

Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek

Onderzoek naar de bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van
een integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek

Opdrachtgever
Waterschap Regge en Dinkel
Almelo



Ecologisch adviesbureau
Giesen & Geurts

*'t Goor 9, 7071 PC Ulfst.
Tel. 0315-640460
Fax 640252
Mail info@giesen-geurts.nl*

Omslagfoto:

Onderzoekslocatie 5 met links van het schuurtje de bron van de Brunninkhuizerbeek.

© 2006 Giesen & Geurts, Ulft.

De inhoud van dit rapport (in het geheel of in delen) mag zonder schriftelijke toestemming van Giesen & Geurts niet door fotocopie, druk of andere middelen worden gereproduceerd (met uitzondering van de opdrachtgever).

Citaten uit dit rapport zijn alleen toegestaan met volledige bronvermelding:

Giesen & Geurts, 2006. Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Onderzoek naar de bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van een integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Giesen & Geurts, Ulft.

Inhoud

Inleiding
Woord van dank

I Terrein en probleemstelling

1	Terreinbeschrijving	1
2	Probleemstelling	2
3	Onderzoek	2

II Werkwijze en analysemethoden

1	Veldwerk	5
1.1	Bemonstering	5
1.2	Profielbeschrijving	5
2	Bodemanalyses	5
2.1	Voorbehandeling en apparatuur	5
2.2	Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al	6
2.3	Water extraheerbaar P	6
2.4	Uitwisselbaar Ca, Mg, K en Na	6
2.5	Uitwisselbaar H	7
2.6	Lactaat extraheerbaar P	7
3	Uitwerking van de wateranalyses	7

III Bespreking van de resultaten

1	Bodembeschrijving	11
2	Grondanalyses	12
3	Wateranalyses	13

IV Basentoestand

Grond- en oppervlaktewater	17
Bodem	17
De basentoestand langs de Brunninkhuizerbeek	17
Conclusie	18

V Fosfaattoestand

1	Achtergrond	21
2	De fosfaattoestand langs de Brunninkhuizerbeek	22
3	Conclusie	24
4	Waar is de P-verzadiging laag genoeg?	24

V Plagadvies en de effecten

1	Waar zou moeten worden geplagd?	27
2	Effecten van plagen	27
3	Referentielocatie	27
4	Vegetatieontwikkelingsmogelijkheden	27

Literatuur

31

Bijlagen

33

1	Analyseresultaten van de watermonsters uit het Brunninkhuizerbeekdal met enige afgeleide parameters	35
2	Profielbeschrijvingen van alle boringen	37
3	Analyseresultaten van de bodemonsters uit het Brunninkhuizerbeekdal	39
4	Kaart met waargenomen bodemtypen per onderzoekslocatie	40

Figuren

1.1	Ligging van de Brunninkhuizerbeek en de onderzoekslocaties.....	1
1.2	De zes onderzoekslocaties in april 2006.....	2
3.1	De gehalten oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en het fosfaatgehalte in het bodemvocht in de bodemmonsters, gerangschikt naar substraatype.....	12
3.2	EGV-IR diagram van de watermonsters.....	13
5.1	Het verband tussen opgelost fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex volgens een Langmuir-isotherm.....	21
5.2	Het verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex voor de monsters uit het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek.....	22
5.3	Het verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad en de fosfaatconcentratie in het bodemvocht.....	23
6.1	Onderzoekslocaties met de ligging van de boorpunten en de dikte van de A-horizont.....	28

Tabel

3.1	Gemiddelde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat in gronden uit andere terreinen met vergelijkbare substraten en van de Brunninkhuizerbeek.....	13
4.1	Gemiddelde waarden van de zuurneutralisatiecapaciteit en de calciumverzadiging van de monsters per substraatype langs de Brunninkhuizerbeek en in een vergelijkbaar gebied bij Beltrum.....	18
6.1	Gemiddelde gehalten met standaardafwijking van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen/verbonden in natuurterreinen.....	29

Inleiding

In het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek in noordoost Overijssel, is in 2006 onderzoek aan de bodem uitgevoerd. Het doel hiervan was het vaststellen van herstelmogelijkheden van vegetatie die gebonden is aan fosfaatarme omstandigheden, na het beëindigen van landbouwkundig gebruik van een groot aantal percelen in het stroomgebied. Om na te gaan of, en zo ja tot hoe diep eventueel geplagd zou moeten worden, zijn boringen verricht om o.a. de dikte van de bouwvoor te bepalen. Van een aantal profielen is de fosfaat- en basentoestand onderzocht.

In dit rapport komen aan de orde:

- ✓ Gehanteerde onderzoeksmethoden.
- ✓ Resultaten van analyses en boringen.
- ✓ Evaluatie van de resultaten.

Woord van dank

Wij danken het Waterschap Regge en Dinkel te Almelo voor het mogelijk maken van dit onderzoek en in het bijzonder Rob van Dongen voor de stimulerende begeleiding. Ook gaat onze dank uit naar Joop Vrieling, voor zijn hulp bij de boringen en profielbeschrijvingen.



Giesen & Geurts,
Ecologisch Adviesbureau,
't Goor 9,
7071 PC Uft.

Juni 2006.



I

Terrein en probleemstelling



1 Terreinbeschrijving

De zes onderzochte locaties liggen langs de Brunninkhuizerbeek ten noorden van Ootmarsum (Prov. Overijssel) dicht tegen de grens met Duitsland (fig. 1.1). De onderzoekslocaties zijn allemaal in gebruik als weiland.

Van de locaties 1, 2, 3, 5 en 6 wordt op basis van de aangetroffen vegetatie en waterhuishoudkundige toestand verwacht, dat na het treffen van maatregelen (verschalen, plaggen of afgraven) matig voedselrijke tot voedselarme vegetatie kan worden ontwikkeld. Locatie 4 is recent ingericht als natuurgebied. Het gebied is plaatselijk afgegraven en nu in gebruik als (extensief) weiland. In het perceel heeft zich plaatselijk interessante vegetatie ontwikkeld. Het perceel kan hierdoor mogelijk als referentie dienen voor de rest van het stroomgebied.

- Locatie 1: een nat Pitrusveld op een glooiing met een bronachtige situatie. Langs het perceel loopt een sloot die de bron draineert (fig. 1.2a).
- Locatie 2: een nat grasland op een glooiing met een bronachtige situatie. Het perceel wordt begrensd door een steilrand met bos en de Brunninkhuizerbeek (fig. 1.2b).
- Locatie 3: een vlak, vrij droog perceel met erlangs de diep ingesneden Brunninkhuizerbeek (fig. 1.2c).
- Locatie 4: een perceel dat door plaggen is ingericht als extensief grasland en dat beweid wordt met Schotse hooglanders. Er zijn in laagten enige kwel-/bronplekken ontstaan en de Brunninkhuizerbeek stroomt door het perceel (fig. 1.2d).
- Locatie 5: een vrij nat perceel aan de bron van de Brunninkhuizerbeek. De beek stroomt er langs (fig. 1.2e).
- Locatie 6: een vrij nat perceel dat geheel omsloten wordt door bos en een steilrand met houtopstand. Ten noorden van het perceel stroomt een beekje dat wordt gevoed door een bron in Duitsland. Ten zuiden van het perceel bevindt zich een (gegraven) afwaterings-sloot (fig. 1.2f).

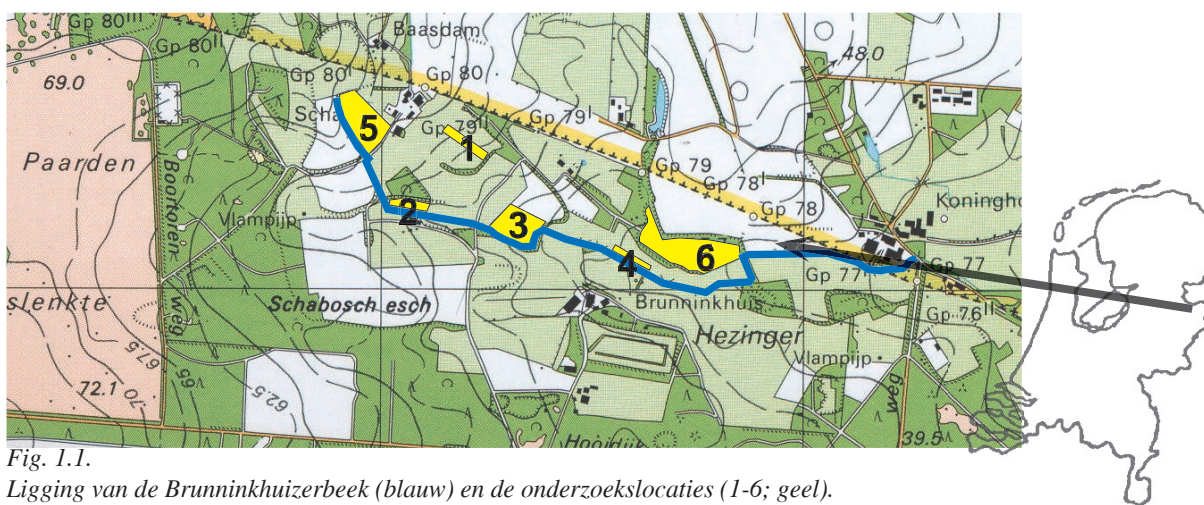


Fig. 1.1.

Ligging van de Brunninkhuizerbeek (blauw) en de onderzoekslocaties (1-6; geel).



2 Probleemstelling

In het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek wordt door bedrijfsbeëindiging een groot aantal hectares agrarische grond omgezet in natuur. Door de meestal intensief bemeste toestand van agrarische percelen is de kans op ontwikkeling van schrale vegetatie klein. Het is de bedoeling schrale omstandigheden te bereiken door het verwijderen van de grondlagen die de voedingsstoffen bevatten. Voor het inschatten van, na eventueel plaggen, te verwachten vegetatietypen is de voedingstoestand van de ondergrond van belang, maar ook de basentoestand.

Voordat eventuele plagwerkzaamheden worden uitgevoerd is onderzoek aan de fosfaat- en basentoestand van de bodem daarom wenselijk. Vooral de fosfaattoestand van de, na eventueel plaggen, dagzomende laag is van belang.

3 Onderzoek

Om inzicht te krijgen in de fosfaattoestand van de bodem in relatie tot de mogelijke ontwikkeling van voedselarme tot matig voedselarme (grond)-waterafhankelijke vegetatie, zijn op 26 plaatsen boringen uitgevoerd.

Van de aanwezige bodemtypes werden op representatieve plaatsen 18 grondmonsters verzameld, op diverse diepten nml. de A-horizont, de horizont daar direct onder en in de gereduceerde zone. In elke onderzoekslocatie werd 1 set monsters verzameld. Op locatie 4 (referentie; geplagd) werd op 3 plaatsen de bovengrond bemonsterd.

Aan elk bodemmonster werd het fosfaatgehalte in het bodemvocht, oxalaat extraheerbaar fosfaat, aluminium en ijzer, en de basen- en H-bezetting bepaald.



locatie 1



locatie 2



locatie 3



locatie 4



locatie 5



locatie 6

Fig. 1.2.

De zes onderzoekslocaties in april 2006.

Locatie 1, bron op glooiing.

Locatie 2, bron op glooiing.

Locatie 3, met rechts de ingesneden Brunninkhuizerbeek

Locatie 4, plaatselijk geplagde referentie perceel.

Locatie 5, bij de bron van de Brunninkhuizerbeek.

Locatie 6, nat perceel met links erlangs een beekje.



II

Werkwijze en analysemethoden





1 Veldwerk

1.1 Bemonstering

Bodem

Op elke onderzoekslocatie werd, door middel van een aantal boringen tot 120 cm-mv, de variatie van de bodem onderzocht. Op één voor de betreffende onderzoekslocatie representatieve plek, werd de bodem op 3 diepten bemonsterd (de A-horizont, de laag direct daaronder en de gereduceerde zone). De boringen werden uitgevoerd met een Edelmanboor.

Water

Grond- en oppervlaktewater is bemonsterd en geanalyseerd door het Waterschap Regge en Dinkel (bijlage 1).

1.2 Profielbeschrijving

De profielen werden beschreven volgens Klinka (bijlage 2). Er werd aangegeven of een horizont gereduceerd was. Met de bruistest werd het kalkgehalte geschat. Tevens werd (zo mogelijk) de grondwatertrap, de GHG, GLG, GVG en de inundatieduur bepaald

2 Bodemanalyses

2.1 Voorbehandeling en apparatuur

Aanlevering

De 18 grondmonsters zijn in goed afgesloten PE-zakken gekoeld vervoerd en op het lab gecatalogiseerd.

Drogen, malen en opslag

De grond werd zo spoedig mogelijk op schalen uitgespreid en aan de lucht gedroogd (geforceerde ventilatie bij 35°C). De droogtijd bedroeg ca. 24 uur. Nadat de grondmonsters luchtdroog waren, is een representatief deel van het monster gemalen in een kruisslagmolen (fijnheid < 0,5 mm) en gehomogeniseerd. De gemalen grondmonsters zijn opgeslagen in PE-potten bij kamertemperatuur.

Vochtgehalte

Van de luchtdroge grond is (na malen) het vochtgehalte bepaald (4 uur drogen bij 105°C). De afgewogen luchtdroge grond is op dit vochtgehalte gecorrigeerd, zodat alle in de tabellen opgegeven gehalten berekend zijn van oven-droge grond.



Afwegen t.b.v. bepalingen

Om zo homogeen mogelijke submonsters af te wegen, waaraan de bepalingen zijn uitgevoerd, werd op steeds verschillende plaatsen een klein deel van het monster genomen. Dit geeft een acceptabel representatief deelmonster.

Apparatuur

Voor het malen is een Culatti kruisslagmolen gebruikt, voorzien van zeeffjes met poriëgrootte 0,5 mm. Spectrofotometrische kleurreacties zijn gemeten met een UV/VIS DR 4000 van HACH en kationen werden met een AAS of ICP-AES bepaald.

2.2 Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al

Algemeen

Door extractie van de grond met een oxaalzuur/ammoniumoxalaatbuffer met pH=3,0 wordt het gehalte 'actief' ijzer, aluminium en P in de grond bepaald. Door deze bepaling kan de fosfaatverzadiging worden berekend, die aangeeft of de grond nog in staat is fosfaat te binden.

Methode

De afgewogen 0,500 g luchtdroge grond werd met 30 ml buffer gedurende 2 uur in het donker geschud. Daarna werd gecentrifugeerd (Houba et al, 1989). Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al werden met ICP-AES gemeten.

De meetresultaten staan in bijlage 3.

2.3 Water extraheerbaar P

Algemeen

De luchtdroge grond wordt met water geschud bij 130 s/m. De verhouding grond water bedraagt 1:2 (gewicht-volume). De gemeten concentraties blijken gerelateerd aan de fosfaatverzadiging.

Methode

De afgewogen ca. 15,000 g luchtdroge grond wordt met 30 ml water gedurende 1 uur bij 130 s/m geschud (Koopmans, 2004). Het mengsel wordt gefiltreerd over een glasfilter en in het heldere filtraat wordt $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ gemeten met de molybdaatblauw methode (Walters, 1989; Houba et al, 1989) en uitgedrukt in mg/l (in tegenstelling tot de andere waarden in mg/100g OD grond).

De meetresultaten staan in bijlage 3.

2.4 Uitwisselbaar Ca, Mg, K en Na

In een BaCl_2 - triethanolamine-extract, dat verkregen is via de Bascomb bepaling, worden uitwisselbaar calcium, magnesium, kalium en natrium bepaald. De pH van de BaCl_2 - triethanolamine buffer bedraagt 8,1.

De gebruikte methode is uitvoerig beschreven in Houba et al (1989) en Temminghoff (2000).

Calcium is met AAS (lucht-acetyleen) bepaald bij een golengte van 422,7 nm en magnesium bij 285,2 nm. Natrium is bepaald bij een golengte van 589 nm en kalium bij 766 nm.



De som van de vier kationen Ca, Mg, K en Na wordt in de literatuur TEB (Total Exchangeable Bases) of ECEC (Effective Cation Exchange Capacity) genoemd. De basenbezetting van de grond wordt berekend uit de CEC en de som van deze vier kationen. In figuren en bijlagen wordt hier CECC gebruikt als berekende CEC (som uitwisselbaar Ca, Mg, K, Na, H).

De resultaten staan in bijlage 3.

2.5 Uitwisselbaar H

De H-bezetting of uitwisselbaar waterstof (soms uitwisselbare aciditeit genoemd) die gemeten wordt, bestaat hoofdzakelijk uit 4 componenten:

- 1 H⁺ ionen, die vrij komen door hydrolyse van uitwisselbaar driewaardig aluminium.
- 2 Idem, maar van NIET uitwisselbaar aluminium.
- 3 H⁺ ionen die vrijkomen uit zwakke zuren, meestal organische stoffen.
- 4 Uitwisselbaar H⁺ (Page, 1989).

Bij een pH van de grond >5,5 zijn punt 2 en 3 het belangrijkste; bij pH <5,5 punt 1; en bij pH <4 punt 4.

De H-bezetting is bepaald in het Bascomb extract (zie paragraaf 2.4). Het extract wordt met zoutzuur getitreerd met een autotitrator tot pH=5,3 (Page, 1989). Het verschil tussen blanco en monster is het vrijgekomen H⁺.

Bij deze titratie wordt ook dissocieerbaar H⁺ (H₃O⁺), afkomstig van zwakke zuren (humuszuren) meebepaald. Bij aanwezigheid van kleimineralen zouden deze H⁺-ionen worden gebonden en komt aluminium vrij (Scheffer & Schachtschabel, 1989).

De resultaten van de bepalingen staan in bijlage 3.

2.6 Lactaat extraheerbaar P

Door extractie van de grond met een melkzuur-azijnzuur-ammonia mengsel (pH=3,75) in een verhouding van w:v=1:20. De methode is ook wel bekend onder de naam 'dubbele lactaat methode' (Egnér et al, 1960; Houba et al, 1989).

P-lactaat is vooral een in de landbouw gebruikte parameter. Takman & Kooijman (2004) noemen grenswaarden; landbouwkundige normaalwaarde 40 mg/100g P₂O₅ als P-lactaat en streefwaarde c.q. natuurlijk niveau van 10 mg/100g P₂O₅ als P-lactaat.

De afgewogen ca. 1,500 g luchtdroge grond wordt met 30 ml melkzuurbuffer gedurende 4 uur geschud en vervolgens gefiltreerd over een glasfilter. Het gehalte PO₄³⁻-P wordt in het heldere extract gemeten met de molybdaatblauw methode (Walters, 1989; Houba et al, 1989).

De meetresultaten, van een selectief aan monsters, worden in de tekst genoemd (paragraaf V.4).

3 Uitwerking van de wateranalyses

De door het Waterschap Regge en Dinkel aangeleverde resultaten van de bemonsterde wateranalyses werden gebruikt voor het berekenen van het Stuyfzand watertype, Maucha diagrammen en het aandeel referentie watertypen. Vooral het calciumgehalte was van belang in verband met de aanlevering hiervan naar het absorptiecomplex van de bodem (calcium- en basenverzadiging).





Bespreking van de resultaten







1 Bodembeschrijving

In bijlage 2 zijn alle boringsprofielen beschreven. Hoewel geen vlakdekkende bodemkartering werd uitgevoerd, is toch een goed beeld verkregen van de variatie van bodemtypen. Het is duidelijk gebleken dat de 1:50.000 Bodemkaart van Nederland voor dit soort onderzoek onvoldoende gedetailleerd is. Per locatie zullen de afwijkingen tussen de bodemkaart en deze kartering besproken worden. Door het geringe aantal boringen is het niet mogelijk een bodemkaart te tekenen. Voor de gevonden bodemtypen zie bijlage 2 en 4.

Locatie 1

De Bodemkaart van Nederland: veldpodzol met fijn lemig zand. In het veld zijn met de drie boringen drie typen gevonden: vlakvaag-, broekeerd- en gooreerdgrond. In boring 1.2 is broekveen gevonden. Leem: leemarm-sterk lemig. De Gt=II of III, de GHG=0-5 cm-mv en de inundatieduur is 5 à 6 maanden. Bij boring 1 is het bovenste deel van het profiel verwijderd.

Locatie 2

De Bodemkaart van Nederland: veldpodzol met fijn lemig zand. Met de vier boringen zijn drie bodemtypen gevonden: zwarte enkeerdgrond, beekeerd- en broekeerdgrond. In boring 2.4 werd veen gevonden. Leem: leemarm-zeer sterk lemig. De Gt=III-VI, de GHG=4 à 5 cm-mv (bij 2.3 is deze 50 cm-mv) en de inundatieduur is 3-5 maanden. Bijna overal is het profiel verstoord of is er materiaal opgebracht.

Locatie 3

De Bodemkaart van Nederland: veldpodzol met fijn lemig zand en beekeerd met lemig fijn zand. Met de vijf boringen zijn vier bodemtypen gevonden: zwarte enkeerd-, meerveen-, beekeerd- en broekeerdgrond. In boring 3.3 werd zware tertiaire klei gevonden. Leem: leemarm-zware klei. De Gt=III, de GHG=0-25 cm-mv en de inundatieduur is 0 tot 2 à 3 maanden op punt 3.4 en 3.5. Overal materiaal opgebracht, behalve bij boring 4.

Locatie 4

De Bodemkaart van Nederland: beekeerd met lemig fijn zand. Met de boringen zijn twee typen gevonden: gooreerd- en broekeerdgrond. In boring 4.2 en 4.3 is broekveen gevonden. Leem: leemarm-zwak lemig. De Gt=I of II, de GHG=-2-0 cm-mv en de inundatieduur is 2 à 6 maanden. De locatie is geplagd.

Locatie 5

De Bodemkaart van Nederland: veldpodzol met lemig fijn zand en hoge zwarte enkeerd met leemarm en zwak lemig fijn zand. Met de boringen zijn gevonden: beekeerd-, zwarte enkeerd- en kleigrond. In de ondergrond werd zware tertiaire klei gevonden (behalve in boring 5.3). Leem: zwak lemig-zware klei. De Gt=II/III of V, de GHG=0-10 cm-mv en de inundatieduur is langs de beek ongeveer 5 maanden en verder van de beek weg slechts een enkele maand.

Locatie 6

De Bodemkaart van Nederland: beekeerd met lemig fijn zand. In de vijf boringen werden drie typen gevonden: vlakvaag-, zwarte enkeerd- en beekeerdgrond. In boring 6.3 werd veraard broekveen in de ondergrond gevonden.



De onderzoekslocatie 6 is vrij nat met Gt=II/III, een GHG die om en nabij het maaiveld ligt en een inundatieduur van 4-5 maanden.



Leem: leemarm-zeer sterk lemig. De Gt=II of III, de GHG=-5-5 cm-mv en de inundatieduur is 4-5 maanden. Bij boring 1 is materiaal afgegraven en bij boring 2 en 4 is materiaal opgebracht.

2 Grondanalyses

In bijlage 3 worden de analyseresultaten van de grondmonsters weergegeven. De verzamelde monsters kunnen verdeeld worden in de substraattypen: leemarm tot sterk lemig zand, zavel, zware klei en veen. Alle bodemonsters zijn kalkloos (bruistest). Niet in alle profielen is de gereduceerde zone bereikt met de boring tot 120 cm. Alleen in boring 1.2, 3.4 en 6.5 (eerste cijfer staat voor de onderzoekslocatie en de tweede voor het boringsnummer aldaar) is de gereduceerde zone bereikt op resp. 70 cm, 100 cm en 80 cm-mv (zie bijlage 2 en 3).

De bodemonsters bevatten matig veel oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium, waardoor het fosfaatbindend vermogen navenant matig hoog is. In fig. 3.1 zijn de gehalten fosfaat in het bodemvocht en het oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat uitgezet per monster (met substraattype).

Het fosfaatgehalte is hoog in sterk lemig substraat, die met uitzondering van B3, allen de A-horizont betreffen. De referentiemonsters B10-B13 bevatten relatief veel opgelost fosfaat. Globaal geldt: hoe meer leem, hoe hoger het ijzer- en aluminiumgehalte en dus hoe beter het fosfaatbindend vermogen van de grond.

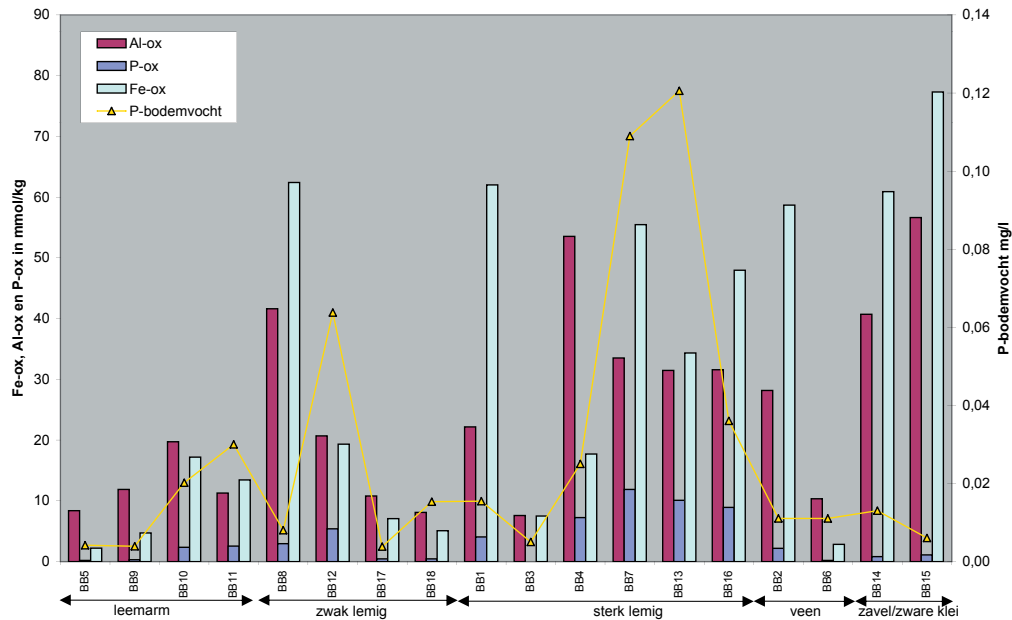


Fig. 3.1.

De gehalten oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en het fosfaatgehalte in het bodemvocht in de bodemonsters, gerangschikt naar substraattype. In de sterk lemige monsters is het ijzer en aluminiumgehalte het grootst, maar ook het fosfaatgehalte (gebonden en opgelost). B1, B4, B7, B13 en B16 betreffen de A-horizonten. B10, B11 en B12 zijn de referentiemonsters van de geplagde locatie; ook in die monsters is het opgeloste fosfaat relatief hoog.



Als vergelijking voor de gehalten oxalaat extraheerbaar Fe en Al in de onderzochte monsters, zijn in tabel 3.1 enige waarden uit enkele andere gebieden opgegeven. Het gehalte ijzer+aluminium (de fosfaatbinders) zijn in de gronden langs de Brunninkhuizerbeek niet hoog, maar het gehalte fosfaat (P) zeker ook niet.

Tabel 3.1. Gemiddelde (afgeronde) concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer (Fe), aluminium (Al) en fosfaat (P) in gronden uit andere terreinen met vergelijkbare substraten en van de Brunninkhuizerbeek.

		Fe	Al	Fe+Al	P
		mmol/kg			
Binnenveld	lemig zand	24	28	52	10
	venige klei	113	159	272	21
	veen	102	95	197	6
Beltrum	zwak lemig zand	22	13	35	2
	sterk lemig zand	39	31	70	19
	lichte zavel	86	37	123	17
	zwarte klei	126	58	184	13
Brunninkhuizerbeek	leemarm zand	9	13	22	1
	zwak lemig zand	24	20	44	2
	sterk lemig zand	38	30	68	7
	zavel/zwarte klei	69	49	118	1
	veen	31	19	50	1

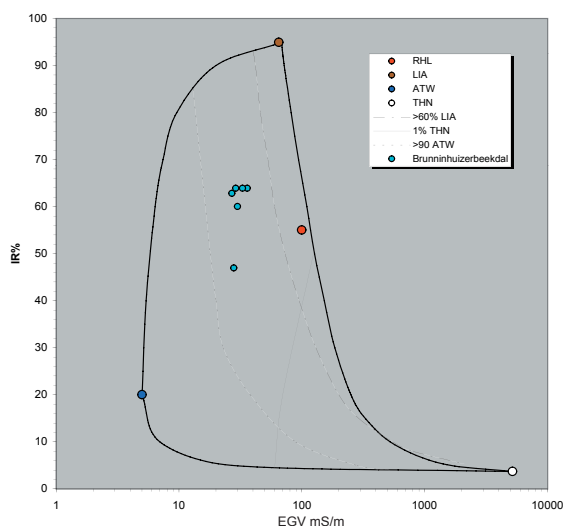


Fig. 3.2. EGV-IR diagram van de watermonsters. Het water bevat 10-60% (gemiddeld 20,4%) grondwater (LIA).

3 Wateranalyses

Het onderzochte oppervlakte- en grondwater (bemonsterd en geanalyseerd door het Waterschap Regge en Dinkel op 8.5.2006) kan getypeerd worden als neutraal (pH 6,2-7,1), calciumarm water (21-29 mg Ca/l). Het bicarbonaatgehalte is laag (Lyon & Roelofs, 1986), waardoor de monsters gerekend kunnen worden tot zachte-zeer zachte wateren.

Het nutriëntengehalte (N en P) is licht verhoogd. Sulfaat ligt op een natuurlijk niveau, chloride is licht verhoogd (matig vervuild volgens Kemmers & van Wirdum, 1988). Het EGV ligt op een dermate niveau dat er sprake kan zijn van grondwater met matig lange verblijftijd (27-33 mS/m).

Uit het EGV-IR diagram (fig. 3.2;



IR=ionratio) blijkt dat de watermonsters 10-60% grondwater (LIA) bevatten. Exactere cijfers levert de berekening met MAION: gemiddeld 20,4% grondwater (LIA; zie bijlage 1). De Maucha-diagrammen bevestigen dit beeld (bijlage 1). Het Stuyfzand-watertype geeft aan dat calcium het dominante kation is, maar dat er meestal geen dominant anion is (bijlage 1)



IV
Basentoestand





Grond- en oppervlaktewater

Het grond- en oppervlaktewater blijkt calciumarm te zijn (metingen Waterschap Regge en Dinkel 2006). De IonRatio van het water is 47-64% en gezien de EGv kan het als grondwater van matig lange verblijftijd worden opgevat. Er is een kleine grondwatercomponent aanwezig die varieert tussen 17 en 24%.

Het is niet duidelijk of nu, of straks na eventueel plaggen, grondwater tot in het maaiveld komt. Het grondwater zal de basenbezetting van de grond slechts in beperkte mate kunnen aanvullen met calcium en daardoor de zuurneutralisatiecapaciteit op peil houden.

Bodem

De basentoestand van de bodem is afhankelijk van zowel de aard van het moedermateriaal als de positie van de standplaats in een hydrologisch systeem (Kemmers et al. 2002). Klei- en zavelgronden hebben door hun mineralogische samenstelling (o.a. lutumgehalte) een geringe verwerkingssnelheid en zijn over het algemeen basenrijker en minder zuur dan bijvoorbeeld zandgronden. Daarnaast kan door aanvoer van met name calciumhoudend water, de basenverzadiging van de bodem in kwelgebieden aanzienlijk hoger zijn dan die in infiltratiegebieden, waar juist basen uitspoelen en verzuringsprocessen aanwezig zijn. Naarmate de basenverzadiging hoger is, zal de pH van de bodem op een hoger niveau liggen.

De basentoestand langs de Brunninkhuizerbeek

Met de bruistest is aangetoond dat de bemonsterde gronden kalkloos zijn. Daarnaast blijkt de basen- c.q. calciumverzadiging laag te zijn (resp. <47% en <39%). Alleen in geval van een kwel ux zullen dus Ca-ionen met een vochtstroom richting maaiveld getransporteerd kunnen worden en zich daar kunnen hechten op het kationenadsorptiecomplex. In zulke gevallen kan verwacht worden dat de basen- c.q. calciumverzadiging van het adsorptiecomplex zal worden aangevuld.

In de kalkloze gronden wordt de pH gebufferd door ionenwisselingsprocessen op het kationenadsorptiecomplex van de bodem. Naarmate het kationenadsorptiecomplex een hogere basenverzadiging (met name door calcium) heeft, kunnen meer zuurionen worden geneutraliseerd en zal de pH op een hoger niveau gebufferd zijn. Naarmate de basenverzadiging lager is, zal de pH op een steeds lager niveau gebufferd worden. Van alle monsters is de potentiële kationenadsorptiecapaciteit (CEC) bepaald, wat een maat is voor het zuurbufferend vermogen (of zuurneutralisatiecapaciteit=ZNC) van het monster. De mate waarin deze zuurbuffer verbruikt is, wordt weergegeven door de calciumverzadiging van het adsorptiecomplex. Naarmate de calciumverzadiging lager is, zal de zuurbuffer verder zijn uitgeput en zal de pH lager zijn.

In tabel 4.1 zijn de gemiddelde ZNC en de Ca-verzadiging per substraat opgegeven naast die van een vergelijkbaar terrein (Giesen & Geurts, 2005). Zowel de ZNC als de Ca-verzadiging is langs de Brunninkhuizerbeek laag. De hoogste waarden zijn gemeten bij monster BB2 (loc. 1.2 25-77 cm-mv) nml. een ZNC van 45 cmol⁺/kg en monster BB7 (loc. 3.4 0-30 cm-mv) heeft een Ca-verzadiging van 39%. Er is een onduidelijke reeks aanwezig van leemarm naar zware klei met stijgende ZNC en Ca-verzadiging.

De ZNC en de Ca-verzadiging neemt eveneens af in de reeks A-, Ce/Cg- en Cr-horizont (bijlage 3).



Tabel 4.1. Gemiddelde waarden van de zuurneutralisatiecapaciteit (ZNC) en de calciumverzadiging van de monsters per substraattypen langs de Brunninkhuizerbeek en in een vergelijkbaar gebied bij Beltrum.

Gebied	Substraattypen	ZNC	Ca-verzadiging
		cmol+/kg	%
Beltrum	zwak lemig zand	19,3	19,4
	sterk lemig zand	27,7	27,2
	lichte zavel	40,3	32,5
	zware zavel en klei	85,5	65,4
Brunninkhuizerbeek	leemarm zand	8,8	10,7
	zwak lemig zand	15,0	14,7
	sterk lemig zand	20,2	23,7
	zavel/zware klei	20,7	11,8
	veen	26,7	15,8

Conclusie

Uit de analyse van de basenverzadiging en het calciumgehalte in het (grond)water kan worden geconcludeerd, dat het niet waarschijnlijk is dat de basenverzadiging van de bovengronden op een hoog peil wordt gehouden door aanvoer van calciumhoudend kwelwater.

De voedselrijke A-horizont heeft de grootste ZNC en Ca-verzadiging. De daaronder liggende horizonten staan blijkbaar onder invloed van basenarm grondwater dat niet in staat is de Ca-verzadiging naar een hoger peil te brengen.

Er kan wel worden geconcludeerd dat de basenverzadiging wordt bepaald door de aard van het substraat, maar de relatie is niet sterk. Naarmate de gronden een hoger gehalte leem bevatten is de zuurneutralisatiecapaciteit groter en de calciumverzadiging hoger, maar deze blijven absoluut gezien laag. De horizonten met een substraat van sterk lemig zand, zavel en zware klei bezitten de grootste zuurneutralisatiecapaciteit. De uitspoeling van basen (waaronder calcium) is bij deze substraten daarom het kleinst, zodat de calciumbezetting het langst in stand blijft.



V

Fosfaattoestand





1 Achtergrond

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd door amorfe (ook wel ‘actieve’) ijzer- en aluminiumoxiden. Door extractie van de grond met een ammoniumoxalaatoplossing (Schwertman, 1964; Temminghoff, 2000) wordt het gehalte ijzer- en aluminiumoxiden en het fosfaat dat daaraan is gebonden, bepaald.

Uit onderzoek naar het fosfaatbindend vermogen door ijzer- en aluminiumoxiden is naar voren gekomen, dat de maximale hoeveelheid fosfaat die kan worden gebonden (PSC) een functie (α =fosfaatverzadigingsindex) is van het gehalte oxalaat-extraheerbaar ijzer en aluminium (o.a Van Riemsdijk et al. 1984, Van der Zee et al. 1987, Koopmans 2004).

In formule:

$$PSC = \alpha (Fe_{ox} + Al_{ox})$$

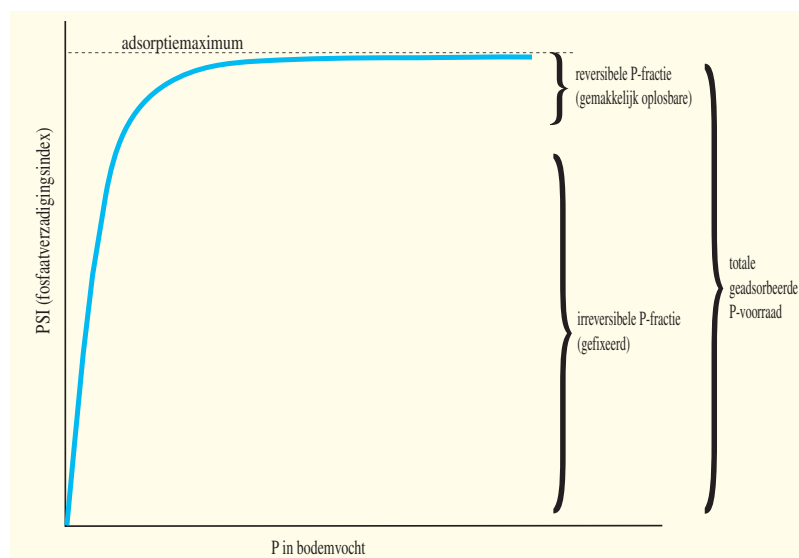
PSC = maximale fosfaatverzadiging.
 PSD = actuele fosfaatverzadiging.
 PSI = fosfaatverzadigingsindex (α).
 Fe_{ox} = oxalaat extraheerbaar ijzer.
 Al_{ox} = oxalaat extraheerbaar aluminium.
 P_{ox} = oxalaat extraheerbaar fosfaat.

De gemiddelde waarde van α is zowel afhankelijk van het gehalte amorfe ijzer- en aluminiumoxiden als van andere bodemeigenschappen (organische stof, klei) en varieert tussen 0,30 en 0,80 (Maguire et al., 2001). Voor Nederlandse kalkloze zandgronden wordt een waarde $\alpha = 0,5$ aangehouden (Van der Zee et al., 1988). Een grondsoort waarin de hoeveelheid fosfaat (P_{ox}) overeenkomt met $0,5 (Fe+Al)_{ox}$ wordt dan als fosfaatverzadigd beschouwd. De P-oxalaat analyse (P_{ox}) wordt als maatgevend beschouwd voor de totale geadsorbeerde P-voorraad, dus zowel de reversibele (i.e gesorbeerd) als de (quasi-) irreversibele (i.e in inwendige aggregaten gefixeerde) voorraad. De gesorbeerde fractie komt relatief gemakkelijk beschikbaar; de gefixeerde fractie via een zeer langzame diffusie reactie.

Er wordt van uitgegaan, dat het aan de bodem (d.i. aan Fe- en Al-oxiden) geadsorbeerde fosfaat (P_{ox}) in evenwicht verkeert met het fosfaat in het bodemvocht (P_{water}). Deze evenwichtsreactie kan worden weergegeven door een zgn. Langmuir-isotherm. Deze isotherm wordt ook wel een adsorptie- of desorptie-isotherm genoemd en beschrijft het verband tussen het gebonden fosfaat en het opgeloste fosfaat (in mg P/l in het bodemvocht). Fig. 5.1 geeft dit theoretische verband weer.

Op de verticale as is het fosfaatgehalte (P_{ox}) in relatie tot het gehalte

*Fig. 5.1.
 Het verband tussen opgelost fosfaat (P in bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI) volgens een Langmuir-isotherm
 De irreversibele P-fractie gaat moeilijk in oplossing en verhoogt nauwelijks de P in bodemvocht.
 De reversibele P-fractie juist wel.*





$(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ weergegeven. Deze variabele op de verticale as wordt de fosfaatverzadigingsindex ($\text{PSI}=\alpha= P_{\text{ox}}/(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$) genoemd.

Het verband is in hoge mate niet-lineair en geeft aan hoe de fosfaatconcentratie in het bodemvocht verandert bij verschillende concentraties gebonden fosfaat. Bij maximale verzadiging neemt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht (horizontale deel van de curve) sterk toe, terwijl de gebonden fractie vrijwel ongewijzigd blijft.

Bij desorptie komt in het horizontale deel van de isotherm P vooral vanuit de gesorbeerde (reversibele) fase in oplossing. In het verticale deel van de curve is de P-concentratie in het bodemvocht veel sterker gebufferd en verandert de concentratie daarvan maar langzaam: in dit deel is de langzame diffusiereactie verantwoordelijk voor het in oplossing komen van de gefixeerde (quasi-irreversibele) P-fractie (Koopmans et al., 2004).

2 De fosfaattoestand langs de Brunninkhuizerbeek

Langs de Brunninkhuizerbeek zijn op 6 locaties 18 grondmonsters verzameld (bijl. 3). Fig. 5.2 geeft het gevonden verband weer tussen de fosfaatverzadigingsindex ($\alpha=\text{PSI}$) van de bodemmonsters en de fosfaatconcentratie in het bodemvocht.

Het gevonden verband benadert goed het verloop van een Langmuir-isotherm (zoals in fig. 5.1), met een verticaal en een horizontaal traject (het verticale deel is echter minder steil). In de figuur is tevens de door regressie afgeleide Langmuir-isotherm weergegeven. Uit de regressieanalyse ($R^2=0,88$)

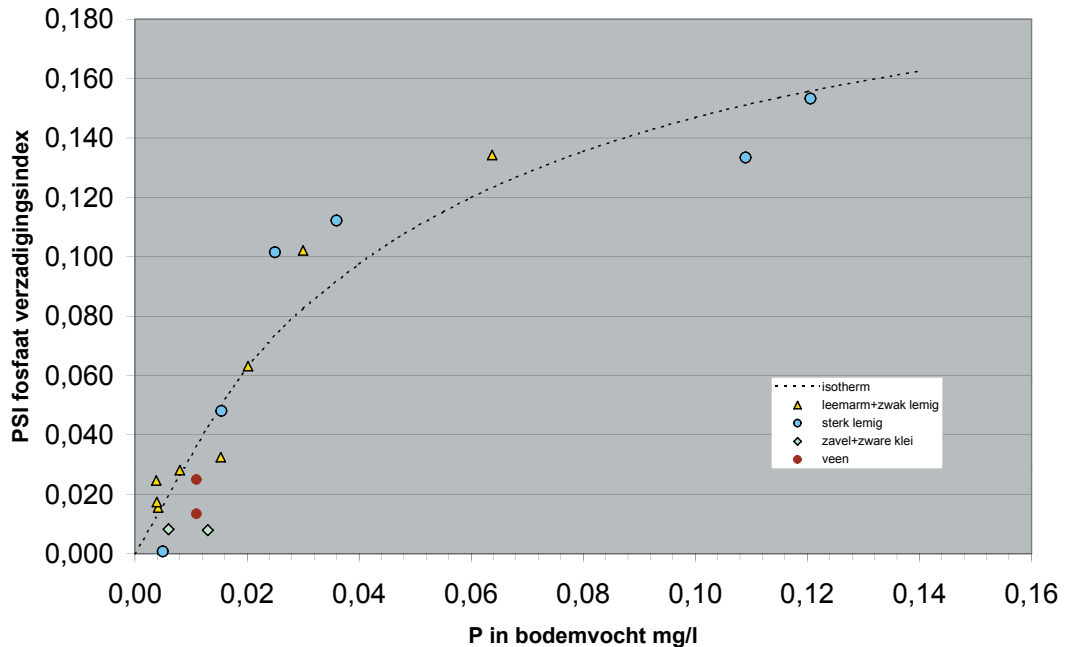


Fig. 5.2.

Het verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI) voor de monsters uit het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. De curve geeft de passende isotherm weer. De minder steile helling van de curve, in vergelijking met die in fig. 5.1, geeft aan dat de bindingssterkte van de irreversibele P-fractie lager is.



blijkt dat het adsorptiemaximum ligt bij $0,22(\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}})$. Dit betekent dat de onderzochte gronden een lage adsorptiecapaciteit hebben en onder de waarden vallen die in de literatuur worden vermeld. Bij de veengrond vormen opgeloste organische zuren waarschijnlijk met een deel van de Fe- en Al-oxiden chelaten, waardoor ze geen fosfaat meer kunnen binden en het adsorptiemaximum c.q. de adsorptiecapaciteit lager is.

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van $0,22(\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}})$ is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

$$\text{PSD} = P_{\text{ox}} / 0,22(\text{Fe}_{\text{ox}} + \text{Al}_{\text{ox}})$$

Uit fig. 5.3 blijkt dat de gevonden isotherm geldig is, ongeacht het substraattype: de isotherm omvat alle groepen. Kennelijk is het ijzer en aluminiumgehalte het meest bepalend voor het fosfaatadsorptiegedrag en niet het substraattype. Een deel van de leemarme/zwak lemige en sterk lemige horizonten blijken voor 50-70% verzadigd te zijn met fosfaat. In dit, min of meer, horizontale deel van de isotherm zal het fosfaat in makkelijk beschikbare vorm voorkomen. Het fosfaat komt daardoor makkelijk in oplossing en laat hoge fosfaatconcentraties zien in het bodemvocht van deze monsters. Deze monsters betreffen alle de A-horizont.

Een intermediaire plaats nemen de monsters BB1 (loc. 1.2) en BB 10 (loc. 4.1; geplagd) in met een verzadiging van 20-30%. De overige monsters liggen alle onder 15% P-verzadiging. Deze punten liggen in fig. 5.3 op het verticalere deel van de isotherm, zodat gezegd kan worden dat het fosfaat hier

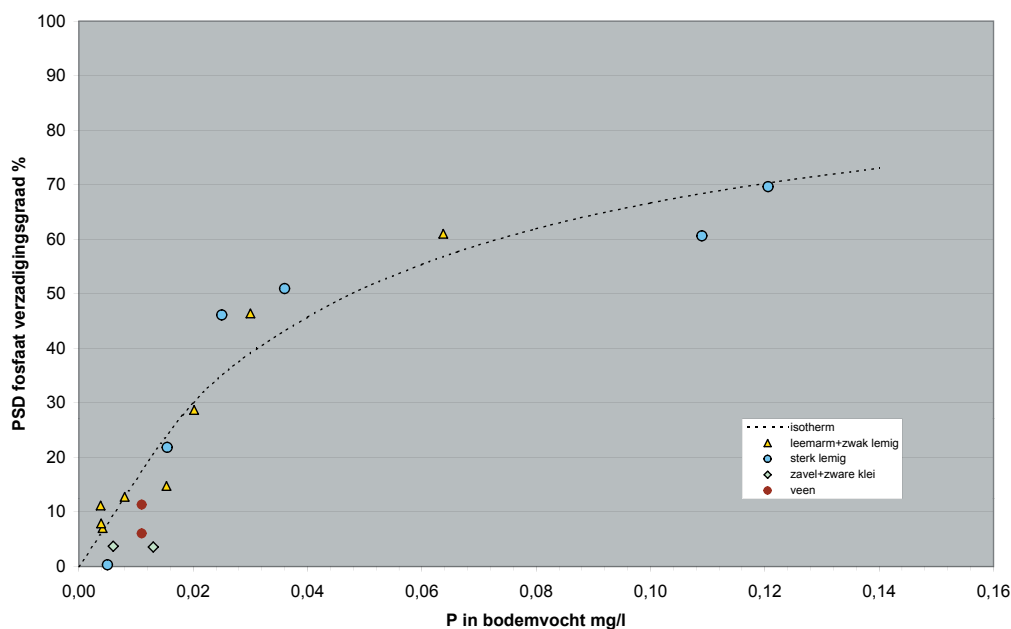


Fig. 5.3.

Het verband tussen de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) en de fosfaatconcentratie in het bodemvocht. Er is aangegeven om welk substraat het gaat. De curve geeft de passende isotherm weer.



(quasi-) irreversibel gebonden is. Fosfaat komt bij deze gronden niet gemakkelijk beschikbaar.

3 Conclusie

Op basis van de verschillende chemische analyses kan worden geconcludeerd dat fosfaat vooral geaccumuleerd is in de A-horizont. Door de minder steile helling van de curve in fig. 5.2 en 5.3 blijkt dat de bindingssterkte van de irreversibele P-fractie laag is; er gaat snel P in oplossing.

Op basis van de fosfaattoestand luidt daardoor het advies af te graven indien de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) boven 15% ligt. Boven een fosfaatverzadiging van 15% is sprake van te veel, makkelijk beschikbaar komend fosfaat (horizontale deel curve).

Onder een fosfaatverzadigingsgraad van 15% is vooral sprake van slechts langzaam beschikbaar komend, gefixeerd fosfaat. Fosfaat komt in het traject 0-15% slechts via een langzame diffusiereactie uit de bodem beschikbaar. Deze diffusiereactie is veel langzamer dan de opnamesnelheid door het gewas en vormt daardoor de beperkende factor bij opname door de vegetatie.

4 Waar is de P-verzadiging laag genoeg?

Uit bijlage 3 blijkt waar en op welke diepte de P-verzadiging laag genoeg is (<15%), zodat verwacht kan worden dat geen P uit de gefixeerde (irreversibele P) voorraad beschikbaar zal komen voor de vegetatie. In alle onderzochte A-horizonten is de P-verzadiging te hoog (>15%). De horizonten onder de A-horizont hebben allen een voldoende lage fosfaatverzadigingsindex (<0,03) en fosfaatverzadigingsgraad (<15%).

Op de referentie locatie 4 blijkt de bovengrond echter nog een hoge verzadigingsindex en -graad te hebben. Deze variëren voor de PSI tussen 0,06 en 0,13 en voor de PSD tussen 29 en 61% (zie bijlage 3). Als extra controle is voor deze monsters P-lactaat bepaald. De waarden daarvan bedragen: op loc. 4.1: 10,4 op loc. 4.2: 16,4 en op loc. 4.3: 24,3 mg $P_2O_5/100$ g. Bij de laatste 2 monsters ligt P-lactaat dus boven de voor natuurontwikkeling genoemde waarde van 10 (Takman & Kooijman, 2004).

Op locatie 1 (Pitrusveld) blijkt de verzadigingsindex en -graad laag te zijn. Gezien de begroeiing met Pitrus onverwacht laag. Controlemetingen met P-lactaat (3,5-6 mg $P_2O_5/100$ g) bevestigen dat die locatie P-arm is. Waarschijnlijk veroorzaakt stikstof de Pitrusgroei.



VI

Plagadvies en de effecten





1 Waar zou moeten worden geplagd?

In fig. 6.1 is aangegeven waar zou moeten worden geplagd en tot welke diepte. Door het beperkte aantal boringen kunnen geen isohypsen worden getrokken tussen de punten. De diepte tot waarop zou moeten worden geplagd is bepaald met behulp van de fosfaatverzadigingsindex en -graad. De horizont (A-horizont) met een hoge index en graad kunnen worden verwijderd, waardoor een voedselarme (P-arm) situatie ontstaat. Plaggen kan worden uitgevoerd op basis van visuele kenmerken (sterk kleurverschil tussen A- en C-horizont).

2 Effecten van het plaggen

Op basis van de fosfaattoestand van de bodem werd geadviseerd dat de A-horizont zou moeten worden afgegraven om te kunnen voldoen aan de fosfaatstreefwaarden voor natuurontwikkeling. Het plaggen van de A-horizont zal tot gevolg hebben dat de zuurneutralisatiecapaciteit en de fosfaatverzadiging van het bodemprofiel verandert en dat zich aan het nieuwe maaiveld een nieuwe basentoestand zal instellen, afhankelijk van het nieuwe dagzomende substraattype. De gemiddelde ZNC zal dalen van 21 ± 6 naar 18 ± 2 cmol⁺/kg en de fosfaatverzadiging van $51\% \pm 14$ naar $11\% \pm 8$. De fosfaatverzadigingsindex daalt van $0,11 \pm 0,03$ naar $0,02 \pm 0,02$.

Daarmee wordt, met de daling van de fosfaatverzadiging, dus ook het zuurbufferend vermogen lager. De daling van de ZNC is het kleinst.

3 Referentielocatie

De referentielocatie 4 is al eerder geplagd. Op de locatie is de bovengrond geanalyseerd en er is een boring tot de gereduceerde horizont uitgevoerd. Het is gebleken dat bij de boringen 4.2 en 4.3 nog resten van de A-horizont zijn achtergebleven. Daardoor is de fosfaatverzadigingsindex en -graad nog te hoog (bijl. 3). Alleen bij boring 4.1 zijn deze parameters bij benadering laag genoeg. Controle met behulp van P-lactaat bevestigt dit.

4 Vegetatieontwikkelingsmogelijkheden

In tabel 6.1 zijn van een aantal plantengemeenschappen gemiddelden met standaardafwijking (sd) gegeven van oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al en van de fosfaatverzadigingsindex van locaties uit andere terreinen (zie ook Giesen & Geurts, 2004 en 2005).

Hieruit blijkt dat in de horizonten onder de A-horizont een lage fosfaatverzadigingsindex wordt bereikt, die onder de waarde voor het *Junco-Molinion*, *Cirsio dissecti-Molinietum* en het *Caricion nigrae* ligt.

In vergelijking met de eerder opgevoerde andere gebieden, liggen gemiddelden van de hier onderzochte gronden laag (tabel 6.1). Van de toekomstig dagzomende horizonten Ce/Cg is het gehalte (Fe+Al)_{ox} laag maar het gehalte P_{ox} eveneens.



Referentielocatie 4.
Begrazing door Schotse hooglanders.
In de kwelplekken groeit Staartjesmos.

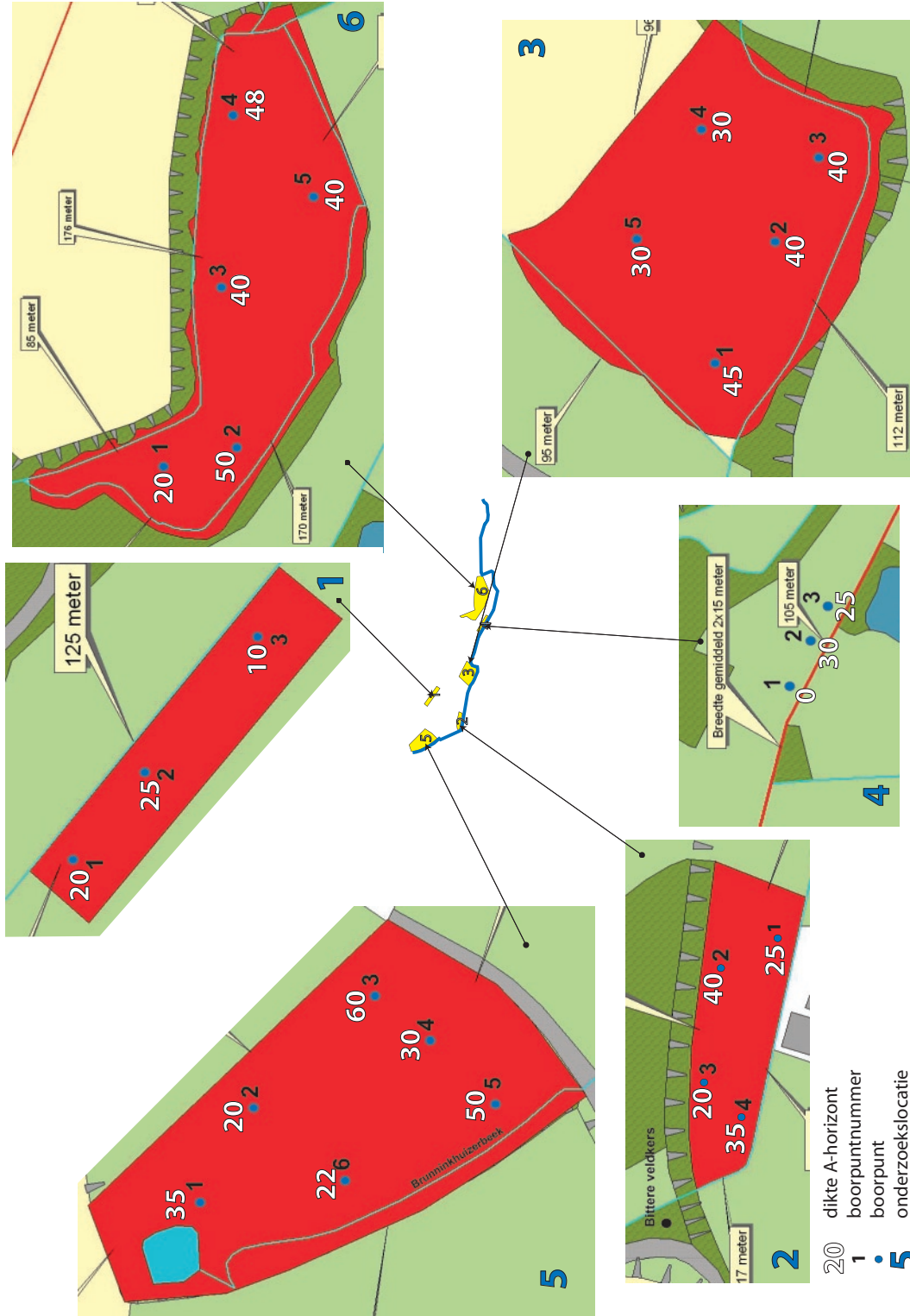


Fig. 6.1. Onderzoeklocaties met de ligging van de boorpunten en de dikte van de A-horizont. De A-horizont zou moeten worden geplagd.



Tabel 6.1.

Gemiddelde (gem) gehalten met standaardafwijking (sd) van oxalaat extra-heerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen/verbonden in natuurterreinen.

Ter vergelijking zijn de gemiddelde waarden van enige horizonten langs de Brunninkhuizerbeek gegeven. De C-horizonten hebben een lage fosfaatverzadigingsindex (PSI).

Syntaxon	Fe		Al		P		PSI	
	mmol/kg							
	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
<i>Junco-Molinion</i>	429,8	250,0	89,7	63,3	17,1	10,9	0,04	0,02
<i>Cirsio dissecti-Molinietum</i>	78,5	118,7	29,5	33,1	2,5	2,2	0,04	0,02
<i>Caricion nigrae (Parvocaricetea)</i>	143,2	69,3	76,3	41,7	9,1	5,2	0,04	0,02
<i>Calthion palustris</i>	198,3	201,0	73,8	43,4	23,4	20,7	0,14	0,18
<i>Brunninkhuizerbeek A-horizont</i>	35,8	18,2	29,2	12,3	7,2	3,1	0,11	0,03
<i>Brunninkhuizerbeek Ce+Cg-horizont</i>	36,1	29,5	27,1	16,7	1,3	1,0	0,02	0,02
<i>Brunninkhuizerbeek Cr-horizont</i>	5,7	1,2	9,2	1,9	0,2	0,2	0,02	0,01

Op locaties met een fosfaatverzadigingsindex van ongeveer 0,02 (bijlage 3) zijn volgens deze tabel enkele kritische plantengemeenschappen mogelijk. Omdat de basenverzadiging van deze gronden laag is, zal gerekend moeten worden op gemeenschappen die met lagere hoeveelheden basen genoeg nemen. Deze gemeenschappen stellen ook eisen aan het grondwaterregiem.





Literatuur

- Allen, St.E. (ed.), 1989.* Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Eaton, A.D., L.S. Clesceri & A.E. Greenberg (ed.), 1995.* Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA/AWWA/WEF.
- Egnér, H., H. Rhiem & W.R. Domingo, 1960.* Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbr. Högsk. Ann., 26: 199-215.
- Giesen & Geurts, 2004.* De fosfaat- en basentoestand van de bodem in de Hooilanden van Binnenveld-Oost 2004, met plagadvies. Ulft.
- Giesen & Geurts, 2005.* De fosfaat- en basentoestand van de bodem van percelen langs de Groenlose slinge bij Beltrum, met plagadvies. Ulft.
- Hach, 1995.* Procedures manual DR4000. Loveland.
- Hesse, P.R., 1971.* A textbook of soil chemical analysis. Clowes & Sons, London.
- Hieltjes, A. & A. Breemsma, 1983.* Bemonsterings- en voorbehandelingsmethoden, Hfdst. 3. In: Chemische bodemonderzoekmethoden voor bodemkenmerken en anorganische stoffen, serie bodembescherming nr. 21. Staatsuitgeverij. Den Haag.
- Houba, V.J.G., J.J. van der Lee, I. Novozamsky & I. Walinga, 1989.* Soil and Plant analysis. Part 5: Soil Analysis Procedures. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. L.U. Wageningen.
- Kemmers, R.H. & G. van Wirdum, 1988.* De betekenis van de chemische samenstelling van het grondwater voor het milieu van wilde planten. Biovisie magazine, 2:2-6.
- Kemmers, R.H., R. de Waal, S.P.J. van Delft & P. Mekking, 2002.* Ecologische typering van bodems; actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling. Landschap, 19: 89-103.
- Keizer, M.G., V.J.G. Houba & Th.M. Lexmond, 1987.* Bemonstering van bodem en vegetatie ten behoeve van chemische analyses. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding. L.U. Wageningen.
- Koopmans, G.F. 2004.* Characterization, desorption, and mining of phosphorus in noncalcareous sandy soils. Wageningen University and Research Centre. PhD. Wageningen.
- Koopmans G.F., W.J. Chardon, P.A.I Ehlert, J. Dolfing, R.A.A. Suurs, O. Oenema, and W.H. van Riemsdijk. 2004.* Phosphorus availability for plant uptake in a phosphorus-enriched noncalcareous sandy soil J. Envir. Qual. 33.
- Lyon, M.J.H. & J.G.M. Roelofs, 1986.* Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid, deel 1+2. Lab. voor Aquatische Oecologie, KUN, Nijmegen.
- Maguire, R.O., R.H. Foy, J.S. Bailey & J.T. Sims. 2001.* Estimation of the phosphorus sorption capacity of acidic soils in Ireland. European Journal of Soil Science 52: 479-487.
- Merck, 1983.* Schnelltest Handbuch. Darmstadt.
- Page, A.L. (ed.), 1989.* Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties (Sec. ed.). Agronomy, 9(2). Am. Soc. Agr., Soil Sc. Soc. A., Madison (USA).



- Scheffer, F. & P. Schachtschabel, 1989.* Lehrbuch der Bodenkunde. F. Enke Verlag, Stuttgart.
- Scheffer, F. & B. Ulrich, 1960.* Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. III. Teil. Humus und Humusdüngung Bd. 1. Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamik des Humus. F. Enke, Stuttgart. 2de druk.
- Schipper, P., 2002.* Catalogus vegetatietypen, 2002. Staatsbosbeheer Driebergen.
- Schwedt, G. & F.M. Schnepel, 1981.* Analytisch-chemisches Umweltpraktikum. Anleitung zur Untersuchung von Luft, Wasser und Boden. G. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Schwertmann, U. 1964.* Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. Z. p anzenernaehr. Dueng. Bodenkd. 105: 194-202.
- Takman, B. & G. Kooijman, 2004.* Beheersrichtlijnen in relatie met de gewenste trofiegraad. Visie Staatsbosbeheer, Zwolle.
- Temminghoff, E.J.M. (ed.), 2000.* Methodology of chemical soil and plant analysis. Subdepartment Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen University.
- Thomas, G.W., 1967.* Problems encountered in soil testing methods. In: Soil testing and plant analysis, Part 1. Soil Sci. Soc. of Am. Spec. Pub., 2: 37-54.
- Van der Zee, S.E.A.T.M., L.G.J. Fokkink, and W.H. van Riemsdijk. 1987.* A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 599-604
- Van der Zee, S.E.A.T.M., M.M. Nederlof, W.H. van Riemsdijk, and F.A.M. de Haan. 1988.* Spatial variability of phosphate adsorption parameters. J. Environm. Qual. 17: 682-688.
- Van Riemsdijk, W.H., L.J.M. Boumans, and F.A.M. de Haan. 1984.* Phosphate sorption by soils: I. A model for phosphate reaction with metal-oxides in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:537-541.
- Walters, G.L., 1989 (ed.).* Water analysis handbook. Hach, Loveland.



Bijlagen





Bijlage 1.

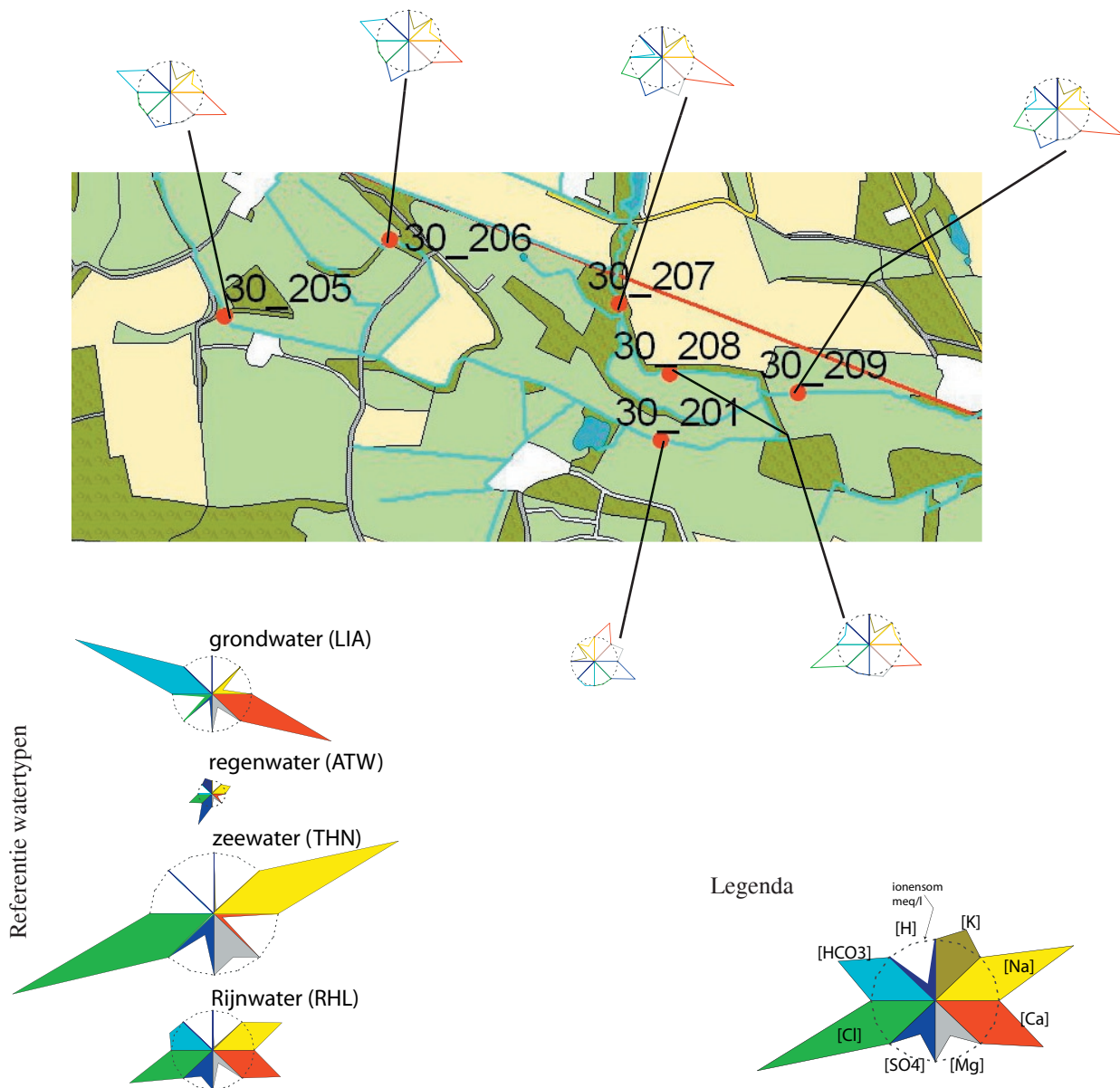
Analyseresultaten van de watermonsters uit het Brunninkhuizerbeekdal (WRD, 2006) met enige afgeleide parameters.

datum	8-5-06	8-5-06	8-5-06	8-5-06	8-5-06	8-5-06
mon_punt	30.201	30.205	30.206	30.207	30.208	30.209
BZV [mg/l]	1,4	2,1	7,1	1,5	<0,5	2,7
CO3 [mg/l]	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Ca [mg/l]	21	25	22	29	21	28
Cl [mg/l]	22	25	22	29	42	33
EGV (veld) [ms/m]	27	36	29	33	28	30
Fe [mg/l]	0,25	4,5	0,54	3,2	1,2	0,52
HCO3 [mg/l]	40	76	61	9,3	30	28
K [mg/l]	8,8	12	10	8,1	10	13
Kj-N [mg/l]	0,5	1,1	2,1	0,5	0,8	0,8
Mg [mg/l]	10	8,4	7,6	9,8	8,2	8,2
N-totaal [mg/l]	0,61	5,25	4,34	18,52	4,71	9,36
NH3-N [mg/l]	0,0008	0	0	0,0002	0,0001	0,0006
NH4-N [mg/l]	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
NO2+NO3-N [mg/l]	0,11	4,15	2,24	18,02	3,91	8,56
NO2-N [mg/l]	<0,01	0,05	0,04	0,02	<0,01	0,06
NO3-N [mg/l]	<0,1	4,1	2,2	18	3,9	8,5
Na [mg/l]	9,5	11	10	12	12	11
O2 [mg/l]	10,8	8,7	9,2	8,8	5,9	9,2
O2-verz.% [%]	114,41	88,41	88,89	89,25	61,59	90,02
P-totaal [mg/l]	0,35	0,18	0,16	0,07	0,16	0,08
SO4 [mg/l]	56	39	42	39	29	42
alkaliteit [meq/l]	0,66	1,2	1	0,15	0,49	0,46
breed gem. [cm]	240	----	70	75	----	95
breed max. [cm]	280	----	90	100	----	115
breed min. [cm]	130	----	20	45	----	80
diepte gem [cm]	9	1	1	5	1	5
diepte max [cm]	14	2	3	11	2	8
diepte min [cm]	1	0	0	0	0	0
droogp [%]	20	65	50	35	95	20
geur []	reukloos	reukloos	reukloos	reukloos	reukloos	reukloos
helderheid []	helder	helder	helder	helder	helder	helder
ionenratio [%]	63	64	64	64	47	60
kleur []	lichtgr/ge	lichtgeel	lichtgeel	lichtgeel	lichtgeel	lichtgeel
o-P [mg/l]	0,07	0,06	0,06	0,06	0,12	0,06
onopg.best [mg/l]	27	10	12	10	6,5	10
pH [-]	7,1	6,2	6,6	6,8	6,5	7,1
saliniteit [mmol/l]	3,4	4,1	3,6	3,2	3,6	3,7
ss. gem. [m/s]	0,03	----	0,07	0,13	----	0,21
ss. max. [m/s]	0,05	----	0,12	0,19	----	0,63
ss. min. [m/s]	0	----	0	0	----	0
strsstrd [m/s]	0,04	----	0,1	0,145	----	0,25
tot. hardh [mmol/l]	0,9	1	0,9	1,1	0,9	1
w.herkomst []	lithoclien	lithoclien	lithoclien	lithoclien	atmoclien	atmoclien
w.temp. [o c]	18,5	16,5	14,1	16,4	17,8	14,7
Opmerking	iets sediment in monster					
LIA%	17,6	21,1	18,5	24,5	17,2	23,5
ATW%	82,3	78,8	81,4	75,4	82,6	76,3
RHL%	0,09	0,11	0,09	0,13	0,2	0,15
Stuyfzandtype	g0CaMix+	g1CaMix+	g0CaMix+	g*CaMix+	F*CaCl.	F*CaMix.



Bijlage 1, vervolg.

Ligging van de watermonsterlocaties in het Brunninkhuizerbeekdal (WRD, 2006) met Maucha-diagrammen. De meeste diagrammen lijken op regenwater (ATW) met een door invloed van grondwater veroorzaakte vergrote Ca-piek. Monster 205 en 206 hebben min of meer de vorm van grondwater (LIA), maar hun ionensom (diameter van de cirkel) is lager, door verdunning met regenwater (verhoogde sulfaatpiek). De diameter van de monsterdiagrammen (ionensom) correspondeert met de afmeting van de referentiediagrammen. De monsters zijn dus ionrijker dan regenwater, maar ionarmer dan grondwater.





Bijlage 2.

Profielbeschrijvingen van alle boringen.

locatie	diepte boring	horizont	Bodemmonster	humus %	ultrum > 2µm %	leem < 50µm %	roestig gereduceerd M50	humeus gereduceerd	leem	zand	Bodemeenheid				Opmerking				
											code	omschrijving	in 't veld	volgens bodemkaart					
1 1	0-20 20-95 95-120	1Ac 1Ce 1Cr	2	-	8	260	zwak roestig	matig arm	zwak	matig grof	Zn71	vlaakvaaggrond	veldpodzol	III	0	95	0-10	5	bovendeel van het profiel weg
1 2	0-25 25-70 70-120	1Ap9 2Ce 3Cr	BB1 BB2 BB3	24	10	30	matig roestig	veinig broekveen	sterk	veinig	vWz	broekeerdgrond	veldpodzol	II	5	70	0-2	6	vervaard
1 3	0-10 10-60 60-120	1Ap9 1Ce 1Cr	12	-	18	195	matig roestig	rijk	sterk	matig fijn	pZn73	gooreerdgrond	veldpodzol	II	5	60	0-2	5	viltige zode
2 1	0-25 25-50 50-85 85-120	1Ap9 1AB 2Ahb 2Cr	6	7	28	155	roestig	zeer	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	veldpodzol	III	4	100	5	3	verstoord opgebracht, bruin oude bovengrond
2 2	0-40 40-90 90-120	1Ac 1Ahb 1Cr	4	-	20	160	matig roestig	matig	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	veldpodzol	III	5	100	0-5	5	verstoord grind
2 3	0-20 20-65 65-90 90-120	1Ap9 1Cg 1Ahb 1Ce	7	-	23	155	matig roestig	zeer	sterk	matig fijn	pZg55	beekeerdgrond	veldpodzol	VI	50	120		3	opgebracht
2 4	0-35 35-55 55-95 95-120	1Ap9 1Ce 2Ab 2Cg	8	6	28	170	matig roestig	zeer arm	sterk	matig fijn	ZWz	broekeerdgrond	veldpodzol	V	5	100			zandig zwart veen gelaagd met kleilagen
3 1	0-45 45-75 75-120	1Ap9 1Ahg2 1Cr	5	5	25	155	matig roestig	matig	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	beekeerd	III/III	0	80		3	opgebracht oude bovengrond
3 2	0-40 40-90 90-110 110-120	1Ap9 2Cg 2Ce 3Cr	8	-	24	180	matig roestig	zeer broekveen	sterk	matig fijn	ZVz	meerveengrond	beekeerd	III	0	85		2-3	opgebracht moeraskalk
3 3	0-20 20-40 40-70 70-80 80-120	1Ap9 1Ahg2 2Ce 3Ce 4Cr	6	6	25	170	matig roestig	zeer rijk	arm	matig fijn	ZWk	broekeerdgrond	beekeerd	III	0	90		2	opgebracht grijs-blauw
3 4	0-30 30-65 65-100 100-120	1Ap9 1Cg 1Cgr 1Cr	BB7 BB8 BB9	6	-	15	matig roestig	zeer	sterk	matig fijn	pZg55	beekeerdgrond	veldpodzol	III*	25	105		-	
3 5	0-30 30-60 60-110 110-120	1Ap9 1Ahg2 1Ce1 1Cgr	5	-	24	165	matig roestig	matig	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	veldpodzol	V/III*	25	120		-	opgebracht, bruin oude bovengrond licht grijsbruin licht grijs



Bijlage 2, vervolg.

Profielbeschrijvingen van alle boringen.

locatie	boring	diepte	horizont	Bodemmonster	humus	leem < 2µ	leem < 50µ	M50	roestig gereduceerd	humus	leem	zand	Bodemeenheden			Opmerking					
													code	in 1 veld omschrijving	volgens bodemkaart						
4	1	0-30	1A/Cg	BB110	2	-	8	160	roestig	matig arm	arm	matig fijn	Zn51	goorterdgrond	bekeerd	I	0	35	2	bruingrijs blauwgrijs	
4	2	0-30	1A/Cg	BB111	2	-	8	165	roestig	matig arm	arm	matig fijn	ZWZ	broekerdgrond	bekeerd	III	5	15	6	zandlengs	
4	3	0-25	1A/C	BB112	4	-	15	160	roestig	matig	zwak	matig fijn	ZWZ	broekerdgrond	bekeerd	III	-2	50	6	matig veraard, bruin grijsblauw	
5	1	0-35	1Apg	BB119	5	-	32	160	roestig	matig	zeer sterk	matig fijn	pZg57x	bekeerdgrond	hoge zwarte enkeerd	II/III	0	100	0-5	5	licht verwerkt sterke kwel
5	2	0-20	1Apg	BB120	5	-	40	-	roestig	matig	zwak	matig fijn	pZg55x	bekeerdgrond	leemarm en zwak leemig fijn zand	V	10	120	25	0	
5	3	0-80	1Apg	BB221	4	-	18	170	roestig	matig	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	veldpodzol	V	5	120	25	1-2	licht verstoord
5	4	0-30	1Apg	BB223	3	-	16	155	roestig	matig	zwak	matig fijn	pZg55x	bekeerdgrond	veldpodzol	V	5	120	25	>1	veikt
5	5	0-50	1Apg	BB227	5	-	24	165	roestig	matig	sterk	matig fijn	ZEZ55x	zwarte enkeerdgrond	veldpodzol	V	0	120	10	2-4	lichte vorm, zandig
5	6	0-22	1Apg	BB113	5	-	29	165	roestig	matig	sterk	matig fijn	ZKX	Kleigrond	veldpodzol	III	0	85	10	5	
6	1	0-20	1A/Cg	BB115	2	-	12	180	roestig	matig arm	zwak	matig fijn	Zn52	vlakvaaggrond	bekeerd	II	5	55	5	5	deel afgegraven verwerkt
6	2	0-50	1Apg	BB116	8	-	28	165	roestig	zeer	sterk	matig fijn	ZEZ55	zwarte enkeerdgrond	bekeerd	III	5	90	5	5	opgebracht oorspronkelijke mv
6	3	0-40	1Apg	BB117	8	-	35	145	roestig	zeer	sterk	fijn	ZEZ35	zwarte enkeerdgrond	bekeerd	III	-5	65	4-5	4-5	vervaard broekveen
6	4	0-48	1A/C	BB118	7	-	34	140	roestig	zeer	sterk	matig fijn	pZg36	bekeerdgrond	bekeerd	II	-5	70	5	5	opgebracht
6	5	0-40	1A/C	BB119	7	-	27	148	roestig	matig	sterk	matig fijn	pZg35	bekeerdgrond	bekeerd	III/III	-5	80	4	4	iets heteroogeen vegetatieband blauwgrijs



Bijlage 3.

Analyseresultaten van de bodemonmonsters uit het Brunninkhuizerbeekdal. De CEC kan als ZNC opgevat worden.

Intern nr	locatie	boring	diepte cm-mv	horizont	Uitwisselbaar				Bascomb bij pH=8,1				Bezetting van				oxalaatextraheerbaar			bodem-vocht		P-verzadigings-	
					Ca	Mg	K	Na	H	CEC	Ca	Mg	K	Na	H	basen	Fe	Al	P	P	index $\alpha=PSI$	graad PSD in %	
					cmol+/kg				%				mmol/kg			mg/l							
BB1	1	2	0-25	1Apg	6,49	1,04	0,17	1,62	23,4	32,7	19,8	3,2	0,5	4,9	71,6	28,4	62,00	22,17	4,04	0,015	0,05	21,83	
BB2			25-70	2Ce	8,67	1,88	0,31	0,12	34,3	45,3	19,2	4,1	0,7	0,3	75,7	24,3	58,69	28,16	2,16	0,011	0,02	11,33	
BB3			70-120	3Cr	0,87	0,45	0,45	0,05	4,5	6,3	13,8	7,1	7,1	0,8	71,2	28,8	7,49	7,55	0,01	0,005	0,00	0,30	
BB4	2	4	0-35	1Apg	3,79	0,65	0,51	0,04	16,8	21,8	17,4	3,0	2,3	0,2	77,1	22,9	17,70	53,52	7,23	0,025	0,10	46,12	
BB5			35-55	1Ce	0,06	0,09	0,16	0,03	12,8	13,2	0,5	0,7	1,2	0,2	97,5	2,5	2,20	8,35	0,16	0,004	0,02	7,04	
BB6			95-120	2Cg	0,99	0,43	0,31	0,01	6,3	8,0	12,4	5,3	3,9	0,1	78,3	21,7	2,82	10,34	0,18	0,011	0,01	6,06	
BB7	3	4	0-30	1Apg	6,57	1,07	0,28	0,02	8,8	16,8	39,1	6,4	1,7	0,1	52,7	47,3	55,48	33,52	11,87	0,109	0,13	60,63	
BB8			30-65	1Cg	2,61	0,50	0,16	0,05	7,7	11,0	23,6	4,5	1,4	0,5	70,0	30,0	62,39	41,61	2,92	0,008	0,03	12,76	
BB9			100-120	1Cr	0,49	0,18	0,10	0,01	5,2	6,0	8,2	3,1	1,7	0,2	86,7	13,3	4,68	11,87	0,29	0,004	0,02	7,89	
BB10	4	1	0-30	1Cg	0,78	0,21	0,16	0,02	5,9	7,1	11,0	3,0	2,2	0,3	83,5	16,5	17,19	19,71	2,33	0,020	0,06	28,70	
BB11			0-30	1A/Cg	2,08	0,40	0,07	0,02	6,5	9,0	23,1	4,4	0,8	0,2	71,6	28,4	13,43	11,26	2,52	0,030	0,10	46,40	
BB12	4	3	0-25	1A/C	2,48	0,15	0,07	0,03	22,2	24,9	9,9	0,6	0,3	0,1	89,0	11,0	19,32	20,68	5,37	0,064	0,13	61,01	
BB13	5	6	0-22	1Apg	4,44	0,40	0,20	0,04	13,1	18,2	24,4	2,2	1,1	0,2	72,1	27,9	34,33	31,47	10,08	0,121	0,15	69,64	
BB14			22-50	2Cg1	2,07	0,33	0,19	0,01	14,1	16,7	12,4	2,0	1,1	0,1	84,5	15,5	60,90	40,70	0,80	0,013	0,01	3,57	
BB15			50-120	2Cg2	2,78	0,77	0,37	0,00	20,7	24,6	11,3	3,1	1,5	0,0	84,1	15,9	77,32	56,64	1,09	0,006	0,01	3,71	
BB16	6	5	0-40	1A/C	6,98	1,11	0,34	0,04	16,9	25,4	27,6	4,4	1,3	0,2	66,6	33,4	47,96	31,56	8,92	0,036	0,11	50,96	
BB17			40-80	1Ce	1,93	0,52	0,26	0,03	13,9	16,7	11,6	3,1	1,5	0,2	83,6	16,4	7,05	10,78	0,44	0,004	0,02	11,17	
BB18			80-120	1Cr	0,98	0,46	0,22	0,01	5,6	7,3	13,5	6,3	3,0	0,2	77,0	23,0	5,05	8,07	0,43	0,015	0,03	14,76	



Bijlage 4.

Kaart met waargenomen bodemtypen per onderzoekslocatie.

