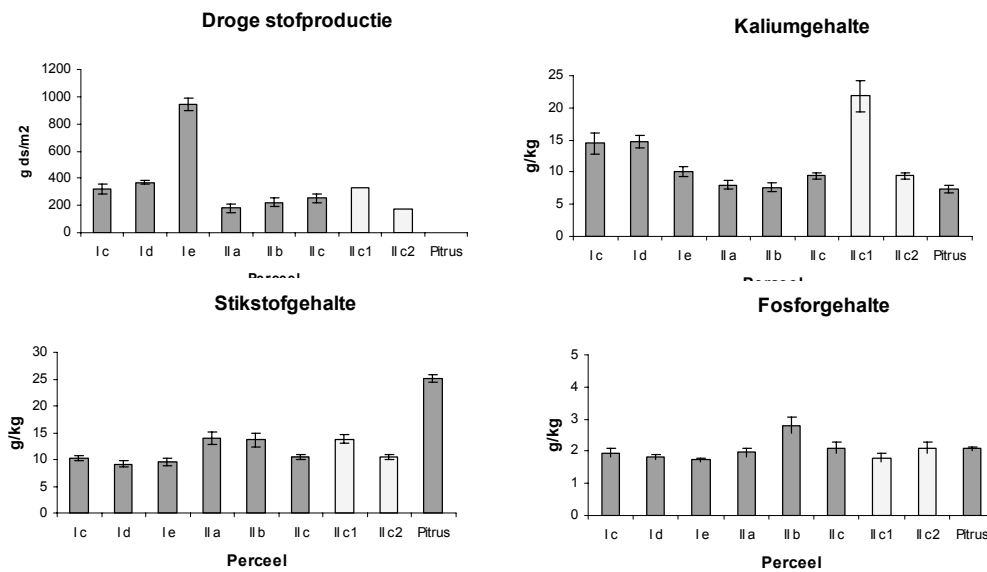
Tenslotte zijn de duplo's getest op verschillen. Het blijkt dat alleen de subpercelen van perceel IIc (IIC1 en IIC2) een significant verschil in droge stof-, stikstof- en kaliumproductie per m² vertonen.

Tabel 9 Gemiddelde waarden van gewasparameters van alle percelen binnen de zones I resp. II en significantie van verschillen tussen de percelen in zone I resp. II.

Parameter	Dimensie	Overall	c	d	e	vr	F _{prob}
Zone I							
Droge stof	g.m ⁻²	546	323 ^a	370 ^a	944 ^b	107.8	<0.001
N-gehalte	g.kg ⁻¹	9.67	10.31	9.11	9.58	1.13	0.341
P-gehalte	g.kg ⁻¹	1.832	1.953	1.815	1.727	1.72	0.24
K-gehalte	g.kg ⁻¹	13.06	14.44 ^a	14.69 ^a	10.05 ^b	5.07	0.016
N/P	g.g ⁻¹	5.32	5.43	5.00	5.54	0.78	0.470
N/K	g.g ⁻¹	1.83	1.95	1.82	1.73	1.72	0.204
K/P	g.g ⁻¹	7.15	7.50 ^a	8.07 ^a	5.87 ^b	3.96	0.035
Zone II							
		Overall	a	b	c		
Droge stof	g.m ⁻²	219	180 ^a	223 ^b	252 ^b	1.37	0.276
N-gehalte	g.kg ⁻¹	13.25	13.96	13.66	12.15	0.87	0.434
P-gehalte	g.kg ⁻¹	2.23	1.96 ^a	2.80 ^b	1.95 ^a	7.44	0.004
K-gehalte	g.kg ⁻¹	10.42	7.98 ^a	7.64 ^a	15.65 ^b	7.66	0.003
N/P	g.g ⁻¹	6.22	7.29 ^a	4.92 ^b	6.44 ^b	5.17	0.0015
N/K	g.g ⁻¹	2.23	1.96 ^a	2.80 ^b	1.95 ^a	7.44	0.004
P/K	g.g ⁻¹	5.25	4.15 ^a	2.95 ^a	8.65 ^b	7.49	0.004

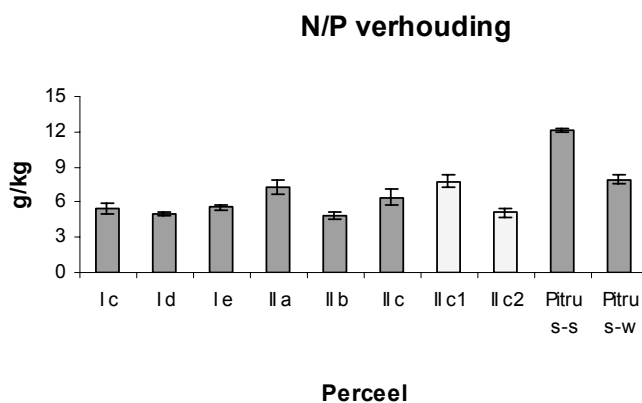
3.3.2 Pitrus

In figuur 7 is een schematisch overzicht gegeven van de waarde van een aantal gewasparameters van de percelen en van de pitrusvegetatie. In 2007 werden van willekeurige pollen Pitrus in perceel II de massa van spruit en de wortel verzameld. Het stikstofgehalte van Pitrus is sterk significant hoger dan in de vegetatie van alle percelen.



Figuur 7 Overzicht van de waarden (met standaardfout) van gewasparameters van de verschillende percelen in de uitgangstoestand.

In figuur 8 is de N/P verhouding gegeven van het gewas van de verschillende percelen en van de Pitrusvegetatie, opgesplitst naar wortel en spruit. De N/P verhouding is in alle percelen lager dan 14,5 wat wijst op N-bepaalde omstandigheden. Ook de Pitrusvegetatie wijst op een N-gelimiteerde productie. Wel is de N/P verhouding van Pitrus significant groter dan van het gewas op alle andere percelen. Ook heeft de spruit van Pitrus een significant hogere N/P verhouding dan de wortel.



Figuur 8 De verhouding van stikstof en fosfor in de biomassa van het gewas op de percelen en in de spruit (s) en de wortel (w) van Pitrusbegravingen

3.3.3 Vegetatieopnamen

In 2006 is door Staatsbosbeheer een begin gemaakt met vegetatieopnamen in de geselecteerde bemonsteringsvlakken. De vegetatieopnamen worden jaarlijks herhaald. De opnamen worden o.a. opgeslagen in het projectarchief van Alterra. In 2008 is voorzien in een analyse van de vegetatieontwikkeling gedurende de eerste drie jaren na de start van het experiment. Hierover zal afzonderlijk worden gerapporteerd.

3.3.4 Conclusies

In de uitgangstoestand komen tussen de inrichtingsvarianten significante verschillen voor in gewaseigenschappen. Ook binnen de inrichtingsvarianten komen significante verschillen voor tussen de verschillende beheersvarianten. Slechts binnen één beheersvariant komen verschillen tussen duplo percelen voor. Bij de interpretatie van de resultaten van herhaalde bemonstering moet met deze verschillen in uitgangstoestand rekening worden gehouden om effecten van behandelingen te kunnen vaststellen.

De productie van alle percelen wordt door stikstof beperkt. In haarden met een dominante Pitrusbegroeiing is eveneens sprake van stikstofbeperking. In bovengrondse biomassa van Pitrus komen significant hogere stikstofconcentraties voor dan in de biomassa van de vegetatie van de onderzochte percelen.

Literatuur

Delft, S.P.J. van en P.C. Jansen, 2003. Randvoorwaarden natuurontwikkeling Onderlaatsse Laak; Bodemkundige en hydrologische kansen en beperkingen voor de realisatie van natuurdoelen. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 799.

Hofstra, R., 2004. Inrichtingsplan Geeserstream; Inrichting van de natuurgebieden en verbindingszones in het stroomgebied van de geeserstream. Assen. Dienst Landelijk Gebied

Kemmers, R.H., B. Beltman, A.P. Grootjans, A.J.M. Jansen, G. Kooijman & P.C. Schipper, 2003. Voorkomen en bestrijden van Pitrus-dominantie in natte schraallanden; Onderzoeksvoorstel Deskundigenteam Natte Schraallanden Overlevingsplan Bos en Natuur. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 897.

Kemmers Rolf, Loek Kuiters, Bas van Delft, Pieter A. Slim, Jan P. Bakker en Yzaak de Vries, 2004. Haalbaarheid natuurdoelen op fosfaatverrijkte gronden; Dertig jaar natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1040.

Kemmers, R.H. en J. Nelemans, 2007. Vergroting van de fosfaatadsorptiecapaciteit en afname van de chemische beschikbaarheid van fosfaat in gronden door wisselvochtigheid; Resultaten van desorptie- en adsorptie-experimenten met zand-, klei- en veengrond. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1546

Koopmans, G.F., 2004. Characterization, desorption, and mining of phosphorus in noncalcareous sandy soils. Wageningen. Wageningen University. PhD-thesis

Olsthoorn, A.F.M., C.A. van den Berg & J.J. de Gruijter; Evaluatie van bemesting en bekalking in bossen en de ontwikkeling in onbehandelde bossen. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1337.1

Riemsdijk, Van, W.H., L.J.M. Boumans and F.A.M. de Haan, 1984. Phosphate sorption by soils, I. A diffusion-precipitation model for the reaction of phosphates with metal oxides in soil. Soil Sci. Soc.Am.J. 48, 537-540.

Schwertmann, U., 1964. Differenzierung der Eisenoxide dese Bodens durch Extraction mit Ammoniumoxalaat-Lösung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 105: 194-202

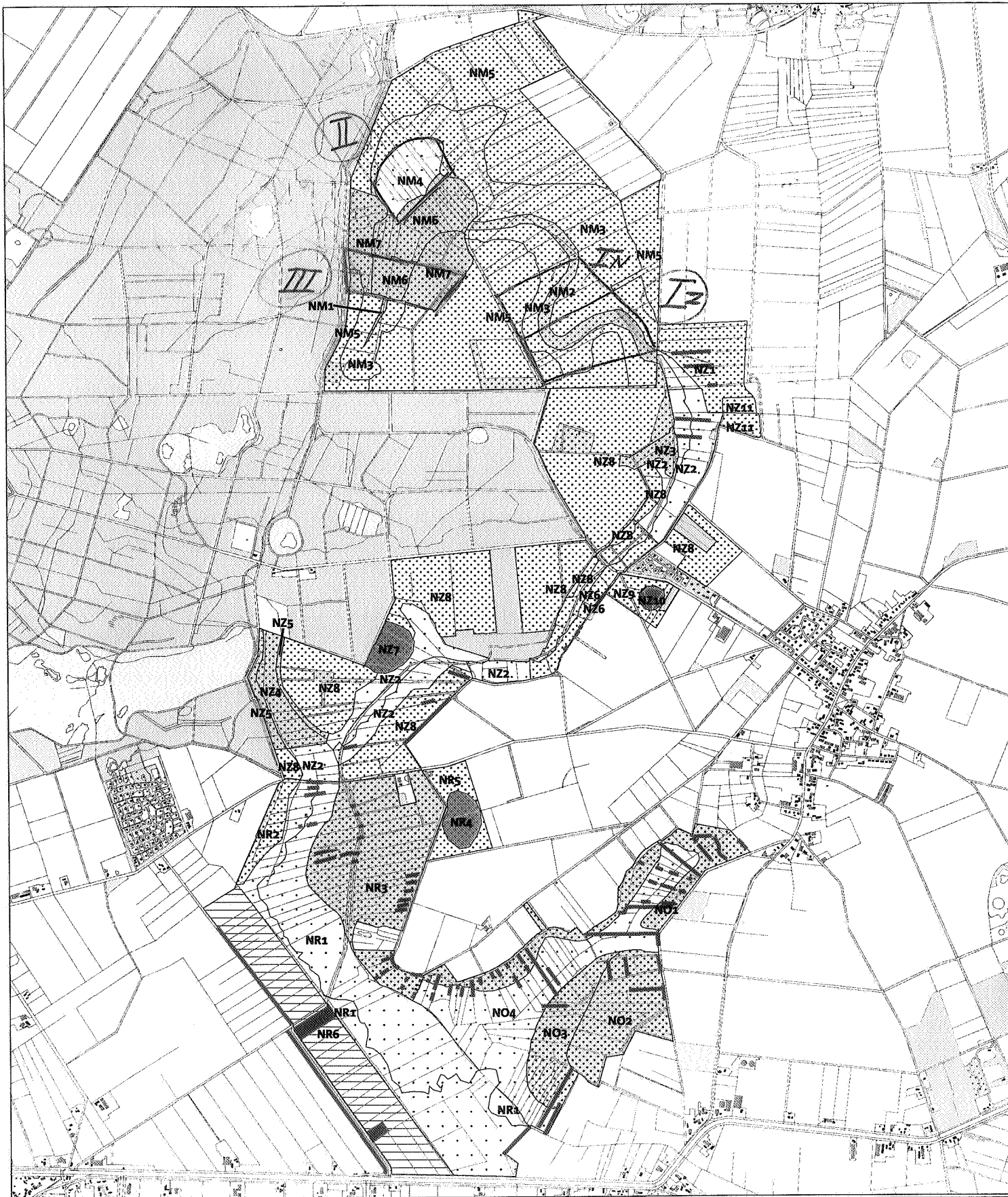
Sival, F.P. en W.J. Chardon, 2004. Natuurontwikkeling op fosfaatverzadigde gronden: fosfaatonttrekking door een gewas. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1090.

Smolders, A.J.P., Esther C.H.E.T. Lucassen, Martijn van der Aalst , Leon P.M. Lamers and J.G.M. Roelofs, 2007. Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on

former Agricultural lands with noncalcareous Sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology*.


Zee, S.E.A.T.M van der & W.H. van Riemsdijk 1986. Sorption kinetics and transport of phosphate in sandy soil. *Geoderma* 38: 293-309.

**Bijlage 1 Stroomgebied Geeserstroom met voorgenomen
maatregelen en zoekgebieden (I,II,III) voor experiment**






Figuur 26
Maatregelen natuur en landschap

0 500 1000 Meters





Dienst Landelijk Gebied Drenthe		 dienst landelijk gebied voor ontwikkeling en beheer
Naam:	Waterhuishouding Geeserstroombos	
Onderwerp:	Maatregelen natuur	
Basis:	Top10	
Archief:	T:\Martin\Mars_en_Westerstroombos\Geeserstroombos\kaart\arview\GS_overig.apr	Schaal: 1:25000 Datum: 19-02-2004

Maatregelen




Sloten

-  dempen
-  omvormen tot slenkjes
-  handhaven of opnieuw graven

Graafwerk



-  afgraven
-  afgraven over beperkte oppervlak
-  uitgraven veentje
-  verwijderen opslag en afgraven rand

Bosjes, singel en wallen

-  nieuwe singel
-  verwijderen singel
-  verwijderen bos

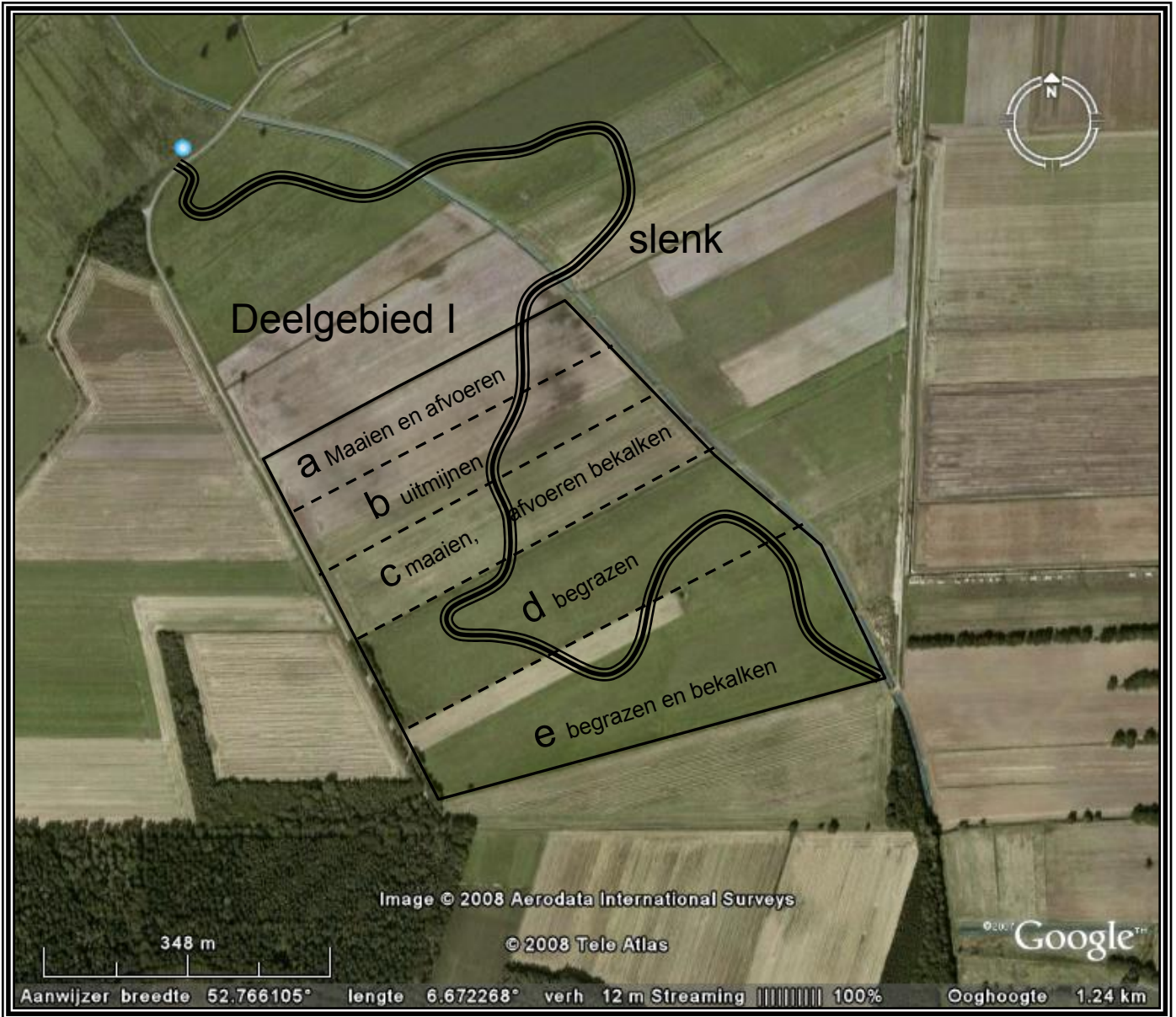
NO3 code maatregel natuur (codes landschap staan niet op kaart)

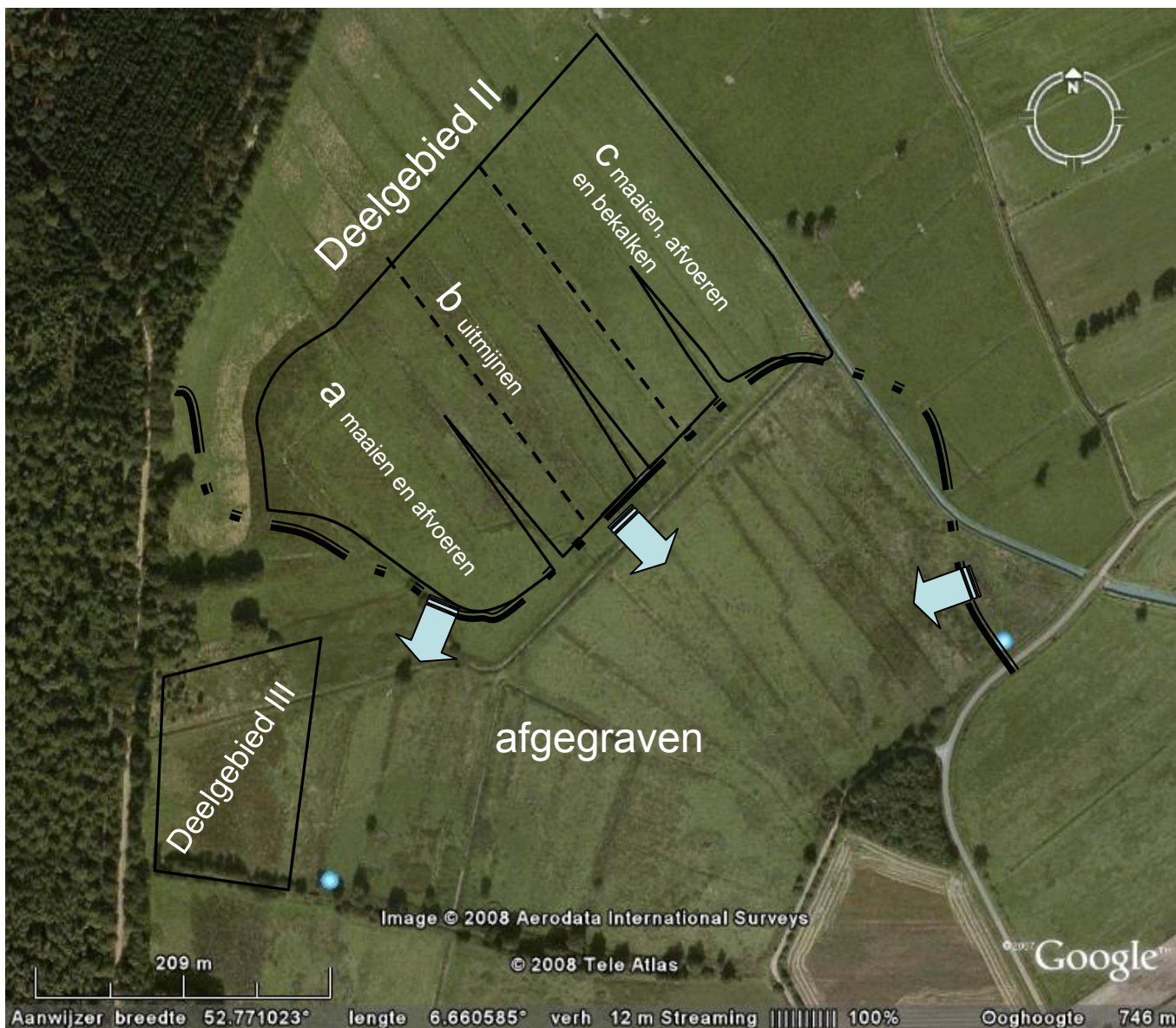
Bestaande natuur

-  bos
-  heide

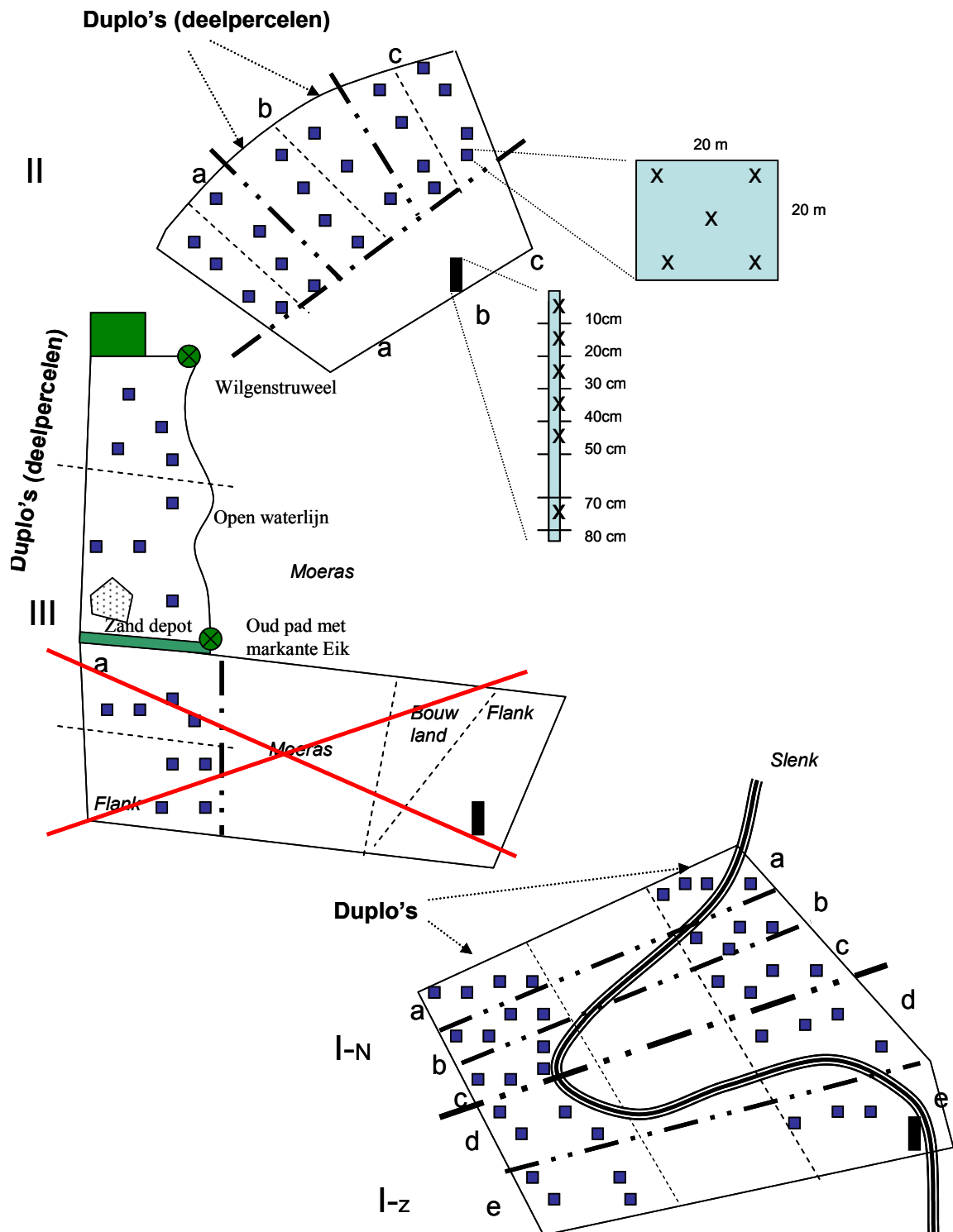
Bijlage 2 Bodemkaart met ligging monsterpunten

Bijlage 3 Geselecteerde percelen in vernattingszone I voor praktijkexperiment





Bijlage 4 Schematisch overzicht van steekproefopzet



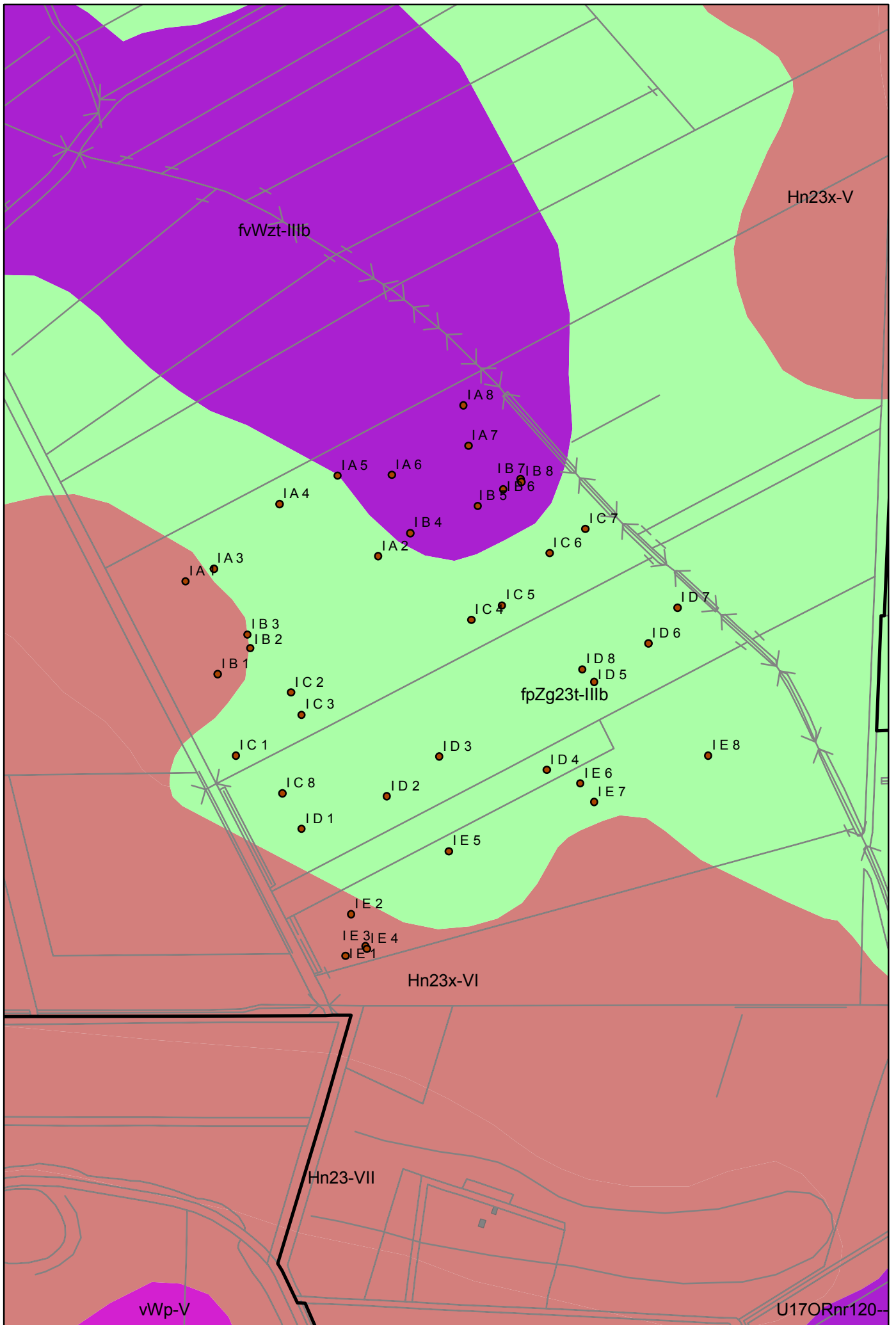
Bijlage 5 Coördinaten monsterpunten

Coördinaten Geesserstroomgebied Veld I en II nov 2005, veld III mei 2007

Locatie code	X-coor.	Y-coor.	Locatie code	X-coor	Y-coor.
I A 1	241424	531800	II A 1	240864	532298
I A 2	241623	531826	II A 2	240852	532329
I A 3	241453	531813	II A 3	240821	532366
I A 4	241521	531880	II A 4	240794	532418
I A 5	241581	531909	II A 5	240790	532342
I A 6	241637	531910	II A 6	240803	532322
I A 7	241716	531940	II A 7	240820	532268
I A 8	241711	531982	II A 8	240842	532244
I B 1	241457	531704	II B 1	240937	532361
I B 2	241491	531731	II B 2	240907	532393
I B 3	241488	531745	II B 3	240876	532433
I B 4	241656	531850	II B 4	240826	532505
I B 5	241726	531878	II B 5	240833	532452
I B 6	241752	531895	II B 6	240860	532412
I B 7	241770	531906	II B 7	240877	532387
I B 8	241771	531903	II B 8	240905	532350
I C 1	241476	531620	II C 1	241056	532466
I C 2	241533	531685	II C 2	241028	532518
I C 3	241544	531662	II C 3	241012	532535
I C 4	241719	531760	II C 4	240994	532558
I C 5	241751	531775	II C 5	240888	532537
I C 6	241800	531829	II C 6	240908	532519
I C 7	241837	531854	II C 7	240959	532441
I C 8	241524	531581	II C 8	241004	532377
I D 1	241544	531544	III 1	240676	532097
I D 2	241632	531578	III 2	240681	532114
I D 3	241686	531619	III 3	240685	532127
I D 4	241797	531605	III 4	240654	532115
I D 5	241846	531696	III 5	240696	532134
I D 6	241902	531736	III 6	240674	532150
I D 7	241932	531773	III 7	240699	532163
I D 8	241834	531709	III 8	240659	532183
I E 1	241589	531413			
I E 2	241595	531456			
I E 3	241610	531423			
I E 4	241611	531420			
I E 5	241696	531521			
I E 6	241832	531591			
I E 7	241846	531572			
I E 8	241964	531620			
			Pitrus		
			Pitr II 1	240910	532521
			Pitr II 2	240923	532513
			Pitr II 3	240926	532500
			Pitr II 4	240929	532493
			Pitr II 5	240936	532489

Bijlage 6 -1 Ligging van monsterpunten.

Groene symbolen verwijzen naar plekken waar in 2007 haarden met pitrus werden bemonsterd.



Vervolg bijlage 6, monsterpunten zone II en zone III

