

De fosfaat- en basentoestand van de bodem van een perceel langs de Buurserbeek

Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat- en basenverzadiging



Ecologisch adviesbureau

Giesen & Geurts

*Opdrachtgever
Waterschap Rijn en IJssel
Doetinchem*

De fosfaat- en basentoestand van de bodem van een perceel langs de Buurserbeek

Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat- en basenverzadiging

Oprachtgever
Waterschap Rijn en IJssel
Doetinchem



Ecologisch adviesbureau
Giesen & Geurts

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

Omslagfoto: Het onderzochte terrein aan de Buurserbeek met facies van Veldrus.

© 2008 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 (de opdrachtgever uitgezonderd).

Citaten uit dit rapport zijn alleen toegestaan met volledige bronvermelding:

Giesen & Geurts, 2008. De fosfaat- en basentoestand van de bodem van een perceel langs de Buurserbeek. Inrichtingsmogelijkheden op basis van de fosfaat- en basenverzadiging.

Giesen & Geurts, Ulft/Waterschap Rijn en IJssel, Doetinchem.

Inhoud

Inleiding
Woord van dank

I Terrein en probleemstelling

1	Terrein.....	1
2	Probleemstelling.....	1
3	Onderzoek.....	2

II Werkwijze en analysemethoden

1	Bodemkartering en bemonstering.....	5
2	Bodemanalyses.....	5
3	Wateranalyses.....	6

III Bespreking van de resultaten

1	Bodembeschrijving.....	9
1.1	Algemeen.....	9
1.2	Onderscheiden bodemeenheden.....	9
2	Bodemanalyses.....	10
3	Grondwateranalyses.....	11

IV Fosfaat- en basentoestand

1	Achtergrond.....	15
2	De fosfaattoestand.....	16
	Fosfaatbinding.....	17
	Conclusie.....	17
3	De basentoestand.....	17
3.1	Algemeen.....	17
3.2	De basenverzadiging en de H-bezetting.....	18

V Vegetatieperspectieven

1	Waar zou moeten worden afgegraven?.....	21
2	Wat is het effect van afgraven?.....	22
	Fosfaat.....	22
	Basen in grond en grondwater.....	22
3	Vegetatieperspectief na afgraven.....	23
4	Fosfaatmobilisatie.....	24
	Inundatie.....	24
	Sulfaat en organische stof.....	24
	Fosfaataanvoer met inundatiewater.....	24

VI Conclusies en advies

	Samenvattende conclusies en advies.....	29
--	---	----

Literatuur.....	31
-----------------	----

Bijlagen

1	Beschrijving van de bodemprofielen	35
2	Ligging van de boringen en bodemmonsters	36
3	Resultaten van de wateranalyses.....	37
4	Resultaten van de bodemanalyses.....	38

Figuren

1.1	De ligging van het onderzochte perceel langs de Buuserbeek	1
1.2	Weiland in het perceel langs de Buuserbeek	2
3.1	Bodemkaart van het onderzochte perceel langs de Buuserbeek.....	10
3.2	Waarden van $(Fe+Al)_{ox}$, P_{ox} , P-bodemvocht, PSI en PSD% in de onderzochte grondmonsters.	12
3.3	De ligging van het onderzochte grondwatermonster in het EGV-IR diagram.....	12
4.1	Het theoretische verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI) ..	15
4.2	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex).....	16
4.3	Versand tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSD (fosfaatverzadigingsgraad)	17
4.4	Het verzadigingspercentage van elke base, H en de som van de basen per boring en horizont.....	18
5.1	De gemeten fosfaatverzadiging, de fosfaatverzadigingsindex (resp. PSD% en PSD) en de basenverzadiging van de Cg-horizont, na afgraven van de A/Cg-horizont	21
5.2	Dikte van de A/Cg-horizont verkregen 27 boorpunten.....	22
5.3	Enige voorbeelden met boringsmateriaal ter illustratie van de overgang van A/Cg- naar Cg-horizont.....	23
5.4	Enkele tijdens het veldwerk waargenomen grasachtigen	25

Tabellen

3.1	Gemiddelde concentraties oxalaat extraheerbaar ijzer+aluminium (Fe+Al), fosfaat (P) en P-bodemvocht in gronden uit andere terreinen en van horizonten in het perceel langs de Buuserbeek	11
5.1	Gemiddelde gehalten met standaardafwijking van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van enkele plantengemeenschappen in natuurterreinen en van horizonten in het onderzochte perceel	25

Inleiding

Langs de Buurserbeek, bij de Koekoeksbrug, ligt een perceel grasland van ca. 1 ha. van het Waterschap Rijn en IJssel, dat door de Provincie Overijssel is aangewezen als nieuwe natuur. De vegetatie van dit perceel bestaat nu uit matig ontwikkelde gemeenschappen uit de *Molinietalia* met o.a. Veldrus. Het plan is de bovengrond van dit perceel af te graven, om zodoende een goed ontwikkeld schraallandvegetatie te ontwikkelen. Tevens zal het perceel dienst doen als retentieperceel.

Van het Waterschap van Rijn en IJssel in Doetinchem heeft Giesen & Geurts opdracht ontvangen de grond nader te onderzoeken op aspecten die van belang zijn voor de ontwikkeling van de beoogde natuurdoeltypen.

Hiertoe is veldwerk verricht, met grondboringen, om het bodemtype vast te leggen en de dikte van de voedselrijke bouwvoor te bepalen. Van een aantal profielen werd op 3 diepten de fosfaat- en basentoestand onderzocht. Om na te gaan tot welke diepte zou moeten worden afgegraven en welke vegetatie dan kan worden verwacht, is onderzocht wat de actuele fosfaat- en basenverzadiging van de bodem op verschillende diepten is.

In dit rapport komen o.a. aan de orde:

- * Gehanteerde onderzoeksmethoden.
- * Resultaten van boringen en analyses.
- * Evaluatie van de resultaten met adviezen.

Woord van dank

Wij danken het Waterschap van Rijn en IJssel in Doetinchem voor het mogelijk maken van dit onderzoek en in het bijzonder Martijn Heuvelmans (projectleider) en Hannie ter Maat voor de begeleiding en de aanlevering van bestanden en gegevens. Verder gaat onze dank uit naar Joop Vrielink voor de hulp bij het bodemkundige veldwerk.



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

Juli, 2008

A landscape photograph showing a wide, flat field of tall, golden-brown grass in the foreground. In the middle ground, there is a dense line of green trees and bushes. The sky is filled with soft, white and grey clouds. The overall scene is bright and natural.

I Terrein en probleemstelling



1 Terrein

Het onderzoeksgebied ligt ten oosten van Haaksbergen, bij de Koekoeksbrug (Buurserstraat) over de Buurserbeek (fig. 1.1). Het perceel bestaat geheel uit grasland, met een centrale afwateringsloot.

2 Probleemstelling

Het agrarische grasland van het onderzochte perceel verkeert in een matig voedselrijk stadium. Het perceel grasland is al 7 jaar uit de agrarische productie, maar het is nog onduidelijk of het zonder meer geschikt is om vochtig schraalland te ontwikkelen. De aanwezigheid van diverse soorten geeft wel aanwijzingen voor de mogelijkheden. Tijdens het veldwerk werden o.a. waargenomen: Zwarte zegge, Hazenzegge, Ruige zegge, Echte koekoeksbloem, Veldrus, Gewone veldbies, Pinksterbloem, Reukgras, Geknikte vossestaart, Gladde witbol.

Dit zijn voldoende indicaties om te spreken van een in ontwikkeling zijnde gemeenschap uit het Dotterverbond (mogelijk de Veldrusassociatie). Er bevinden zich soorten die vochtige-natte matig voedselrijke omstandigheden indiceren, maar ook voedselrijke omstandigheden. Blijkbaar zijn er plaatselijke verschillen. Het best ontwikkeld is het deel tussen de afwateringsloot en de Buurserbeek.

Het is de vraag of het gestelde natuurdoeltype 'vochtig schraalgrasland' zonder meer haalbaar is. Om de gestelde doelen te bereiken, zal beheer moeten worden toegepast. Het perceel zal ook worden gebruikt als retentiebekken.

Van de exacte voedselrijkdom van de graslanden in de huidige toestand

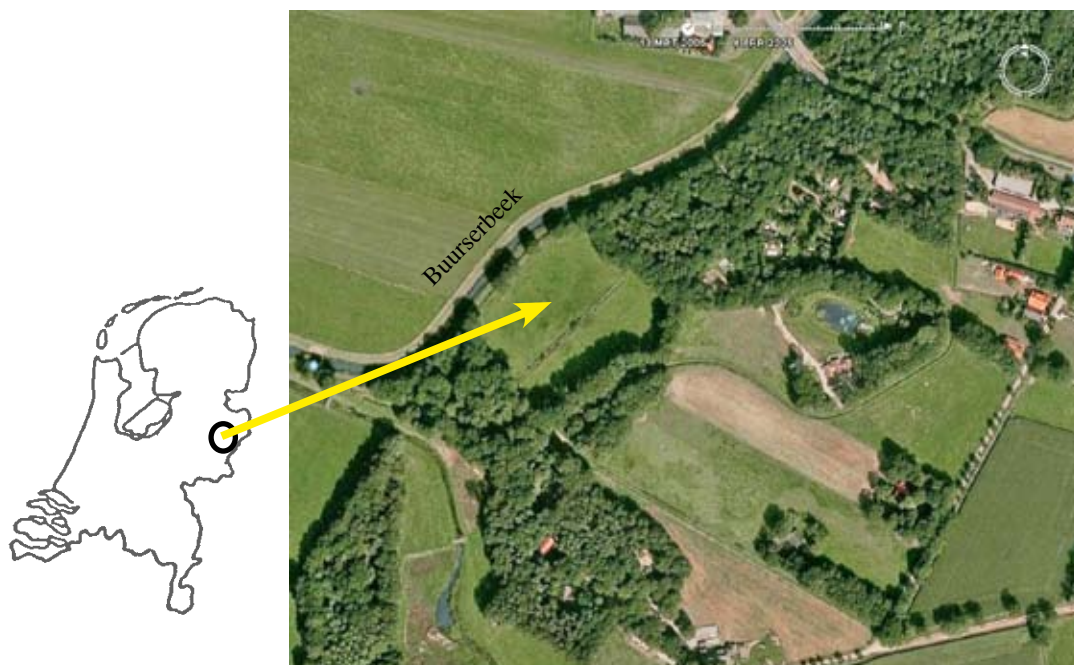


Fig. 1.1.

De ligging van het onderzochte perceel langs de Buurserbeek.



is weinig bekend. Omdat voor de natuurdoeltypen voedselarme(re) omstandigheden van de bodem zullen zijn vereist, was het van belang de trofietoestand van de bodem in kaart te brengen. Daarbij komt de fosfaatverzadiging aan de orde en tevens de basenverzadiging, grondwaterkwaliteit en de hydrologie. De onderzoeksvragen waren de volgende:

- * Wat is de fosfaat- en basentoestand van de boven- en ondergrond?
- * Is de voedingstoestand door afgraven tot een bruikbaar streefniveau terug te brengen?
- * Wat kan de invloed van inundatie op de vegetatieontwikkeling/ fosfaatomobilisatie zijn?
- * Kan interne eutrofiëring ten gevolge van reductie van ijzer(III)fosfaat door organische stof en sulfaat optreden?
- * Welke maatregelen zijn nodig om de gewenste ontwikkeling te realiseren?

3 Onderzoek

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen was het noodzakelijk de bodem gedetailleerd in kaart te brengen. De hieruit voortvloeiende bodemkaart werd gebruikt om de analyseresultaten van de steekproefgewijs per bodemtype verzamelde bodemonsters te extrapoleren naar niet bemonsterde delen van het terrein. De bodem werd bemonsterd op drie diepten: de voedselrijke bovengrond (A/Cg-horizont), de Cg-horizont direct daaronder en de Cr-horizont. Van de verzamelde bodemonsters werden de fosfaat- en basentoestand bepaald. De fosfaattoestand werd uitgewerkt tot fosfaatverzadigingsgetallen, de basentoestand tot basenverzadigingswaarden. De waarden zijn van belang voor het inschatten van de mogelijkheden om bepaalde natuurdoeltypen te ontwikkelen.



*Fig. 1.2.
Weiland in het perceel langs de Buurserbeek. Op de foto is de afwateringsloot te zien en ook facies met Veldrus.*



II

Werkwijze en analysemethoden



Giesen & Geurts



1 Bodemkartering en bemonstering

In het onderzoekgebied, met een totale oppervlakte van ca. 1 ha, werd door middel van 10 boringen de bodem in kaart gebracht. De boringen werden uitgevoerd met een Edelmanboor. De profielen werden beschreven volgens Klinka (bijlage 1). Er werd aangegeven of een horizont gereduceerd of roestig was. Verder werd het humuspercentage en het lutumgehalte van minerale horizonten genoteerd. De grondwatertrap, de GHG, de GLG en het bodemtype werden eveneens in het veld vastgesteld.

Op representatieve plaatsen werd de bodem op 3 diepten bemonsterd: de A/Cg-horizont, de Cg-horizont direct daaronder en de Cr-horizont). Er werden 12 grondmonsters verzameld in 4 boringen. De keuze van de monsterplaats werd in het veld bepaald, aan de hand van de aanwezigheid van een zo min mogelijk verstoord profiel en de frequentie waarin een bodemtype gevonden werd.

2 Bodemanalyses

De 12 grondmonsters zijn in goed afgesloten PE-zakken vervoerd en op het laboratorium gecatalogiseerd. 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 gezeefd en gemalen in een kruisslagmolen (fijnheid < 0,5 mm) en gehomogeniseerd. De gemalen grondmonsters zijn opgeslagen in PE-potten bij kamertemperatuur. 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 ovendroge grond. 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.

Voor het malen is een Culatti kruisslagmolen gebruikt, voorzien van zeefjes met poriëgrootte 0,5 mm. Spectrofotometrische kleurreacties zijn gemeten met een UV/VIS DR 4000 van HACH. Titraties zijn uitgevoerd met een Titroline 96.

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. Oxalaat extraheerbaar P, Fe en Al werden met ICP-AES gemeten. Voor de meting van P-bodemvocht werd de luchtdroge grond met water (W/V=1:2) geschud (Koopmans, 2004), gecentrifugeerd en in het heldere centrifugaat werd PO_4^{3-} -P gemeten en uitgedrukt in mg/l (in tegenstelling tot de andere waarden in b.v. mg/100g OD grond).

De basenverzadiging van de grond werd bepaald met de Bascomb-methode (gebufferde TEA-bariumchloride oplossing). De waarden uitwisselbaar basen werd omgerekend naar verzadigingswaarden. De H-verzadiging werd titrimetrisch bepaald in het Bascomb-extract.

Met het organische stofgehalte wordt meestal het gehalte aan organische stof bedoeld dat tijdens het gloeien verloren gaat. Er kunnen tijdens het gloeien echter ook andere stoffen dan organische stof ontwijken c.q. zich ontleden.



Voor CaCO_3 , structureel waterverlies en het natriumchloridegehalte kunnen correcties worden toegepast. Wanneer deze gehalten niet bekend zijn, wordt gloeien bij lagere temperaturen dan normaal (ca. 850 of 550°C) voorgesteld. Maar ook bij 550°C blijken anorganische bestanddelen structureel gebonden water te verliezen. Volgens Mitchell (1932) en Ball (1964) kan verlies van structureel water worden voorkomen als de temperatuur tijdens het gloeien tussen 350°C en 440°C blijft. Deze methode is bij deze analyses toegepast. Tijdens het gloeien was de oventemperatuur 380°C. De analyseresultaten staan in bijlage 4.

3 Wateranalyses

Omdat geen gegevens over de grondwaterkwaliteit bekend waren is één peilbuis met het filter in de gereduceerde zone geplaatst. Van het grondwater in deze buis is een monster verzameld (27-5-2008) en geanalyseerd.

Voor methoden wordt verwezen naar (Giesen & Geurts, 2003).



III

Bespreking van de resultaten



Giesen & Geurts



1 Bodembeschrijving

1.1 Algemeen

De bodem van het onderzochte perceel bestaat geheel uit beekerdgronden.

Aan de zuidkant van de afwateringsloot zijn deze beekerden zeer fijn zandig en zeer sterk lemig en lutumhoudend; de overige beekerdgronden bestaan uit zeer fijn zand en zijn zwak tot sterk lemig.

De ondergrond varieert sterk over korte afstand, omdat op deze plek in het verleden de beek heeft gemeanderd. Deze meanders zijn opgevuld met overwegend zwak lemig blauw-grijs zand, maar plaatselijk komen hier lemige, humeuze tot bijna venige banden in voor, die sterk in dikte variëren.

Binnen de zwak tot sterk sterk lemige gronden varieert de GHG van 0-10 cm-mv (grondwatertrap III).

In de zeer sterk lemig beekerdgronden komt de GHG regelmatig tot boven het maaiveld en zakt het grondwater niet verder uit dan tot 50-80 cm-mv (grondwatertrap II).

1.2 Onderscheiden bodemeenheden

In het gebied zijn naar leemgehalte twee beekerdgronden onderscheiden:

- ✓ pZg34 beekerdgronden in zwak en sterk lemig, zeer fijn zand
- ✓ pZg37 beekerdgronden in zeer sterk lemig, zeer fijn zand

pZg34 , beekerdgronden in zwak en sterk lemig, zeer fijn zand.

Horizont	diepte cm-mv	humus %	lutum %	leem %	M50	Opmerkingen
1A/Cg	0-25	6	-	27	125	verwerkt
1Cg1	25-40	-	-	9	145	roestig
1Cg2	40-65	-	-	9	145	blauw/grijs, gelaagd
1Cgr	65-80	-	-	9	145	blauw/grijs, gelaagd
1Cr1	80-100	2	-	9	145	gereduceerd
1Cr2	100-120	10	-	20	145	zwart

De verwerkingsdiepte varieert ca 15 tot 50 cm.

pZg37 , beekerdgronden in zeer sterk lemig, zeer fijn zand.

Horizont	diepte cm-mv	humus %	lutum %	leem %	M50	Opmerkingen
1Cg	0-15	1	7	38	125	roestig, verwerkt
1Ahb	15-50	5	7	38	125	oorspronkelijke bovengrond
1Cgr	50-80	-	-	25	125	gelaagd, zwak roestig
1Cr	80-120	-	-	16	140	gereduceerd

Door verwerking is de oorspronkelijke bovengrond ondergeploegd en komt deze over korte afstand tussen 15 en 50 cm -mv voor.

Beschrijving van de grondwatertrappen.

De grondwatertrappen zijn vastgesteld aan de hand van profiel- en landschapskenmerken. Dit houdt in dat de grondwatertrappen een globaal karakter dragen.

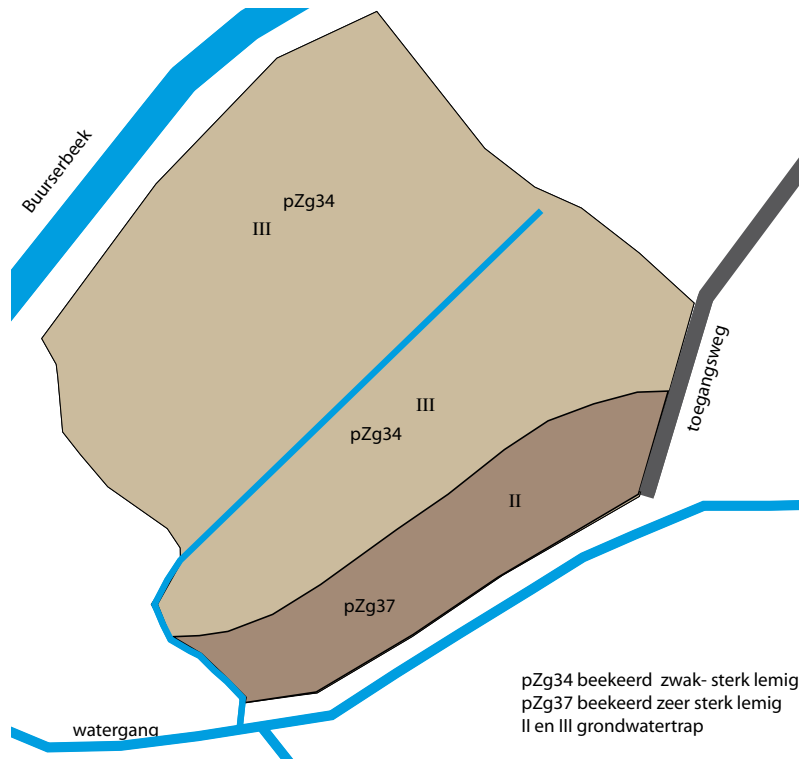


Fig. 3.1.
Bodemkaart van het onderzochte perceel langs de Buurserbeek. Boringsdichtheid: 10 boringen per ha.

De volgende grondwatertrappen zijn onderscheiden:

Grondwatertrap	GHG	GLG
	cm-mv	cm-mv
I	-	<50
II	-	50-80
III	<40	80-120

In de gronden met Gt II komt het grondwater in de winterperiode regelmatig aan of boven het maaiveld te staan, en zakt het in droge perioden niet verder dan 50-80 cm-mv. In de gronden met Gt III komt het water tot dichtbij het maaiveld, maar minder lang dan in de gronden met Gt II en zakt bovendien verder uit tot 80-120 cm-mv.

Gaat men de bovengronden in het perceel verwijderen, dan komen alle gronden gemiddeld 20 cm lager te liggen (en worden natter). Dit kan inhouden dat Gt II zal veranderen in Gt I en Gt III in Gt II.

2 Bodemanalyses

De resultaten van de bodemanalyses staan in bijlage 4.

Fosfaat

De bodemonsters bevatten over het algemeen hoge hoeveelheden oxalaat extraheerbaar ijzer en aluminium ((Fe+Al)_{ox}), waardoor ook grote hoeveelheden fosfaat (P_{ox}) gebonden kunnen zijn.

De uiterste waarden voor (Fe+Al)_{ox} zijn: 12 en 291 mmol/kg, voor P_{ox}: 0,5 en 17,8 mmol/kg en voor P-bodemvocht: 0,01 en 0,32 mg/l. In vergelijking met



enkele andere terreinen zijn de waarden voor $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ tamelijk hoog.

In het perceel langs de Buurserbeek zijn de waarden voor P_{ox} in de A/Cg-horizont niet hoog en gaan samen met zeer lage waarden voor $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$. In de horizont onder de bouwvoor (Cg-horizont) is P_{ox} gemiddeld bijna even hoog, maar $\text{P}_{\text{bodenvocht}}$ echter aanzienlijk lager. Dat wordt veroorzaakt door een hogere bindingcapaciteit $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$. In de Cr-horizont is de bindingscapaciteit lager, maar ook P_{ox} , waardoor de PSI ongeveer gelijk blijft.

In fig. 3.2 zijn deze parameters samen te zien per bodemtype en per horizont. De binding van fosfaat vindt plaats door wisselende hoeveelheden ijzer en/of aluminium.

In tabel 3.1 zijn enige waarden uit andere terreinen en uit het onderzochte perceel opgesomd. Vooral in landbouwgrond blijkt veel fosfaat (P-bodemvocht=41,4 mg/l) weg te lekken naar het grondwater.

3 Grondwateranalyses

Het onderzochte grondwater blijkt zwak zuur en de EGV laat zien dat het grondwater van matig lange verblijftijd betreft (bijlage 3). Het bicarbonaatgehalte is tamelijk hoog en het water kan hard genoemd worden. Het basengehalte is echter niet hoog. Het water is niet vervuild. Dat is te zien aan de ratio Ca/Mg die veel hoger is dan 4. Het ijzergehalte is hoog, maar gaat niet samen met een verhoogd sulfaatgehalte. Ook het chloridegehalte is laag, evenals van fosfaat en nitraat.

In fig. 3.3 is het grondwatermonster in een EGV-IR diagram geplaatst. De ligging komt overeen met door regenwater beïnvloed grondwater. In deze figuur is ook een Maucha diagram van het monster opgenomen. Deze figuren laten zien dat er sprake is van niet verontreinigd, door regenwater beïnvloed grondwater.

Het door het Waterschap Rijn en IJssel onderzochte beekwater is neutraal en het fosfaat- en nitraatgehalte is verhoogd.

*Tabel 3.1.
Gemiddelde concentraties oxalaat (Fe+Al), fosfaat (P) en P-bodemvocht, in gronden uit andere terreinen en van horizonten in het perceel langs de Buurserbeek.*

Gebied	grondsoort	Horizont	$(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$	P_{ox}	$\text{P}_{\text{bodenvocht}}$
			mmol/kg		mg/l
landbouwgrond Nederland	-	-	90	20	41,42
Binnenveld Wageningen	lemig zand/veen	-	174	12	0,88
Beltrum Achterhoek	lemig zand	-	103	12	0,75
Brunninkhuizerbeek Twente	lemig zand	-	60	3	0,06
Twente	lemig zand	-	56	7	0,59
Enkele Wiericke	(koop)veengrond	-	523	52	0,39
Renkumse Beekdal	gooreerdgrond	-	49	7	0,42
	enkeerdgrond	-	41	8	0,52
	podzolgrond	-	60	41	1,39
Galdersche Heide	laarpodzolgrond	A	76	24	2,45
		C	32	1	0,41
	gooreerdgrond	A	37	11	2,89
		Cg	15	<1	0,31
Buurserbeek	beekerdgrond	A/Cg	100	6	0,24
		Cg	123	7	0,10
		Cr	29	2	0,12

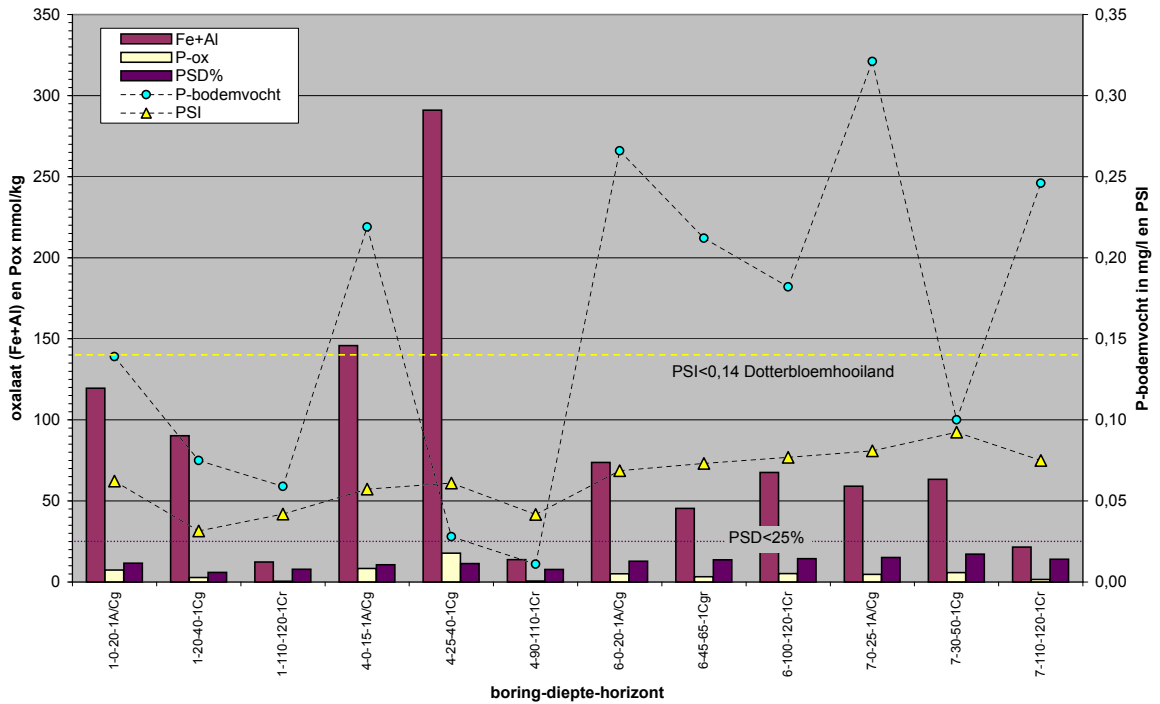


Fig. 3.2.

Waarden van $(Fe+Al)_{ox}$, P_{ox} , P-bodemvocht, PSI en PSD% in de onderzochte grondmonsters. Ze zijn gerangschikt naar grondsoort en horizont.

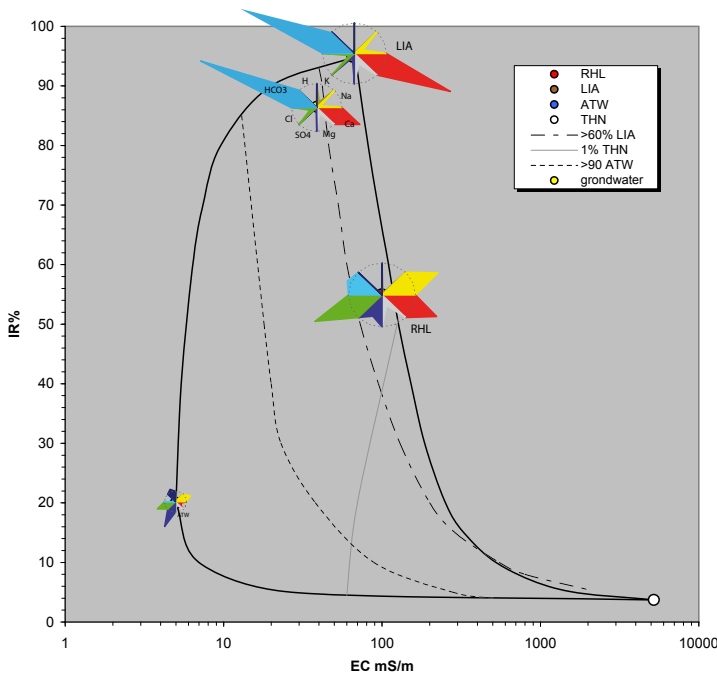


Fig. 3.3.

De ligging van het onderzochte grondwatermonster in het EGV-IR diagram. De ligging, evenals het Maucha-diagram, geeft aan dat het door regenwater beïnvloed grondwater betreft.

LIA=standaard grondwater, ATW=standaard regenwater en RHL=standaard Rijnwater. De diameter van de cirkel geeft de hoogte van de ionensom aan.



IV

Fosfaat- en basentoestand



Giesen & Geurts



1 Achtergrond

Fosfaat wordt in de bodem vastgelegd door amorphe (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) 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:

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

De gemiddelde waarde van α is afhankelijk het gehalte amorphe ijzer- en aluminiumoxiden, maar ook 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) P-voorraad. De gesorbeerde P-fractie komt relatief gemakkelijk beschikbaar, de gefixeerde fractie via een zeer langzame diffusie reactie.

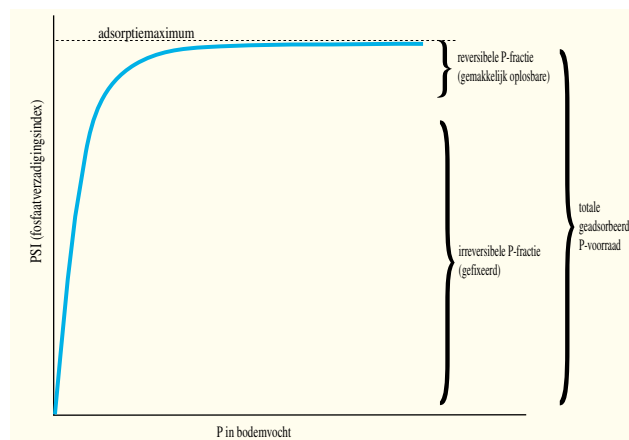
Er wordt van uitgegaan, dat het aan de bodem (d.i. aan Fe- en Al-oxiden) geadsorbeerde fosfaat (P_{ox}) in evenwicht verkeert met het fosfaat in het bodemvocht ($P_{bodemvocht}$). Deze evenwichtsreactie kan worden weergegeven door een isotherm. Deze isotherm wordt ook wel een adsorptie- of desorptie-isotherm genoemd en beschrijft het verband tussen het gebonden fosfaat en het opgeloste fosfaat (in mg P/l in het bodemvocht). Fig. 4.1 geeft dit theoretische verband weer.

Op de verticale as is het fosfaatgehalte (P_{ox}) in relatie tot het gehalte $(Fe+Al)_{ox}$ weergegeven. De variabele op de verticale as wordt de fosfaatverzadigingsindex ($a=PSI = P_{ox} / (Fe+Al)_{ox}$) 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).

Fig. 4.1.
Het theoretische verband tussen P in bodemvocht en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). De irreversibele P-fractie gaat moeilijk in oplossing en verhoogt het gehalte P in bodemvocht nauwelijks. Bij de reversibele P-fractie is dit juist wel het geval. P_{ox} is de som van deze twee fracties.



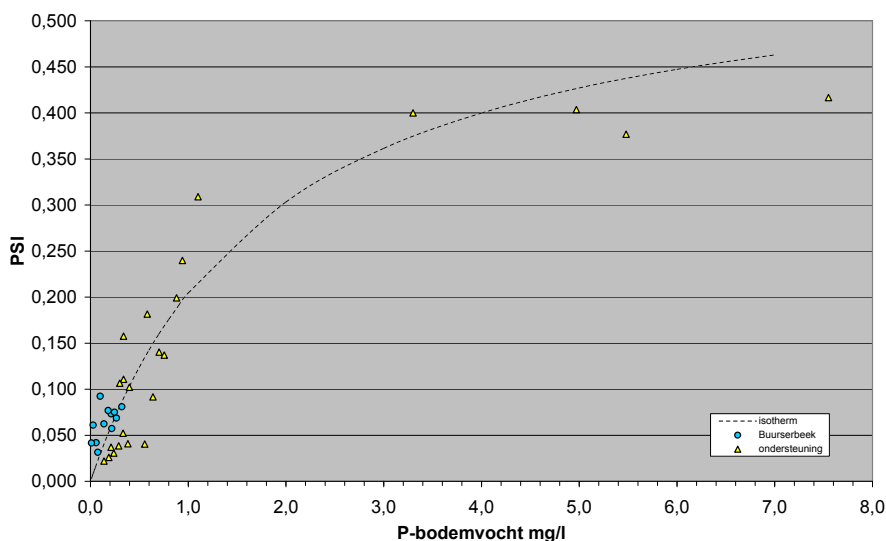


Fig. 4.2. Verband tussen het fosfaat in bodemvocht en de PSI (fosfaatverzadigingsindex). De lijn geeft de berekende isotherm weer.

2 De fosfaattoestand

In het onderzochte perceel langs de buuserbeek werden 12 bodemmonsters uit de A/Cg- en Cg-horizont verzameld (bijlage 4).

In fig. 4.2 is het gevonden verband weergegeven tussen opgelost fosfaat (P-bodemvocht) en de fosfaatverzadigingsindex (PSI). In de figuur is tevens de via regressieanalyse verkregen isotherm weergegeven ($R=0,94$). Uit deze analyse blijkt het adsorptiemaximum te liggen bij $0,59(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$. Dit betekent dat deze gronden een iets betere fosfaatadsorptiecapaciteit (PSC) hebben in vergelijking met de Nederlandse kalkloze zandgronden. De laagste waarden voor de PSI zijn gevonden in de C-horizonten (0,03; gemiddeld 0,06 tegen 0,07 in de A-horizont). Gemiddeld is er voor de PSI geen verschil tussen de A/Cg- en C-horizonten.

Uitgaande van de gevonden maximale fosfaatverzadiging van $0,59(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$, is vervolgens de fosfaatverzadigingsgraad (PSD) van de monsters berekend volgens:

$$\text{PSD} = \text{P}_{\text{ox}} / 0,59(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$$

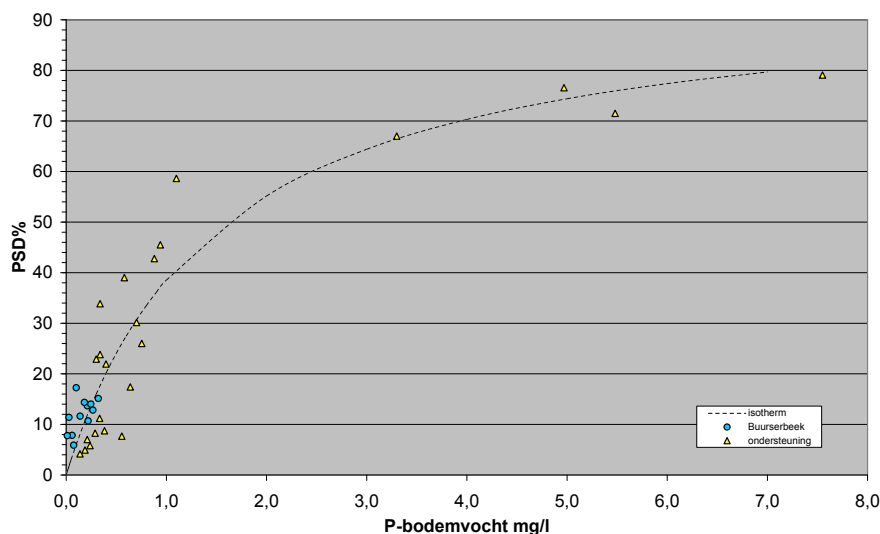
Uit bijlage 4 blijkt dat de laagste verzadigingswaarden voorkomen in de C-horizonten, maar de verschillen zijn miniem.

Uit bijlage 4 blijkt dat de bindingscapaciteit $(\text{Fe}+\text{Al})_{\text{ox}}$ in de gronden van het onderzochte perceel wordt bepaald door wisselende aandelen ijzer en aluminium; in veel gevallen domineert ijzer. Blijkbaar is de overheersende waterstroming naar boven, dus kwel. Opvallend hoog is de hoeveelheid ijzer in de Cg-horizont van boring 4; er is sprake van een oerbank met veel mangaan. De A/Cg-horizonten hebben steeds de hoogste PSI en vaak de hoogste PSD%. In de onderliggende Cg-horizont zijn de waarden meestal lager of nagenoeg hetzelfde.

Uit de boorbeschrijvingen en tussenboringen blijkt dat de gemiddelde dikte van de A-horizont 21,5 cm bedraagt. In fig. 5.2 is de dikte van de A/Cg-horizont in kaart gebracht.



Fig. 4.3.
Verband tussen
het fosfaat in
bodemvocht
en de PSD
(fosfaatverza-
digingsgraad).
De lijn geeft
de berekende
isotherm weer.



Fosfaatbinding

Aan de hoogte van de ratio Fe/P is te zien of de bodem in staat is veel fosfaat te binden. Als de ratio $Fe/P > 10$ is de bindingscapaciteit groot, van 1-10 is deze redelijk en beneden 1 is de kans op eutrofiëring aanzienlijk. Dan is de bodem, voor wat betreft het reactieve ijzer, verzadigd met P (zie IV-1).

In bijlage 4 is te zien dat deze ratio gemiddeld op 10,1 (sd 2,6) ligt. Na afgraven zal de ratio gemiddeld 14 worden (tengevolge van ijzerafzettingen in de Cg-horizont; maar er is ook mangaan aanwezig) met een minimum van 7 en een maximum van 26. De kans op eutrofiëring lijkt dus klein.

Conclusie

Uit de analyse van de fosfaattoestand kan worden geconcludeerd, dat fosfaat vooral is geaccumuleerd in de A/Cg-horizont, maar soms ook in de onderliggende Cg-horizont. Dit blijkt uit de waarden voor P_{ox} . De PSD van de A/Cg-horizont van alle onderzochte gronden bedraagt gemiddeld 13% (11-15) en de PSI is gemiddeld 0,07 (0,06-0,08). In de daaronder liggende Cg-horizont is dat voor de PSD 12% (6-17) en voor de PSI 0,06 (0,03-0,09). De verschillen zijn klein en liggen alle in het kansrijke traject.

Het blijkt dat de PSD-waarden in de Cg-horizonten voldoende laag zijn voor de ontwikkeling van Dotterbloemhooiland (fig. 5.1).

3 De basentoestand

3.1 Algemeen

De basenverzadiging van de bodem geeft aan welk deel van het adsorptie-complex is bezet met basen (calcium, magnesium, kalium en natrium; d.i. het zuurbufferende vermogen). De H-bezetting/verzadiging van de bodem geeft aan welk deel van het adsorptiecomplex is bezet door H. De basen kunnen door uitwassen/verzuring worden vervangen door H. De hoogte van de H-bezetting geeft dus aan hoe ver het zuurbufferend vermogen van de grond is uitgeput. Bij hoge waarden van de basenverzadiging is er meestal sprake van een opwaarts



gerichte kwelstroom met basenhoudend grondwater en bij lage waarden is meestal sprake van infiltratie met regenwater.

3.2 De basenverzadiging en de H-bezetting

De basenverzadiging neemt af met de diepte (horizont), met uitzondering van boring 6. Daar bestaat de ondergrond uit een beekopvulling van zeer humeuze leem, waarvan de basenverzadiging hoger is (29%) dan bovenin het profiel (12%). De daling met de diepte heeft te maken met de afname van het leemgehalte met de diepte. De gemiddelde basenverzadiging verschilt niet sterk tussen de horizonten (A/Cg=22, Cg=16 en Cr=16%).

In fig. 4.4 is per base en H te zien wat het verzadigingspercentage bedraagt (zie ook bijlage 4).

Het onderzochte grondwatermonster (bijlage 3) is lithoclien en van het CaHCO_3 type. Het calciumgehalte is niet hoog, maar het ijzergehalte wel. Het water is zwak zuur en de alkaliniteit is gemiddeld tot hoog en het betreft hard water. Sulfaat is nauwelijks aanwezig, evenmin als nutriënten. Volgens het EGV-IR diagram (fig. 3.3) is het aandeel grondwater (LIA) tamelijk laag (17%) en dus de invloed van regenwater (ATW) groot (83%).

De basenverzorging van het terrein is dus niet erg hoog: de basenverzadiging van de grond is meestal laag en het grondwater bevat niet erg veel basen en is zwak zuur.

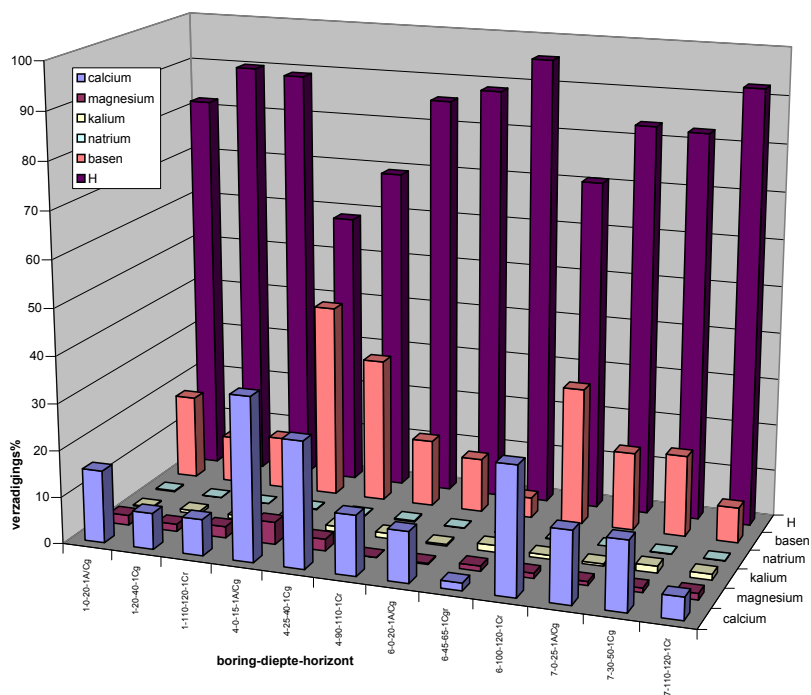


Fig. 4.4. Het verzadigingspercentage van elke base, H en de som van de basen per boring en horizont. Calcium draagt het meeste bij aan de basenverzadiging, die meestal het hoogst is in A/Cg horizont.



Vegetatieperspectieven





Giesen & Geurts



1 Waar zou moeten worden afgegraven?

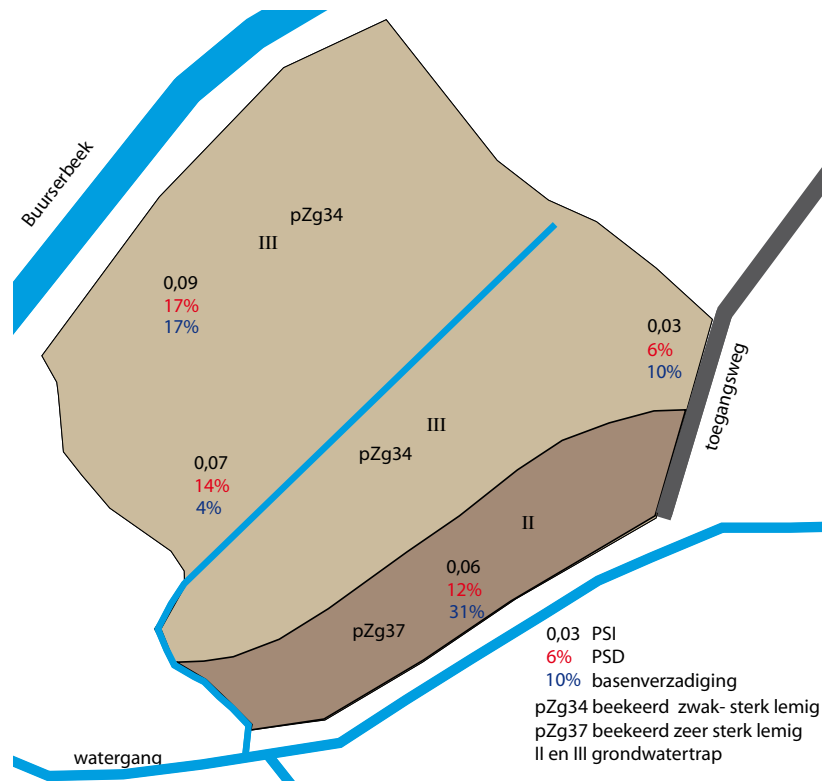
Omdat verwijderen van de bovengrond zowel positieve effecten (verwijderen overmaat aan voedingsstoffen) als negatieve effecten (verwijderen zuurbuffer, bodemorganismen, zaadbank) met zich mee kan brengen, wordt geadviseerd alleen af te graven op plaatsen waar dit echt noodzakelijk is. Maar omdat het onderzochte perceel ook als retentiebekken dienst zal doen, wordt er van uitgegaan dat zonder meer wordt afgegraven. De hoogte van de zuurbuffer verschilt toch niet veel in de verschillende horizonten.

Op basis de fosfaattoestand ($PSI < 0,14$ en $PSD < 20\%$) is afgraven ten behoeve van de ontwikkeling van schrale vegetatie niet noodzakelijk. Verdere vershraling kan gemakkelijk door maaien en afvoeren bereikt worden.

Het gehele onderzochte perceel voldoet, ook na afgraven van de bouwvoor, nog aan bovengenoemde criteria. Wel wordt door afgraven van de bouwvoor op de meeste plaatsen de basenverzadiging lager. Uitgezonderd op de locatie van boring 4, waar de basenverzadiging in de onder de bouwvoor liggende Cg-horizont ook nog 30% is.

Er is een onduidelijke gradiënt vast te stellen naar de Buurserbeek toe, met zwak hogere PSI en PSD (fig. 5.1). De af te graven dikte is te zien in fig. 5.2. Omdat al op kleine afstand de dikte kan verschillen, moet het afgraven ook op kleurverschil worden uitgevoerd. De A/Cg-horizont is donkerbruin met lichte banden/vlekken (resp. A- en Cg-delen) en de Cg-horizont is lichtbruin met roestvlekken (zie voor enkele voorbeelden fig. 5.3).

Fig. 5.1.
De gemeten fosfaatverzadiging, de fosfaatverzadigingsindex (resp. PSD% en PSI) en de basenverzadiging van de Cg-horizont, na afgraven van de A/Cg-horizont.



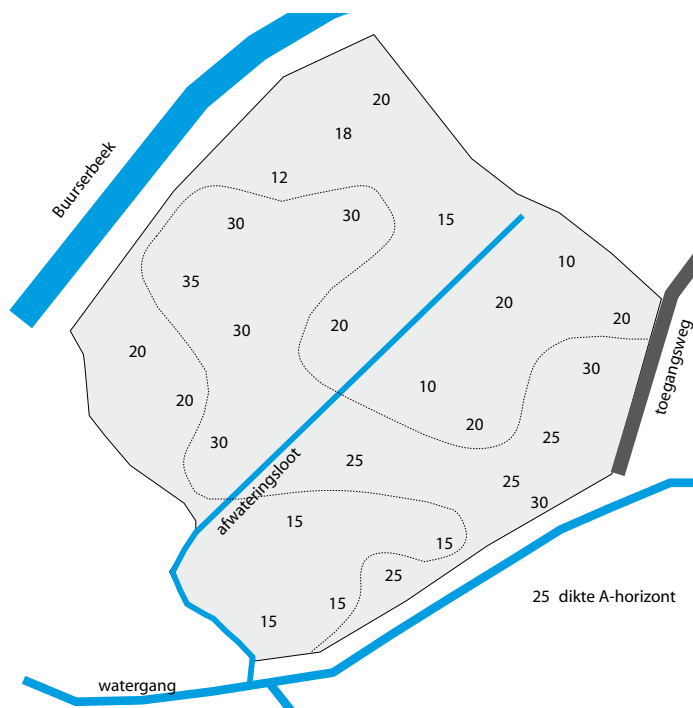


Fig. 5.2.
Dikte van de A/Cg-horizont, verkregen met 27 boorpunten. De contouren zijn slechts een indicatie, omdat al op kleine afstanden de dikte kan verschillen. Het afgraven moet daarom ook op basis van kleurverschil gebeuren. De gemiddelde dikte is 21,5 cm. Dat is voor de 1,1 ha globaal 2.400 m³ grond.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat de A/Cg-horizont op basis van de fosfaatverzadiging niet hoeft te worden afgegraven. Door toch afgraven van de A/Cg-horizont, wordt ook een geschikte uitgangssituatie bereikt voor de ontwikkeling van schralere vegetatie.

2 Wat is het effect van afgraven?

Fosfaat

Door de voedselrijkere A/Cg-horizont af te graven, wordt en blijft de fosfaattoestand geschikt voor natuurontwikkeling: de PSI wordt 0,03-0,09 (gemiddeld 0,06) en de PSD wordt 6-17% (gemiddeld 12%). In fig. 5.1 is de PSD en PSI te zien van de, na afgraven, dagzomende Cg-horizont.

Basen in grond en grondwater

De basenvoorraad en de basenverzadiging van de bodem in het onderzochte perceel langs de Buurserbeek is niet hoog. Er is weinig verschil tussen de basenverzadiging in de bovengrond en in de onderliggende horizonten. Afgraven heeft dus weinig effect op de basenverzadiging; deze wordt slechts weinig lager.

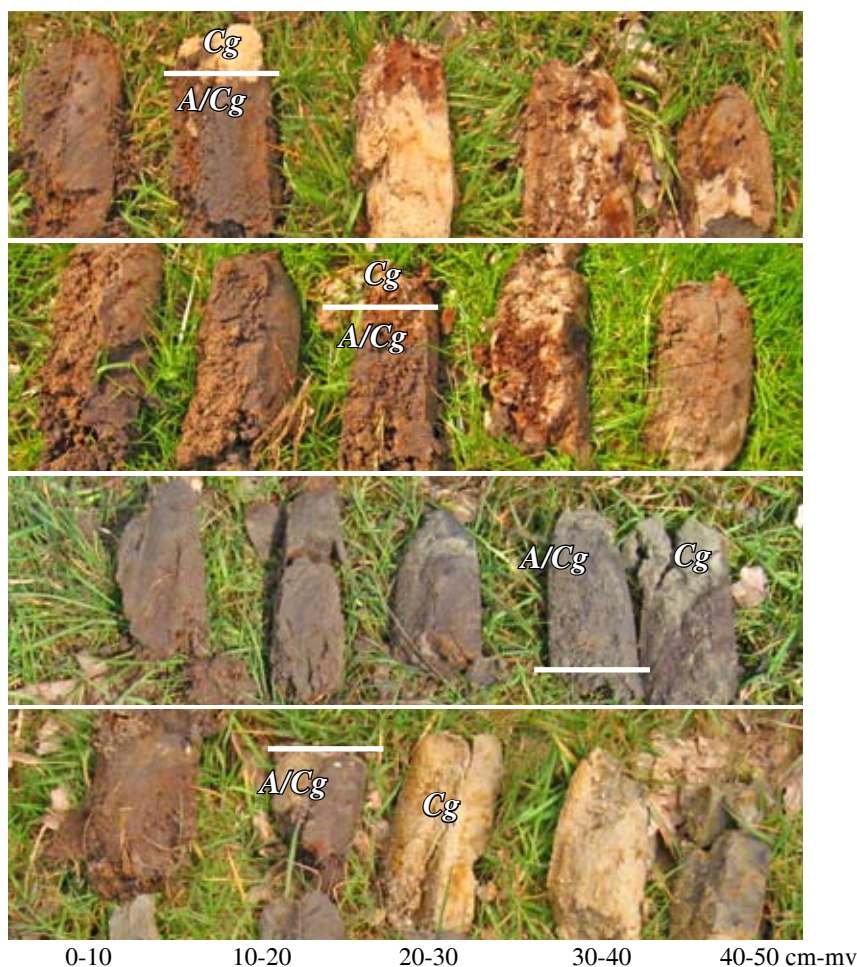
Ook in het grondwater zijn niet veel basen aanwezig (de concentraties in het beekwater zijn niet bekend). De bicarbonaat-hardheid is wel tamelijk hoog.

Door afgraven wordt bereikt dat het grondwater, dat nu al aan maaiveld komt, langduriger aan maaiveld blijft en ook minder ver uitzakt.



Fig. 5.3.
Enige voorbeelden met boringsmateriaal ter illustratie van de overgang van A/Cg- naar Cg-horizont.

De kleurverschillen kunnen dienen als leidraad bij het afgraven. Met een streep is de scheiding tussen A/Cg- en Cg-horizont aangegeven.



3 Vegetatieperspectief na afgraven

Op basis van de na afgraven te verwachten fosfaat- en basentoestand, kan worden aangegeven welke vegetatie zou kunnen worden verwacht. Door het afgraven wordt het maaiveld lager en hierdoor wordt het grondwaterpeil hoger. De GHG komt boven maaiveld te liggen en de GLG varieert tussen 50 en 95 cm-mv. In fig. 5.2 wordt voor elke boring de dikte van de af te graven laag (A/Cg-horizont) opgegeven.

Eén en ander impliceert, dat na afgraven van de A/Cg-horizont, langs de zuidrand en een strook ten noorden langs de afwateringsloot sterk tot zeer sterk lemig materiaal aan maaiveld (met hogere basenverzadiging) komt en op de overige plaatsen zwak lemig materiaal.

Na afgraven levert de dagzomende Cg-horizont een geschikte uitgangssituatie voor natuurontwikkeling. In tabel 5.1 zijn gemiddelde gemeten waarden (met SD) van oxalaat extraheerbaar ijzer (Fe_{ox}), aluminium (Al_{ox}) en fosfaat (P_{ox}), de fosfaatverzadigingsindex en de basenverzadiging in het onderzochte perceel opgesomd, naast referentie-waarden. De referentiewaarden zijn uit natuurreservaten afkomstig, verspreid door het land (zie ook Giesen & Geurts, 2004).



Door vergelijking van de gemeten waarden met de referentiewaarden in tabel 5.1 kan worden afgeleid welke vegetatie kan worden verwacht

Op de meeste plaatsen is wat zuurder Blauwgrasland (*Cirsio dissecti-Molinietosum nardetosum*) te verwachten, op wat drogere plaatsen heischraal grasland (*Nardetosum*), op natte plaatsen gemeenschappen uit het Verbond van zwarte zegge (*Caricion nigrae*) en op plaatsen met een basenverzadiging >25% Dotterbloemhooiland (*Calthion palustris*). Voor een optimalisering van de gemeenschappen zal veelal nog moeten worden verschaald (maaien en afvoeren).

4 Fosfaatmobilisatie

Inundatie

Omdat het perceel na afgraven dienst gaat doen als retentiebekken, zal bij piekafvoer van de beek inundatie optreden. Afhankelijk van de inundatieduur kunnen reductieprocessen in de bodem in gang worden gezet.

Onder aërobe omstandigheden ligt fosfaat in de bodem opgeslagen als gefixeerd ijzer(III)fosfaat (naast aluminium- en calciumfosfaat, die echter niet gereduceerd kunnen worden). Na inundatie is binnen enkele uren de in de (aërobe) bodem aanwezige zuurstof verbruikt en de anaërobe situatie bereikt. Dan wordt ijzer(III)fosfaat gereduceerd tot ijzer(II)fosfaat, met organische stof als reductor. Organische stof is in de Cg-horizont van het perceel weinig tot matig aanwezig. Het reductieproces is dus eindig. Het gereduceerde ijzer(II) fosfaat is gemakkelijker oplosbaar dan ijzer(III)fosfaat (resp. 10^{-26} en 10^{-32} mol/l). Verder kan Fe(II) minder fosfaat binden dan Fe(III) (resp. 1 op 0,5 tegen 1 op 1).

In enkele weken kan door reductie ongeveer 50% van het aanwezige ijzer(III) gereduceerd zijn. Door deze reductie gaat meer fosfaat in oplossing. De grootste hoeveelheid fosfaat komt vrij in kalkrijke, maar ijzerarme zandige bodems (tot 4 mgP/l). Als ijzerfosfaat in evenwicht is met opgelost Fe(II) dan zou de P-concentratie ongeveer 0,23 mgP/l (minder dan het beekwater) zijn. Voor oppervlaktewater is dat veel. Wordt het inundatiewater weer afgelaten, dan zal het opgeloste fosfaat worden afgevoerd.

Bij korte inundatieperiodes (minder dan enkele weken) zijn nauwelijks mobilisatieproblemen te verwachten. Dan is er geen tijd voor reductie.

Sulfaat en organische stof

Sulfaat kan in combinatie met organische stof worden omgezet in sulfide, dat ijzer kan immobiliseren tot ijzersulfide. Zowel in het grondwater als in het beekwater is echter dermate weinig sulfaat aanwezig, dat daarvan geen problemen te verwachten zijn. Tevens is weinig organische stof aanwezig in de na afgraven dazomende horizont.

Fosfaataanvoer met inundatiewater

Het beekwater kan het perceel straks, na herinrichting inunderen. Beekwater kan 0,43 mgP/l bevatten (zoals gemeten in jan. 2008 tijdens een piekaanvoer). Omdat de ratio Fe/P gemiddeld groter is dan 10 is de bodem in staat dit fosfaat te fixeren. Door periodieke meting van deze ratio is controle van de bindingscapaciteit van de bodem mogelijk. Verder wordt ook veel ijzer aangevoerd met het grondwater.



Fig. 5.4.
Enkele tijdens het veldwerk waargenomen graschtigen. (Zeggen en grassen).

Tabel 5.1.

Gemiddelde (gem.) gehalten met standaardafwijking (sd) van oxalaat extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat en de fosfaatverzadigingsindex van een viertal plantengemeenschappen/verbonden in natuurterreinen en van horizonten in het onderzochte perceel. Bron basenverzadiging: Beets et al, 2000-2005.

* *Cirsio dissecti-Molinietosum nardetosum* <25%,
Cirsio dissecti-Molinietosum typicum, 25-45%,
Cirsio dissecti-Molinietosum parnassietosum >45%.

	Syntaxon	N	Fe _{ox}		Al _{ox}		P _{ox}		PSI		Basenverzadiging		
			mmol/kg								P/Al+Fe		%
			gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem
referentie	<i>Junco-Molinion</i>		430	250	90	63	17	11	0,04	0,02	*		
	<i>Cirsio dissecti-Molinietum</i>		79	119	30	33	3	2	0,04	0,02	*		
	<i>Caricion nigrae (Parvocaricetea)</i>		143	69	76	42	9	5	0,04	0,02	<25		
	<i>Calthion palustris</i>		198	201	74	43	23	21	0,14	0,18	>25		
	<i>Nardetea</i>		-	-	-	-	-	-	0,04-0,14	-	<25		
Buurerbeek	beekeerd (A)	4	68	35	32	8	6	2	0,07	0,01	13		
	beekeerd (Cg)	4	99	101	24	14	7	7	0,06	0,03	12		
	beekeerd (Cr)	4	14	12	15	14	2	2	0,06	0,02	11		



Giesen & Geurts



VI
Conclusies en advies



Giesen & Geurts



Samenvattende conclusies en advies

- ✓ Op basis van de chemische bodemanalyses kan worden geconcludeerd dat het meeste fosfaat is opgeslagen in de A/Cg-horizont. De PSD van de gronden is in de A/Cg-horizont min of meer overal even hoog (gemiddeld $12,6 \pm 1,9$ (10,7-15,1)).
- ✓ Op basis van de fosfaatverzadiging zou de A/Cg-horizont niet te hoeven worden afgegraven met als doel omstandigheden te krijgen voor de ontwikkeling van schrale vegetatie. Er is na afgraven een fosfaatverzadiging van gemiddeld $12,1 \pm 4,8$ (5,9-17,3) in de Cg-horizont te verwachten.
- ✓ Meestal is het gemakkelijk op basis van visuele kenmerken de aangegeven af te graven diktes vast te stellen (zie fig. 5.3).
- ✓ Afgraven van de A/Cg-horizont heeft tot gevolg dat zwak lemig tot (zeer) sterk lemig materiaal aan maaiveld komt, waarvan de basenverzadiging meestal laag is (<25%). Het areaal met zeer sterk lemig materiaal met een hogere basenverzadiging neemt iets toe.
- ✓ Op basis van de veldwaarnemingen blijkt de GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) na afgraven meestal boven maaiveld uit te komen en de GLG zal 50-95 cm-mv bedragen.
- ✓ Op de meeste plaatsen is, na afgraven, wat zuurder Blauwgrasland (*Cirsio dissecti-Molinietosum nardetosum*) te verwachten, op wat drogere plaatsen heischraal grasland (*Nardetosum*), op natte plaatsen gemeenschappen uit het Verbond van zwarte zegge (*Caricion nigrae*) en op plaatsen met een basenverzadiging >25% Dotterbloemhooiland (*Calthion palustris; Crepido-Juncetum acutiflori*). Voor een goede ontwikkeling van de gemeenschappen zal veelal nog moeten worden verschaald (maaien en afvoeren).
- ✓ Het grondwater is schoon, basenarm en ijzerrijk. Het beekwater bevat echter meer fosfaat en nitraat.
- ✓ Ten gevolge van inundatie tijdens piekafvoer van de Buurserbeek is geen eutrofiëring te verwachten. De inundatie is waarschijnlijk van korte duur en gemobiliseerd fosfaat wordt, in de daarop volgende aërobe omstandigheden, snel weer gefixeerd. Met het beekwater aangevoerd fosfaat kan worden gefixeerd door in de bodem en grondwater aanwezig ijzer.
- ✓ Zowel in het grondwater als het beekwater is nauwelijks sulfaat aanwezig. In de na afgraven dagzomende Cg-horizont is weinig organische stof aanwezig. Interne eutrofiëring door sulfaatreductie met organische stof is nauwelijks aan de orde.



Giesen & Geurts



Literatuur

- Allen, St.E. (ed.), 1989. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- Bakker, H. de & W.P. Locher, 1990. Bodemkunde van Nederland. Malmberg, Den Bosch.
- Ball, D.F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non calcareous soils. *J. Soil Sci.*, 15:84-92.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel & R.W. de Waal, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. Selectie van referentiepunten t.b.v. het SBB-project terreincondities. Resultaten inventarisaties. SBB, Driebergen.
- 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. *Kunl. Lantbr. Högsk. Ann.*, 26: 199-215.
- Giesen & Geurts, 2003. Heidenhoekse Vloed en Gulbroek 2002. Kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. G&G, Uft. SBB, Regio Oost, Deventer.
- Giesen & Geurts, 2004. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in de Hooilanden van Binnenveld-Oost 2004, met plagadvies. Uft, SBB Regio Oost.
- Giesen & Geurts, 2005. De fosfaat- en basentoestand van de bodem van percelen langs de Groenlose Slinge bij Beltrum, met plagadvies. Uft, DLG Arnhem.
- Giesen & Geurts, 2006a. Plaggen ten behoeve van natuurontwikkeling. Fosfaatverzadiging als uitgangspunt. Flyer G&G, Uft.
- Giesen & Geurts, 2006b. Bodemonderzoek in het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. Onderzoek naar bodemopbouw, fosfaat- en basentoestand ten behoeve van en integraal inrichtingsplan voor het stroomgebied van de Brunninkhuizerbeek. G&G, Uft, WRD, Almelo.
- Giesen & Geurts, 2006c. De fosfaat- en basentoestand van de bodem langs de Enkele Wiericke. G&G, Uft, DLG, Den Haag.
- Giesen & Geurts, 2006d. De fosfaat- en basentoestand van de bodem in het Renkumse beekdal. Staatsbosbeheer, Deventer/G&G, Uft.
- Hesse, P.R., 1971. A textbook of soil chemical analysis. Clowes & Sons, London.
- 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.
- Jansen, A.J.M., 2000. Hydrology and restoration of wet heathland and fen meadow communities. Dissertatie Groningen.
- 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.
- 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.
- Mitchell, J., 1932. The origin, nature and importance of soil organic constituents



- having base exchange properties. *J. Am. Soc. Agron.*, 24:256-275.
- 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).
- Riemsdijk, W.H. van, 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.
- Schaminée, J.H.J., E. Weeda & V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland deel 2*. Opulus Press, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E. Weeda, 1996. *De vegetatie van Nederland deel 3*. Opulus Press, Leiden.
- Scheffer, F. & P. Schachtschabel, 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde*. F. Enke Verlag, Stuttgart.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. pflanzenernaehr. Dueng. Bodenkd.* 105: 194-202.
- Silberbauer, M.J. & J.M. King, 1991. Geographical trends in the water chemistry of wetlands in the south-western Cape Province, South Africa. *Southern African Journal of Aquatic sciences*, 17 (1/2): 82-88.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. *H2O(19)* 23:562-568.
- 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.
- Zee, S.E.A.T.M. van der, 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
- Zee, S.E.A.T.M. van der, 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.



Bijlagen



Giesen & Geurts



Bijlage 1.

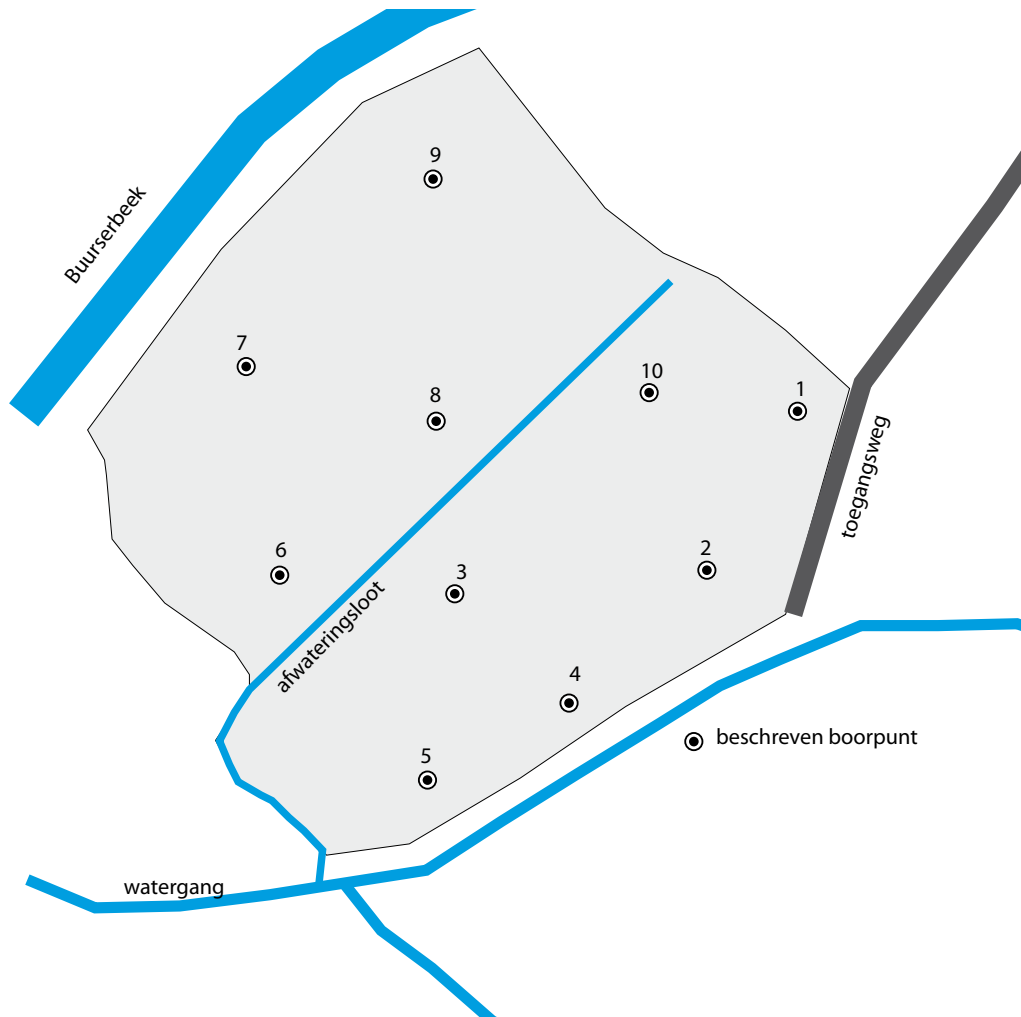
Beschrijving van de bodemprofielen.

boring	diepte	horizont	Bodemmonster	humus %	% lutum < 2µ	% leem < 50µ	M50	Bodemeenheden		Gt	GHG in 't veld	Gf/G cm-mv	Opmerking
								code	omschrijving				
1	0-25	1A/Cg		4	-	17	145	pZg34	beeeerd	III	0-10	115	verwerkt roestig met mangaan roestig met mangaan gereduceerd
	25-75	1Cg		-	-	17	145						
	75-110	1Cgr		-	-	13	145						
	110-120	1Cr		-	-	10	145						
2	0-25	1A/Cg		4	-	25	140	pZg34	beeeerd	III	0-10	105-115	verwerkt roestig met mangaan grof zand
	25-105	1Cg		-	-	12	150						
	105-120	1Cr		-	-	6	245						
3	0-25	1A/Cg		3	-	16	145	pZg34	beeeerd	III	0-10	110	verwerkt roestig met mangaan roestig zwak roestig gereduceerd
	25-55	1Cg1		-	-	10	160						
	55-85	1Cg2		-	-	6	170						
	85-110	1Cgr		-	-	6	170						
	110-120	1Cr		-	-	6	170						
4	0-50	1Cg(Ag)		2	7	38	120	pZg37	beeeerd	II/III	0	65-80	verwerkt oude A-horizont blauw gereduceerd blauw gereduceerd
	50-65	1Abg		6	-	25	120						
	65-75	1Cr1		-	8	40	-						
	75-120	1Cr2		-	-	8	145						
5	0-15	1Cg		1	-	35	125	pZg37	beeeerd	II	0-5	70-80	verwerkt, roestig oude A-horizont gelaagd, roestig gereduceerd
	15-50	1Abg		5	-	35	125						
	50-80	1Cgr		-	-	25	125						
	80-120	1Cr		-	-	16	140						
6	0-40	1A/Cg		4	-	18	140	pZg34	beeeerd oude beekopvulling	II/III	0-10	85	verwerkt iets roest/blauwgrijs gelaagd, blauwgrijs zeer humeus, donkerbruin
	40-85	1Cgr		-	-	10	145						
	85-100	1Cr		-	-	8	145						
	100-120	2Cr		12	-	35	100						
7	0-35	1A/Cg		3	-	17	140	pZg34	beeeerd oude beekopvulling	III	5-10	85-90	verwerkt iets roest/blauwgrijs blauw gereduceerd
	35-85	1Cgr		2	-	12	140						
	85-120	1Cr		1	-	8	140						
8	0-25	1A/Cg		4	-	18	140	pZg34	beeeerd	III	0-10	90	verwerkt oude A-horizont blauwgrijs gelaagde beekleem gereduceerd
	25-42	1Abg		6	-	20	140						
	42-90	1Cgr		-	-	40	100						
	90-120	1Cr		-	-	20	120						
9	0-8	1Apg		5	-	26	130	pZg34	beeeerd	III	5-10	95-105	verwerkt verwerkt oude A-horizont blauwgrijs/iets roest blauwgrijs gereduceerd
	8-27	1Cg		-	-	8	155						
	27-38	1Abg		7	-	16	145						
	38-95	1Cgr		-	-	8	160						
	95-120	1Cr		-	-	8	160						
10	0-20	1A/Cg		6	-	27	125	pZg34	beeeerd oude beekopvulling	III	0-20	80	verwerkt lichtgrijs/roestig blauwgrijs blauwgrijs blauwgrijs zwart humusrijk
	20-40	1Cg1		-	-	9	145						
	40-65	1Cg2		2	-	9	145						
	65-80	1Cgr		2	-	9	145						
	80-100	1Cr		2	-	9	145						
	100-120	2Cgr		10	-	15	145						



Bijlage 2.

Ligging van de beschreven boringen en de bodemmonsters (zelfde nummering).





Bijlage 3.

Resultaten van de analyses van het grondwatermonster en van het water in de Buurserbeek (BUB WRIJ).

Intern nr.	locatie	datum	EGV	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4 N	SO4	Cl	HCO3	PO4 P	NO3 N
			µS/cm	mg/l										mmol/l	mg/l
1	grondwater	27-5-2008	389	6,27	20,32	1,89	5,64	2,29	19,62	7,88	1,30	5,62	2,79	0,002	0,01
BUBo1	beekwater	14-1-2008		7,10										0,130	8,50
BUBo2	beekwater	21-1-2008												0,430	5,10
BUBo3	beekwater	13-2-2008		7,20										0,100	7,50

K	A	K+A	dKA	ECc	ECm	dEC	IR
mmol+-/l			%	mS/m		%	%
3,0	3,0	6,0	1,0	39,5	38,9	-1,4	86,5

grond	regen	zee	pH sat	Verzadigingsindex	Stuifzand	watertype	Similariteitscoëfficiënt met			
water			10°C				rLi	rAt	rTh	rMo
%							%			
17,3	82,6	0,01	8,10	-1,8	g2CaHCO3		92	-57	33	38



Bijlage 4.

Resultaten van de bodemanalyses.

Intern nr.	Boring monster	Diepte cm-nv	Horizont	Organische stof %	Uitwisselbaar				Oxalaatextracteerbaar				P bodemvocht mg/l	PSI	verzadigings%				PSD %	Fe/P ratio			
					Ca	Mg	K	Na	H	Fe	Al	P			Fe-Al	Ca	Mg	K			Na	H	basen
LH 1	1-1	0-20	1A/Cg	3.44	2.768	0.378	0.038	0.039	14.63	17.85	76.95	42.63	7.44	119.48	0.139	0.06	15.50	2.12	0.21	0.22	82.0	18.0	10.3
LH 2	1-2	20-40	1Cg	0.86	0.811	0.164	0.066	0.005	9.44	10.49	75.11	15.09	2.85	90.19	0.075	0.03	7.73	1.57	0.63	0.05	90.0	10.0	26.4
LH 3	1-3	110-120	1Cr	0.36	0.508	0.158	0.054	0.002	5.80	6.52	7.12	5.28	0.52	12.39	0.059	0.04	7.79	2.42	0.83	0.03	88.9	11.1	7.8
LH 4	4-1	0-15	1A/Cg	2.57	6.887	0.953	0.322	0.029	11.68	19.97	111.97	33.81	8.35	145.79	0.219	0.06	34.98	4.77	1.61	0.14	58.5	41.5	10.7
LH 5	4-2	25-40	1Cg	2.69	6.896	0.648	0.309	0.034	17.69	25.58	247.39	43.67	17.76	291.06	0.028	0.06	26.96	2.53	1.21	0.13	69.2	30.8	11.4
LH 6	4-3	90-110	1Cr	0.44	1.066	0.006	0.093	0.023	7.10	8.29	6.67	7.14	0.58	13.80	0.011	0.04	12.86	0.07	1.12	0.27	85.7	14.3	7.8
LH 7	6-1	0-20	1A/Cg	2.35	1.530	0.035	0.048	0.010	12.45	14.07	48.33	25.38	5.06	73.71	0.266	0.07	10.87	0.25	0.34	0.07	88.5	11.5	12.8
LH 8	6-2	45-65	1Cgr	0.64	0.139	0.096	0.125	0.003	8.07	8.43	31.22	14.13	3.32	45.35	0.212	0.07	1.64	1.14	1.48	0.04	95.7	4.3	13.7
LH 9	6-3	100-120	1Cr	3.74	5.815	0.233	0.183	0.031	15.10	21.56	31.63	35.94	5.20	67.58	0.182	0.08	27.22	1.09	0.86	0.15	70.7	29.3	14.4
LH 10	7-1	0-25	1A/Cg	2.48	2.147	0.115	0.066	0.005	11.64	13.97	33.72	25.36	4.78	59.08	0.321	0.08	15.37	0.82	0.47	0.03	83.3	16.7	15.1
LH 11	7-2	30-50	1Cg	2.24	2.070	0.138	0.204	0.014	11.54	13.97	40.30	23.08	5.85	63.37	0.100	0.09	14.82	0.99	1.46	0.10	82.6	17.4	17.3
LH 12	7-3	110-120	1Cr	0.64	0.390	0.112	0.103	0.007	7.53	8.14	10.57	11.00	1.62	21.57	0.246	0.08	4.79	1.38	1.26	0.09	92.5	7.5	14.0
			A/Cg	2.71	3.36	0.37	0.12	0.02	12.60	16.47	67.74	31.77	6.41	99.51	0.24	0.07	19.18	1.99	0.66	0.12	78.1	21.9	12.6
			Cg	1.61	2.48	0.26	0.18	0.01	11.69	14.62	98.50	23.99	7.44	122.49	0.10	0.06	12.79	1.56	1.20	0.08	84.4	15.6	12.1
			Cr	1.29	1.94	0.13	0.11	0.02	8.88	11.08	14.00	14.84	1.98	28.63	0.12	0.06	13.17	1.24	1.02	0.13	84.4	15.6	11.0
			A/Cg	2.35	1.53	0.03	0.04	0.00	11.64	13.97	33.72	25.36	4.78	59.08	0.14	0.06	10.87	0.25	0.21	0.03	58.5	11.5	10.7
			Cg	0.64	0.14	0.10	0.07	0.00	8.07	8.43	31.22	14.13	2.85	45.35	0.03	0.03	1.64	0.99	0.63	0.04	69.2	4.3	5.9
			Cr	0.36	0.39	0.01	0.05	0.00	5.80	6.52	6.67	5.28	0.52	12.39	0.01	0.04	4.79	0.07	0.83	0.03	70.7	7.5	7.8
			A/Cg	3.44	6.99	0.95	0.32	0.04	14.63	19.97	111.97	42.63	8.35	145.79	0.32	0.08	34.98	4.77	1.61	0.22	88.5	41.5	15.1
			Cg	2.69	6.90	0.65	0.31	0.03	17.69	25.58	247.39	43.67	17.76	291.06	0.21	0.09	26.96	2.53	1.48	0.13	95.7	30.8	17.3
			Cr	3.74	5.82	0.23	0.18	0.03	15.10	21.56	31.63	35.94	5.20	67.58	0.25	0.08	27.22	2.42	1.26	0.27	92.5	29.3	14.4
			A/Cg	0.49	2.47	0.42	0.14	0.02	1.40	2.96	34.52	8.20	1.76	40.17	0.08	0.01	10.75	2.01	0.65	0.08	13.3	13.3	1.9
			Cg	1.01	3.05	0.26	0.11	0.01	4.25	7.66	101.04	13.72	7.00	113.87	0.08	0.03	10.87	0.70	0.40	0.04	11.5	4.8	8.7
			Cr	1.63	2.60	0.09	0.05	0.01	4.21	6.90	11.89	14.27	2.21	26.14	0.11	0.02	9.94	0.97	0.21	0.10	9.6	9.6	3.7





Giesen & Geurts



