



Bodemchemisch onderzoek Elsenerveen



Foto's: Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

EINDRAPPORTAGE

Opdrachtgever: Provincie Overijssel • Projectnummer: PR-13.004

Rapportnummer: 2013.34 • Auteurs: Mark van Mullekom & Fons Smolders • Datum: 23.10.2014

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Elsenerveen

Auteurs:
Mark van Mullekom & Fons Smolders

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel

Rapportnummer: 2013.34

Informatie:
Onderzoekcentrum B-WARE
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Kamernummer: 02.029
Tel: 024-3652815
m.vanmullekom@b-ware.eu

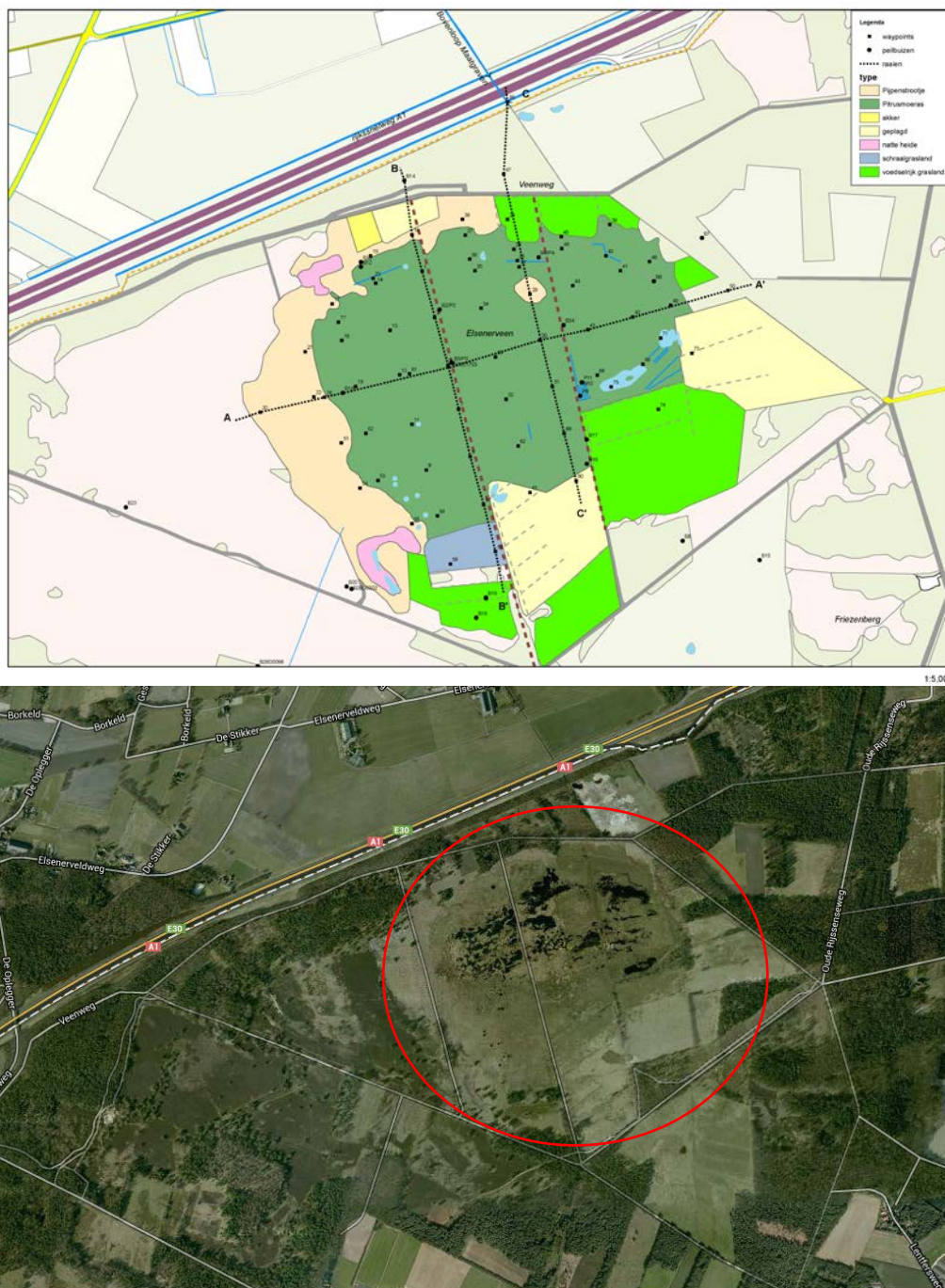
© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2014.

Inhoudsopgave

1. Inleiding en doel van het onderzoek	5
2. Veldwerkzaamheden en monsterlocaties	7
3. Resultaten en inrichtingsadviezen	9
4. Literatuur	13

1. Inleiding en doel van het onderzoek

Ecohydrologisch adviesbureau Bell Hullenaar voert in opdracht van de Provincie Overijssel een onderzoek uit naar het ecohydrologisch functioneren en de herstelmogelijkheden van het Elsenerveen, gelegen ten zuiden van Rijssen. Zowel de randzone als het centraal gelegen veenputtencomplex (figuur 1.1) is echter verruigd met Pitrus. De huidige slechte ontwikkeling is (vooral) veroorzaakt door verdroging. Mogelijk is er (in combinatie hiermee) ook een probleem ten aanzien van de voedselrijkdom. Om af te leiden in hoeverre dit het geval is, en zo ja, wat hieraan dan gedaan kan worden, is B-WARE gevraagd een aantal bodemchemische analyses uit te voeren.



Figuur 1.1. Overzicht van het onderzoeksgebied. Bron: Bureau Bell Hullenaar (boven) en Google Maps (onder).

B-WARE is verzocht de variatie in de bodemchemie, zowel in de ruimte als in de diepte, en zowel in de randzone als in het centrale deel van het veengebied, op oriënterende wijze in kaart te brengen. Middels dit onderzoek wordt afgeleid of de huidige voedingsstoffenrijkdom (en met name fosfaatrijkdom) van de bodem een probleem vormt voor herstel / ontwikkeling van het habitatype Zure vennen in het centrale deel, en het habitatype Vochtige heide in de randzone. Door ook in de diepte de variatie in bodemchemie in beeld te brengen, kan ook worden afgeleid of door het afplaggen van de toplaag een voldoende mate van verschraling gerealiseerd kan worden voor dit herstel, en welke diepte hiervoor dan gehanteerd moet worden, voor het geval dat de toplaag te voedselrijk is.

In Nederland valt, ondanks de succesvolle inspanningen om de ammoniakuitstoot in de landbouw aan te pakken, nog steeds 30 tot 40 kilogram stikstof per hectare per jaar uit de lucht op de vegetatie. Het is dus nog steeds zeer moeilijk, zo niet onmogelijk om in het beheer, gericht op biodiversiteit, alleen te sturen op stikstoflimitatie. Kalium kan in de meeste gevallen in voldoende mate vrijkomen uit de verwerking van silicaten of wordt via grond- en oppervlaktewater aangevoerd en is daardoor meestal niet limiterend voor de productie van snelgroeiende soorten. Daarom is het sturen op P-limitatie het meest kansrijk. Relatief recente plagwerkzaamheden in de randzone hebben reeds geleid tot de ontwikkeling van veenmos en dopheide (overige soorten van een natte heide ontbreken). Dit wordt weergegeven in figuur 1.2.



Figuur 1.2. Foto's van de veenmosgroei (links) en ontwikkeling van dopheide (rechts) op plagplekken in het Elsenerveen. Foto's: Bureau Bell Hullenaar.

Ecohydrologisch adviesbureau Bell Hullenaar heeft de in deze notitie beschreven resultaten ook in het hoofdrapport van het ecohydrologisch onderzoek verwerkt (zie paragraaf 4.2.5).

De volgende vragen worden beantwoord:

- Hoe verlopen de fosfaatconcentraties in de diepte op de bemonsterde locaties?
- Tot op welke diepte is de bodem rijk aan fosfaat, is het nodig om te plaggen, en zo ja, wat is de gewenste plagdiepte om de beoogde natuur te ontwikkelen in het centrale deel en de randzone?
- Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen zijn gewenst?

2. Veldwerkzaamheden en monsterlocaties

Op 17 mei 2013 zijn door Bureau Bell Hullenaar op 11 locaties bodemonsters verzameld waarbij tevens het bodemprofiel is beschreven. De locaties worden weergegeven in figuur 2.1. In tabel 2.1 worden deze locaties toegelicht.

Vijf monsterlocaties zijn gelegen in het centrale deel (Pitrusbegroeiing) van het veengebied waarbij op 3 tot 4 dieptes per 10-20 cm bodemmateriaal is verzameld. De monsters zijn als volgt gecodeerd:

Top = hoge delen tussen de veenputten

A = restveenlaag in veenputten

B = bovenste deel van de gytja

C = gytja 10-20 cm vanaf bovenzijde

Zes locaties zijn gelegen in de randzone van het veengebied (Pijpenstrootje-/Pitrus-/ruigtevegetatie). Op locatie E11 hebben reeds plagwerkzaamheden plaatsgevonden en is veenmosgroei op gang gekomen. Ter plekke is alleen de toplaag verzameld (0-20 cm). Op de overige locaties zijn per 10-20 cm 3 dieptes bemonsterd. De monsters zijn als volgt gecodeerd:

A = restveenlaagje aan de oppervlakte

B = bovenste deel van de minerale ondergrond

C = idem, maar dan dieper



Figuur 2.1. Overzicht van de bodemonsterlocaties. Bron: Bureau Bell Hullenaar.

Tabel 2.1. Toelichting op de bodemonmonsterlocaties (ref = referentie). Bron: Bureau Bell Hullenaar.

Code	X	Y	Omschrijving	Ligging
E3	231068	477057	pitrusvegetatie	centraal
E4	230739	476772	pitrusvegetatie	centraal
E5	230931	476816	pitrusvegetatie	centraal
E6	231122	476868	pitrusvegetatie	centraal
E7	231316	476916	pitrusvegetatie	centraal
E1	230690	476943	pijpenstrootjevegetatie	rand
E2	230877	477011	pitrusvegetatie	rand
E8	230785	476576	pitrusvegetatie	rand
E9	230977	476626	pitrusvegetatie	rand
E10	231173	476674	voedselrijke ruigte	rand
E11	231374	476872	veenmos in afgegraven deel aan rand van veen	rand (ref)

Per bodemonmonster zijn de volgende analyses uitgevoerd:

- Vocht- en organisch stofgehalte
- Olsen-P (plantenbeschikbare fosfaat fractie)
- Destructie: totaal-P (fosfaat), totaal-S (zwavel), totaal-Fe (ijzer), totaal-Ca (calcium), totaal-Mg (magnesium), totaal-Al (aluminium), totaal-K (kalium).

Vocht- en organisch stofgehalte

Het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal is via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurt door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 24 uur bij 70 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand worden afgevuld kunnen later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem is berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe is het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550°C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat is met behulp van een Olsen-extractie bepaald. Hiervoor is aan 3 gram droog bodemmateriaal 100 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO₃) toegevoegd. De pH van het extractiemedium is op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten zijn de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm is verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract is bij 4°C bewaard tot verdere analyse op de ICP-OES.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor is 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal is 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H₂O₂, 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters zijn vervolgens gedestruerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen is het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters zijn in polyethyleenpotjes bij 4°C bewaard voor verdere analyse op de ICP-OES.

3. Resultaten en inrichtingsadviezen

Algemeen

In combinatie met hydrologische omstandigheden is de chemie van de veenbodem van grote invloed op de kans op hoogveenregeneratie. Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de parameters uitgedrukt per liter verse bodem. Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt goede kansen voor de ontwikkeling van (natte) voedselarme natuur. Op basis van analyses in het Zuidlaardermeergebied is geconcludeerd dat veenmosontwikkeling, onder de juiste hydrologische omstandigheden, plaats kan vinden bij een Olsen-P concentratie lager 350 $\mu\text{mol/l}$ (Van Mullekom et al., 2013). Op basis van referentiemonsters in het Soesterveen (2012) kan worden gesteld dat <200 $\mu\text{mol/l}$ optimaal is. De totaal-P concentratie bedraagt in dergelijke systemen 0,5-2,5 mmol/l (database B-WARE).

Resultaten

De resultaten worden weergegeven in tabel 3.1 en figuur 3.1. Hieruit blijkt dat er zeer weinig P in de bodem zit. Alleen in de randzone (1, 2, 8 en 9) is de bovenste 20 cm licht verrijkt met fosfaat (totaal-P ± 4 mmol/l en Olsen-P ± 430 $\mu\text{mol/l}$). De aanwezige Pitrusbegroeiing bevestigt het feit dat er geen hoge P-concentraties nodig zijn voor een dergelijke verrijking bij vernatting van een sterk verdroogd hoogveenrestant. De verrijking is ontstaan na het dempen van de afvoersloot van het veengebied in 1984. Dit heeft niet alleen geleid tot vernatting maar ook tot scheurvorming (en lekkeages) wat resulteerde in sterkere peilfluctuaties. In de zomermaanden zakt het water hierdoor diep weg. Door deze droogval heeft mineralisatie van de veenlaag plaatsgevonden. Hierdoor komt (in relatief korte tijd) fosfaat beschikbaar. In combinatie met het zure milieu zijn dit (vooral na vernatting) ideale omstandigheden voor Pitrusontwikkeling. Het fosfor zit vrijwel allemaal opgeslagen in de biomassa van de plant. Interne reallocatie van nutriënten binnen de plant kan dan voor lange tijd een Pitrusvegetatie op de been houden wanneer er niet wordt beheerd. Het feit dat de aanwezige Pitrus niet al te groen is (zoals op rijke locaties) duidt erop dat er geen overmaat aan P beschikbaar is voor optimale groei.

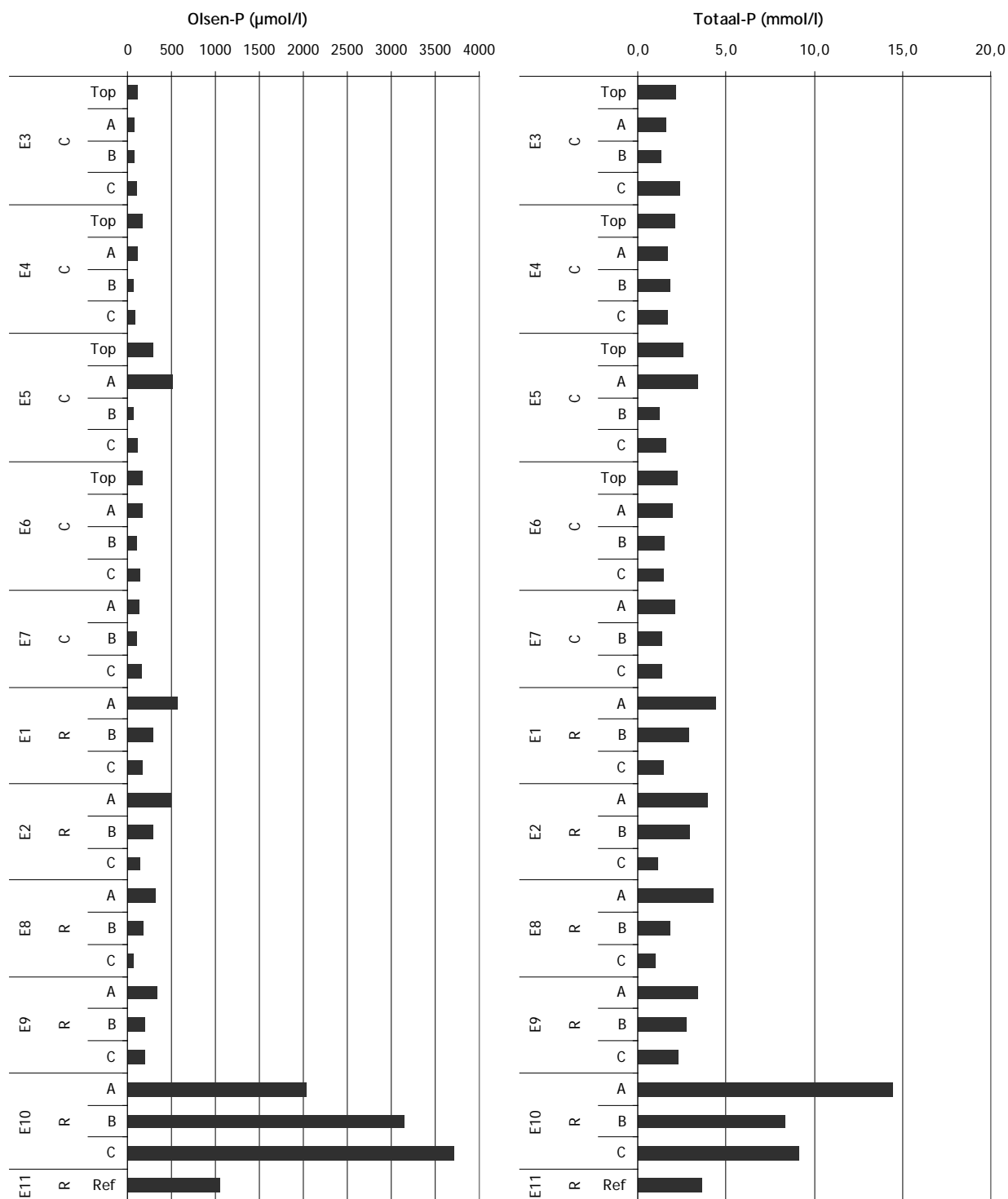
Locatie 10 vormt een uitzondering. Op deze plek zijn, mogelijk onder invloed van de landbouw, tot op 60 cm diepte sterk verhoogde P-concentraties aangetroffen. Vooral de bovenste 30 cm is zeer rijk met een totaal-P concentratie van 14,5 mmol/l. Ook de P-beschikbaarheid voor planten is zeer hoog wat blijkt uit de hoge Olsen-P concentraties van ± 2000 -4000 $\mu\text{mol/l}$. Verschraling van de bovenste 30 cm door middel van maaien en afvoeren tot een totaal-P streefconcentratie van 2,5 mmol/l zal circa 110 jaar duren. Wanneer de bovenste 30 cm wordt afgegraven is dit circa 60 jaar. Wanneer 50 cm wordt afgegraven volstaat circa 20 jaar aanvullend verschralingbeheer.

Op locatie 11 hebben reeds plagwerkzaamheden plaatsgevonden en vindt veenmosgroei plaats. De totaal-P concentratie is op deze locatie met 3,6 mmol/l redelijk laag. Als gevolg van de (zeer) zure omstandigheden (totaal calcium < 10 mmol/l) is de Olsen-P concentratie relatief hoog. Zoals blijkt uit figuur 1.2 (foto, links) komt er echter nauwelijks Pitrus tot ontwikkeling.

Tabel 3.1. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie. V = vochtpercentage; M/V = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; OS = percentage organische stof; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. Deze indicatieve kleuren horen bij de volgende klassen per parameter:

Ols-P	<100	100-200	200-350	350-500	500-1000	>1000
Tot-P	<2	2-3	3-5	5-8	8-13	13-20
Ca-t	<10	10-20	20-40	40-100		

Nr	Lig.	Code	Diepte	Bodem	Specificatie	V	M/V	OS	Ols-P	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	P-t	S-t
E3	C	Top	30-40	veen	sterk gehumificeerd	64	0,4	55,0	112	75	50,5	17,7	2,1	7,7	2,2	20
		A	50-60	veen	sterk gehumificeerd	81	0,2	90,7	80	63	20,8	7,8	0,4	4,8	1,6	16
		B	70-80	gyttja		32	1,1	6,7	77	114	11,5	19,9	12,8	11,4	1,3	11
		C	80-90	gyttja		39	0,9	9,6	111	303	20,5	62,7	32,8	32,8	2,3	44
E4	C	Top	0-20	veen	sterk gehumificeerd	85	0,2	93,3	169	15	16,6	15,1	1,4	8,6	2,1	16
		A	40-50	veen	sterk gehumificeerd	78	0,2	70,6	118	71	10,9	9,3	1,9	3,8	1,7	29
		B	60-70	gyttja		54	0,6	15,6	66	229	14,1	51,0	23,6	24,9	1,8	46
		C	70-80	gyttja		46	0,8	12,2	91	265	14,6	100,8	23,5	35,5	1,7	116
E5	C	Top	10-30	veen	sterk gehumificeerd	81	0,2	75,1	286	42	11,7	11,2	1,2	2,0	2,6	32
		A	45-55	veen	sterk gehumificeerd	74	0,3	67,1	510	85	16,7	15,6	2,0	3,3	3,4	36
		B	55-65	gyttja		31	1,1	5,6	61	132	8,0	25,5	15,2	13,4	1,3	10
		C	65-75	gyttja		32	1,1	5,0	117	202	12,3	52,4	19,7	25,9	1,5	28
E6	C	Top	0-20	veen	sterk gehumificeerd	79	0,2	69,4	169	47	12,8	7,5	1,2	2,6	2,2	28
		A	20-40	veen	sterk gehumificeerd	79	0,2	77,0	168	35	17,2	13,2	1,1	4,5	1,9	27
		B	50-60	gyttja		35	0,9	8,8	110	128	9,0	18,2	11,5	10,1	1,5	16
		C	60-70	gyttja		34	1,0	6,3	146	171	9,5	39,3	15,2	19,4	1,4	25
E7	C	A	20-40	veen	sterk gehumificeerd	80	0,2	84,1	129	48	12,2	8,2	2,2	3,3	2,1	19
		B	50-60	gyttja		30	1,1	5,6	99	121	7,4	14,0	11,3	8,5	1,4	14
		C	60-70	gyttja		27	1,3	3,8	155	137	17,2	24,6	12,3	15,2	1,4	13
E1	R	A	0-10	veen	sterk gehumificeerd	58	0,4	41,5	560	85	8,5	8,7	3,5	3,4	4,4	20
		B	10-20	zand	matig fijn, zwak lemig, zwak humeus	30	0,9	7,8	289	101	3,7	6,1	6,7	5,1	2,9	9
		C	30-40	zand	matig fijn, leemarm, humusarm	19	1,4	2,7	175	142	24,5	21,0	10,9	12,5	1,4	7
E2	R	A	0-20	veen	sterk gehumificeerd	70	0,3	50,6	495	58	4,9	9,5	2,8	2,7	3,9	24
		B	20-30	zand	matig fijn, zwak lemig, zeer sterk humeus	55	0,6	23,3	296	86	9,2	8,9	6,1	4,1	2,9	19
		C	30-40	zand	matig fijn, zwak lemig, kumusarm	26	1,3	3,5	140	127	6,0	20,1	14,7	11,4	1,1	7
E8	R	A	0-20	veen	sterk gehumificeerd	74	0,3	68,0	311	100	6,4	14,5	2,2	1,6	4,2	28
		B	20-30	zand	matig fijn, zwak lemig, zwak humeus	26	1,1	5,3	184	129	9,4	14,9	9,9	8,9	1,9	11
		C	40-50	zand	matig fijn, leemarm, humusarm	18	1,5	1,3	71	141	11,7	26,3	12,5	15,5	1,0	5
E9	R	A	0-20	veen	sterk gehumificeerd	82	0,2	89,7	346	20	11,8	12,3	1,7	3,3	3,4	22
		B	20-30	zand	matig fijn-grof (grindig), sterk lemig, humeus	32	1,1	6,7	192	162	9,5	19,5	18,0	12,3	2,7	13
		C	30-40	zand	matig fijn-grof (grindig), sterk lemig, zw.humeus	23	1,4	3,9	204	259	12,1	42,7	31,7	22,5	2,3	10
E10	R	A	0-20	mix	veen / humeus zand	44	0,6	20,7	2043	75	37,8	25,2	7,4	6,7	14,4	15
		B	30-40	zand	matig fijn, zwak lemig, humusarm	22	1,3	4,2	3144	124	25,1	16,9	12,5	9,9	8,3	7
		C	50-60	zand	matig fijn, zeer zwak lemig	20	1,5	2,6	3706	177	19,4	33,0	16,8	19,3	9,1	5
E11	R	Ref	0-20	zand	matig fijn-grof, lemig, zwak humeus	22	1,5	2,8	1059	106	7,9	11,3	11,2	7,6	3,6	13



Figuur 3.1. Overzicht van de Olsen-P en totaal-P concentraties in de diepte per monsterlocatie (vanaf 20 cm-mv). De streefwaarde voor de Olsen-P concentratie is $200 \mu\text{mol/l}$ (range: $100\text{-}350 \mu\text{mol/l}$) en voor de totaal-P concentratie $2,5 \text{ mmol/l}$ (range $0,5 - 2,5 \text{ mmol/l}$).

Ontwikkelingsmogelijkheden

CENTRALE DEEL

In het centrale deel kunnen de volgende beheermaatregelen overwogen worden:

1. Indien het gebied ook kan worden vernat, dan kan door middel van het eenmalig maaien van de Pitrus (momenteel is de vegetatie te dicht) naar alle waarschijnlijkheid veenmosgroei tot ontwikkeling zal komen (na herintroductie van het veenmos, zie overige aandachtspunten). De veenmossen kunnen dan op termijn het Pitrus overgroeien waarmee veenvorming op gang komt. Voor vernatting zal in dit gebied echter eerst verregaand herstel van het regionale hydrologische systeem nodig zijn, dus de kans dat deze maatregel op korte termijn goede resultaten levert, is gering.
2. Verwijderen van de Pitruspollen zodat het in de planten opgeslagen fosfor op effectieve wijze wordt afgevoerd, en er een P-arme, veraarde veenlaag aan het oppervlak komt. Onder de huidige hydrologische omstandigheden kunnen dan naar verwachting in de veenputten in het centrale deel (eventueel na herintroductie) weer bepaalde, minder kritische veenmossoorten (bijvoorbeeld Geoord veenmos en Waterveenmos) gaan groeien. Wanneer vervolgens de hydrologie kan worden geoptimaliseerd kan verdere (hoog)veenontwikkeling plaatsvinden.
3. Het verwijderen van het veraarde veen tot op de gyttja en een zure plas ontwikkelen. In deze plas kan vanuit de rand of in de gehele plas (wanneer voldoende licht doordringt tot op de bodem en voldoende CO₂ beschikbaar is) veenmosgroei plaatsvinden.

Op basis van het ecohydrologisch onderzoek wordt verwacht dat het niet mogelijk is om (voor optie 1 of 2) de waterstanden te optimaliseren voor hoogveenontwikkeling. Dit betekent dat optie 1 en 2 onvoldoende zijn om tot een herstel van de hoogveenontwikkeling te komen. De meest kansrijke optie is dan ook het ontgraven van het complete veraarde veen tot op het gyttja en het ontwikkelen van een zure plas.

RANDZONE

In de randzone zijn de volgende beheermaatregelen mogelijk:

1. Verschralen van de licht verrijkte toplaag tot een totaal-P concentratie van 2,5 mmol/l door middel van 5-10 jaar maaien en afvoeren.
2. Afgraven van de bovenste 10 tot 20 cm (waarbij dus tevens de Pitruspollen worden verwijderd) voor de ontwikkeling van vochtige heide (mits de hydrologische omstandigheden volstaan).
3. Afgraven van de sterk veraarde veenlaag tot op de minerale ondergrond. Vervolgens kan onder de juiste hydrologische omstandigheden de ontwikkeling van vochtige heide plaatsvinden (zie figuur 1.2). Daarbij wordt geadviseerd om na het plaggen vers maaisel/plagsel uit een referentielocatie aan te brengen zodat een soortenrijke vochtige heide tot ontwikkeling komt.

Uit het ecohydrologisch onderzoek van Bureau Bell Hullenaar blijkt dat het optimaliseren van de hydrologische omstandigheden voor de ontwikkeling van vochtige heide in de randzone alleen mogelijk is wanneer de sterk veraarde veenlaag wordt afgegraven tot op de minerale ondergrond (optie 3). Optie 1 en 2 zijn hierdoor niet geschikt.

4. Literatuur

- Gunnarsson U. & L. Söderström (2007). Can artificial introductions of diaspore fragments work as a conservation tool for maintaining populations of the rare peatmoss *Sphagnum angermanicum*? *Biological conservation* 135: 450-458.
- Joosten, J.H.J. (1995). Time to regenerate: long-term perspectives of raised bog regeneration with special emphasis on palaeoecological studies. In: Wheeler, B.D., S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson (eds.) *Restoration of Temperate Wetlands*, pp. 379-404. J. Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs (2005). Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38(17): 28-30.
- Mullekom, M. van, H. Tomassen, J. Loermans & F. Smolders (2013) Haalbaarheidsstudie 'Koolstoffixatie in het Zuidlaardermeergebied' - Bodem- en hydrochemisch onderzoek in de Oosterpolder, Harener Wildernis en (voormalige) landbouwpercelen. Onderzoekcentrum B-WARE, rapportnummer 2012.49.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009). Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dpt. of Agriculture circular* 939.
- Rochefort, L., F. Quinty, S. Campeau, K. Johnson & T. Malterer (2003). North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* 11: 3-20.
- Sliva, J. & J. Pfenhauer (1999) Restoration of cut-over raised bogs in southern Germany - a comparison of methods. *Applied Vegetation Science* 2:137-148.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen & E. Brouwer (2009). Ontgronden als maatregel voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Smolders A.J.P., Lamers L.P.M., Lucassen E.C.H.E.T., Van der Velde G. & Roelofs J.G.M. (2006a). Internal eutrophication: 'How it works and what to do about it', a review. *Chemistry and Ecology* 22: 93-111.
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006b). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.
- Tuittila, E-S., H. Vasander & J. Laine (2004) Sensitivity of C sequestration in reintroduced *Sphagnum* to water-level variation in a cutaway peatland. *Restoration Ecology* 12: 483-493.
- Wassen, Martin J., Harry Olde Venterink, Elena D. Lapshina & Franziska Tanneberger (2005) Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* Vol 437: 547-550.
- Wheeler, B.D. & S.C. Shaw (1995) *Restoration of damaged peatlands*. Department of the Environment, H.M.S.O., London, U.K.