

Tweede fase inrichtingsplan Empese en Tondense Heide

Definitief rapport

 Gemeente Brummen	Hoort bij besluit van het college van Brummen
	BESLUIT-2021-1071-Tweede_fase_inrichtingsplan_Empese_en_Tonden

Zwolle, januari 2019



Bell Hullenaar

**Ecohydrologisch
Adviesbureau**

Schellerweg 112, 8017 AK Zwolle
tel 038-4774559
E-mail hullenaar@live.com

in opdracht van:



Natuurmonumenten

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

E-mail: hullenaar@live.com / belljudybell@outlook.com

Projecttitel: Tweede fase inrichtingsplan Empese en Tondense Heide

Opdrachtgever: Natuurmonumenten

Auteurs: J.S. Bell en J.W. van 't Hullenaar

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de projectuitvoerder en opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Gebiedsbeschrijving	3
2.1	Topografische ligging en algemene informatie	3
2.2	Geomorfologie	4
2.3	Bodem	5
2.4	Ecohydrologisch functioneren	7
2.5	Vegetatie	8
3	Veldonderzoek	9
3.1	Methode	9
3.2	Resultaten inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem	10
3.2.1	Hoofdsystemen	10
3.2.2	Stelsel van overlooplaagten in het reeds ingerichte deel	12
3.2.3	Sloten en greppels in de nog in te richten deelgebieden	13
3.2.4	Reconstructie van natuurlijke stelsel in nog in te richten deelgebieden	15
3.2.5	Functioneren van de laagte van de Empese Heide	16
3.3	Resultaten onderzoek bodemopbouw	21
3.4	Belangrijkste resultaten bodemchemisch onderzoek	24
4	Synthese en conclusies	27
5	Herstelplan	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Doelstellingen en randvoorwaarden	32
5.3	Deelgebied 1 (noord)	33
5.4	Deelgebied 2 (noordoost)	35
5.5	Deelgebied 3 (west)	38
5.6	Deelgebied 4 (zuidwest)	41

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

Het natuurgebied Empese en Tondense Heide ligt nabij Hall in de gemeente Brummen en maakt deel uit van het Natura 2000 gebied Landgoederen Brummen. In het verleden was hier een uitgestrekt gebied met natte heide en natte schraalgraslanden aanwezig. Grote delen van het gebied werden aan het einde van de 19^e eeuw echter ontgonnen. Twee kleine delen bleven bewaard: de Tondense Heide en de Empese Heide. Deze delen hadden sterk te leiden onder verdroging. De verdroging werd met name veroorzaakt door de (steeds dieper wordende) ontwaterings- en afwateringsstelsels van de tussenliggende en omliggende landbouwgronden. De grondwaterafhankelijke vegetaties gingen hierdoor achteruit of verdwenen.

Om de verdroging van de oude reservaatdelen te bestrijden en het uitgestrekte natte heide- en nat schraallandgebied voor een belangrijk deel te kunnen herstellen zijn de tussenliggende en omliggende landbouwgronden door de Provincie begrensd als nieuwe natuur en is het gebied aangewezen als TOP-gebied voor verdrogingsbestrijding. Inmiddels zijn de betreffende gronden in eigendom van Natuurmonumenten, en is een groot deel van het nieuw verworven gebied enkele jaren geleden (in 2013/2014) weer als natuurgebied ingericht. Bovendien is aan de westzijde (Eerbeekse Hooilanden) een omvangrijk particulier natuurontwikkelingsproject uitgevoerd (door Grolleman).

In aansluiting op het reeds ingerichte deel wil Natuurmonumenten nu ook tot een goede inrichting komen van de nog resterende delen (zie figuur 2.1). Het betreft voormalige landbouwgronden in het noorden (deelgebied 1), in het noordoosten (deelgebied 2), in een zone langs de Zilvense Broekbeek (deelgebied 3) en in het zuidwesten (deelgebied 4). Soms zijn hier al wel bepaalde voor de hand liggende maatregelen (zoals het dempen van sloten) getroffen, maar een goed uitgekende inrichting voor optimale benutting van de ecologische potenties heeft hier nog niet plaatsgevonden. Deelgebieden 2 en 4 worden nu ook nog doorsneden door diepe hoofdwaterlopen (Veldbeek en Zuidwestelijke hoofdwaterloop). Dankzij de gebiedsuitbreiding kunnen deze hoofdwaterlopen verlegd worden naar de buitengrens van het natuurgebied.

Verder is in deelgebied 3 in 2006 in het kader van een beekherstelproject een nieuwe kronkelende beekloop voor de Zilvense Broekbeek aangelegd. De beek is erg diep uitgegraven. Mogelijk heeft deze nieuwe beekloop zodoende een negatieve invloed op het hydrologisch functioneren van het natuurgebied. Dus bij de verdere inrichting van het gebied dient ook aan dit aspect aandacht te worden besteed.

De inrichting van het reeds uitgevoerde deel is gebaseerd op twee plannen: Herstelplan Tondense Heide (Alterra, 2011) en Inrichtingsplan Empese en Tondense Heide (Unie van Bosgroepen, 2013). De plannen zijn gebaseerd op diverse ecohydrologische onderzoeken (onder andere onderzoeken van studenten van Larenstein en hydrologisch modelonderzoek van Royal Haskoning). Zodoende is er (in zijn algemeenheid) voldoende bekend over het ecohydrologisch functioneren van het gebied, en op basis hiervan zijn ook de juiste inrichtingsprincipes voor realisatie van het hier beoogde systeemherstel al bekend. Dus ten aanzien hiervan hoeft (als basis voor de nadere planvorming) geen nader onderzoek te worden uitgevoerd, maar kan worden volstaan met een beschrijving op basis van de beschikbare informatie. Om tot een goede planuitwerking voor de (beter) in te richten gebiedsdelen te komen is echter wel nader inzicht nodig in de ondiepe bodemopbouw, de fosfaattoestand van de bodem en het functioneren van het oppervlaktewaterstelsel.

Doelstelling

Doel van het project is het opstellen van een herstelplan voor de nog (beter) in te richten deelgebieden van de Empese en Tondense Heide op basis van de reeds beschikbare informatie over het ecohydrologisch functioneren van het gebied en nader veldonderzoek ten aanzien van de bodemopbouw, de bodemchemische toestand van de betreffende deelgebieden en het functioneren van het oppervlaktewaterstelsel.

Aanpak

De aanpak is als volgt:

- De gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2) is gebaseerd op de informatie uit de beschrijving zoals opgenomen in het inrichtingplan dat is opgesteld door de Bosgroepen (in 2013). De beschrijving van het ecohydrologisch functioneren van het gebied is op zijn beurt een al eerder uitgevoerde systeemanalyse, waarvan de uitkomsten zijn gepubliceerd in De Levende Natuur (Jansen et al. 2008) en in een brochure (Jansen et al. 2009).
- Het veldonderzoek (hoofdstuk 3) omvat drie onderdelen: inventarisatie oppervlaktewatersysteem, onderzoek bodemopbouw en bodemchemisch onderzoek:
 - De inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem bestaat uit twee onderdelen: kartering van het oppervlaktewatersysteem en inmeting van de oppervlaktewaterpeilen in een situatie met (basis)afvoer. De inventarisatie is bedoeld om vast te stellen waar in de nog in te richten deelgebieden nog sloten en greppels liggen die gedempt moeten worden, om goede aansluitingen te realiseren op de herstelde natuurlijke stelsels in het reeds ingerichte deel en ook om af te leiden in hoeverre er nog knelpunten aanwezig zijn in relatie tot de hoofdwaterlopen die op / nabij de buitengrens van het natuurgebied liggen.
 - Het onderzoek naar de bodemopbouw is vooral bedoeld voor het vaststellen van de bouwvoordikte (want hierin is doorgaans ook het meeste fosfaat opgeslagen), het vaststellen van het al dan niet aanwezig zijn van een lemige toplaag en de dikte hiervan (aangezien het niet wenselijk is dat de gehele lemige toplaag wordt afgeplagd ten behoeve van verschraling van de bodem door middel van het afplaggen van de toplaag) en om af te leiden of er ook plekken aanwezig zijn waar de bodem tot op grotere diepte antropogeen beïnvloed is.
 - Het bodemchemisch onderzoek is bedoeld om vast te stellen hoe fosfaatrijk de toplaag van de bodem is, hoe dik deze laag is en wat de beste methode is om een effectieve verschraling van de bodem tot stand te brengen (afplaggen toplaag, uitmijnen of maaien en afvoeren).
- De methoden van de inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem en het onderzoek naar de bodemopbouw worden toegelicht in paragraaf 3.1. De resultaten hiervan zijn opgenomen in paragrafen 3.2 en 3.3. Het bodemchemisch onderzoek is uitgevoerd door B-WARE. De methode en resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in een eigen rapportage van B-WARE, en deze rapportage is als bijlage 3 aan dit rapport toegevoegd. In paragraaf 3.4 van het hoofdrapport worden de belangrijkste resultaten van het bodemchemisch onderzoek behandeld.
- In hoofdstuk 4 volgen de synthese en conclusies: hoe functioneert het hydrologische systeem, wat zijn hierin de knelpunten, wat zijn de conclusies van het uitgevoerde veldonderzoek en wat zijn in grote lijnen de herstelmogelijkheden voor de nog in te richten deelgebieden.
- Hierna volgt de uitwerking van de benodigde maatregelen in de vier deelgebieden (hoofdstuk 5).

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Topografische ligging en algemene informatie

(zie figuur 2.1)

In het natuurgebied liggen twee oude reservaatdelen: de Tondense Heide in het zuidoosten en de Empese Heide verder naar het noordwesten. Daartussen en ten noorden van de Empese Heide liggen voormalige landbouwgronden die in de jaren negentig in het kader van de ruilverkaveling Brummen-Voorst zijn verworven als nieuwe natuur. Ten zuidwesten van de Empese en Tondense Heide liggen de Eerbeekse Hooilanden. Ook het oostelijke deel hiervan is door Natuurmonumenten verworven als nieuwe natuur, en dit deel van de Eerbeekse Hooilanden wordt ook tot het object Empese en Tondense Heide gerekend. Het noordwestelijke deel van de Eerbeekse Hooilanden is eigendom van de familie Grolleman. In 2013/2014 is zowel het eigendom van Grolleman als een groot deel van de voormalige landbouwgronden van Natuurmonumenten ingericht tot natuurgebied, en zijn ook herstelmaatregelen uitgevoerd in de oude reservaatdelen.

Aan de westzijde van het gebied ligt de Zilvense Broekbeek. Ook de gronden langs deze beek zijn eigendom van Natuurmonumenten. Deze gronden behoren in principe tot het object Zilvense Broek, maar vormen in feite de westelijke begrenzing van de Empese en Tondense Heide en worden daarom in dit project ook gewoon als onderdeel hiervan behandeld. Deze gronden maakten ook geen deel uit van het in 2012/2013 uitgevoerde inrichtingsplan. Wel is in het kader van een beekherstelproject in 2006 de huidige, kronkelende beekloop aangelegd, en is in het kader van het in 2012/2013 uitgevoerde inrichtingsplan de voormalige rechte loop van de Zilvense Broekbeek gedempt. Deze loop vormde de grens van het toenmalige plangebied.

De nader te onderzoeken en nog (beter) in te richten deelgebieden betreffen:

- Deelgebied 1: voormalige landbouwgebied ten noorden van de Empese Heide. In de eerste inrichtingsfase zijn hier de meeste sloten al wel gedempt, maar verdere inrichting heeft nog niet plaatsgevonden.
- Deelgebied 2: voormalige landbouwgronden langs de Veldbeek aan de oostzijde, in samenhang met verlegging van de Veldbeek in oostelijke richting, hogerop de flank van de hier aanwezige dekzandrug.
- Deelgebied 3: voormalige landbouwgronden aan de westzijde, langs de Zilvense Broekbeek. Ook hier heeft tot op heden namelijk in de percelen slechts een beperkte nieuwe inrichting plaatsgevonden, en mogelijk heeft de nieuwe loop van de Zilvense Broekbeek een te grote diepte en daardoor te sterk drainerende werking op het grondwater.
- Deelgebied 4: voormalige landbouwgrond aan de zuidwestzijde, in samenhang met verlegging van een hoofdwaterloop die in zuidwestelijke richting.

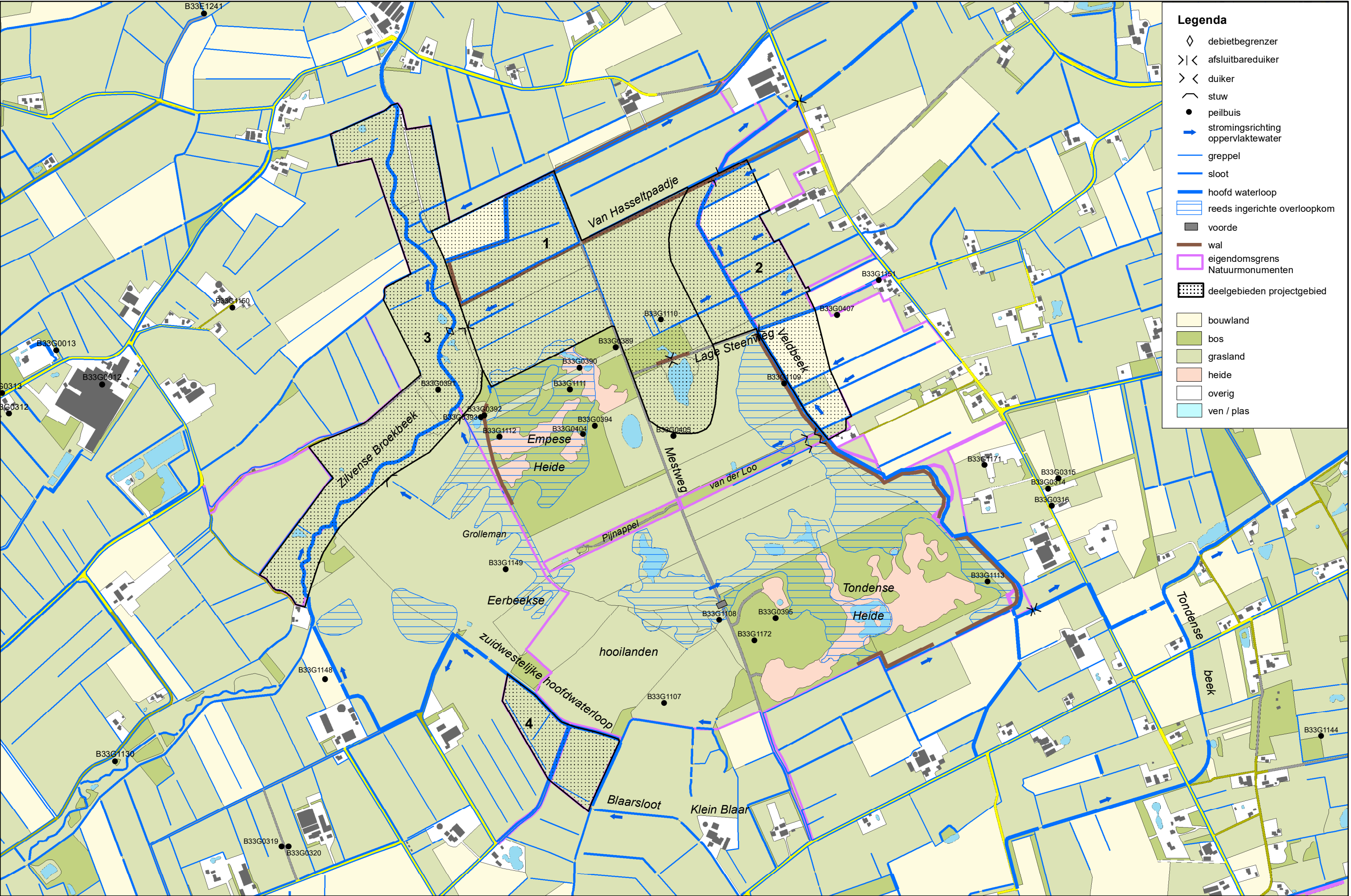
Pacht- en eigendomssituatie

Ten aanzien van de pacht- en eigendomssituatie zijn de volgende zaken van belang:

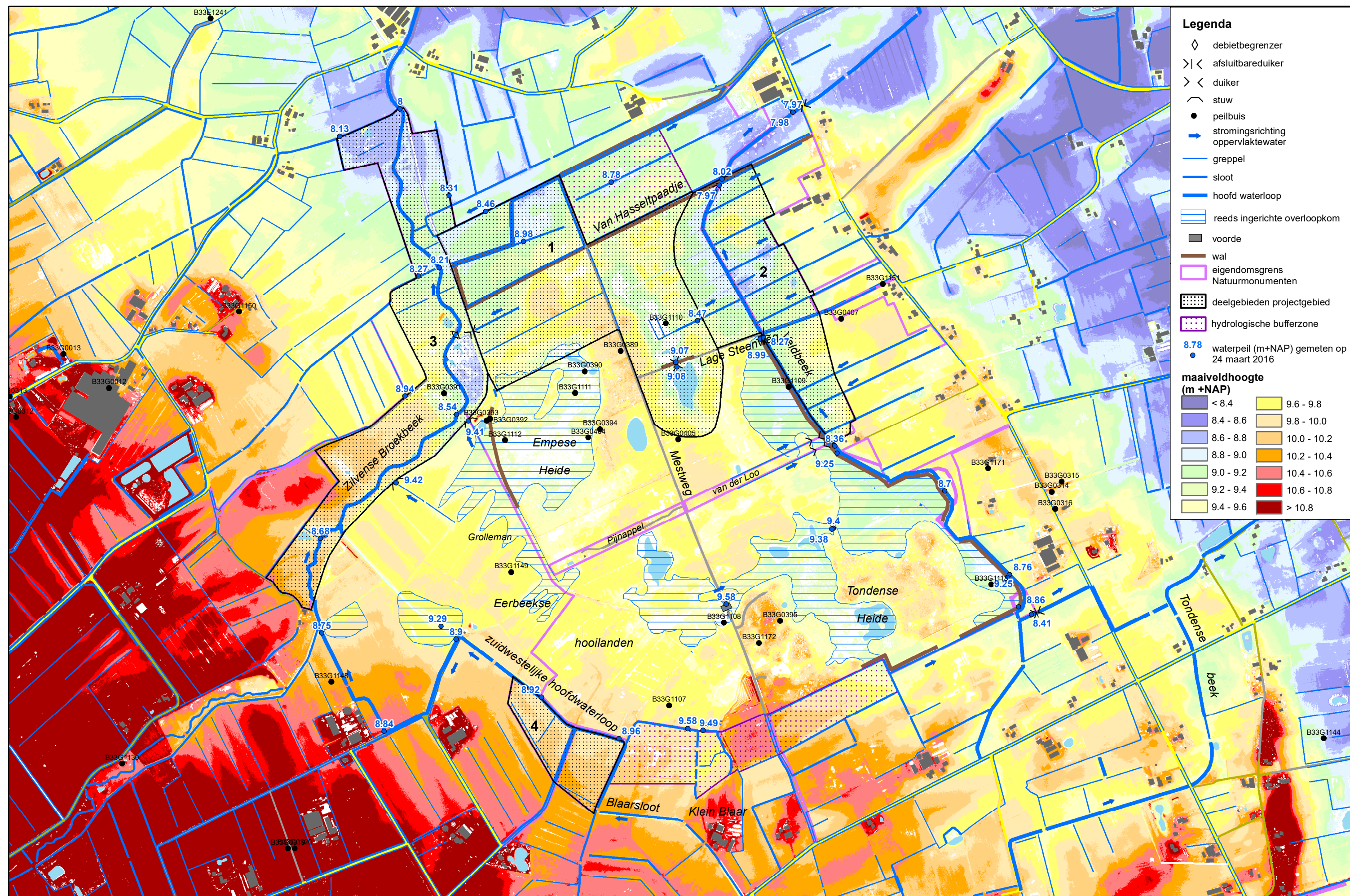
- De grond van Natuurmonumenten ten noorden van het Van Hasseltpaadje en ten oosten van de Mestweg wordt (zonder einddatum) regulier verpacht.
- In het gebied ten noorden van de oude kern van de Empese Heide en ten westen van de Mestweg (deelgebied 1) was een perceel tot voor kort eigendom van een particulier. De aankoop van dit perceel is inmiddels helemaal rond.
- Langs de Veldbeek (dus in deelgebied 2) heeft Natuurmonumenten de afgelopen twee jaar alle ontbrekende percelen aangekocht die nodig zijn voor de verlegging van de Veldbeek naar het oosten.
- In het zuiden van deelgebied 2 ligt een perceel dat aan Natuurmonumenten is overgedragen door Rijkswaterstaat. Hiervoor geldt de verplichting dat het perceel op afzienbare termijn moet worden ingericht als nieuwe natuur.
- Deelgebied 4 is inmiddels door Natuurmonumenten overgenomen van Grolleman. De zone tussen deelgebied 4 en het natuurontwikkelingsgebied van Grolleman blijft eigendom van Grolleman en Grolleman wil dit perceel in gebruik houden als huiskavel bij de boerderij.
- Middenin het natuurgebied is (binnen het reeds ingerichte deel) een smalle particuliere bosstrook aanwezig. Het gedeelte ten westen van de Mestweg is eigendom van Pijnappel, en het gedeelte ten oosten van de Mestweg is eigendom van Van der Loo.
- In het zuiden van het gebied, westelijk van de Mestweg is nog een perceel begrensd in het natuurbeheerplan om naar natuur om te vormen. Op korte termijn zijn er echter geen mogelijkheden om dit perceel te verwerven.

2.2 Geomorfologie (zie figuur 2.2)

De regionale terreinhelling loopt af van zuidwest (flank van de Veluwe) naar noordoost (IJsseldal). De geomorfologische gesteldheid van de Empese en Tondense Heide zelf wordt gekenmerkt door een afwisseling van dekzandruggen en laagten. Deze afwisseling is sterk bepalend voor het functioneren van het grondwatersysteem (zie paragraaf 2.3). De laagten vormen ook de natuurlijke afwateringsstructuur van het gebied. In het reeds ingerichte deel van het natuurgebied functioneert dit natuurlijke stelsel inmiddels ook al weer. Het functioneren hiervan wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2 (resultaten kartering lokale oppervlaktewatersysteem). In aansluiting op de al ingerichte delen is ook in de nog niet ingerichte delen deze afwisseling van dekzandruggen en laagten aanwezig, en ook hier zal de natuurlijke structuur de basis gaan vormen voor herstel van het stelsel.



Figuur 2.1 Topografische kaart



2.3 Bodem

(zie figuur 2.3)

Uit de bodemkaart (schaal 1 : 10.000) die is vervaardigd in het kader van de ruilverkaveling Brummen - Voorst (Stiboka, 1979) volgt dat het gebied een gevarieerde bodem kent.

In de laagten liggen vooral vlakvaaggronden (hoofdcode Zg) en beekeerdgronden (hoofdcode tZg). De toplaag van deze bodems is soms zwak lemig (toevoegsel 53), en meestal sterk lemig (toevoegsel 55) tot zeer sterk lemig (toevoegsel 57). Beekeerdgronden hebben een minerale eerdlaag van 15-50 cm dikte en binnen 35 cm duidelijke roestverschijnselen die tot aan de volledig gereduceerde zone doorgaan. De vlakvaaggronden betreffen matig fijne, sterk tot zeer sterk lemige zanden met binnen 40 cm onder maaiveld geen of onduidelijke ontwikkelde bodemhorizonten. Deze bodemtypen ontstaan onder natte omstandigheden die het gevolg zijn van langdurige toestroming van basen- en ijzerrijk grondwater. De waterstanden zijn daarbij echter niet (stabiel) hoog genoeg voor veenvorming.

Op sommige plekken zijn broekeerdgronden aanwezig (aWz). Dit bodemtype is een intermediair tussen de beekeerdgronden en de veengronden en behoort tot de zogenaamde moerige gronden.

Ter plaatse van de dekzandruggen komen veldpodzolgronden voor. De toplaag hiervan is meestal zwak lemig (Hn53). Veldpodzolen zijn karakteristiek voor inzijging van neerslag in vochtige tot natte gebieden. Op de overgang van deze podzolen naar de beekeerdgronden liggen (plaatselijk) in een smalle gordel gooreerdgronden (tZn53 en tZn55). Deze bodems lijken veel op beekeerdgronden, maar kennen een dunnere eerdlaag, hebben minder duidelijke gleyverschijnselen en zijn kenmerkend voor minder natte en basenrijke omstandigheden dan beekeerdgronden. Onder het matig dikke cultuurdek hebben deze gronden plaatselijk verkitte podzoleringsresten.

Om de bouwvoordikte, aanwezigheid / dikte van een lemige toplaag en de aanwezigheid van geroerde bodems vast te stellen is in deelgebieden 1 t/m 4 de bodemopbouw nader onderzocht. De resultaten van onderzoek zijn opgenomen in paragraaf 3.3.3.

Legenda Bodemkaart 1:10000 (Stiboka, 1979)

[illegible]

RIVIERKLEIGRONDEN		Zwaarteklasse en lutingsgehalte van de bovenste 30 cm										Profielverlopen
		zeer lichte zavel 8 - 12%		lichte zavel 12 - 17,5%		zware zavel 17,5 - 25%		lichte klei 25 - 35%		matig zware klei 35 - 50%		
		Kalkklassen: A = kalkrijk, C = kalkarm										
		C	A	C	A	C	A	C	A	C		
Eerdgronden tuineerdgronden	EK02C											2 met een zandondergrond beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.
	EK05C											5 homogeen of aflopend; meestal met een zandondergrond beginnend tussen 80 en 120 cm - mv.
Vaaggronden poldersaaggronden	Rn02C	Rn12A	Rn12C	Rn32A	Rn32C	Rn52A	Rn52C					2 met een zandondergrond beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.
							Rn53C	Rn73A	Rn73C			3 met een zware, niet - kalkrijke klei (tussen)lag beginnend binnen 40 cm of tussen 40 en 80 cm, zand ondergrond beginnend tussen 80 en 120 cm - mv.
	Rn05C	Rn15A	Rn15C	Rn35A	Rn35C	Rn55A	Rn55C					5 homogeen of aflopend; meestal met een zandondergrond beginnend tussen 80 en 120 cm - mv.
oiovaaggronden		Rd12A	Rd12C	Rd32A								2 met een zandondergrond beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.
		Rd15A	Rd15C	Rd35A								5 homogeen of aflopend; meestal met een zandondergrond beginnend tussen 80 en 120 cm - mv.

VEENGRONDEN				Begindiepte van de minerale ondergrond in cm - mv.	Aard van de minerale ondergrond of veensoort
Erdveengronden		Rauwveengronden			
koopveengronden	madeveengronden	meervveengronden	vlervveengronden		
kleine moerige eerdlaag	kleinarme moerige eerdlaag	zanddek (15-30 cm) met of zonder eerdlaag	iets verweerd veen		
				40 - 120	zand zonder humuspodzol-B
				> 120	broekveen

TOEVOEGINGEN

(1)		lutumrijke bovengrond (8 à 12% lutum)
(2)		kleidek, ten minste 15 cm dik (>12 à 15% lutum)
(3)		rodoornige bovengrond, ten minste 15 cm dik
(4)		ijzereerbak en/of verkitte B-horizont ondieper dan 60 cm - mv.
(5)		grof zand en/of grind beginnend ondieper dan 40 cm - mv.
(6)		grof zand en/of grind beginnend tussen 40 en 120 cm - mv.
(a)		afgegraven
(h)		opgehoogd
(v)		vergraven

OVERIGE ONDSCHIEDINGEN

	bebouwingen, wegen, spoorlijnen, sportvelden
	W waterlopen, rivier, beken, plassen
	moeras
	smalle geulen
(aa) 	afgegraven
(hh) 	opgehoogd
	1 cm ² = 1 ha

(...) letters waarmee de afgegraven gronden in het rapport zijn aangegeven



2.4 Ecohydrologisch functioneren

De beschrijving van het ecohydrologisch functioneren is gebaseerd op de beschrijving zoals opgenomen in het rapport 'Inrichtingsplan Empese & Tondense Heide & Eerbeekse Hooilanden' (Unie van Bosgreopen, 2013).

In de zomer staan de laagten droog en is de grondwaterstand onder de dekzandruggen laag. De grondwaterstroming wordt dan bepaald door het regionale reliëf. In de winter en het vroege voorjaar zijn lokale grondwatersystemen actief: in de dekzandruggen treedt opbolling van de grondwaterspiegel op en in de laagten zijn dan plassen aanwezig. Dankzij deze lokale systemen ontstaat een drukverschil tussen de rug en de plas, waardoor langs de randen van de plassen ijzer- en basenrijk grondwater aan de oppervlakte komt, ofwel wordt uitgeperst. Het betreft hierbij grondwater van lokale tot hooguit bovenlokale herkomst (zone ten oosten van het Apeldoorns Kanaal en dekzandruggen in het gebied zelf). Omdat in dit gebied de afzettingen op geringe diepte al kalkrijk zijn, is ook dit kwelwater van lokale tot hooguit bovenlokale herkomst basenrijk.

Voordat ontginning en hiermee gepaard gaande diepe ontwatering plaatsvond kon dit systeem op ongestoorde wijze functioneren. In samenhang hiermee kwamen in het gebied waardevolle, grondwaterafhankelijke natuurtypen voor: fraai ontwikkelde Blauwgraslanden, in een gradiënt van hoog naar laag. Op de hoogste delen kwam Natte Heide voor. Deze heiden werden lager op de gradiënt gevolgd door Blauwgraslanden, eerst door de zogenaamde heischrale subassociatie en vervolgens de Parnassiarijke en typische subassociatie. Naast de kenmerkende soorten van Blauwgraslanden groeiden in deze subassociaties tevens soorten van zwak gebufferde wateren, veenmossen en basenminnende mossen van trilvenen. Dit blauwgrasland ging over in moerassen van Draadzegge, Stijve zegge en Galigaan. In de twee laatst genoemde moerassen kwamen ook Knolrus en Klein blaasjeskruid voor. Op de overgang van de heiden naar de lager gelegen Blauwgraslanden en moerassen groeiden Galgelstruwelen.

Door ontginning werden deze waardevolle vegetaties over grote oppervlakte volledig vernietigd, en als gevolg van de sterk drainerende werking van de slotenstelsels in de ontgonnen gebieden en (vooral) de diepe hoofdwaterlopen werd de werking van de hydrologische systemen van de resterende twee kleine reservaten sterk verstoord. Belangrijkste verstoring betreft de sterk drainerende werking van de diepe waterlopen op het basenrijke grondwater, waardoor dit niet meer of in onvoldoende mate nog aan de randen van de laagten kon uittreden. Alleen aan de rand van de Tondense Heide en het Dotterbloemgrasland was nog sprake van enige kwelinvloed in de toplaag van de bodem. In samenhang met deze ernstige aantasting trad sterke achteruitgang op van de genoemde waardevolle vegetatietypen, en bleven hiervan uiteindelijk slecht fragmenten bewaard.

Dankzij de sterke gebiedsuitbreiding die heeft plaatsgevonden konden vele sloten in het gebied tussen beide oude kernen in, en ook in de omgeving van deze kernen, in de eerste inrichtingsfase gedempt worden en is de hydrologische situatie inmiddels aanzienlijk verbeterd. Het is in ieder geval duidelijk zichtbaar dat nu in de laagten in de winter en het vroege voorjaar op grote schaal inundatie optreedt, en ook is te zien dat ter plaatse van de dekzandruggen opbolling van de grondwaterspiegel optreedt. Wat echter nog grote zorgen baart is de nog altijd diepe aansnijding van het systeem door de hoofdwaterlopen op / nabij de buitengrens van het natuurgebied: de zuidwestelijke hoofdwaterloop, de Zilvense Broekbeek en de Veldbeek. In het kader van deze tweede fase is al wel voorzien in aanpak van de sterk drainerende werking van de Veldbeek, en wordt ook aandacht besteedt aan de Zuidwestelijke hoofdwaterloop. In combinatie hiermee verdient ook de Zilvense Broekbeek verdere aandacht.

2.5 Vegetatie

Het betreft een beschrijving van de vegetatie in de situatie voor de uitvoering van de eerste inrichtingsfase. De beschrijving is grotendeels gebaseerd op de kartering die is uitgevoerd in het kader van het opstellen van het inrichtingsplan door de Bosgroepen (Unie van Bosgroepen, 2013). Het betreft dus een situatie waarin de werking van het hydrologische systeem nog (sterk) verstoord werd. Desondanks waren in de oude kernen nog wel relictten van waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties (met bijhorende gradiënten) aanwezig, en de beschrijvingen hiervan kunnen dan ook gebruikt worden als referenties voor de nog in te richten delen. In een later stadium van het project zijn ook de resultaten van de florakartering die in 2015 (door Stichting Berglinde) is uitgevoerd geraadpleegd, maar deze informatie is niet meer verwerkt in de onderstaande beschrijving.

In de oude kern van de Empese Heide was van oost naar west de volgende gradiënt aanwezig:

- Zone van Wilde gagel: natte en zure omstandigheden, onder invloed van lateraal afstromend grondwater afkomstig uit de aangrenzende dekzandrug.
- Zone met Blauwe zegge en Spaanse ruiter: natte en basenrijke omstandigheden, tussen de zone met Wilde Gagel en de volgende groep van soorten, ofwel op de lage, niet tot kortstondig overstroomde flank van de dekzandrug.
- Zone met Draadzegge, Zwarte zegge en Wateraardbei: zeer natte (langdurig overstroomde) en matig zure omstandigheden in de laagte.
- Zone met Vlottende bies, Veelstengelige waterbies en Egelsboterbloem: eveneens in de afvoerlose laagte, maar dan stroomafwaarts van de vorige groep. Het zijn soorten van zwak gebufferde wateren die hier zijn verschenen na het uitvoeren van (eerdere) plagwerkzaamheden.
- Zone met Moeraszegge, Bosbies en Blaaszegge: natte en basenrijke (zwak zure tot neutrale) omstandigheden aan de stroomafwaartse randen van de laagte, in de nabijheid van waterlopen.

In de Tondense Heide is een vergelijkbare gradiënt aangetroffen. Terwijl in de Empese Heide ondiep wortelende soorten van basenrijke omstandigheden niet werden aangetroffen, was dat in de Tondense Heide blijkens het voorkomen van Kleine valeriaan, Blonde zegge, Zeegroene zegge en Ruw walstro (al voor de uitvoering van de eerste inrichtingsfase) nog wel het geval.

In de langgerekte laagte ten oosten van de Mestweg (deels in het reeds ingerichte gebied en deels in deelgebied 1) zijn (hier en daar) soorten uit deze gradiënt aangetroffen: Blauwe zegge, Draadzegge, Egelboterbloem, Gewone waterbies, Moeraszegge, Riet, Scherpe zegge, Veelstengelige waterbies, Veldrus, Vlottende bies, Wateraardbei en Zwarte zegge.

In het Dotterbloemhooiland (ten westen van de Mestweg en ter hoogte van de Tondense Heide) zijn vooral soorten gekarteerd van van natte en zwak zure tot neutrale omstandigheden. Het betreft hierbij soorten als Moeraszegge, Scherpe zegge, Blaaszegge en Gewone dotterbloem.

In zijn algemeenheid geeft de positie van de basenminnende Moeraszegge hoog in de oeverzone van de laagten aan dat de lokale dekzandrugsystemen inderdaad zorgen voor het uitspersen van basenrijk grondwater. Het over het algemeen ontbreken van ondiep wortelende basenminnende soorten indiceert echter dat het basenrijke grondwater (voorheen) het maaiveld niet kon bereiken.

In de laagte ten noordoosten van de Mestweg (door broekbos omringd plasje direct ten noorden van de Lage Steenweg) is Watercrassula aangetroffen. Om deze sterk woekerende soort te elimineren, en verspreiding ervan naar andere delen van het natuurgebied te voorkomen, is deze zone momenteel afgedekt met een plastic folie.

3 Veldonderzoek

3.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Inventarisatie oppervlaktewatersysteem.
- Onderzoek bodemopbouw.
- Bodemchemisch onderzoek.

Inventarisatie oppervlaktewatersysteem

De kartering van het oppervlaktewatersysteem is uitgevoerd op 23 maart 2015. Er is daarbij niet alleen gekeken naar de ligging van de slootjes en greppels in de nog in te richten delen (deelgebieden 1 t/m 4), maar ook globaal naar het slenkensysteem van het reeds ingerichte deel en de (hoofd)waterlopen op / nabij de buitengrenzen van het natuurgebied. Bij de inventarisatie zijn op indicatieve wijze sloot- en greppeldiepten gemeten en kwelverschijnselen genoteerd. Middels de inventarisatie is ook gelijk een meer algemene indruk van de nog in te richten en reeds ingerichte delen van het gebied verkregen. De resultaten van de kartering zijn verwerkt in de thematische kaarten die in het rapport zijn opgenomen, en in bijlage 1 is een tabel opgenomen met de waarnemingen (en een bijbehorende kaart met de meetlocaties). In aanvulling hierop zijn op 24 maart 2016 in een (basis)afvoersituatie de oppervlaktewaterpeilen van het laagten- en slotenstelsel ingemeten met RTK-GPS, om zo de afvoerniveaus van de verscheidene onderdelen van het stelsel vast te leggen. De resultaten hiervan zijn verwerkt in de gecombineerde hoogte- en oppervlaktewatersysteemkaart (figuur 2.2). De resultaten worden in paragraaf 3.2 behandeld.

Onderzoek bodemopbouw

Op 1, 3 en 8 september 2015 zijn in de nog (nader) in te richten voormalige landbouwgronden op 62 locaties tot op een diepte van 1,25 m -mv grondboringen uitgevoerd (ETH1 t/m ETH62). Op 24 januari 2017 zijn 11 aanvullende grondboringen uitgevoerd in nieuw verworven percelen (ETH 63 t/m ETH73). De boringen zijn bedoeld om de dikte van de bouwvoor, de aanwezigheid van een lemige toplaag (en de dikte hiervan) en de aanwezigheid van geroerde bodems vast te stellen. De resultaten van dit onderzoek worden behandeld in paragraaf 3.3 en in bijlage 2 zijn de boorbeschrijvingen opgenomen.

Bodemchemisch onderzoek

Op 29 september 2015 zijn op 20 van de oorspronkelijk 62 locaties waar de bodemopbouw is onderzocht door B-WARE bodemmonsters verzameld. Op 10 februari 2017 zijn op 4 van de 11 locaties waar aanvullende grondboringen zijn uitgevoerd ook bodemmonsters verzameld. Door B-WARE is een eigen rapportage opgesteld van het complete onderzoek inclusief de vier extra locaties (zie bijlage 3). Het accent van het bodemchemisch onderzoek lag op deelgebieden 1 en 2 (noordelijke en oostelijke deelgebied) en op oriënterende wijze zijn ook deelgebieden 3 en 4 (west en zuidwest) onderzocht. Op elke locatie zijn de volgende bodemlagen bemonsterd:

- Bovenste helft bouwvoor (ofwel 0-10 à 15 cm -mv).
- Onderste helft bouwvoor (ofwel 15 tot 25 à 35 cm -mv).
- 0-10 cm onder de bouwvoor (doorgaans 30-40 cm -mv).
- 10-20 onder de bouwvoor (doorgaans 40-50 cm -mv).

Het betreft voor het grootste deel laag gelegen locaties, want de hoge delen (dekzandruggen) worden in principe niet geplagd, omdat dit ten koste zou kunnen gaan van de functie van de dekzandruggen als voedingsgebieden. Toch is ook hier inzicht in de fosfaattoestand gewenst, zodat kan worden afgeleid hoe lang het duurt om door middel van uitmijnen of maaien en afvoeren de bodem verschaald kan worden. In aanvulling hierop zijn (als referentie) ook enkele bodemonsters verzameld op plekken met goed ontwikkelde vegetaties in de oude kernen van het natuurgebied.

3.2 Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem

De behandeling van de resultaten vindt als volgt plaats:

- Eerst worden de hoofdsystemen behandeld.
- Hierna wordt ingegaan op het functioneren van het stelsel van overlooplaagten in het reeds ingerichte deel, met daarbij specifieke aandacht voor de laagte van de Empese Heide.
- Hierna volgt de behandeling van de sloten- en greppelsystemen van de verschillende nog (nader) in te richten deelgebieden.

3.2.1 Hoofdsystemen

De hoofdsystemen betreffen (voor ligging van de systemen zie figuur 2.1 met topografie als ondergrond en figuur 2.2 met hoogteligging als ondergrond):

- Zilvense Broekbeek.
- Zuidwestelijke hoofdwaterloop (Blaarsloot).
- Veldbeek.

Zilvense Broekbeek

De Zilvense Broekbeek ligt aan de westzijde. In het kader van een beekherstelproject is in 2006 een kronkelende nieuwe beekloop aangelegd. In het kader van de eerste inrichtingsfase van het natuurgebied is in 2013/2014 de voormalige (rechte) loop van de Zilvense Broekbeek gedempt. De nieuwe beekloop is zeer diep. Ongeveer ter hoogte van het Van Hasseltpaadje is in de Zilvense Broekbeek een grote debietbegrenzer in de beek geplaatst. Het betreft een rechthoekige doorlaat die zich onder water bevindt. Vanwege de aanwezigheid van de debietbegrenzer loopt het waterpeil in het traject bovenstrooms hiervan tijdens afvoerpieken snel, hoog en kortstondig op en na afloop van de piek zakt het waterpeil geleidelijk weer tot aan het basisniveau weg. De constructie heeft dus geen stuwfunctie.

Bij de inmeting van het oppervlaktewatersysteem op 24 maart 2016 (toen alleen een basisafvoer aanwezig was) is ter hoogte van de laagte van de Empese Heide een oppervlaktewaterpeil gemeten van 8,54 mNAP in de beek tegen 9,41 mNAP ter plaatse van de afvoerstuw van de laagte van de Empese Heide. Er is in deze vroege voorjaarssituatie (bij uitstek de periode waarop de grondwatervoeding van het natuurgebied moet plaatsvinden) dus een peilverschil van ruim 1,1 meter gemeten, met daarbij ook sterke kwelverschijnselen in de beekloop (met name oliefilm). Daarbij ligt de beek ook nabij de laagte van de Empese Heide: de beek nadert de laagte tot op een afstand van circa 100 meter. De beek heeft zodoende een sterk drainerende werking op het grondwater en dus een negatieve invloed op het hydrologisch functioneren van het westelijke deel van het natuurgebied en met name de nabij gelegen laagte van de Empese Heide. Dit is vooral nadelig voor de habitattypen in de laagte die afhankelijk zijn van de

voeding door basenrijk grondwater, namelijk habitattypen H6410 Blauwgrasland en H3130 Zwakgebufferde vennen.

Direct bovenstrooms van de debietbegrenzer is een klein retentiegebied uitgegraven (zie figuur 2.2: hoogtekaart). Op deze plek doorsnijdt de Zilvense Broekbeek de dekzandrug die om de laagte van de Empese Heide heen ligt (en die doorloopt in het natuurontwikkelingsgebied van Grolleman). De uitgraving van de retentie zorgt dus voor een extra doorsnijding van de dekzandrug.

Zuidwestelijke hoofdwaterloop (Blaarsloot)

Ook op de zuidwestgrens van de Eerbeekse Hooilanden ligt een hoofdwaterloop. Hoewel dit in feite de Voorsterbeek betreft, wordt deze hoofdwaterloop door Waterschap Vallei en Veluwe aangeduid als de Blaarsloot. Feitelijk gezien is de Blaarsloot echter de zijhoofdwaterloop die vanuit het oosten op het hoofdsysteem afwatert. In het vervolg van deze rapportage wordt bij voorkeur de term 'Zuidwestelijke hoofdwaterloop' aangehouden.

De zuidwestelijke hoofdwaterloop dient voor de afwatering van het verder zuidwestelijk gelegen landbouwgebied. In het kader van de eerste inrichtingsfase is het benedenstroomse deel van deze hoofdwaterloop naar de buitengrens van het natuurontwikkelingsgebied van Grolleman gelegd en is in het natuurgebied de oude loop gedempt. Ter plaatse van het zuid-noord georiënteerde deel van de verlegde hoofdloop is bovendien een (circa 1,15 m diep en 10 meter breed) winterbed uitgegraven.

Uit vergelijking van de gemeten oppervlaktewaterpeilen op 24 maart 2016 en met AHN-hoogteligging (zie figuur 2.2) volgt dat ook deze hoofdwaterloop diep is:

- Drooglegging van $9,9 - 8,96 = 0,94$ meter ter plaatse van de oostgrens van deelgebied 4.
- Drooglegging van $9,9 - 8,9 = 1,0$ meter ter plaatse van de laag gelegen noordhoek van de huiskavel van Grolleman.
- Drooglegging van $10,5 - 8,84 = 1,66$ meter halverwege het verplaatste deel. Dit deel is extra diep omdat het dwars op de terreinhelling is aangelegd.
- Drooglegging van $10,0 - 8,75 = 1,25$ meter ter plaatse van de monding van de hoofdwaterloop in de Zilvense Broekbeek.

De zeer diepe hoofdwaterloop heeft een sterk drainerende werking op het grondwater, en dus een sterk negatief effect op de kwelsituatie in het natuurgebied en met name de Eerbeekse Hooilanden. Met deze inrichting wordt naar verwachting (vrijwel) de complete toevoer van grondwater vanuit het externe voedingsgebied tussen het natuurgebied en het Apeldoorns Kanaal gedraineerd, waardoor dit grondwater het natuurgebied dus niet kan bereiken.

In relatie tot de verwerving van deelgebied 4 door Natuurmonumenten is momenteel een plan in voorbereiding voor verplaatsing van de Zuidwestelijke hoofdwaterloop in zuidwestelijke richting. Het betreft hierbij het 'Schetsontwerp aanpassing waterhuishouding Blaarsloot' (R. Meijer, juli 2016). Dit schetsontwerp is gebruikt als input voor de planuitwerking van deelgebied 4.

Veldbeek

De Veldbeek ligt aan de oostzijde van het natuurgebied. In het kader van de eerste inrichtingsfase is in de zuidoosthoek van het natuurgebied (ten zuiden van de strook van Van der Loo) de beek in oostelijke richting verlegd naar de rand van de laagte / voet van de dekzandrug. In dit deel en ook in het traject ten noorden van de strook van Van der Loo tot aan de Lage Steenweg is aan de westzijde van de beek een kade aangelegd. Deze

kade dient ervoor om ondanks de aanwezigheid van de (verlegde) Veldbeek toch inundatie van de (overloop)laagte ten westen van de beek mogelijk te maken.

Natuurmonumenten heeft inmiddels ook alle benodigde landbouwgronden ten oosten van de Veldbeek verworven om in deelgebied 2 de beek naar het oosten te kunnen verplaatsen, en het hier aanwezige laagtenstelsel te kunnen herstellen. Het gedeelte van de kade tussen de strook van Van der Loo en de Lage Steenweg betreft dus een tijdelijke constructie die bij de tweede inrichtingsfase weer zal worden verwijderd.

Ter hoogte van de zuidoosthoek van het natuurgebied heeft de Veldbeek een verbinding met de Tondense Beek. Aan het begin van de verbindingssloop is een (doorgaans geopende) afsluitbare duiker aanwezig. De verbindingssloop is veel dieper dan het meest bovenstroomse deel van de verlegde Veldbeek. Zodoende vindt onder normale omstandigheden de afvoer vanuit het verder bovenstrooms gelegen deel van de Veldbeek via de verbindingssloop naar de Tondense Beek plaats. Bij piekafvoeren stroomt een deel van het water wel via de verlegde Veldbeek af. In het meest bovenstroomse deel van de verlegde Veldbeek is de afgelopen jaren bij de afvoer tijdens pieken grond afgezet. Mede daarom stroomt er nu zelden water door de Veldbeek.

3.2.2 Stelsel van overloopplaagten in het reeds ingerichte deel

In het reeds ingerichte deel is het natuurlijke systeem met afwatering via het stelsel van overloopplaagten al werkzaam: in de winter en het vroege voorjaar is dit stelsel geïnundeerd en vindt hierlangs op natuurlijke wijze de afvoer plaats (zie figuren 2.1 en 2.2). In de laagten is in het kader van de eerste inrichtingsfase ter plaatse van de voormalige landbouwgronden een deel van de fosfaatrijke top laag afgegraven, in de laagste delen in principe circa 10 cm, en ter plaatse van de flanken 15 à 20 cm, conform de aanpak zoals uitgewerkt in het inrichtingsplan van de Unie van Bosgroepen (2013). In de oude kernen van het natuurgebied is deels alleen de strooisellaag afgeschraapt en deels ook ondiep (< 5 cm) geplagd (alleen de Ah-horizont). De natuurlijke drempels van het stelsel van overloopplaagten zijn bewust niet geplagd, om de natuurlijke drainageniveaus volledig te kunnen herstellen, en geen verlaging hiervan tot stand te brengen als gevolg van het afgraven van de top laag. Als gevolg hiervan zijn de inundatiediepten van het laagtenstelsel fors (veelal 2 à 4 dm).

Op basis van de AHN-hoogtekaart (= situatie voorafgaand aan het afplaggen van de top laag), de resultaten van de veldinventarisatie, foto's die gemaakt zijn vanuit een luchtballon en inmeting van de afvoerniveaus op 24 maart 2016 is het stelsel van overloopplaagten op schetsmatige wijze ingetekend op de hoogtekaart. Het stelsel functioneert als volgt:

- De zuidwestelijke laagte watert via een voorde in de Mestweg en een smalle slenk af naar de laagte van de Tondense Heide.
- De laagte van de Tondense Heide watert over een natuurlijke drempel heen af naar de Veldbeeklaagten. Hier wordt met behulp van de kade langs de Veldbeek de winterse inundatie mogelijk gemaakt. Via een duiker watert de slenk nu ter hoogte van de Lage Steenweg af op de Veldbeek.
- De Veldbeeklaagte kruist de particuliere bosstrook (Van der Loo). In deze strook is niet geplagd. Voor de afvoer is daarom (vlak naast de kade langs de Veldbeek) een verbindingsgreppel aangelegd tussen de laagte ten zuiden en ten noorden van de bosstrook. Ten westen van de laagte liggen zowel op de noord- als de zuidgrens van de bosstrook slootjes. Deze slootjes wateren via twee duikers onder de niet geplagde strook met greppel af op de Veldbeek.
- De laagte van de Empese Heide en het aangrenzende deel van het particuliere natuurontwikkelingsgebied van Grolleman watert via een klein loopje en een schotbalkenstuwte af op de Zilvense Broekbeek. In paragraaf 3.2.5 wordt (op

basis van een nadere veldinventarisatie die op 14 maart 2018 is uitgevoerd) dieper ingegaan op het functioneren van deze laagte.

- In het gebied van Grolleman is nog een tweede (ondiep en breed) loopje en schotbalkenstuwte aanwezig waarmee afwatering op de Zilvense Broekbeek kan plaatsvinden. Op 23-3-2015 vond hierlangs echter geen afvoer plaats.
- Tussen de Mestweg en de Veldbeekslenk is nog een smalle slenk aanwezig. Deze slenk wordt doorsneden door de Lage Steenweg. Via een duiker onder de Lage Steenweg watert dit deel af naar het (met bos begroeide) slenkgedeelte ten noorden van de weg. De slenk loopt door naar het nog (verder) in te richten noordelijke voormalige landbouwgebied. Dit slenkdeel wordt behandeld in paragrafen 3.2.3 (sloten en greppels in de huidige situatie) en 3.2.4 (reconstructie natuurlijke stelsel).

3.2.3 Sloten en greppels in de nog in te richten deelgebieden

Deelgebied 1 (noord)

Ten zuiden van het Van Hasseltpaadje zijn de meeste sloten in de eerste inrichtingsfase al gedempt, maar zijn nog wel de volgende (restanten van) sloten en greppels aangetroffen (zie figuur 2.1 of 2.2):

- Slooprestanten in de uiterste zuidwesthoek: T-splitsing van de Oude Voorsterbeek en een voormalige perceelsloot.
- Ten westen van de Mestweg: afvoerslootje van voormalig particulier perceel en greppeltje in gebied ten zuiden hiervan. Het slootje watert via een duiker af op de gegraven retentielaagte langs de Zilvense Broekbeek. De greppel heeft geen afvoer.
- Greppel aan de oostzijde van de Mestweg, in het gedeelte ten noorden van de Lage Steenweg.
- Sloop ten oosten van de Mestweg en enkele zijgreppels hiervan. Via deze sloot watert de laagte tussen de Mestweg en de Veldbeekslenk nu af op de Veldbeek. Vanwege deze afvoer (en omdat in dit gebied de toplaag van de bodem (nog) niet is afgegraven), treedt in dit deel van de slenk in de huidige situatie (nog) geen winterse inundatie op.

Ten noorden van het van Hasseltpaadje is de situatie als volgt (zie figuur 2.1 of 2.2):

- In het gebied dat wordt verpacht (ten oosten van de Mestweg) liggen drie slootrestanten:
 - Een verlandende sloot (met afgevlakte oever) tegen de wal op de noordgrens van het natuurgebied aan. Deze sloot loopt in oostelijke richting door naar het hier aanwezige externe landbouwgebied.
 - Een afgedamde sloot in het middendeel, waardoor hier het slootpeil tijdens de inventarisatie (op 23-3-2015) nabij maaiveld lag, en de oeverzone in het lage deel was geïnundeerd. Ten oosten van de eigendomsgrens is wel een normale sloot aanwezig, voor de ontwatering van het externe landbouwgebied. Op de eigendomsgrens ligt geen sloot of greppel.
 - Een verlandende sloot langs (de wal van) het Van Hasseltpaadje. Ook deze sloot loopt over de eigendomsgrens in oostelijke richting door.
- In het gebied ten westen van de Mestweg liggen ook nog slootjes. De sloten op de zuidgrens en het middendeel van deze zone hebben echter geen afvoer meer vanwege de demping van de Oude Voorsterbeek. Vanwege het ontbreken van de afvoer staat het water in deze zone in de winter direct aan of boven maaiveld. De slootjes lopen nog wel net door de houtwal heen die hier parallel aan de gedempte Oude Voorsterbeek aanwezig is. Deze houtwal veroorzaakt dus geen stagnatie.

Dit is wel het geval bij de houtwal aan de noordzijde: deze wal vormt een barrière voor de oppervlakkige afvoer van water vanuit de laagte ten direct zuiden hiervan.

- De sloot die hier op de noordgrens van het eigendom ligt heeft wel een aanzienlijke drooglegging (van circa 0,5 meter -mv) en draineert zodoende ook kwelwater. Deze grenssloot en de externe (verzamel)sloot ten noorden hiervan wateren via een nieuw aangelegd loopje af op de Zilvense Broekbeek.

Behalve de eerder genoemde houtwal is ook op de noordgrens van het natuurgebied een wal aanwezig en vormt ook het Van Hasseltpaadje een wal. De wallen blokkeren weliswaar niet de sloten, maar wel de natuurlijke laagten- / slenkenstructuur.

Deelgebied 2 (noordoost)

In de zone tussen de Veldbeek en de Hallse Dijk (en dus ook aan weerszijden van het perceel van Rijkswaterstaat) liggen diverse oost-west georiënteerde sloten. Deze sloten wateren allen af op de Veldbeek.

Deelgebied 3 (west)

In de zone langs de Zilvense Broekbeek zijn de volgende greppels en sloten aangetroffen:

- In het noordelijke deel van deze zone liggen drie slootrestanten.
- In het noordelijke deel lopen ook twee afvoersloten van de westelijk gelegen externe landbouwgronden door het natuurgebied heen.
- Ook verder naar het zuidwesten is nog een klein afvoerslootje van de westelijk gelegen landbouwgronden aanwezig.
- In het noordelijke deel wateren via een gezamenlijke afvoersloot ook twee sloten vanuit het ten oosten van de noordlob gelegen landbouwgebied door het natuurgebied heen af.

Behalve ter plaatse van de retentie is ook in andere delen de toplaag van de bodem afgegraven:

- Een perceel direct ten westen van de retentie.
- Bovenstrooms van het projectgebied, waar in het eigendom van Natuurmonumenten ook een nieuwe, kronkelende beekloop is aangelegd (traject aan weerszijden van peilbuis B33G1130).

Deelgebied 4 (zuidwest)

In het kader van de inrichting van een hydrologische bufferzone ligt ten zuiden van peilbuis B33G1107 op de grens van het natuurgebied en het gebied van Wolters een bescheiden randsloot (afvoerniveau van circa 9,5 mNAP bij maaiveld van 9,8 tot 10,0 mNAP: zie figuur 2.2). Deze randsloot begint aan de voet van een dekzandrug. Vanuit de externe landbouwpercelen in de laagte ten westen van deze dekzandrug wateren twee slootjes af op de randsloot. Het oostelijke slootje (ofwel het slootje dat aan de voet van de dekzandrug ligt) vormt een restant van de Oude Voorsterbeek. Het traject hiervan binnen het natuurgebied is in het kader van de eerste inrichtingsfase gedempt. Het randslootje watert af op de zeer diepe zuidwestelijke hoofdwaterloop.

3.2.4 Reconstructie van het natuurlijke stelsel in de nog in te richten deelgebieden

Ook in deelgebieden 1 en 2 (noord en oost) en in delen van deelgebied 3 (west) was een stelsel van overlooplaagten aanwezig. Met de huidige begrenzing van het natuurgebied zijn er in deze deelgebieden ook mogelijkheden aanwezig voor herstel van dit stelsel. Ook deelgebied 4 ligt laag, maar er is hier wel een zekere helling in het maaiveld aanwezig, dus hier is niet zozeer sprake van de aanwezigheid van een overlooplaagte. In deelgebied 3 zijn dergelijke laagten wel plaatselijk aanwezig, maar de begrenzing van het natuurgebied is te krap om ze goed te kunnen herstellen. Bovendien wordt het hydrologisch functioneren van deze geamputeerde laagten sterk negatief beïnvloed door de zeer diepe Zilvense Broekbeek. Om deze redenen is dit deelgebied weggelaten bij de reconstructie van het stelsel van overlooplaagten.

De opbouw van het laagtenstelsel in deelgebieden 1 en 2 is als volgt (zie figuur 3.1):

- In het zuidoostelijke blok van deelgebied 1 ligt een langgerekte laagte. Deze laagte loopt door tot ten zuiden van de Lage Steenweg. De langgerekte laagte heeft een natuurlijke overloop naar het laagtenstelsel langs de Veldbeek. Ter plaatse van de natuurlijke overloop ligt het maaiveld (op basis van de AHN-hoogtekaart) op 9,2 à 9,3 mNAP. Het drempelniveau is hier (bij de inmeting van de boorpunten van het bodemonderzoek) ook ingemeten, en ligt op 9,23 mNAP.
- Het Veldbeek-laagtenstelsel is opgebouwd uit vier overlooplaagten, waarlangs de natuurlijke waterafvoer in noordelijke richting plaatsvindt. In benedenstroomse richting betreft het hierbij:
 - Een (kleine) laagte in de zuidoosthoek van het natuurgebied (laagte met peilbuis B33G1113), dus in het reeds ingerichte deel. Deze laagte valt buiten het kaartbeeld van figuur 3.1 maar is wel te zien in figuur 2.2.
 - Een laagte tot aan de strook van Van der Loo, dus eveneens in het reeds ingerichte deel. Ook het uiterste oosten van deze laagte valt buiten het kaartbeeld van figuur 3.1 maar is wel te zien in figuur 2.2.
 - Een laagte tussen de strook van Van der Loo en de Lage Steenweg. Hiervan is alleen het deel ten westen van de huidige beek al ingericht. Het drempelniveau van deze laagte ligt op circa 9,1 mNAP.
 - Een laagte tussen de Lage Steenweg en het Van Hasseltpaadje. Deze laagte is geheel nog niet ingericht. Het drempelniveau van deze laagte (ter plaatse van de versmalling net ten zuiden van het Van Hasseltpaadje) ligt (op basis van de AHN-hoogtekaart) op circa 8,9 mNAP.
- Het noordoostelijke blok van deelgebied 1 (aan Hissink verpachte grond ten noorden van het Van Hasseltpaadje en ten oosten van de Mestweg) heeft een eigen, lokale, langgerekte laagte met twee overlopen (met drempelniveau van circa 9,1 mNAP): één in noordelijke richting en één in oostelijke richting. Er is geen verbinding van deze lokale laagte met het laagtenstelsel ten westen van de Mestweg, want niet alleen de Mestweg maar ook een zone direct ten oosten van deze weg ligt namelijk relatief hoog.
- In het westelijke blok van deelgebied 1 is een gelobd laagtenstelsel aanwezig. Het betreft drie lobben:
 - Een zuidelijke lob aan weerszijden van het Van Hasseltpaadje.
 - Een middenlob aan weerszijden van de houtwal ten noorden van het Van Hasseltpaadje, en langs de houtwal (via een knik) doorlopend in noordoostelijke richting. Het noordoostelijk deel van deze lob ligt zeer laag (8,75 tot 9 mNAP).
 - Een kleine lob in de noordwestelijke hoek van deelgebied 1.Deze gelobde laagte heeft twee natuurlijke afvoeren: een afvoer in noordwestelijke richting (naar de Zilvense Broekbeek) en een afvoer in noordelijke richting (vanuit het zeer laag gelegen oostelijke deel van de middenlob naar het externe landbouwgebied aan de noordzijde). De drempelniveaus van beide natuurlijke

afvoeren liggen (op basis van de AHN-hoogtekaart) op circa 8,9 mNAP. De gelobde laagte wordt doorkruist door enkele (hout)wallen. Daar waar sloten door de wallen heen liggen (aan de westzijde) bevinden zich gaten in de wallen. Bij herstel van de natuurlijke afwatering van deze laagte moet ervoor gewaakt worden dat de wallen geen barrières gaan vormen.

3.2.5 Functioneren van de laagte van de Empese Heide

De stuw waarmee via een slootrestant de waterafvoer vanuit de laagte van de Empese Heide plaatsvindt is tot op het maximale niveau ingesteld: de bovenste schotbalk steekt zelfs iets boven de damwandconstructie uit. De bovenzijde van de damwand ligt op 9,50 mNAP. Dus dit is nu in principe het afvoerniveau. Om de damwandconstructie heen lekt echter water weg. Zodoende bedraagt het afvoerniveau nu alleen in neerslagrijke perioden 9,50 mNAP en daalt het afvoerniveau bij een geringer neerslagoverschot naar circa 9,40 mNAP. Het afvoerniveau van 9,50 mNAP wordt als benadering gezien van het natuurlijke overloophoogte van de laagte (Hanhart, 2013). Vanwege de sterke verstoring van de geomorfologie ter plaatse van de plek van de natuurlijke drempel is het echter lastig het exacte niveau hiervan te herleiden.

De instelling van dit peil heeft samen met de demping van de Oude Voorsterbeek en verwijdering van de ontwateringsmiddelen in het natuurontwikkelingsgebied van Grolleman geleid tot sterke vernatting van de laagte, met in de nieuwe situatie niet alleen een jaarlijks sterke maar ook langdurige inundatie van de laagte. Dit geldt ook voor de zone waar twee blauwgraslandjes liggen. In de natte zomer van 2016 was het iets lager gelegen zuidelijke blauwgrasland zelfs tot ver in de zomer geïnundeerd. Daarbij is bij het jaarlijkse gezamenlijke PAS-veldbezoek van de provincie Gelderland en Natuurmonumenten (mei 2017) ook geconstateerd dat de vegetatie van het zuidelijke blauwgrasland sterk is achteruitgegaan. Zo werd er slechts nog maar één exemplaar van de kritische soort Spaanse ruiter waargenomen, terwijl deze soort voorheen met een veel groter aantal exemplaren aanwezig was. Dit vormde de aanleiding om op 5 juli 2017 in het veld een deskundigenoverleg te laten plaatsvinden. Hierbij waren aanwezig: A. Jansen (Unie van Bosgroepen), R. Ketelaar en E. ter Stege (Natuurmonumenten), J. Ex (provincie), J.W. van 't Hullenaar (Bureau Bell Hullenaar) en K. Hanhart (Eelerwoude). Hiervan is ook een verslag opgesteld (Hanhart, 2017).

In het deskundigenoverleg is aangegeven dat systeemherstel voorop staat (met dus afvoer van de laagte op het natuurlijke niveau van 9,50 mNAP) en de blauwgraslandjes daarbij naar hogere delen van gradiënt moeten gaan verschuiven, niet alleen omdat hier in de nieuwe situatie het juiste grondwaterstandsverloop aanwezig is, maar ook (en vooral) omdat hier de nieuwe kwelzone moet komen te liggen, onder invloed van het hogere afvoerniveau van de laagte en de voeding vanuit de aangrenzende dekzandrug. De PAS-procesmonitoring moet gaan uitwijzen of dit ook daadwerkelijk gaat gebeuren en hiervoor is inmiddels een meetplan opgesteld (Van Ek & Hanhart, 2017). In samenhang met het beoogde systeemherstel en de hiermee samenhangende gewenste verschuiving van de kwelzone wordt het als onwenselijk gezien om het afvoerniveau van de laagte structureel lager in te stellen ten behoeve van het behoud van de bestaande blauwgraslanden. Wel is aangegeven dat tijdelijk (totdat de blauwgraslanden hoger op in de gradiënt tot ontwikkeling zijn gekomen) zomerinundaties voorkomen dienen te worden door in natte zomers water uit de laagte af te laten, met behulp van het afvoerstuwtje in het afvoerslootje. Hiermee moet voorkomen worden dat waardevolle soorten verdwijnen omdat ze lager in de gradiënt verdrinken en zich hoger op in de gradiënt nog niet gevestigd hebben. De laagte van de Empese Heide wordt echter gescheiden van het afvoerslootje door een klein walletje (dat direct langs de gedempte Oude Voorsterbeek ligt). Dit walletje vormt waarschijnlijk een barrière bij de beoogde aflat. Om te bepalen of dit inderdaad het geval is, en of zich

wellicht ook elders in de laagte barrières bevinden is Bell Hullenaar gevraagd een aanvullende veldinventarisatie uit te voeren.

Deze inventarisatie is uitgevoerd op 14 maart 2018, in een periode met uiterst lichte afvoer om het (lekkende) afvoerstuwtje heen. Het waterpeil lag daarbij 8 cm onder de damwandconstructie, ofwel op een niveau van 9,42 mNAP. Met een baak (lange meetstok) is in een route vanaf de afvoerstuw naar beide blauwgraslanden op diverse plekken de waterdiepte gemeten, door middel van doorwading van de laagte met een waadpak. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in tabel 3.1 en de meetlocaties (ofwel waypoints) zijn aangegeven op de kaart van figuur 3.2. Vanwege de doorwading is het uitgesloten dat er zich plekken in de route bevinden met geringere waterdiepte dan zoals geregistreerd is op de meetpunten.

Bij deze inventarisatie zijn gelijk twee peilbuizen opgenomen die in de blauwgraslanden in het oostelijke deel van de laagte staan: B33G0404 (B13ABC) in het zuidelijke blauwgrasland en B33G0390 (B9AB) in het noordelijke blauwgrasland. Ook de oppervlaktewaterstanden naast de peilbuizen zijn gemeten. Dit gebeurt niet bij de reguliere opname.

De resultaten van de waterdieptemetingen zijn als volgt:

- Op de laagste plek van het walletje langs de Oude Voorsterbeek (waypoint 59) is een waterdiepte van 9 cm gemeten. Dit komt overeen met een overloophoogte van $9,42 - 0,09 = 9,33$ mNAP.
- Ter plaatse van de route vanaf het walletje tot en met het afvoerslootje met stuwtje (w60 t/m w63) zijn waterdiepten gemeten die uiteenlopen van 25 tot 48 cm (ofwel bodemniveaus van hooguit 9,17 mNAP).
- Ter plaatse van de route vanaf het walletje naar het zuidelijke blauwgrasland (w29 t/m w37) zijn waterdiepten gemeten die uiteenlopen van 30 tot 80 cm, ofwel een bodemniveau van maximaal 9,12 mNAP.
- Ter plaatse van de zijroute naar het noordelijke blauwgrasland (vanaf w36 naar w55 t/m w57) zijn waterdiepten gemeten die uiteenlopen van 28 tot 44 cm, ofwel een bodemniveau van maximaal 9,14 mNAP.
- Ter plaatse van het zuidelijke blauwgrasland (w38 t/m w41) zijn waterdiepten gemeten die uiteenlopen van 20 tot 26 cm.
- Ter plaatse van het noordelijke blauwgrasland (w50 t/m w54) zijn waterdiepten gemeten die uiteenlopen van 16 tot 18 cm.

Dus voor een optimale aflat van water moet een waterschijf van 25 cm afgevoerd kunnen worden, ofwel tot op een niveau van $9,42 - 0,25 = 9,17$ mNAP. Dit betekent dat het walletje langs de gedempte Oude Voorsterbeek inderdaad een barrière vormt en dat dit ook de enige barrière is. Door het graven van een gat in het walletje kan deze barrière op eenvoudige en effectieve wijze worden opgeheven. Het is niet nodig om hier een extra stuwtje te plaatsen. Het graven van het gat mag zich niet beperken tot het hoogste deel van het walletje, maar dient aan weersijden over voldoende grote afstand te worden doorgetrokken (aan weersijden minimaal 5 meter), omdat ook in de zones die direct aan het walletje grenzen het maaiveld iets hoger ligt dan verder hiervandaan.

De resultaten van de opname van de oppervlakte- en grondwaterstanden op 14-3-2018 in / naast de peilbuizen zijn als volgt (zie tabel 3.2):

Tabel 3.1 Op 14-3-2018 gemeten waterdieptes in de laagte van de Empese Heide

waypoint	waterdiepte (cm)		waypoint	waterdiepte (cm)
29	30		44	57
30	30		46	44
31	38		47	50
32	64		48	29
33	34		50	17
34	56		52	18
35	35		53	16
36	34		54	17
37	80		56	44
38	25		57	28
39	26		59	9
40	20		60	25
41	23		61	26
42	20		62	48
43	26		63	36

Tabel 3.2 Op 14-3-2018 gemeten oppervlaktewater- en grondwaterstanden ter plaatse van de twee blauwgraslandjes

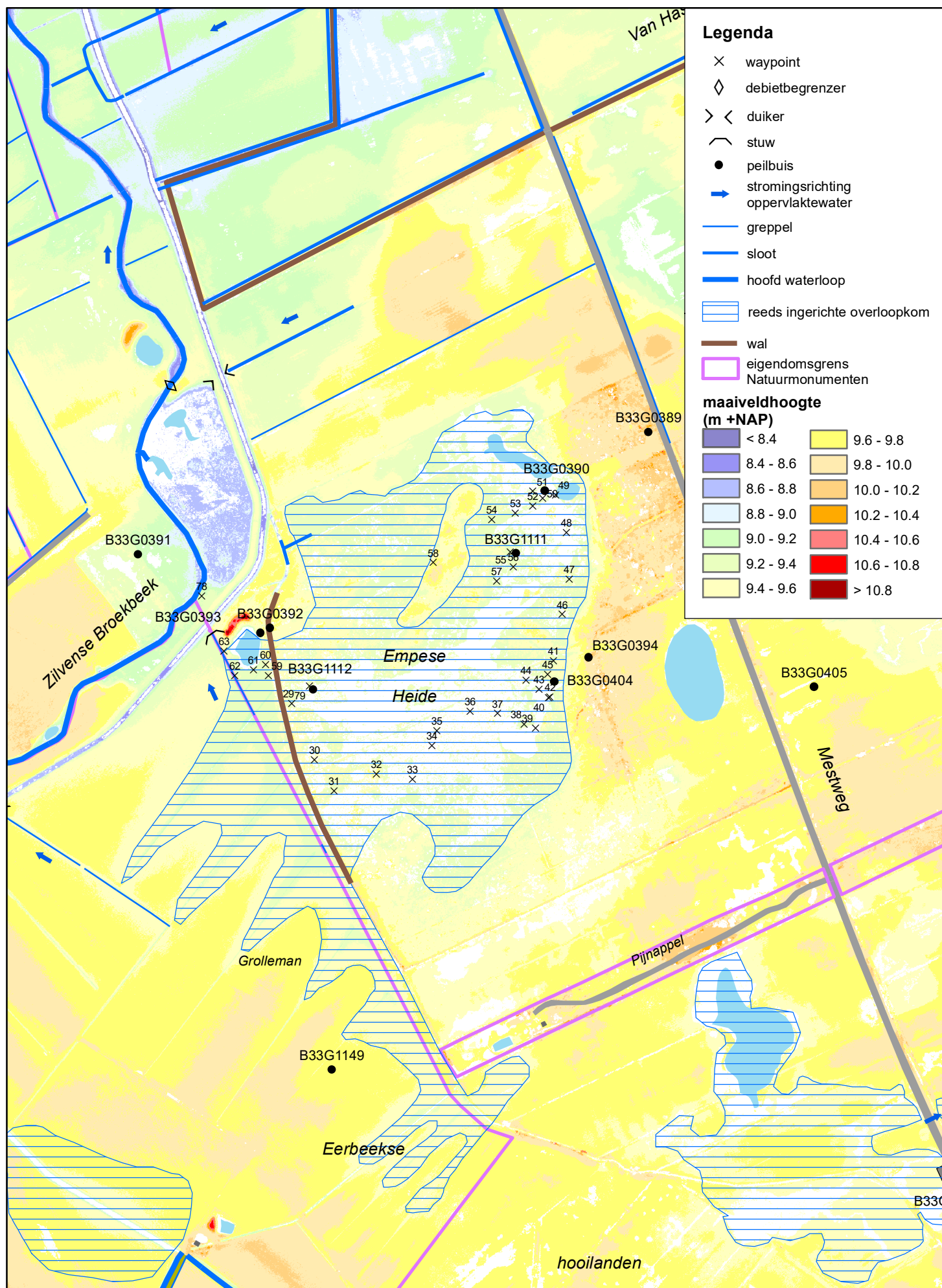
NITG-code	REF	MV	Onderkant filter	Onderkant filter	opname	grwst
	mNAP	mNAP	mNAP	toV MV	grwst (m)	mNAP
B33G0390-1	9,57	9,20			0,15	9,42
B33G0390-1	9,57	9,20	7,57	2,00	0,17	9,40
B33G0390-2	9,53	9,20	5,53	4,00	0,39	9,14
B33G0404-1	9,57	9,31			0,14	9,43
B33G0404-1	9,57	9,31	7,78	1,79	0,17	9,40
B33G0404-2	9,55	9,31	6,97	2,58	0,20	9,35
B33G0404-3	9,52	9,31	3,51	6,01	0,25	9,27

B33G0390 (B9AB) in het noordelijke blauwgrasland:

- Oppervlaktewaterstand = 9,42 mNAP.
- Grondwaterstand ondiepe filter (L=201 cm) = 9,40 mNAP.
- Grondwaterstand diepe filter (L=409 cm) = 9,14 mNAP.
- Er is dus naar beneden toe een afname van de druk, ofwel een infiltratiesituatie aanwezig. Het drukverschil tussen het oppervlaktewater en het diepere grondwater bedraagt 28 cm.

B33G0404 (B13ABC) in het zuidelijke blauwgrasland:

- Oppervlaktewaterstand = 9,43 mNAP.
- Grondwaterstand ondiepe peilbuis (L=179 cm) = 9,40 mNAP.
- Grondwaterstand middeldiepe filter (L=248 cm) = 9,35 mNAP.
- Grondwaterstand diepe filter (L>500cm) = 9,27 mNAP.
- Dus ook hier is er naar beneden toe een afname van de druk, ofwel een infiltratiesituatie aanwezig. Het drukverschil tussen het oppervlaktewater en het diepere grondwater bedraagt hier 16 cm.



Op basis van deze beknopte aanvullende metingen volgt duidelijk dat op 14-3-2018 ter plaatse van de blauwgraslanden een infiltratie- ofwel wegzijgingssituatie aanwezig was, terwijl in deze vroege voorjaarssituatie juist sprake zou moeten zijn van kwel. In de bodem zijn ook alleen dunne, dus hooguit licht weerstandsbiedende veen- en leemlagen aanwezig, wat betekent dat de infiltratiesterkte bovendien groot is.

Om te controleren of hier sprake is van een incidentele waarneming of dat er sprake is van een meer structurele wegzijgingssituatie zijn ook grafieken gemaakt van het grondwaterstandsverloop van beide peilbuizen (zie bijlage 4). Hieruit volgt niet alleen dat op beide plekken sinds de uitvoering van de maatregelen in de herfst van 2014 in het winterhalfjaar altijd sprake is van een wegzijgingssituatie, maar ook dat de mate van wegzijging sindsdien is toegenomen. Dit is vooral goed te zien in de grafiek van de niet sterk onderbroken reeks van B33G0390. En terwijl ter plaatse van B33G0404 voorheen in het winterhalfjaar heel soms sprake was van een lichte kweldruk, is dit in de nieuwe situatie niet meer waargenomen. Ook is in de grafieken te zien dat in de oude situatie op beide plekken in droge zomerperioden vaak een lichte kweldruk aanwezig was, en dit in de nieuwe situatie praktisch niet meer het geval is.

Op basis van metingen door Hanhart (Eelerwoude, 2017) volgt dat ook verzuring van het zuidelijke blauwgrasland is opgetreden. Dit is dus het gevolg van de verhoging van het afvoerniveau van de laagte zonder dat er in de omgeving maatregelen zijn getroffen voor herstel van het hydrologische systeem, waardoor de wegzijging is toegenomen / het kleine beetje kwel dat aanwezig was nagenoeg is verdwenen. Onder deze omstandigheden is het niet alleen uitgesloten dat de blauwgraslandzone zich gaat verplaatsen naar een zone hoger op de gradiënt, maar lopen ook de bestaande blauwgraslanden groot gevaar.

Daarom wordt geadviseerd om het afvoerniveau niet alleen in natte zomers maar ook in de winter (dus het gehele jaar door) te verlagen, (tenminste) totdat de verstoringen van het systeem zijn aangepakt. Het systeemherstel kan waarschijnlijk deels al gerealiseerd worden door middel van uitvoering maatregelen in het gebied ten oosten van de Mestweg. Naar verwachting is hiervoor echter ook aanpak nodig van de sterk drainerende werking van de Zilvense Broekbeek.

Het afvoerniveau van de laagte kan (voorlopig) het best worden ingesteld op 9,20 mNAP (dus circa 20 cm lager dan het afvoerniveau dat nu in de praktijk aanwezig is en 30 cm lager dan het natuurlijke afvoerniveau). Dit afvoerniveau is namelijk precies goed voor de bestaande blauwgraslanden, niet alleen qua grondwaterstandsverloop maar ook voor het hier (zo goed mogelijk) laten uittreden van kwelwater. Daarbij zal ook bij een peil van 9,20 mNAP de laagte in de winter voor een groot deel in lichte mate geïnundeerd zijn, wat van belang is voor het laten werken van het kwelmechanisme van de plassen in de laagten en de opbollende grondwaterspiegel in de dekzandruggen. Echter door de combinatie van het hoge oppervlaktewaterpeil en de sterke verstoringen in de omgeving werkt dit mechanisme nu niet. Pas nadat de verstoringen van het systeem zijn aangepakt mag op geleidelijke wijze het afvoerniveau worden verhoogd. De stijghoogte van het grondwater in de peilbuizen moet daarbij leidend zijn: er moet vooral in het vroege voorjaar een lichte overdruk aanwezig zijn van het grondwater in de peilbuizen ten opzichte van het oppervlaktewater.

3.3 Resultaten onderzoek bodemopbouw

De resultaten van de boringen zijn weergegeven op de kaart van figuur 3.1. Hierbij is de AHN-hoogteligging als ondergrond gebruikt. Per boorpunt is op de kaart de bouwvoordikte, de lemigheid van de bouwvoor en de lemigheid van de bodemlaag direct onder de bouwvoor aangegeven. Daar waar (onder de bouwvoor) een geroerde toplaag is aangetroffen, is dit aangegeven met een rode markering.

Deelgebied 1 (noord)

In het gebied ten noorden van het Van Hasseltpaadje en ten oosten van de Mestweg (locaties ETH5 t/m 13) zijn volgens de bodemkaart vooral gooreerdgronden aanwezig. De bouwvoor is hier veelal 25 tot 30 cm dik en leemarm. In de ondergrond (vanaf de onderzijde van de bouwvoor tot op de einddiepte van de boringen, ofwel 125 cm -mv) is een heterogene afwisseling van lagen leemarm, zwak lemig en (zeer) sterk lemig zand aanwezig. Direct onder de bouwvoor is op 6 van de 9 onderzochte locaties leemarm zand aangetroffen en op 3 locaties is (zwak tot sterk) lemig zand aanwezig. In de langgerekte laagte middenin dit gebied is ter plaatse van ETH12 vanaf 30 cm -mv (dus vrijwel direct onder de bouwvoor) een 60 cm dikke laag veraard veen aangetroffen. Ter plaatse van het westelijke uiteinde van deze laagte, op locatie ETH13, bestaat de bouwvoor uit weinig / moerig zand. Ter plaatse van ETH10 bestaat de laag onder de bouwvoor uit (lemig en zandig) veraard veen. In de laagte is dus een klein veentje aanwezig geweest, met een uitloper in noordelijke richting.

Ter plaatse van de gronden ten noorden van het Van Hasseltpaadje en ten westen van de Mestweg (ETH14 t/m 21) is een combinatie van veldpodzol-, gooreerd en beekeerdgronden aanwezig. De bouwvoor is in dit gebied veelal 20 tot 30 cm dik. Op de hoge delen (veldpodzol en soms ook gooreerd) is de bouwvoor overwegend leemarm en in de middelhoog tot laag gelegen delen (gooreerd en beekeerd) overwegend sterk tot zeer sterk lemig. Ter plaatse van ETH15 en ETH19 is de toplaag afwijkend. Bij ETH15 is de bouwvoor gemengd met schoon zand. Bij ETH19 is onder de dunne bouwvoor van 10 cm tot op 35 cm onder maaiveld een bonte mengeling van zand en leem aangetroffen. In de ondergrond in ook in dit gehele gebied een heterogene afwisseling van lagen leemarm, zwak lemig en (zeer) sterk lemig zand aanwezig. Direct onder de bouwvoor is in het deel met beekeerd- en gooreerd bodem op 3 van de 6 onderzochte locaties leemarm zand aanwezig en op 3 locaties lemig zand of leem.

Ter plaatse van de gronden ten zuiden van het Van Hasseltpaadje en ten westen van de Mestweg (ETH26 t/m 28, 32, 33, 43 en 44) is de bouwvoor veelal 25 tot 30 cm dik. In de hoog gelegen delen (ETH27, 32 en 33: veldpodzol) is de bouwvoor, en ook de laag hier direct onder, leemarm. In het laag gelegen delen (ETH26: beekeerdgrond) is de bouwvoor sterk lemig, en dat geldt ook voor de laag hier direct onder. Op de overgang van hoog naar laag (ETH43 en 44, gooreerdgrond) is de bouwvoor op locatie ETH43 leemarm en op locatie ETH44 sterk lemig, en is de laag hier direct onder op locatie ETH43 zwak lemig en op locatie ETH44 leemarm. Op locatie ETH28 is de bodemopbouw afwijkend van de andere locaties in dit gebied: hier is aan de oppervlakte een laag moerig zand van 25 cm aangetroffen, met hieronder een laag zwak lemig moerig zand van 15 cm en op 40 tot 50 cm -mv een veraarde veenlaag.

Ter plaatse van de gronden ten zuiden van het Van Hasseltpaadje en ten oosten van de Mestweg tot en met de dekzandrug (ETH3, 4, 30, 31 en 45 t/m 49) varieert de bouwvoordikte veelal tussen de 25 en 35 cm. Op de hoog gelegen delen (met veldpodzolgrond) is de bouwvoor leemarm en de bodem direct onder de bouwvoor meestal ook leemarm en soms zwak lemig. In de laagte is de bouwvoor zwak tot sterk lemig en is de bodemlaag hieronder zwak lemig. Ter plaatse van ETH4 is de bouwvoor slechts 20 cm

dun en hier is direct onder de bouwvoor een laag veraard veen / sterk moerig zand aanwezig tot op 40 cm -mv.

Deelgebied 2 (noordoost)

De beekeerdgronden in het lage deel die in september 2015 zijn onderzocht (ETH2, 29, 50, 51 en 55) hebben niet alleen een sterk lemige bouwvoor (van doorgaans 25 à 30 cm) maar meestal ook een sterk lemige laag direct onder de bouwvoor. Op locatie 2 is de bodem tot op een diepte van 50 cm -mv verstoord en is op een diepte van 30 tot 50 cm -mv een mengsel van sterk lemig zand en puin van bakstenen aangetroffen. Ter plaatse van de flanken van de laagte (ETH1, 48, 49, 52, 53 en 54) is de bouwvoor leemarm tot zwak lemig en de laag hieronder ook.

In de onderzochte percelen verder naar het zuiden (ETH56 en ETH57, in het (voormalig) perceel van Rijkswaterstaat) is de bouwvoor 35 cm dik. Op de laag gelegen locatie ETH56 is de bouwvoor sterk lemig en de laag hieronder zwak lemig. Op de wat minder laag gelegen locatie ETH57 is de bouwvoor zwak lemig en de laag hieronder leemarm.

In de percelen die in januari 2017 aanvullend zijn onderzocht is het beeld als volgt:

- Perceel west van de Veldbeek (ETH68 en ETH69): in dit perceel is net als elders op de eerder onderzochte locaties in deze laagte een lemige bodem aangetroffen, met niet alleen een lemige bouwvoor maar ook een lemige laag direct onder de bouwvoor. De bouwvoordikte bedraagt 25 cm.
- Percelen ten oosten van de Veldbeek / ten noorden van de Lage Steenweg (ETH63 t/m 67): niet alleen ter plaatse van de hoger gelegen dekzandrug (ETH63, 64 en 65) maar ook in het laag gelegen gebied ten zuiden hiervan (ETH66 en 67) is zowel de bouwvoor als de laag direct onder de bouwvoor op alle boorlocaties leemarm. De bouwvoordikte loopt uiteen van 25 tot 45 cm.
- Perceel ten oosten van de Veldbeek / ten zuiden van de Lage Steenweg (ETH70 t/m ETH73): ook voor dit perceel geldt dat niet alleen ter plaatse van de boringen in het hoge deel (ETH71 en 72) , maar ook ter plaatse van de boringen in het lage deel (ETH70 en 73) zowel de bouwvoor als de laag hier direct onder leemarm is. De bouwvoordikte loopt uiteen van 30 tot 40 cm. Op locaties ETH71 en 72 is de laag van 30 tot 40 cm geroerd, waarschijnlijk door ploegwerkzaamheden. Op locatie ETH70 is de laag van 30 tot 55 cm geroerd. Mogelijk heeft hier (in deze laag gelegen zone tegen de veldbeek aan) ook ophoging plaatsgevonden (vanuit het hoger gelegen oostelijke deel van het perceel).

Deelgebied 3 (west)

In het gebied ten noorden van de retentie / debietbegrenzer in de Zilvense Broekbeek varieert de bouwvoordikte veel tussen de 20 en 30 cm. De bouwvoor in de lage delen (beekeerdgrond) is meestal sterk lemig, en in de iets minder laag gelegen delen is zwak tot sterk lemig. De laag direct onder de bouwvoor is op 3 van de 6 locaties leemarm, op 2 locaties zwak lemig en op 1 locatie (ETH23) is een 10 cm dikke laag humeuze klei aanwezig onder de bouwvoor (met daaronder sterk lemig zand).

Ter plaatse van de retentie (ETH34) is uiteraard geen bouwvoor aanwezig en ligt een laag sterk lemig zand aan de oppervlakte. In het perceel ten zuidwesten van de retentie (ETH37) is ook geen bouwvoor aanwezig en ligt een laagje zwak lemig zand aan de oppervlakte. Dit perceel is geplagd, vermoedelijk in combinatie met de aanleg van de kronkelende loop en de retentie in 2006.

In het gebied ten zuidwesten hiervan is in de relatief laag gelegen delen met beekeerdgrond (ETH41 en 42) een 15 à 25 cm dikke bouwvoor aanwezig. Niet alleen de bouwvoor maar ook de laag direct onder de bouwvoor is hier zwak lemig.

Ook boring ETH39 is uitgevoerd in laagte, maar deze kleine laagte komt niet tot uitdrukking op de bodemkaart. Op deze plek is een bouwvoor aanwezig die uit leemarm zand bestaat en geroerd lijkt te zijn. Direct onder de bouwvoor is een laag veraard veen van 30 cm aangetroffen met hieronder een laag moerig zand van 20 cm. Waarschijnlijk betreft het hier een venige laagte die met zand is opgehoogd.

In de (relatief) hoog gelegen delen met gooreerd- of veldpodzolbodem (ETH38 en 40) is de bouwvoor 30 tot 45 cm dik en leemarm. Op locatie ETH is de bodemlaag direct onder de bouwvoor zwak lemig en op locatie ETH40 is direct onder de bouwvoor leemarm zand aanwezig.

Deelgebied 4 (zuidwest)

In dit laaggelegen gebied zijn beekeerdgronden aanwezig. In de percelen ten westen van de zandweg (ETH58, 59 en 60) bedraagt de bouwvoordikte 35 à 40 cm. Ten oosten van de zandweg (ETH61 en 62) is de bouwvoor dunner, circa 15 cm. De bouwvoor is overal sterk lemig. Direct onder de bouwvoor is op 3 van de 5 locaties zwak lemig zand aanwezig en op 2 locaties is sterk lemig zand aanwezig.

Totaalbeeld bodemopbouw

- In alle onderzochte deelgebieden is een gevarieerde bodemopbouw aangetroffen, met een fijnmazige afwisseling van lagen leemarm zand, zwak lemig zand, sterk lemig zand, leem en hier en daar (veraarde) veenlagen / moerige lagen.
- Op veel plekken, en vaak in laagten, is vanwege het aan de oppervlakte liggen van lemig, oud dekzand een lemige toplaag aangetroffen. Het betreft hierbij vaak niet alleen de bouwvoor maar ook de bodemlaag die hier direct onder ligt. Soms is de bodemlaag die onder de lemige bouwvoor ligt echter leemarm, maar hier staat tegenover dat op andere plekken onder een leemarme bouwvoor (bestaande uit jong dekzand) juist een bodemlaag is aangetroffen die wel lemig is (want bestaande uit oud dekzand). Op hoog gelegen delen is vanwege het doorgaans aan de oppervlakte liggen van jong, leemarm dekzand bijna overal een leemarme bodem aangetroffen.
- Het totaalbeeld is dus dat bij het eventueel afgraven van de bouwvoor in de laagten de lemigheid van de toplaag niet wezenlijk zal wijzigen, en er dus op grote schaal een lemige toplaag aanwezig zal blijven.

3.4 Belangrijkste resultaten bodemchemisch onderzoek

In de rapportage van B-WARE worden de resultaten per bemonsterde locatie behandeld. Het beeld dat hieruit per deelgebied naar voren komt is als volgt:

Deelgebied 1 (noord)

- De veelal 25 cm (tot maximaal 35 cm) dikke bouwvoor is over het algemeen fosfaatrijk, en soms (op locaties 44 en 46) matig fosfaatrijk.
- Op alle lage plekken (7 locaties) en 2 van de 3 hoge bemonsterde locaties is de laag onder de bouwvoor gelijk al (bij benadering) fosfaatarm.
- In de noordwestelijke lob en middenlob van de gelobde laagte in het noordwesten van deelgebied 1 (locaties 17 en 21) en in de laagte in het noordoosten van het deelgebied (locatie 13) is de laag direct onder de bouwvoor calciumrijk, en gelijk geschikt voor ontwikkeling van blauwgrasland.
- Ter plaatse van de zuidlob van de gelobde laagte ten westen van de Mestweg (locatie 19) en de langgerekte laagte ten oosten van de Mestweg (locaties 31 en 46) is de bodem direct onder de bouwvoor zwak tot matig calciumhoudend en daarmee (in combinatie met een eenmalige bekalking) geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland.
- Ter plaatse van de ruggen (locaties 3, 7 en 27) is de bodemlaag onder de bouwvoor calciumarm en daarmee geschikt voor de ontwikkeling van heide.

Deelgebied 2 (noordoost)

- De fosfaatrijksdom van de 25 tot 35 cm dikke bouwvoor loopt uiteen van beperkt verrijkt tot en met sterk verrijkt.
- Op alle bemonsterde locaties in het laagtenstelsel (6 locaties) is de bodemlaag direct onder de bouwvoor fosfaatarm. Op de bemonsterde locaties ter plaatse van dekzandruggen (2 locaties) heeft beperkte uitspoeling van fosfaat naar de bodemlaag onder de bouwvoor plaatsgevonden.
- De calcium- en ijzerrijksdom van de bodemlaag direct onder de bouwvoor in het laagtenstelsel loopt sterk uiteen. Op locaties 29 en 51 is deze laag calciumrijk en ook (zeer) ijzerrijk, en zodoende geschikt voor ontwikkeling van blauwgrasland en (op de meest ijzer- en calciumrijke locatie) voor veldrusschraalland of dotterbloemhooiland. Op locaties 67 en 73 is deze bodemlaag zwak tot matig calcium- en ijzerrijk en zodoende geschikt voor de ontwikkeling van heischraal grasland / blauwgrasland. Op locaties 54 en 56 is de bodemlaag onder de bouwvoor calciumarm en zodoende geschikt voor ontwikkeling van heide.

Deelgebied 3 (west)

- Op de meeste locaties, en ook op de hoge plek, is de bouwvoor fosfaatrijk.
- De laag direct onder de bouwvoor is (bij benadering) gelijk fosfaatarm. Deze bodemlaag is op alle locaties echter wel calciumarm en zodoende geschikt voor heide of heischraal grasland maar niet voor blauwgrasland.

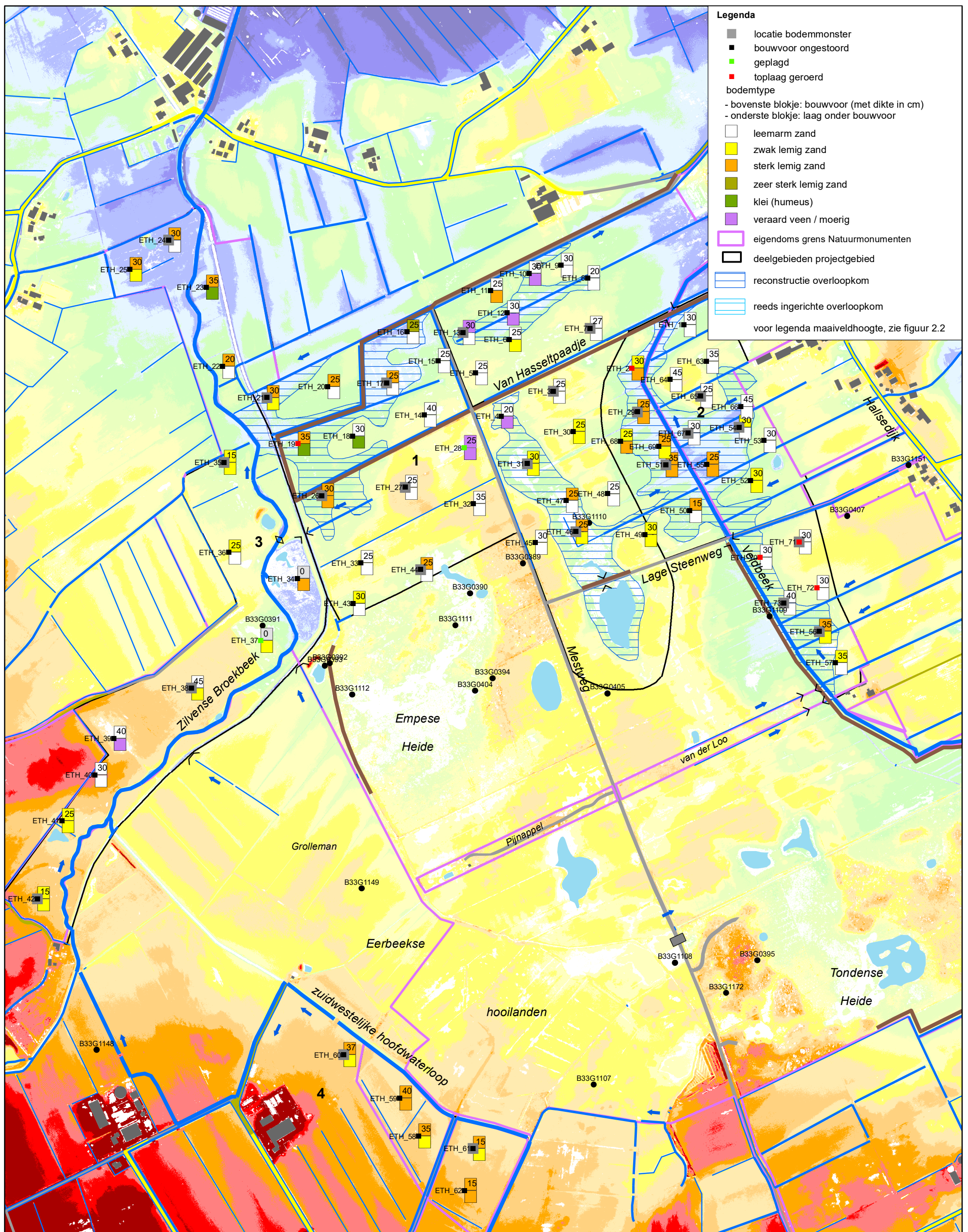
Deelgebied 4 (zuidwest)

- Ter plaatse van locatie 60 is de 35 cm dikke bouwvoor fosfaatrijk. De laag hieronder is niet alleen fosfaatarm maar ook ijzerrijk en matig calciumrijk, en daarmee geschikt voor ontwikkeling van heischraal grasland.

- Locatie 61 laat een sterk afwijkend beeld zien: de laag zandige leem van 35 cm die hier aan de oppervlakte ligt is fosfaatarm en zowel ijzer- als calciumrijk. Het hieronder gelegen veraarde veenlaagje is eveneens ijzer- en calciumrijk maar wel matig fosfaatrijk. Opvallend is dat de boorbeschrijving van B-WARE ook afwijkt van de boorbeschrijving die door Bell Hullenaar op locatie ETH61 is opgesteld in het kader van het onderzoek naar de bodemopbouw. Blijkbaar is er op zeer korte afstand dus een sterke variatie in bodemopbouw. Dit wijst erop dat hier waarschijnlijk een geroerde bodem aanwezig is.

Totaalbeeld bodemchemische situatie

- De onderzochte deelgebieden zijn bij verwijdering van de (over het algemeen) fosfaatrijke bouwvoor zeer kansrijk voor ontwikkeling van waardevolle schrale natuurtypen, want bij verwijdering hiervan ontstaan (vrijwel) gelijk de juiste bodemchemische condities voor ontwikkeling van een mozaïek / gradiënt van heide, heischraal grasland en blauwgrasland.



4 Synthese en conclusies

Functioneren van het natuurlijke systeem en aantastingen hiervan in het verleden

Het natuurgebied Empese en Tondense Heide ligt op de overgang van het Veluwemassief naar de IJsselvallei. Dit overgangsgebied heeft vanwege de fijnmazige afwisseling van dekzandruggen en laagten een zeer gevarieerde geomorfologie en bodem. Niet alleen in de lage delen maar ook onder de dekzandruggen komen in de zandbodem veel leemlagen en lemige zandlagen voor, en soms ook moerige laagjes / laagjes veraard veen. Via de laagten vindt de natuurlijke afwatering van het gebied plaats.

In de zomer staan de laagten droog en is de grondwaterstand onder de dekzandruggen laag. In de winter en het vroege voorjaar zijn lokale grondwatersystemen actief: in de dekzandruggen treedt opbolling van de grondwaterspiegel op en in de laagten zijn dan plassen aanwezig. Dankzij deze lokale systemen ontstaat (althans in een ongestoorde situatie) een drukverschil tussen de rug en de plas, waardoor langs de randen van de plassen ijzer- en basenrijk grondwater aan de oppervlakte komt, ofwel wordt uitgeperst. Het betreft hierbij grondwater van lokale tot hooguit bovenlokale herkomst (zone ten oosten van het Apeldoorns Kanaal en dekzandruggen in het gebied zelf). Omdat in dit gebied de afzettingen op geringe diepte al kalkrijk zijn, is ook dit kwelwater van lokale tot hooguit bovenlokale herkomst basenrijk.

Voordat ontginning en hiermee gepaard gaande diepe ontwatering plaatsvond kon dit systeem op ongestoorde wijze functioneren, en in samenhang hiermee kwamen in het gebied waardevolle, grondwaterafhankelijke natuurtypen voor, met van hoog naar laag een gradiënt van natte heide, heischraal grasland, blauwgrasland (met hierin soorten van zwak gebufferde wateren, veenmossen en basenminnende mossen van trilvenen) en overgaand in moerassen van Draadzegge, Stijve zegge en Galigaan. Door ontginning werden deze waardevolle vegetaties over grote oppervlakte volledig vernietigd, en als gevolg van de sterk drainerende werking van de slotenstelsels in de ontgonnen gebieden en (vooral) de diepe hoofdwaterlopen werd de werking van de hydrologische systemen van de resterende twee kleine rezeervaten sterk verstoord, waardoor ook hier sterke achteruitgang optrad van de genoemde waardevolle vegetatietypen.

Gerealiseerde systeemherstel in de 1^e inrichtingsfase en resterende knelpunten

Dankzij de maatregelen die in 2013/2014 zijn getroffen in de eerste inrichtingsfase is de hydrologische situatie inmiddels aanzienlijk verbeterd: in het reeds ingerichte deel treedt in de laagten in de winter en het vroege voorjaar weer inundatie op en ook is te zien dat er ter plaats van de dekzandruggen opbolling van de grondwaterspiegel optreedt. Wat echter nog grote zorgen baart is de nog altijd diepe aansnijding van het systeem door de hoofdwaterlopen op / nabij de buitengrens van het natuurgebied. Het betreft hierbij niet alleen trajecten waarvoor al verdere maatregelen zijn voorzien (Veldbeek en deel van de zuidwestelijke hoofdwaterloop) maar ook (en vooral) de Zilvense Broekbeek en het resterende deel van de zuidwestelijke hoofdwaterloop. Vanwege hun grote diepte draineren de hoofdwaterlopen in sterke mate grondwater, wat te koste gaat van het functioneren van de kwelsystemen in het natuurgebied. Het onderdrukken van de kwel in het natuurgebied wordt ook in de hand gewerkt door de vaak behoorlijk hoge peilen in de laagten. Hoewel inundatie van de laagten van belang is voor het laten uittreden van het kwelwater langs de randen van de laagten, is de huidige combinatie van de hoge interne peilen en de lage peilen in de hoofdwaterlopen op de grenzen ongunstig voor het laten uittreden van kwelwater in het natuurgebied.

Dit probleem is ook geconstateerd in de laagte van de Empese Heide. Onder invloed van het hoge afvoerniveau van de laagte zelf en de verstoring van het systeem in de omgeving (en met name de sterk drainerende werking van de Zilvense Broekbeek) treedt hier nu in het vroege voorjaar geen kwel maar infiltratie op, waardoor dit systeem nu aan het verzuren is. Bovendien levert het huidige hoge oppervlaktewaterpeil ook te natte omstandigheden voor de hier aanwezige blauwgraslanden. Onder deze omstandigheden is het niet alleen uitgesloten dat de blauwgraslandzone zich gaat verplaatsen naar een zone hoger op de gradiënt (zoals de bedoeling is in relatie tot het beoogde systeemherstel), maar lopen ook de bestaande blauwgraslanden groot gevaar. Daarom wordt geadviseerd in ieder geval voorlopig het afvoerniveau van de laagte zo snel mogelijk te verlagen, niet alleen in natte zomers (voor het tegengaan van zomerinundatie van de blauwgraslanden), maar het gehele jaar door (dit advies is inmiddels in het voorjaar van 2018 ook al opgevolgd). Pas nadat de verstoringen van het systeem zijn aangepakt mag op geleidelijke wijze het afvoerniveau worden verhoogd. De stijghoogte van het grondwater in de peilbuizen moet daarbij leidend zijn: er moet vooral in het vroege voorjaar een lichte overdruk aanwezig zijn van het grondwater in de peilbuizen ten opzichte van het oppervlaktewater.

Ander punt van zorg is dat bij het afplaggen van de toplaag in de voormalige landbouwgebieden meestal slechts een deel (eenderde tot maximaal de helft) van de fosfaatrijke bovengrond is verwijderd, waardoor nu ook in de geplagde delen over het algemeen nog steeds een fosfaatrijke bodem aanwezig is. Onder deze fosfaatrijke omstandigheden treedt onder invloed van de gerealiseerde vernatting waarschijnlijk ook interne eutrofiëring op en is vaak Pitrus nog aspectbepalend. Daar waar de fosfaatrijke toplaag wel geheel is verwijderd (meest noordelijke ingerichte laagte langs de Veldbeek) is de vegetatieontwikkeling nu ook veel beter, en domineert op veel plekken Veldrus. Rond de oude reservaatkernen was er echter geen andere mogelijkheid dan het ondiep afplaggen van de toplaag, omdat dieper plaggen hier te grote risico's met zich mee zou brengen in relatie tot de realisatie van het beoogde systeemherstel. Bovendien wordt met het aanvullende maaibeheer dat nu wordt uitgevoerd een verdere verschralling van de bodem gerealiseerd. Dus hopelijk wordt op deze wijze op termijn de benodigde streefwaarden voor herstel / ontwikkeling van schrale natuurstypen toch wel bereikt.

Verdere herstelmogelijkheden

Voor het welslagen van het beoogde hydrologische en daarmee ecologische herstel van met name het westelijke deel van het natuurgebied (en vooral de laagte van de Empese Heide), is het in de eerste plaats van groot belang de sterk drainerende werking van de diepe Zilvense Broekbeek aan te pakken, bij voorkeur middels verondieping van de beekloop. In de planuitwerking wordt op verkennende wijze aangegeven in hoeverre er hiervoor naar verwachting speelruimte aanwezig is, zonder dat derden hiervan hinder hoeven te ondervinden. Dit geldt zowel voor de landbouwgronden die aan de noordwestzijde aan het natuurgebied grenzen als de verder bovenstrooms gelegen landbouwgronden die via de beek afwateren. Ook wordt ingegaan op het benodigde nadere onderzoek voor onderbouwing van het belang van deze maatregel en de haalbaarheid hiervan.

In de tweede plaats is ook aanpak van de sterk drainerende werking van de diepe zuidwestelijke hoofdwaterloop van groot belang, want zonder aanpak hiervan kan geen goed herstel van met name het zuidwestelijke deel van het natuurgebied (Eerbeekse Hooilanden) plaatsvinden en het achterwege laten van de aanpak van de zuidwestelijke hoofdwaterloop reduceert ook de mogelijkheden voor aanpak van de drainerende werking van de Zilvense Broekbeek. Met de recente verwerving door Natuurmonumenten kan de hoofdloop in ieder geval over korte afstand verder naar het zuidwesten worden verplaatst. Deze verwerving en de reeds gerealiseerde hydrologische buffer ten oosten hiervan bieden een basis om ook tot verondieping van de hoofdloop te komen. Bij de planuitwerking zal hier nader op in worden gegaan.

In de derde plaats is ook aanpak van de sterk drainerende werking van de Veldbeek noodzakelijk. Hiertoe dient de beek niet alleen in oostelijke richting verlegd te worden, maar dient (ook hier) een aanzienlijke verhoging van de drainagebasis te worden gerealiseerd. Deze combinatie is niet alleen van belang voor herstel van het Veldbeek-laagtenstelsel maar ook voor een goed herstel van het natuurgebied als geheel (en met name het oostelijk deel hiervan). Doordat de beek met de verplaatsing in oostelijke richting hoger op de flank komt te liggen, kan deze verhoging van de drainagebasis plaatsvinden zonder dat de aangrenzende gronden hiervan hinder hoeven te ondervinden.

In combinatie met de verlegging van de Veldbeek en de verhoging van de drainagebasis hiervan liggen er in deelgebieden 1 en 2 grote kansen voor herstel / ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen, en dan met name van de natuurtypen heischraal grasland, veldrusschraalland, blauwgrasland (deze drie typen vallen allen onder het beheertype nat schraalland) en zwak gebufferd ven.

Vanwege de sterk drainerende werking van de Zilvense Broekbeek is deelgebied 3 voornamelijk niet kansrijk voor herstel / ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen. Bij verondieping van de beek in combinatie met het afgraven van de fosfaatrijke toplaag zijn er hiervoor wel kansen aanwezig. Op basis van de huidige bodemchemische toestand liggen hier vooral kansen voor ontwikkeling van vochtige heide en heischraal grasland. Bij verondieping van de beek en het afgraven van de fosfaatrijke toplaag zullen de laagst gelegen delen naar verwachting gevoed gaan worden met basenrijk grondwater, waardoor hier toch wel kansen aanwezig lijken voor ontwikkeling van blauwgrasland.

De inrichting van deelgebied 4 dient gericht te worden op een zo goed mogelijk herstel van het hydrologische systeem van Eerbeekse Hooilanden, waar momenteel middels een beheer van uitmijnen de bodem wordt verschaald ten behoeve van het uiteindelijk gewenste herstel van dotterbloemgrasland. Hiertoe dienen (in combinatie met de verplaatsing en eventuele verondieping van de hoofdloop) de huidige hoofdloop en de interne sloten te worden gedempt en de buisdrainage te worden verwijderd. Om te voorkomen dat deelgebied 4 een verdrogende invloed krijgt op de Eerbeekse Hooilanden en het deelgebied juist als voedingsgebied te laten functioneren voor de Eerbeekse Hooilanden dient afgraving van de fosfaatrijke bovengrond achterwege te blijven. Bovendien is het afgraven van de bovengrond hier vanuit geomorfologisch oogpunt niet goed inpasbaar, waardoor er bij het toepassen van deze maatregel in het deelgebied 'bakjes' met stagnerend regenwater zouden ontstaan. Tenslotte heeft het deelgebied ook geen hoge potenties voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur, omdat ook bij verplaatsing en eventuele verondieping van de hoofdloop dit gebied negatief beïnvloed zal blijven worden door de drainerende werking hiervan.

Voor benutting van de hoge potenties in deelgebieden 1 en 2 dient in combinatie met de verlegging en verondieping van de genoemde hoofdwaterlopen de volgende maatregelen te worden getroffen:

- Effectieve verschraving van de bodem.
- Demping van de nog aanwezige interne waterlopen.

Uit het bodemchemisch onderzoek volgt dat effectieve verschraving van de bodem het best gerealiseerd kan worden door het afgraven van de totale fosfaatrijke bouwvoor: deze laag is immers niet heel dik (doorgaans circa 25 à 30 cm), en de bodemlaag die hier direct onder ligt is over het algemeen gelijk fosfaatarm. Uit de resultaten van het bodemkundig onderzoek volgt ook dat bij verwijdering van de bouwvoor de lemigheid van de toplaag niet wezenlijk zal veranderen, en dit betekent dat op grote schaal (en met name in de laagten) een lemige toplaag aanwezig zal blijven. In de laagten zal bij verwijdering van de bouwvoor veelal een afwisseling ontstaan van calcium- en ijzerrijke plekken en plekken met zwak tot matig calcium- en ijzerrijke omstandigheden, waardoor er geschikte bodemchemische condities ontstaan voor herstel / ontwikkeling van mozaïeken / gradiënten van heischraal grasland en blauwgrasland.

Omdat de nog in te richten delen over het algemeen niet in de nabijheid van de oude kernen liggen is het afgraven van de gehele fosfaatrijke toplaag in de laagten en langs de randen hiervan hier ook goed in het hydrologische systeem inpasbaar. De langgerekte laagte ten oosten van de Mestweg ligt echter wel in de nabijheid van de laagte van de Empese Heide. Echter ook hier is het afgraven van de gehele fosfaatrijke toplaag wel in het systeem inpasbaar, mits de natuurlijke afvoerdrempel van de laagte gerespecteerd wordt. Er zal dan in het laagste deel van deze laagte echter geen nat schraalland maar een ven tot ontwikkeling komen.

Hoewel op de hoge delen middels het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag vochtig heide tot ontwikkeling kan worden gebracht, kan dit beter ook in de nog in te richten deelgebieden achterwege gelaten worden, omdat deze ruggen fungeren als voedingsgebieden.

Aanpassing afvoerniveau laagte Empese Heide

Het afvoerniveau van de laagte van de Empese Heide kan het best worden ingesteld op 9,20 mNAP. Hiertoe dient (behalve verlaging van het stuwpeil) ook een gat te worden gegraven in het walletje langs de gedempte Oude Voorsterbeek. Het gewenste afvoerniveau is circa 20 cm lager dan het afvoerniveau dat nu in de praktijk aanwezig is en circa 30 cm lager dan het natuurlijke afvoerniveau. Dit afvoerniveau is precies goed voor de bestaande blauwgraslanden, niet alleen qua grondwaterstandsverloop maar ook voor het hier (zo goed mogelijk) laten uittreden van kwelwater. Daarbij zal ook bij een peil van 9,20 mNAP de laagte in de winter voor een groot deel in lichte mate geïnundeerd zijn, wat van belang is voor het laten werken van het kwelmechanisme van de plassen in de laagten en de opbollende grondwaterspiegel in de dekzandruggen. Echter door de combinatie van het hoge oppervlaktewaterpeil en de sterke verstoringen in de omgeving werkt dit mechanisme nu niet. Pas nadat de verstoringen van het systeem zijn aangepakt mag op geleidelijke wijze het afvoerniveau worden verhoogd. De stijghoogte van het grondwater in de peilbuizen moet daarbij leidend zijn: er moet vooral in het vroege voorjaar een lichte overdruk aanwezig zijn van het grondwater in de peilbuizen ten opzichte van het oppervlaktewater.

Aanbeveling onderzoek afvoerniveaus overige laagten Empese en Tondense Heide

Mogelijk speelt ook elders in het natuurgebied het probleem van het onderdrukken van de grondwatervoeding vanwege de instelling van behoorlijk hoge afvoerniveaus in de laagten en de combinatie hiervan met het nog altijd aanwezig zijn van sterk drainerende watergangen op / nabij de buitengrens van het natuurgebied. Daarom wordt aanbevolen dit aspect (in aansluiting op de PAS-monitoring) nader te onderzoeken.

5 Herstelplan

5.1 Inleiding

In paragraaf 5.2 worden eerst de doelstellingen en randvoorwaarden van het plan behandeld. Vervolgens wordt in paragrafen 5.3 t/m 5.6 per deelgebied uitgewerkt welke maatregelen nodig zijn om het beoogde herstel te realiseren, in lijn met de koers die in hoofdstuk 4 (in subparagraaf 'verdere herstelmogelijkheden') is beschreven. De maatregelen zijn aangegeven op drie kaarten:

- Figuur 5.1: hydrologische maatregelen en toekomstige natuurtypen.
- Figuur 5.2: (deels) afgraven fosfaatrijke bouwvoor.
- Figuur 5.3: hydrologische maatregelen met hoogteligging als ondergrond.

Het plan is in conceptvorm in januari 2016 uitgewerkt. Vervolgens heeft door Natuurmonumenten verwerving van de binnen het plangebied nog ontbrekende percelen plaatsgevonden. Begin 2018 is de planuitwerking weer opgestart. Aan de hand van het conceptplan heeft op 7 maart 2018 een veldbezoek met de projectgroep plaatsgevonden, met behalve betrokkenen van Natuurmonumenten (E. ter Stege, A. Crans, J. Braad en W. Zwaneveld) ook twee betrokkenen van Waterschap Vallei en Veluwe (M. Dost en J. Geerlinks).

Doelen van het veldbezoek waren:

- Afstemming van de waterhuishoudkundige maatregelen met Waterschap Veluwe en Vallei.
- Nadere afweging en detaillering van de inrichtingsmaatregelen.
- Samen zorgen voor een goede waarborg van behoud van cultuurhistorisch, landschappelijk en ecologisch waardevolle elementen en toevoeging van maatregelen voor herstel van het landschap en versterking van de ecologische waarden.

De bevindingen van het veldbezoek zijn in april 2018 in het eindconceptplan verwerkt.

Vervolgens heeft op basis van het eindconceptplan op 25-6-2018 en op 6-9-2018 overleg met J. Grolleman plaatsgevonden, om samen de mogelijkheden voor optimalisatie van de inrichting aan de zuidwestzijde van het natuurgebied te bespreken, door middel van omvorming van een deel van zijn huiskavel tot natuur, om aan deze zijde een effectievere hydrologische buffer te kunnen realiseren. Dit overleg is goed geslaagd en het definitieve plan is dus in lijn hiermee uitgewerkt.

Bovendien is in de periode augustus t/m begin december 2018 op initiatief van waterschap Vallei en Veluwe met een grondwatermodel een alternatief doorgerekend voor het verleggen van de Veldbeek en dit alternatief is vergeleken met de variant die al eerder door Bell Hullenaar was opgesteld (Arcadis, 2018). Uiteindelijk is op basis van de resultaten van deze berekeningen besloten voor handhaving van de variant van Bell Hullenaar, aangezien deze variant de grootste oppervlakte aan optimale doelrealisatie voor natuurdoeltype 10.01 (Nat Schraalland) oplevert.

5.2 Doelstellingen en randvoorwaarden

Doelstellingen en randvoorwaarden

De doelstellingen van de tweede inrichtingsfase zijn als volgt:

- Realisatie van een goed herstel van het hydrologische systeem van het natuurgebied Empese en Tondense Heide als geheel middels aanpak van de sterk drainerende werking van de hoofdwaterlopen op / nabij de grenzen van het natuurgebied. Daarbij geldt een realistische aanpak: (grond)wateroverlast voor derden wordt uitdrukkelijk voorkomen (zie eerste randvoorwaarde). Het plan is erop gericht om de speelruimte die aanwezig is te benutten om op verantwoorde wijze het beoogde systeemherstel te realiseren.
- Herstel / ontwikkeling van de waardevolle grondwaterafhankelijke vegetaties (heischraal grasland, veldrusschraalland, blauwgrasland en zwak gebufferd ven) in de nog in te richten deelgebieden door middel van herstel van de lokale hydrologische systemen en effectieve verschraling van de bodem binnen de verschillende deelgebieden.
- Leveren van een bijdrage aan het realiseren van een optimaal herstel van de hydrologische systemen van de oude reservaatkernen middels het herstel van de lokale systemen in de nog in te richten deelgebieden.

Op deze wijze wordt (net als in het reeds ingerichte deel) gelijk ook de recreatieve belevingswaarde van de nog in te richten gebieden sterk verhoogd.

Voor het plan gelden de volgende randvoorwaarden:

- Belangrijkste randvoorwaarde betreft het voorkomen van (grond)wateroverlast voor derden, zowel in relatie tot de aangrenzende landbouwgronden en bebouwde percelen als de landbouwgronden in de gebieden als de verder bovenstrooms gelegen landbouwgronden die via de hoofdwaterlopen afwateren. Meer specifiek gaat het hierbij om:
 - Landbouwgronden en bebouwing tussen deelgebied 2 en de Hallse Dijk.
 - Landbouwgronden ten westen van deelgebied 3 en de landbouwgronden / bebouwing in het verder bovenstrooms gelegen gebied dat op de Zilvense Broekbeek afwatert.
 - Landbouwgronden en bebouwing ten zuidwesten van deelgebied 4 en landbouwgronden / bebouwing in het verder bovenstrooms gelegen gebied dat op de zuidwestelijke hoofdwaterloop afwatert.
- Handhaving van de verpachting van de gronden ten noorden van het Van Hasseltpaadje en ten oosten van de Mestweg ten behoeve van landbouwkundig gebruik voor tenminste de komende vier jaar.
- Behoud van de cultuurhistorisch en landschappelijk waardevolle elementen. In de betreffende deelgebieden gaat het hierbij met name om houtwallen / bomensingels.
- Handhaving van een goede beheerbaarheid van het gebied.

5.3 Deelgebied 1 (noord)

(Voor indeling deelgebieden: zie figuur 2.1 of 2.2)

Langgerekte laagte ten oosten van de Mestweg

De langgerekte laagte ten oosten van de Mestweg heeft hoge potenties voor herstel / ontwikkeling van een zwak gebufferd ven, omzoomd door heischraal grasland. Om de potenties tot uiting te laten komen is enerzijds effectieve verschraling van de bodem nodig en anderzijds herstel van het hydrologische systeem.

Herstel van het hydrologische systeem wordt gerealiseerd door demping van de afvoersloot, waarmee het natuurlijke systeem van de overlooplaagte weer in werking treedt.

Voor effectieve verschraling van de bodem wordt de volledige bouwvoor (van circa 25 cm) verwijderd. Indien slechts het bovenste deel hiervan wordt verwijderd, dan zullen namelijk nog altijd matig fosfaatrijke omstandigheden aanwezig blijven, en zullen de vereiste schrale omstandigheden niet gerealiseerd worden. Afgraving van de bouwvoor wordt alleen in de laagte zelf en langs de randen hiervan toegepast, en niet ter plaatse van de dekzandruggen, omdat deze ruggen functioneren als voedingsgebieden.

Afgraving van de bouwvoor in de laagte en langs de randen hiervan is goed in het systeem inpasbaar, mits de natuurlijke afvoerdrempel van de laagte wordt gerespecteerd. Dit wordt gedaan door in deze zone de toplaag niet af te graven. Op deze wijze wordt met het herstel van de laagte ook een maximale bijdrage geleverd aan herstel van het hydrologisch functioneren van de oude kern van de Empese Heide, omdat zo de voeding vanuit de dekzandrug naar de laagte van de Empese Heide maximaal wordt hersteld, aangezien met een hoog peil in de langgerekte laagte het geïnfiltreerde regenwater in minder sterke mate naar het oosten zal stromen.

Door de combinatie van het volledige herstel van het natuurlijke afvoerniveau en het volledig afgraven van de fosfaatrijke bouwvoor zal in de laagte (in natte wintersituaties) een waterdiepte van maximaal 40 à 50 cm ontstaan, dus dit zijn prima omstandigheden voor de gewenste ven-ontwikkeling. Omdat deze laagte relatief ver van de sterk drainerende watergangen in de omgeving ligt, wordt verwacht dat er ook bij dit hoge peil een lichte grondwatervoeding van de laagte vanuit de dekzandruggen zal optreden waardoor hier een zwak gebufferd ven tot ontwikkeling kan komen. Zelfs als dit onverhoopt niet het geval zou zijn, en er dus een zuur ven ontstaat, dan dient dit hier gerespecteerd te worden, omwille van het systeemherstel van de laagte van de Empese Heide.

Voor zover er na afgraving van de bouwvoor nog greppelprofielen achterblijven, worden deze ook gedempt. Ook de nog aanwezige greppel langs de Mestweg wordt gedempt, zodat maximale opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandrug kan gaan optreden. Het is gezien de hoge ligging van de weg niet de verwachting dat hiervan veel hinder wordt ondervonden bij gebruik van de Mestweg als toegangspad voor het beheer of als wandelpad. De situatie zal hier vergelijkbaar worden met de situatie van het reeds ingerichte deel verder naar het zuiden, waar nu (praktisch) geen greppels meer aanwezig zijn.

Ook het gedeelte van de laagte ten zuiden van de Lage Steenweg wordt hersteld. In dit gedeelte heeft de afgelopen jaren bestrijding van *Watercrassula* plaatsgevonden. Eerst wordt hier het plastic folie / zeil en de afdekgroond die hier voor de bestrijding van *Watercrassula* zijn aangebracht weer verwijderd. De wijze waarop dit dient te geschieden moet nog nader worden gespecificeerd. Vervolgens wordt ook hier de fosfaatrijke bouwvoor afgegraven. Voor de afwatering van dit zuidelijke gedeelte naar het deel ten noorden van de Lage Steenweg blijft de reeds aanwezige duiker onder de weg gehandhaafd.

Laagte in de noordwesthoek

De gelobde laagte heeft hoge potenties voor herstel / ontwikkeling van blauwgrasland, omzoomd door heischraal grasland. Om de potenties tot uiting te laten komen is ook hier enerzijds herstel van het hydrologische systeem en anderzijds effectieve verschraling van de bodem nodig.

Voor effectieve verschraling wordt ook hier de volledige fosfaatrijke bouwvoor verwijderd. De afgraving van de fosfaatrijke toplaag wordt voortgezet tot aan de Zilvense Broekbeek, zodat voldoende oppervlakkige afvoer van water vanuit de laagte kan plaatsvinden. Anders wordt het gebied namelijk te nat, en bovendien heeft dit als voordeel dat hierdoor de kwel wordt gestimuleerd (omdat het peil minder hoog wordt ingesteld). Een wat minder hoge instelling van het peil is hier ook goed in het systeem inpasbaar, aangezien de laagte aan de rand van het natuurgebied ligt, op voldoende afstand van de oude kern van de Empese Heide.

In het verlengde van de wal die in gebruik is als wandelpad en ook langs de Zilvense Broekbeek wordt een strook grond niet afgegraven (en eventueel opgehoogd), zodat hier goed toegankelijke paden aanwezig blijven voor de wandelaars en voor het beheer van de Zilvense Broekbeek. Ter plaatse van de kruisingen van afvoerslenken met deze paden worden kleine duikers aangebracht.

De resterende sloten worden gedempt, waarmee het natuurlijke systeem van waterafvoer via de laagte wordt gereactiveerd. Hierbij dient te worden voorkomen dat de wallen als barrières gaan functioneren. In het kader van het veldbezoek op 7-3-2018 is in samenspraak met de projectgroep besloten om hiertoe het laag gelegen, met Elzen begroeide westelijke uiteinde van de wal die in het verlengde ligt van het Van Hasseltpaadje over een afstand van circa 80 meter te verwijderen. Hiermee wordt enerzijds het beoogde slenkherstel gerealiseerd en wordt anderzijds het waardevolle, veel hogere, en met oude Eiken begroeide deel van de wal verder oostwaarts gerespecteerd. Ook is besloten de noord-zuid verlopende jonge eikensingel die in het kader van de ruilverkaveling is geplaatst te verwijderen, niet alleen ten behoeve van het slenkherstel, maar ook voor herstel van de west-oost georiënteerde zichtas en omdat in dit laaggelegen deel van het landschap ook geen Eiken thuishoren. De (met knik verlopende) noordelijke wal die ook in gebruik is als wandelpad blijft geheel gehandhaafd. Om te voorkomen dat deze wal als barrière gaat functioneren wordt ook hier een duiker aangebracht.

Bij het dempen van sloten / greppels en het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond worden waardevolle struwelen ontzien. Hiertoe worden plaatselijk stukken sloot / greppel en / of zones met fosfaatrijke bouwvoor ongemoeid gelaten. Dit geldt bijvoorbeeld voor het met struweel begroeide slootrestant langs de Mestweg en de het Sleedoornstruweel in de zuidwesthoek van de zone waar de fosfaatrijke toplaag wordt verwijderd. Ten zuidoosten van het in te richten gebied ligt ook een dassenburcht. Ook deze burcht wordt uiteraard ontzien.

Op de noordgrens van het in te richten deelgebied ligt een kerosineleiding. Bij de inrichting dient hiermee rekening gehouden te worden. Bij voorkeur wordt ook hier volgens plan de fosfaatrijke bovengrond afgegraven, om ook hier de hoge potenties (zeer lage ligging / voeding met kwelwater) tot uiting te laten komen. Als dit niet is toegestaan zal noodgedwongen in een strook de toplaag niet worden afgegraven.

5.4 Deelgebied 2 (noordoost)

Verplaatsing en verhoging van de drainagebasis van de Veldbeek

In de huidige situatie is de drainagebasis van de Veldbeek afgestemd op de laag gelegen gronden die de beek doorkruist. Het maaiveld ligt in deze laagte tussen de 8,7 en 9,2 mNAP. De huidige drainagebasis van de beek (= oppervlaktewaterpeil in periode met basisafvoer, zoals gemeten op 24-3-2016: zie figuur 2.2) loopt in dit traject af van circa 8,35 mNAP ter hoogte van de bebouwing van Broekhuizen naar circa 8,0 mNAP ter hoogte van het Van Hasseltpaadje. In relatie tot de verwerving van de gronden ten oosten van de huidige Veldbeek komen de laag gelegen gronden nagenoeg geheel binnen het natuurgebied te liggen. Het aangrenzende externe gebied aan de oostzijde ligt nagenoeg geheel op een dekzandrug. Dit maakt de weg vrij om de Veldbeek niet alleen naar het oosten te verplaatsen, maar om ook een aanzienlijke verhoging van de drainagebasis te realiseren. Deze combinatie is niet alleen van belang voor herstel van de Veldbeeklaagte, maar ook voor herstel van het hydrologische systeem van het natuurgebied als geheel.

Voor de verplaatsing en de verhoging van de drainagebasis van de Veldbeek moet nog een ontwerp worden vervaardigd. Op basis van de AHN-hoogtekaart en de indicatieve inmeting van de huidige drainagebasis van de Veldbeek volgt dat voor het nog in te richten traject een drainagebasis van circa 8,6 mNAP ter hoogte van de bebouwing van Broekhuizen en van 8,4 mNAP ter hoogte van het Van Hasseltpaadje reëel is, want:

- Het nog in te richten traject sluit dan goed aan op het reeds ingerichte traject verder bovenstrooms. De drainagebasis loopt hier namelijk af van 8,85 mNAP naar 8,7 mNAP (zie figuur 2.2). In het traject direct bovenstrooms van de aansluiting daalt de bodem nu weliswaar van 8,7 naar 8,35 mNAP, maar dit heeft te maken met de een aansluiting vanuit het reeds ingerichte deel naar het nog in te richten deel: hierdoor heeft dit deel nu dus een sterk verhang.
- Er is zo ook voldoende verhang beschikbaar in het nog in te richten traject (namelijk 20 cm over een afstand van 1 km).
- Het aangrenzende externe gebied aan de oostzijde kan dan over het algemeen nog altijd van een goede drooglegging worden voorzien, namelijk van minimaal 0,7 à 0,8 meter. Enkele kleine, iets laag gelegen plekken (maaiveld < 9,4 mNAP) kunnen eventueel worden opgehoogd met de grond die vrijkomt bij het afgraven van de fosfaatrijke toplaag in het natuurgebied. Dit geldt met name voor de strook van Groot Roesink die als een kleine inham in het natuurgebied ligt, en waar het maaiveld nu deels tussen de 9,2 en 9,4 mNAP ligt. Groot Roesink wil deze strook per se in bezit houden.
- Ter plaatse van de bebouwing ligt het maaiveld op minimaal 9,8 mNAP en de tuin loopt af naar 9,2 mNAP. Bij de eerste inrichtingsfase is hier anticiperend op de verplaatsing en de verhoging van de drainagebasis van de Veldbeek ook al buisdrainage aangebracht. Dus ook deze plek vormt geen belemmering voor de beoogde verondieping.
- Ook de greppels aan weerszijden van de bosstrook van Van der Loo kunnen dan nog blijven afwateren. Aan de benedenstroomse zijde (dus aan de zijde van de Veldbeek) liggen de onderzijden van de duikers nu op circa 20 cm boven het oppervlaktewaterpeil in een situatie met basisafvoer, dus op circa 8,55 mNAP en het peil stijgt hier met circa 25 cm van 8,35 naar 8,6 mNAP. Zelfs in het laaggelegen oostelijke deel ligt het maaiveld van de bosstrook hoger dan 9,2 mNAP, dus ook de mate van drooglegging blijft dan ruim voldoende (> 60 cm).

Zo kan op verantwoorde wijze de drainerende werking van het benedenstroomse deel van de Veldbeek op het grondwater van het natuurgebied sterk worden gereduceerd, omdat de Veldbeek niet alleen naar het oosten wordt opgeschoven maar ook de drainagebasis met circa 25 cm (aan het begin van het nog in te richten traject) tot 40 cm (aan het einde van het nog in te richten traject) is verhoogd.

In samenhang met de verlegging van de Veldbeek wordt de tijdelijke kade die in de eerste inrichtingsfase is aangelegd tussen de Lage Steenweg en het perceel van Van der Loo weer verwijderd. Omdat de nieuwe loop veel hoger op de flank ligt hoeft hierlangs de nieuwe loop over het algemeen geen nieuwe kade te worden aangelegd. Alleen aan het begin en eind van de nieuwe loop, en ter hoogte van het erf van Groot Roesing (Hallse Dijk 49) dient dit wel te gebeuren. Voor het onderhoud van de nieuwe Veldbeek zal ook een onderhoudspad moeten worden gerealiseerd. Dit onderhoudspad is niet op de plankaarten aangegeven (behoort tot de uitwerking van het ontwerp voor de verplaatsing van de Veldbeek. Voor de realisatie van het onderhoudspad is het wellicht nodig om ook op andere plekken (dan ter plaatse van het traject waarvoor op de plankaart een kade is aangegeven) het maaiveld iets op te hogen.

Ter plaatse van de inham van Groot Roesink krijgt de nieuwe Veldbeek vier bochten. Vanuit Waterschap Vallei en Veluwe is aangegeven dat met het oog op een goede doorstroming van belang is deze bochten niet haaks te maken maar af te ronden. Natuurmonumenten wil dat de afrondingen tot een minimum beperkt worden, om de oppervlakte aan slecht beheerbare overhoeken tot een minimum te beperken.

Met behulp van een nieuw te plaatsen duiker wordt de nieuwe Veldbeek onder het Van Hasseltpaadje doorgeleid en ten noorden hiervan aangesloten op het te handhaven traject van de Veldbeek in de uiterste noordoosthoek van het natuurgebied. De verdere inrichting van dit blok wordt behandeld in de subparagraaf 'inrichting van de gronden ten noorden van het Van Hasseltpaadje'.

Inrichting van de Veldbeeklaagten

De nog in te richten delen van het Veldbeek-laagtenstelsel (de laagte ten noorden van de Lage Steenweg en het oostelijke deel van de laagte ten zuiden van de Lage Steenweg) hebben hoge potenties voor herstel / ontwikkeling van een gradiënt van heischraal grasland en blauwgrasland. Ook hier geldt dat de potenties pas tot uiting kunnen komen bij effectieve verschraling van de bodem en herstel van het hydrologische systeem.

Voor de verschraling van de bodem wordt ook hier de fosfaatrijke bouwvoor volledig verwijderd. Voor herstel van het hydrologische systeem is behalve verlegging van de Veldbeek, en verhoging van het drainageniveau hiervan, demping van alle (resterende profielen van de) interne waterlopen nodig. Het gaat hierbij dus zowel om de huidige loop van de Veldbeek als de perceelsloten. Met het dempen van de waterlopen wordt ook het natuurlijke afwateringssysteem, met afvoer via de laagten, weer in werking gebracht.

Voor het herstel van de laagte ten zuiden van de Lage Steenweg wordt ook de kade langs de Veldbeek verwijderd. Bovendien wordt ter plaatse van de Lage Steenweg een voorde aangebracht, met een drempelniveau op het afvoerniveau van de (te verwijderen) huidige afvoerduiker van het reeds herstellende westelijke deel van deze laagte, ofwel 8,9 mNAP. In het nog te herstellen oostelijke deel van de laagte ontstaat in de laagst gelegen zone direct tegen de huidige Veldbeek aan (net als nu in het reeds herstellende deel van de laagte) een situatie met lichte inundatie in de winter (1 à 2 dm). Verder oostwaarts is dit vanwege het geleidelijk oplopen van het maaiveld niet het geval.

In de Veldbeeklaagte ten noorden van de Lage Steenweg wordt een afvoerniveau van 8,7 mNAP ingesteld. Dit wordt gedaan middels vervanging van de huidige, laag gelegen duiker voor een nieuwe, hoog gelegen duiker op de plek waar de huidige Veldbeek het Van Hasseltpaadje kruist. Dit peil van 8,7 mNAP sluit goed aan op dat van de verder bovenstrooms gelegen laagten (zowel aan de west- als aan de zuidkant) en dit peil biedt bovendien goede perspectieven voor ontwikkeling van waardevolle natuur in de laagte zelf. Na afgraving van de fosfaatrijke bouwvoor ontstaat een situatie met lichte inundatie (van 1 à 2 dm) in de winter in het centrale deel van de laagte, met hieromheen een zone met 's-winters een grondwaterstand direct aan maaiveld. In relatie tot de lage ligging van deze

laagte en de instelling van het niet al te hoge afvoerniveau zal relatief sterke grondwatervoeding op gaan treden van deze laagte, wat dus goede perspectieven biedt voor de ontwikkeling van een zone met blauwgrasland. In het laagst gelegen, centrale deel ontstaat mogelijk een venachtige situatie (dit is echter niet op de plankaart weergegeven).

Langs de Lage Steenweg en in een zone van circa 150 meter ten noorden van de Lage Steenweg zijn in de huidige situatie lijnvormige landschapselementen aanwezig. Het betreft hierbij vooral struweel en jonge loofbomen (met name Berk en Els). Op enkele plekken zijn forse Zomereiken aanwezig. Ook langs de Lage Steenweg zijn bomen aanwezig. Bij het afgraven van de fosfaatrijke bovengrond ten behoeve van het slenkherstel worden de bomen langs de Lage Steenweg en de oude Eiken (en dus ook zones hieromheen) zoveel mogelijk ongemoeid gelaten. Elders worden de lijnvormige elementen hogerop de flanken gehandhaafd en worden alleen de delen waar dit strikt noodzakelijk is voor het slenkherstel delen van de lijnvormige elementen verwijderd.

Inrichting van het gebied ten noorden van het Van Hasseltpaadje

Ook de grond ten noorden van het Van Hasseltpaadje is eigendom van Natuurmonumenten. Het grootste gedeelte van dit gebied (namelijk het gedeelte ten noorden van de Veldbeek) wordt echter verpacht als landbouwgrond aan Hissink. Het oostelijke deel hiervan is verpacht tot en met 2021 en het westelijke deel is (zonder einddatum) regulier verpacht. De driehoek tussen de Veldbeek en het Van Hasseltpaadje (ofwel de zone met beheertype kruiden- en faunarijk grasland) is wel pachtvrij.

Het westelijke deel van deze grond is al langer eigendom van Natuurmonumenten en hier zijn met de pachter al afspraken gemaakt over een aangepast waterbeheer. Hier staat een reductie van de pacht prijs tegenover. Centraal in dit deelgebied ligt een slenkvormige laagte met hierin een sloot. Om water zo goed mogelijk te conserveren en daarmee het deelgebied ook te laten functioneren als een hydrologische buffer voor de aangrenzende delen van het natuurgebied is deze afvoersloot voorzien van een (grond)drempel, waardoor hier nu een drassige zone aanwezig is. In combinatie hiermee worden ook de sloten die op de noord- en zuidgrenzen van het deelgebied liggen niet intensief onderhouden.

Wellicht kan in overleg een vergelijkbare regeling getroffen worden voor het recentelijk verworven oostelijke deel. Ook is het van belang om alvast na te denken over de gewenste inrichting van het gebied op de langere termijn, indien het gebied vrij van pacht wordt, zodat nu geen maatregelen getroffen worden die de uiteindelijk gewenste inrichting zouden kunnen belemmeren. Hierop wordt daarom in de volgende alinea ingegaan, zonder dat dit is aangegeven op de plankaarten.

Ook als het deelgebied een natuurfunctie gaat krijgen, zal hier rekening gehouden moeten worden met de aanwezigheid van de overgang naar de gecultiveerde omgeving en met name de direct aangrenzende bebouwing. Dit betekent dat hier dan een goede randsloot gerealiseerd moet worden en dat de Veldbeek tot op een afstand van circa 100 meter bovenstrooms van de Hallse Dijk in de huidige vorm gehandhaafd dient te worden, voor de afwatering van de randsloot en ook om zelf als onderdeel van de randsloot te kunnen functioneren. Deze inrichting maakt de weg vrij om verder bovenstrooms intern maatregelen te treffen voor zo goed mogelijk systeemherstel. Dit is niet alleen van belang voor benutting van de potenties van de hier aanwezige slenk zelf, maar ook om het gebied als hydrologische buffer te laten functioneren voor het aangrenzende deel van het natuurgebied, en met name de direct aangrenzende laagte ten zuiden van het Van Hasseltpaadje. Hiertoe dienen in dit gedeelte vergelijkbare maatregelen getroffen te worden als verder zuidwaarts, namelijk verwijderen van de fosfaatrijke toplaag en dempen van het resterende profiel van de Veldbeek.

Met de aansluiting van de nieuwe Veldbeek op het te handhaven gedeelte van de Veldbeek wordt alvast rekening gehouden met deze gewenste inrichting (van slenkherstel in combinatie met een randsloot): de nieuwe Veldbeek wordt aangesloten op het beginpunt van het traject dat moet worden gehandhaafd als (afvoer voor de) randsloot.

Ook kan in overleg met de pachter worden gezien of op korte termijn in het gedeelte van de Veldbeek tussen het Van Hasseltpaadje en het te handhaven traject verder benedenstrooms alvast verondieping kan plaatsvinden, zodat ook hier het drainageniveau al enigszins wordt verhoogd, bijvoorbeeld van 8,0 nu naar 8,3 mNAP in de toekomstige situatie, resulterend in een drooglegging van 0,5 tot 0,3 meter in de betreffende slenk. Indien verondieping niet haalbaar is, dan kan als alternatief overwogen worden om het onderhoud te extensiveren / staken. In combinatie hiermee is extensivering van het slootje op de zuidgrens van het verpachte gebied (en ten westen van de huidige Veldbeek) een zinvolle maatregel, omdat ook hiermee de verdrogende werking van de sloot op de aangrenzende laagte ten zuiden van het Van Hasseltpaadje wordt gereduceerd. Voor de verder noordelijk gelegen sloten is dit niet nodig: dit heeft geen grote meerwaarde voor het gebied ten zuiden van het Van Hasseltpaadje.

5.5 Deelgebied 3 (west)

Onderzoek verondieping Zilvense Broekbeek

Voor het welslagen van het beoogde hydrologische en daarmee ecologische herstel van een groot deel van het natuurgebied, en met name de laagte van de Empese Heide en de Eerbeekse Hooilanden, is het van groot belang de sterk drainerende werking van de diepe Zilvense Broekbeek aan te pakken. Bij afvoerpieken loopt het waterpeil in het traject bovenstrooms van de debietbegrenzer nu wel kortstondig hoog op, maar na afloop van de piek zakt het waterpeil weer tot nabij het bodemniveau van de loop weg vanwege de leegstroom via de rechthoekige doorlaat onderin de constructie van de debietbegrenzer. Zodoende is bij de inmeting van het oppervlaktewatersysteem op 24 maart 2016 (toen alleen een basisafvoer aanwezig was) ter hoogte van de laagte van de Empese Heide een oppervlaktewater gemeten van 8,54 mNAP in de beek tegen 9,41 mNAP ter plaatse van de afvoerstuw van de laagte van de Empese Heide (zie figuur 2.2). Er is in deze vroege voorjaars situatie (bij uitstek de periode waarop de grondwatervoeding van het natuurgebied moet plaatsvinden) dus een peilverschil van ruim 1,1 meter gemeten. Voor een klein deel (circa 0,2 meter: zie paragraaf 3.2.5) wordt dit grote verschil veroorzaakt door een te hoog peil in de laagte van de Empese Heide, en voor een groot deel (circa 0,9 meter) is de te diepe Zilvense Broekbeek hier debet aan. In de beek zijn vooral in het vroege voorjaar in perioden met basisafvoer dan ook sterke kwelverschijnselen (met name oliefilm) waarneembaar. Daarbij ligt de beek ook dicht tegen de laagte van de Empese Heide aan: de beek nadert de laagte tot op een afstand van circa 100 meter. De sterk drainerende werking van de Zilvense Broekbeek is met name nadelig voor het habitattypen H6410 Blauwgrasland (met onder meer een Spaanse ruiter) en H3130 Zwakgebufferde vennen in de laagte.

In relatie tot dit belangrijke knelpunt is nader onderzoek noodzakelijk, in de eerste plaats om de ernst van het knelpunt nader inzichtelijk te maken, en in de tweede plaats om af te kunnen leiden of / op welke wijze aanpak van het knelpunt kan plaatsvinden. Het is de bedoeling om dit onderzoek in het kader van de PAS-regeling in de tweede beheerplan uit te voeren, met het streven om daarbij ook tot een daadwerkelijke aanpak van het probleem te komen.

Voor het inzichtelijk maken van de ernst van het knelpunt dient de huidige hydrologische situatie beter in beeld gebracht te worden. Dit is mogelijk aan de hand van de vervaardiging van een ecohydrologisch dwarsprofiel. In het kader van het Meetplan PAS-procesindicatoren wordt hier inmiddels al uitwerking aan gegeven (Eelerwoude, 2017): er is een onderzoeksraai van bestaande en nieuwe peilbuizen ingericht, vanaf de Zilvense Broekbeek in het westen, via de laagte van de Empese Heide, via het centrale deel van het natuurgebied (met dekzandruggen en een lokale laagte) naar de Veldbeeklaagte / Veldbeek in het oosten. Het is daarbij van belang dat er ook een oppervlaktewaterstandsmeetpunt in de Zilvense Broekbeek wordt geplaatst. Een dergelijk meetpunt is ook opgenomen in het ontwerp voor het PAS-meetnet. Ook is het belangrijk om de referentiehoogten en verdere technische gegevens van de bestaande peilbuizen die voor de analyse gebruikt worden te controleren.

In combinatie hiermee is het dus ook belangrijk om te onderzoeken of, en zo ja op welke wijze, aanpak van het knelpunt plaats kan vinden. Hiervoor is naar verwachting ook speelruimte aanwezig in relatie tot de afwatering van verder bovenstrooms gelegen (landbouw)gebieden. In relatie tot de reeds gevormde hydrologische buffer aan de zuidwestzijde (gebied van Wolters en Te Kamp), de nieuwe verwerving van Natuurmonumenten en de omvorming van een deel van de huiskavel van Grolleman in natuur hebben / krijgen de laagst gelegen gronden van het bovenstroomse gebied nu namelijk een andere functie, waardoor hier minder stringente eisen gelden voor de drooglegging. De resterende landbouwgronden hebben bij basisafvoer grotendeels (op twee uitzonderingen na) een zeer sterke drooglegging (namelijk minimaal 1,2 meter, terwijl een drooglegging van 0,8 meter al goed is). Zelfs op de allerlaagst gelegen plekken (gedeelte van de huiskavel dat Grolleman wil handhaven en een laag gelegen zone ten westen van Kleine Blaar) is de drooglegging bij basisafvoer nog altijd 0,9 tot 1,0 meter. Omdat de bebouwing die in dit gebied aanwezig is op hoger gelegen delen staat (Klein Blaar en Grolleman) is de drooglegging hiervan nog veel groter (>1,5 meter). Dus op basis hiervan lijkt er wel een speelruimte aanwezig voor verondieping en deze speelruimte kan ook groter gemaakt worden indien de allerlaagst gelegen gronden worden opgehoogd (zie ook paragraaf 5.6: planuitwerking deelgebied 4).

Er moet echter niet alleen gekeken worden naar de drooglegging bij basisafvoer, maar ook bij pieken. Bij afvoerpieken lopen in het bovenstrooms gelegen gebied de waterpeilen sneller en verder op als gevolg van de debietbegrenzer (en ondanks de aanwezigheid van het brede winterbed langs de zuidwestelijke hoofdwaterloop): wellicht is dit vooral het probleem en is er onder deze omstandigheden geen speelruimte voor aanpassing. Echter ook ten aanzien hiervan geldt dat de toevoeging van de hydrologische bufferzone een goede basis biedt voor aanpassing, vooral als in combinatie hiermee ook de laagst gelegen plekken in het landbouwgebied worden opgehoogd.

Ook is het lastig om (zelfs al is de huidige drooglegging zeer groot) aan te tonen dat bij stijging van de grondwaterstand in het externe landbouwgebied er niet gelijk een probleem hoeft te ontstaan. Desalniettemin zijn er goede methoden beschikbaar om dit objectief vast te stellen. Ook het feit dat hier niet lang geleden al een nieuwe inrichting (met het bijbehorende complexe voorbereidingstraject) heeft plaatsgevonden, maakt het lastig om nu opnieuw met het gebied bezig te moeten gaan. De toevoeging van de hydrologische bufferzone betekent echter dat er een gegronde reden is tot een heroverweging van de inrichting te komen.

In het onderzoek naar de beste wijze van aanpak van het knelpunt dienen ook andere varianten in overweging genomen te worden:

- Combineren van de verondieping met het creëren van extra bergingsruimte.
- Combineren van de verondieping met het verwijderen van de debietbegrenzer: negatieve gevolgen hiervan niet afwentelen op het natuurgebied, temeer omdat het natuurgebied niet de veroorzaker is van de hoge afvoerdynamiek.

- Afkoppeling van de Zilvense Broekbeek naar het verder noordwestelijk gelegen dalsysteem (circa 350 meter naar het noordwesten) in combinatie met verregaande verondieping van de huidige loop.
- Alleen verplaatsing van de Zilvense Broekbeek ter hoogte van de laagte van de Empese Heide in westelijke richting en binnen het eigendom van Natuurmonumenten (over een afstand van circa 100 meter) in combinatie met demping van de huidige loop.
- Stuw plaatsen in de Zilvense Broekbeek om peil het ter hoogte van het natuurgebied hoger in te stellen. Deze stuw zou dan circa 150 meter noordelijker dan de huidige debietbegrenzer geplaatst kunnen worden, net bovenstrooms van de watergang die vanuit het westen aantakt.

Op korte termijn is het van belang om de lekkage van water via spleten in de houten damwandconstructie van de debietbegrenzer alvast tegen te gaan. Waterschap Vallei en Veluwe wil hiertoe op korte termijn een nieuwe constructie aanbrengen. Hiermee wordt in ieder geval bewerkstelligd dat het peil in de beek na afloop van een afvoerpiek niet versneld wegzakt. Bovendien is het van belang om het afvoerniveau van de laagte van de Empese Heide te verlagen (zie paragraaf 3.2.5).

Aanpassing van de afwatering van twee sloten in de noordlob van deelgebied 3

Op de noordgrens van het natuurgebied en circa 60 meter ten noorden hiervan liggen twee sloten die dienen voor de ontwatering en afwatering van het hier aanwezige landbouwgebied. Afwatering van deze twee sloten vindt via een gezamenlijke loop in de noordlob in westelijke richting plaats naar de Zilvense Broekbeek. Deze gevorkte afvoerconstructie doorsnijdt de noordlob van het natuurgebied dus. Op de hoogtekartaar (figuur 2.2) is te zien dat het hierbij ook een doorsnijding betreft van een wat hoger gelegen zone.

Met de verplaatsing van de afwatering van deze sloten naar de noordoostgrens van de noordlob kan de doorsnijding worden opgeheven. Ook qua hoogteligging is dit afwateringstracé logischer, wat deze zone ligt wel laag. Voor deze verplaatsing kan gebruik worden gemaakt van de sloot die al aanwezig is op de oostgrens van de noordlob. In combinatie hiermee dienen op twee plekken (waar nu nog geen greppels / slootjes aanwezig zijn) verbindingsslootjes te worden aangelegd: één aan de zuidzijde en één op de noordgrens van de noordlob als verbinding naar de Zilvense Broekbeek. Overigens lijkt de eigendomsgrens op de noordgrens van de noordlob in het veld anders (namelijk circa 30 meter verder naar het noorden) te liggen dan zoals volgt uit de kaarten / GIS-bestanden. Het is dus van belang om helderheid te krijgen over deze discrepantie.

De aanpassing in de afwateringsstructuur dient uiteraard wel eerst nader te worden afgestemd met het waterschap en besproken worden met de betrokken eigenaar / gebruiker van de landbouwgrond. Voor de betreffende eigenaar / gebruiker is er het voordeel dat in de nieuwe situatie het onderhoud van de afwateringssloot beter uitgevoerd kan worden: de gehele sloot is dan immers te onderhouden vanaf de zijde van het landbouwgebied. Dit neemt overigens wel het risico met zich mee dat de afvoerniveaus van beide sloten enigszins zullen dalen.

Verdere inrichting van deelgebied 3

Vanwege de sterk drainerende werking van de Zilvense Broekbeek is deelgebied 3 voornamelijk niet kansrijk voor herstel / ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuurtypen. Bij verondieping van de beek in combinatie met het afgraven van de fosfaatrijke toplaag zijn er hiervoor wel kansen aanwezig. Op basis van de huidige bodemchemische toestand liggen hier vooral kansen voor ontwikkeling van vochtige heide en heischraal grasland. Bij verondieping van de beek en het afgraven van de fosfaatrijke

toplaag zullen de laagst gelegen delen naar verwachting gevoed gaan worden met basenrijk grondwater, waardoor hier toch wel kansen aanwezig lijken voor ontwikkeling van blauwgrasland.

Twee delen van deelgebied 3 hebben extra hoge potenties:

- Het noordelijke deel van deelgebied 3, omdat dit gebied deel uitmaakt van een laagte en er hier (ook onder de bouwvoor) een lemige bodem aanwezig is.
- Het (relatief smalle) zuidwestelijke deel van deelgebied 3, vanwege de gevarieerde geomorfologie en bodem, omdat hier een fijnmazige afwisseling van laagten en ruggen aanwezig is.

Met de verdere inrichting van deelgebied 3 wordt echter gewacht totdat (op basis van het nadere onderzoek) bekend is of, en zo ja op welke wijze, verondieping van de Zilvense Broekbeek kan plaatsvinden. Pas dan kan immers een goed samenhangend inrichtingsontwerp voor het deelgebied vervaardigd worden en zo is ook de uiteindelijk gewenste vestiging van grondwaterafhankelijke vegetaties (met daarbij ook mogelijkheden voor ontwikkeling van vegetaties van gebufferde standplaatsen) beter gewaarborgd.

5.6 Deelgebied 4 (zuidwest)

Aanpassing waterhuishouding zuidwestelijke hoofdwaterloop (Blaarsloot)

Recentelijk heeft Natuurmonumenten ook aan de zuidwestzijde van het natuurgebied grond verworven. Het belangrijkste doel van deze verwerving is om in samenhang met de maatregelen die verder oostwaarts al eerder getroffen zijn (verhoging van de drainageniveaus in de slotenstelsels van Wolters en Te Kamp in een zone tegen het natuurgebied aan) een hydrologische buffer aan deze zijde van het natuurgebied te realiseren. Bovendien kan in het verworven gebied zelf natuurontwikkeling plaatsvinden.

Het perceel ten westen van het nieuwe eigendom van Natuurmonumenten is eigendom van Grolleman. Dit perceel is momenteel in landbouwkundig gebruik en betreft ook een huiskavel. Omdat vorming van een effectieve hydrologische buffer aan de zuidwestzijde alleen mogelijk is met medewerking Grolleman heeft op 25-6-2018 en op 6-9-2018 overleg met J. Grolleman plaatsgevonden. Dit overleg heeft een positief resultaat opgeleverd: in ruil voor landbouwgrond elders is Grolleman bereid de noordoostelijke helft van zijn huiskavel om te vormen tot natuur, waardoor het betreffende deel van het perceel deel kan gaan uitmaken van de hydrologische bufferzone. Dit betekent dat de zuidwestelijke hoofdwaterloop over grotere afstand in zuidwestelijke richting verplaatst kan worden en er hier geen lus in de hoofdwaterloop aanwezig blijft die tot ver in het natuurgebied blijft doordringen. In samenhang met de verplaatsing van de hoofdwaterloop wordt de huidige hoofdwaterloop gedempt en in het tot natuur om te vormen deel van het perceel van Grolleman wordt de buisdrainage verwijderd.

Aangezien het laagst gelegen deel van de huiskavel wordt omgevormd tot natuur wordt hiermee op deze wijze bovendien speelruimte gecreëerd voor verondieping van deze sterk drainerende hoofdwaterloop. Extra speelruimte voor verondieping van de zuidwestelijke hoofdwaterloop kan worden gecreëerd door ophoging van het te handhaven gedeelte van de huiskavel van Grolleman en ophoging van een laag gelegen zone langs de Blaarsloot verder bovenstrooms (maar dit is niet op de plankaart aangegeven).

Op deze wijze kan naar verwachting een verhoging van het drainageniveau met enkele decimeters worden gerealiseerd. Hiermee kan het drainageniveau van de hoofdwaterloop (bij basisafvoer) verhoogd worden naar 9,2 mNAP ter plaatse van het begin van de nieuwe hoofdloop (tegen nu 9,0 mNAP) en aflopend naar 9,1 mNAP ter plaatse van het einde van de nieuwe hoofdloop (tegen nu 8,9 mNAP).

In samenhang met de verondieping van het gedeelte van de hoofdloop langs deelgebied 4 ontstaat er ook ruimte voor verondieping van het nu zeer diepe traject tussen deelgebieden 4 en 3 met enkele decimeters. Voor dit deel kan een ontwerpdiepte van 9,1 mNAP aflopend naar 9,0 mNAP worden aangehouden, waarmee zelfs de laagste aangrenzende gronden van een drooglegging van maar liefst circa 100 cm kunnen worden voorzien, en voor erven / bebouwing een drooglegging van meer dan 150 cm. Dit betekent dat dit traject 20 tot 25 cm kan worden verondiept. In dit traject is een 2-fasen profiel aangelegd, en de 2^e fase is 30 cm minder diep dan de eerste fase. Dus met het sterk verondiepen van de eerste fase van het profiel kan de beoogde verondieping grotendeels worden gerealiseerd.

In samenhang met de nieuwe ontwikkeling in relatie tot de medewerking van Grolleman zal ook het eerdere door waterschap Vallei en Veluwe opgestelde 'Schetsontwerp aanpassing waterhuishouding Blaarsloot' (R. Meijer, juli 2016) herzien moeten worden. In het schetsontwerp voor de aanpassing van de Blaarsloot is er ook vanuit gegaan dat (net als in de huidige situatie het geval is) opnieuw een twee-fasen profiel wordt aangelegd. Hoewel dit een extra aantasting van het hydrologische systeem betekent, is het niet ondenkbaar dit wel te doen, mits ervoor wordt gezorgd dat de nieuwe loop zo ondiep mogelijk (dus op de voorgestelde wijze) wordt aangelegd, want dan kan er in zijn totaliteit nog steeds belangrijke winst gehaald worden voor herstel van het hydrologische systeem van het natuurgebied.

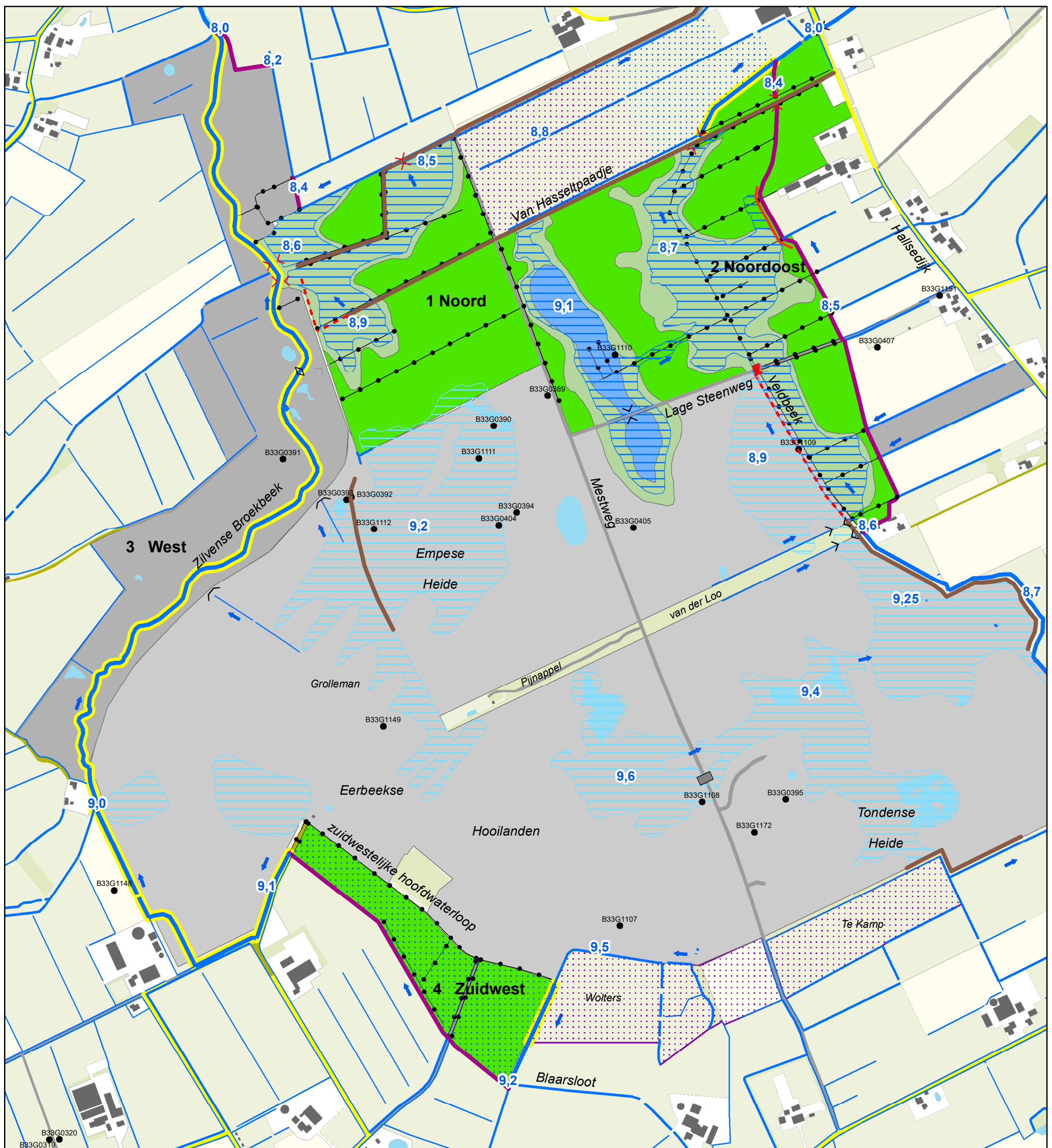
Verder inrichting van deelgebied 4 en perceel van Grolleman

Ook de verdere inrichting van deelgebied 4 dient gericht te worden op een zo goed mogelijk herstel van het hydrologische systeem van Eerbeekse Hooilanden. Hiertoe dienen (in combinatie met de verplaatsing en eventuele verondieping van de hoofdloop) de huidige hoofdloop en de interne sloten te worden gedempt en de buisdrainage te worden verwijderd. Om te voorkomen dat deelgebied 4 een verdrogende invloed krijgt op de Eerbeekse Hooilanden en het deelgebied juist als voedingsgebied te laten functioneren voor de Eerbeekse Hooilanden dient afgraving van de fosfaatrijke bovengrond achterwege te blijven. Bovendien is het afgraven van de bovengrond hier vanuit geomorfologisch oogpunt niet goed inpasbaar, waardoor er bij het toepassen van deze maatregel in het deelgebied 'bakjes' met stagnerend regenwater zouden ontstaan. Tenslotte heeft het deelgebied ook geen hoge potenties voor herstel van grondwaterafhankelijke natuur, omdat ook bij verplaatsing en eventuele verondieping van de hoofdloop dit gebied negatief beïnvloed zal blijven worden door de drainerende werking hiervan.

Dus ook in het perceel van Grolleman is in relatie tot het beoogde herstel van het hydrologische systeem van de Eerbeekse Hooilanden afgraving van de fosfaatrijke bovengrond niet wenselijk. In relatie hiermee kan in het betreffende perceel dus geen schrale vegetatie tot ontwikkeling worden gebracht en kan dus ook hier het best gekozen worden voor de ontwikkeling van kruiden- en faunarijk grasland.

Het gedeelte van de huidige hoofdwaterloop op de oostgrens van het uitbreidingsgebied kan niet worden gedempt, omdat dit deel een afvoerfunctie heeft voor de gronden van Wolters. Voor zover gelegen binnen de hydrologische buffer kan de hoofdwaterloop wel worden verondiept (of voorzien worden van een stuwte), zodat hier een vergelijkbaar drainageniveau ontstaat zoals reeds aanwezig ter plaatse van de randsloot van het natuurgebied op de grens met het eigendom van Wolters (drainageniveau van circa 9,5 mNAP). Het zuidelijke uiteinde van de hoofdwaterloop op de oostgrens van het uitbreidingsgebied dient in ongewijzigde vorm te worden gehandhaafd, want dit gedeelte valt buiten de buffer.

Demping van het noordelijke deel van de hoofdwaterloop heeft als consequentie dat ook het direct langs de hoofdloop gelegen bosje van Sanders sterk zal vernatten. Ten aanzien hiervan dient door Natuurmonumenten dus afstemming plaats te vinden met Sanders.



Legenda

- > < duiker
- ◇ debietbegrenzer
- >| < afsluitbare duiker
- stuw
- voorde
- peilbuis

- wal / kade
- stromingsrichting oppervlaktewater
- greppel
- sloot
- hoofdwaterloop
- reeds ingerichte overloopkom
- 9,6 toekomstig afvoerniveau (m +NAP)

maatregelen

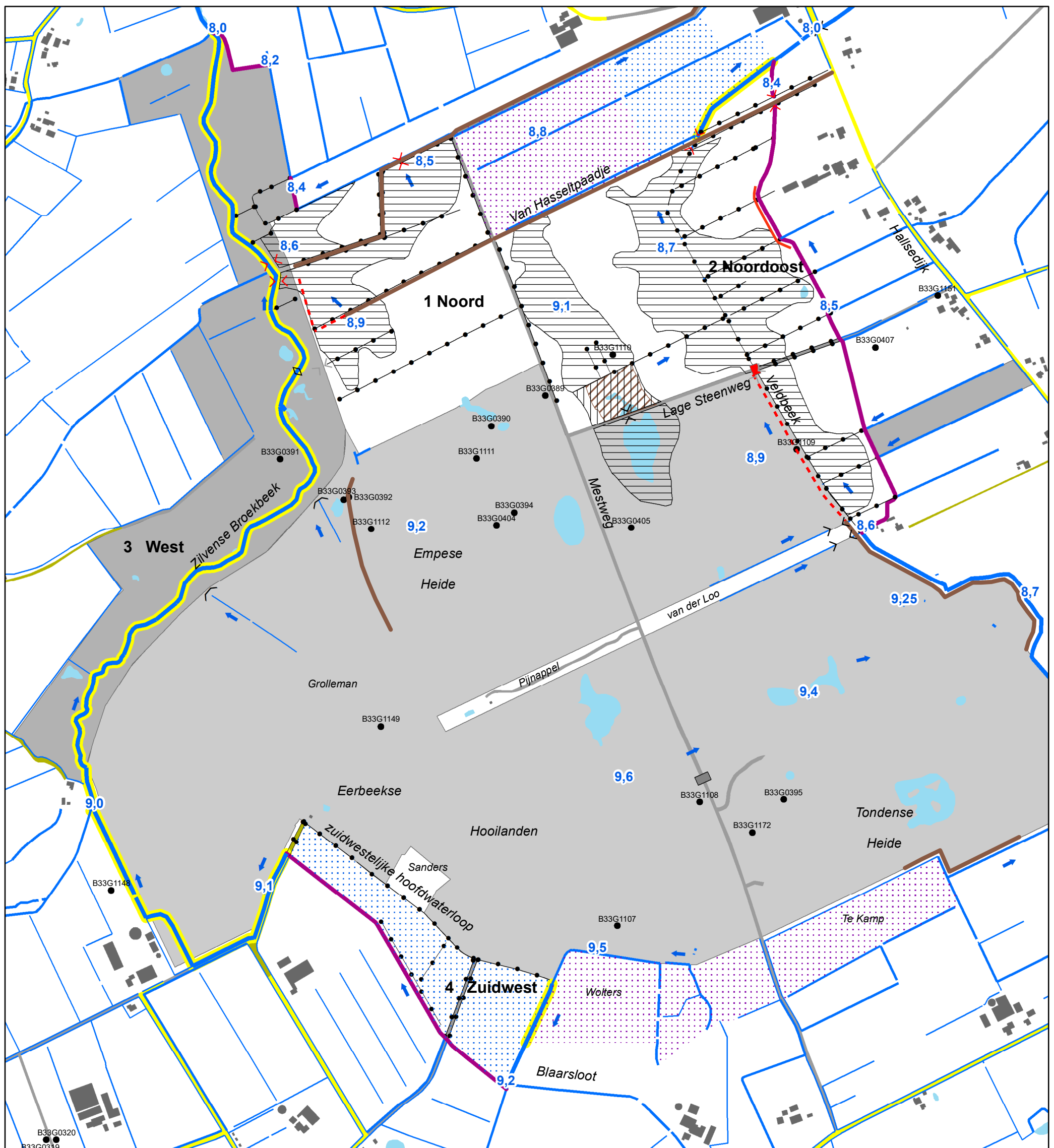
- aanleggen waterloop
- dempen greppel / sloot / hoofd waterloop
- verondiepen waterloop
- te herstellen overloopkom
- aanleggen voorde
- > < plaatsen duiker
- > < verwijderen duiker
- aanleggen kade
- - - verwijderen wal / kade
- realisatie hydrologische bufferzone

beheertype

- kruiden- en faunairijk grasland
- nat schraalland
- zwak gebufferd ven

overige terreintype

- reeds ingericht gebied
- huidige hydrologische bufferzone
- inrichting nader te bepalen



Legenda

- > < duiker
- ◇ debietbegrenzer
- >| < afsluitbare duiker
- stuw
- voorde
- peilbuis

- wal / kade
- stromingsrichting oppervlaktewater
- greppel
- sloot
- hoofdwaterloop
- 9,6 toekomstig afvoerniveau (m +NAP)

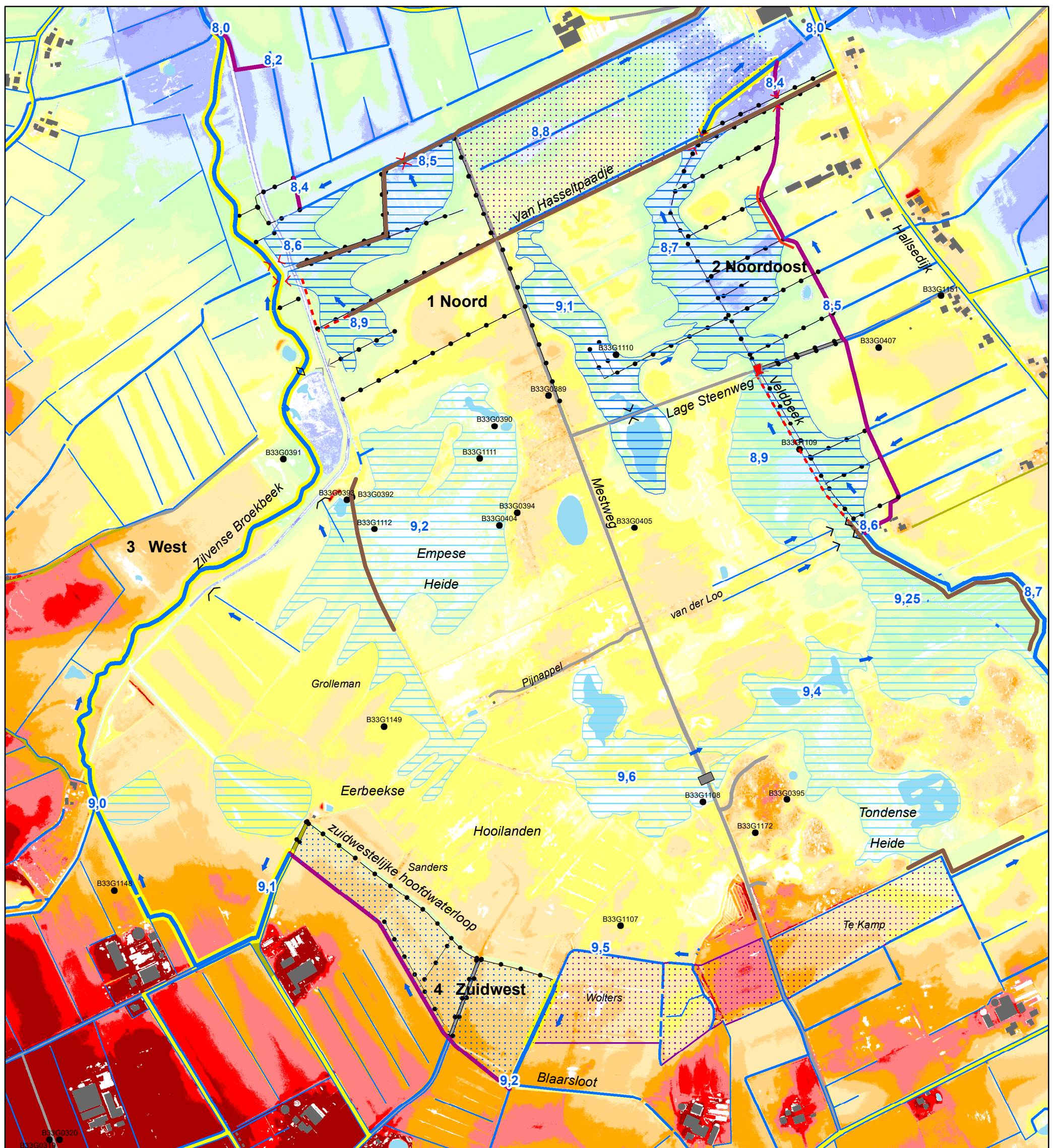
maatregelen

- aanleggen waterloop
- dempen greppel / sloot/ hoofd waterloop
- verondiepen waterloop
- afgraven fosfaatrijke bouwvoor
- pluggen
- verwijderen bos
- aanleggen voorde
- realisatie hydrologische bufferzone

- > < plaatsen duiker
- > < verwijderen duiker
- aanleggen kade
- - - verwijderen kade

overige terreintype

- reeds ingericht gebied
- huidige hydrologische bufferzone
- inrichting nader te bepalen



Legenda

- > < duiker
- ◇ debietbegrenzer
- >| < afsluitbare duiker
- stuw
- voorde
- peilbuis

- wal / kade
- stromingsrichting oppervlaktewater
- greppel
- sloot
- hoofdwaterloop
- reeds ingerichte overloopkom
- 9,6 toekomstig afvoerniveau (m +NAP)

maatregelen

- aanleggen waterloop
- dempen greppel / sloot / hoofd waterloop
- verondiepen waterloop
- te herstellen overloopkom
- aanleggen voorde
- > < plaatsen duiker
- > < verwijderen duiker
- aanleggen kade
- verwijderen wal / kade
- realisatie hydrologische bufferzone

overige terreintype

- huidige hydrologische bufferzone

maaielddoogte (m +NAP)

- | | |
|-----------|-------------|
| < 8,4 | 9,6 - 9,8 |
| 8,4 - 8,6 | 9,8 - 10,0 |
| 8,6 - 8,8 | 10,0 - 10,2 |
| 8,8 - 9,0 | 10,2 - 10,4 |
| 9,0 - 9,2 | 10,4 - 10,6 |
| 9,2 - 9,4 | 10,6 - 10,8 |
| 9,4 - 9,6 | > 10,8 |

Literatuur

Berglinde, 2015. Florakartering Empese en Tondense Heide 2015. Berglinde B.V., in opdracht van Natuurmonumenten Gelderland.

Bijma, H., M. Burgman & T. Mittring, 2018. Ecohydrologisch onderzoek Blauwgraslanden Empese Heide. Hogeschool Van Hall Larenstein, Velp. In opdracht van Natuurmonumenten.

Ek, R. van & K. Hanhart, 2017. Meetplan PAS procesindicatoren Empese en Tondense heide. Eelerwoude en Wittteveen + Bos, in opdracht van de provincie Gelderland.

Hanhart, K., 2013. Memo 'Detailmetingen drempelhoogten Empese en Tondense heide'. In opdracht van Natuurmonumenten.

Hanhart, K., 2017. Verslag deskundigenoverleg blauwgrasland Empese Heide. Eelerwoude, in opdracht van de provincie Gelderland.

Jansen, A.J.M., Sloot, A.M.J. en Stam, M, 2009. De Empese en Tondense heide herleeft. Een nieuw leven voor een oud landschap. Natuurmonumenten, beheereenheid Veluwe-Oost.

Jansen, A.J.M., Eysink, A.T.W., Bouwman J.H. en Thielemans, J.H.J., februari 2013. Inrichtingsplan Empese & Tondense Heide & Eerbeekse Hooilanden – Cultuurhistorische parels in een nieuw perspectief. Unie van Bosgroepen, Ede.

Loeb, R., januari 2011. Bodemchemische onderzoek Empese Heide. B-WARE, Nijmegen.

Meijer, R., juli 2016. Memo 'Schetsontwerp aanpassing waterhuishouding Blaarsloot Grolleman'. Waterschap Vallei en Veluwe, Apeldoorn.

ROYAL HASKONING, 2009 (concept). GGOR en herstelplan TOP-lijstgebieden Veluwe, Cluster Zuidoost. In opdracht van Waterschap Veluwe.

STIKOBA, 1979. Bodemgesteldheid ruilverkavelingsgebied Brummen-Voorst. Stiboka, Wageningen.

Waal, de R.W., Jansen, P.C., van Delft S.P.J. en Bolhuis P., november 2011. Herstelplan Tondense heide. Alterra, Wageningen.

Bijlagen

- 1 Oriënterende metingen waterlopen: tabel (meetresultaten) & kaart (met waypoints)
- 2 Boorbeschrijvingen onderzoek bodemopbouw
- 3 Rapport bodemchemisch onderzoek van B-WARE
- 4 Grondwaterstandsverloop peilbuizen B33G0390 en B33G0404

Bijlage 1: Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem

Uitgevoerd op 23 maart 2015

waypoint	x	y	do (cm)	dw (cm)	dslib (cm)	dtotaal (cm)	breedte water (m)	breedte boven (m)	opmerkingen
1	203145	462215	70	30	5	105	1.2	2.6	afvoer en kwel
2	203173	462165	45	10	20	75	1.1	2.1	sloot noord van wal, verlandend
3	203161	462146	50	droog	0	50	0.7	3.2	sloot zuid van wal, oever zuid afgevlakt
4	203174	462085							begin van sloot
5	203078	462035	70	5	0	75	0.4	1.7	
6	202985	462017	75	10	5	90	0.6	2.1	afvoer en kwel
7	202921	462029							gat in wal
8	202932	462041							geen sloot/greppel op perceelgrens
9	202901	462014							geen sloot/greppel zuid van wal
10	202875	462019	60	10	15	85	1.0	2.4	verlandende sloot
11	202861	462177							geen sloot op perceelgrens
12	202832	462141	60	5	10	75	1.2	3.7	verlandend met gras
13	202636	462126							slootje met afgevlakte oever zuid van wal/pad/laan. Noord van laan ligt geen sloot/greppel
14	202566	462003	30	10	10	50	2.0	1.0	slootje west van pad
15	202553	461945							begin van brede ondiepe sloot, qua diepte in feite greppel
16	202435	461896	10	30	0	40	4.0	1.0	stagnatie afvoer
17	202403	461942	10	50	0	60	1.5	2.5	stagnatie afvoer
18	202395	461986	40	40	0	80	1.0	2.0	
19	202394	462021							duiker en afvoer in sloot noord van wal/laan + dammen is zijsloten
20	202423	462028							stagnatie achter wal
21	202320	461984	50	20	0	70	0.5	2.0	kwel
22	202150	461946							t-splitting nieuw gegraven loop + afvoer
23	202162	461977							zijsloot
24	202155	462000							gedempte hoofdloop
25	202168	461886	35	5	5	45	0.4	1.4	slootrestant
26	202187	461823							mondning (grote/diepe) zijloop
27	202222	461829							geen afvoer meer vanuit 2 sloten vanwege demping hoofdloop. Sloot zuid loopt wel door wal, dus geen stagnatie door wal
28	202220	461761	40	15	0	55	2.0	0.5	
29	202260	461745							geen sloot/greppel
30	202291	461719	20	40	5	65	1.5	2.0	geen sloot/greppel zuid van wal
31	202266	461707							geen afvoer van sloot door demping / sloot loopt we door wal
32	202233	461623							grote stuw, geen peilschaal! Beide zijden 67 cm = wp rechthoekige doorlaat onderwater dus alleen debietbegrenzer
33	202277	461630							wel afvoer vanuit sloot via duiker en sloot
34	202328	461656	40	0	0	40	1.0	2.3	
35	202328	461571	25	0	0	25	0.5	2.0	
36	202315	461567							sloot gedempt, dus geen afvoer sloot w35
37	202347	461460							nog klein stukje hoofdloop aanwezig, niet gedempt. Eindigt bij w40
38	202397	461477							gedempte sloot
39	202379	461468							overloop vanuit gedempte sloot naar gehandhaafd uiteinde van sloot
40	202353	461440							einde gehandhaafde hoofdloop
41	202419	461539							sloot = gedempt
42	202435	461627							greppel breed
43	202421	461700							beginpunt van sloot
44	202490	461737							uitgerasterd stroomt vanaf hier naar oost, geen sloot/greppel
45	202660	461743							begin van greppel
46	202664	461783							begin van greppel
47	202719	461575							peilbuis NM
48	202768	461507							einde greppel
49	202830	461614	10	10	0	20	1.0	2.0	begin van greppel noord (mooie vegetatie) en sloot oost
50	202839	461646	10	10	0	20	1.0	2.0	
51	202854	461656							2x peilbuis
52	202884	461632	40	20	10	70	1.0	2.0	
53	202903	461637							wandelpad kruist sloot best laag kritieke plek
54	202917	461694							gedempte sloot
55	202913	461743							gedempte sloot
56	202834	461704							wandelpad kruist gedempte sloot
57	202788	461714							sloten volledig en mooi gedempt
58	202796	461732							sloten volledig en mooi gedempt
59	202745	461758							sloten volledig en mooi gedempt
60	202743	461824							sloten volledig en mooi gedempt
61	202690	461914							blokkade van natuurlijke slenk door wal. Geen sloot/greppel zuid van wal
62	202770	461967	70	10	0	80	0.7	2.0	
63	202835	461990							ook laagte, kleine blokkade
64	203139	461614							duiker en afvoer + wal/kade langs Veldbeek + inundatie
65	203155	461630							slootje zuidvan pad, greppel noord van pad
66	203118	461654							oost slootje, west gedempt
67	203095	461675							gedempt
68	203074	461730							beide zijde sloot, verder noord alleen aan oostzijde sloten. Hier geen wal langs Veldbeek
69	203320	461329							duiker en sloot
70	203339	461304							duiker en sloot
71	203363	461273							geen duiker voor inundatiegebied
72	203343	461271							strook niet geplagd, overloop van ene naar ander geplagde laagte gaat langs kade door bosstrook heen over 2 duikers
73	203264	461405							zijsloot oost
74	203234	461454							zijsloot oost
75	203158	461582							akker oost is gedraineerd
76	202897	461542							duiker
77	203031	460834							voorde nu net geen afvoer dus (nagenoeg) nog op peil
78	203065	460672							gedempt
79	203006	460455	30	10	0	40	2.0	2.5	hoek in loop, vanaf hier oude loop gedempt. Geen zichtbare afvoer, wel kwel
80	202735	460428							bocht hoofdloop en monding zijloop met lichte afvoer
81	202787	460533							gedempt
82	202586	460467							sloten aan weerszijden van pad
83	202497	460548	100	30	0	130	1.5	8.0	zeer diepe loop, kwel! Breed winterbed mv 30 cm boven peil ofwel 60 cm - mv
84	202242	460739							scherpe bocht in randsloot. Gebied noord al ingericht
85	201899	460622	150	15	0	165	1.0	3.0	breedte boven = 10.0 winterbed
86	201820	460850							begin van gedempte loop
87	201814	460949	160	20	0	180	2.0	12.0	beek is in sterke mate verdiept, kwel sterke afvoer
88	201838	461021							zijsloot noordwest + afvoer
89	201891	461192							sloot, hoek in sloot
90	202057	461190							schotbalkenstuw, hout actueelpeil 7cm onder drempel
91	202102	461162	10	20	0	30	5.0	7.0	
92	202189	461112							zijsloot gedempt
93	202232	461073							einde van sloot
94	202216	461355							zijsloot noordwest gedempt. Perceel is afgegrave / afgeplagd
95	202275	461375							stuwte actueel peil = paar mm onder drempel. Stukje sloot gehandhaafd
96	202417	461111							gedempt. Paden opgehoogd? Sloten gedempt met extra zand?
97	203696	461136							nieuwe zijloop vanaf huis
98	203695	461109							nieuwe hoofdloop + kade
99	203689	461143							nieuwe hoofdloop + kade
100	203676	461162							nieuwe hoofdloop + kade
101	203666	461174							nieuwe hoofdloop + kade
102	203661	461194							nieuwe hoofdloop + kade
103	203650	461209							nieuwe hoofdloop + kade
104	203641	461218							nieuwe hoofdloop + kade
105	203632	461224							nieuwe hoofdloop + kade
106	203623	461224							nieuwe hoofdloop + kade
107	203610	461223							nieuwe hoofdloop + kade
108	203595	461219							nieuwe hoofdloop + kade
109	203579	461217							nieuwe hoofdloop + kade
110	203558	461216							nieuwe hoofdloop + kade
111	203537	461205							nieuwe hoofdloop + kade
112	203513	461193							nieuwe hoofdloop + kade
113	203506	461203							nieuwe hoofdloop + kade
114	203485	461212							nieuwe hoofdloop + kade

Bijlage 2: Boorbeschrijvingen veldonderzoek Empese en Tondense Heide

Boringen uitgevoerd op 1, 3 en 8 september 2015 door Bell en Buijs

ETH_1	mv:	9.03		
	0	30	zand	matig fijn, humeus, bouwvoor
	30	75	zand	matig fijn, humusarm
	75	100	zand	matig fijn / matig grof, met laagjes (matig)lemig
	100	115	zand	sterk lemig
	115	125	zand	matig grof met steentjes
ETH_2	mv:	8.89		
	0	30	zand	humeus donker zand gemengd met lichte, zwak lemig zand, bouwvoor, gestoord
	30	50	zand	sterk lemig zand gemengd met puin (stukjes bakstenen etc), gestoord
	50	60	zand	fijn
	60	110	zand	matig grof tot zeer grof
	110	125	veen / zand	veen brokjes in zeer grof zand
ETH_3	mv:	9.72		
	0	25	zand	humeus, bouwvoor
	25	30	zand	matig fijn
	30	55	zand	matig fijn, zwak lemig
	55	90	zand	matig fijn
	90	105	zand	matig fijn met leem laagjes
	105	125	zand	matig fijn, met enkel grindje, zeer zwak lemig
ETH_4	mv:	9.23		
	0	20	zand	humeus, bouwvoor
	20	40	veen	veraard veen / sterk moerig zand
	40	65	zand	matig fijn
	65	85	zand	sterk lemig
	85	100	zand	matig fijn, met steentjes, zwak lemig
	100	125	zand	matig grof met steentjes
ETH_5	mv:	9.49		
	0	25	zand	humeus, bouwvoor
	25	115	zand	matig fijn
	115	125	zand	sterk lemig
ETH_6	mv:	9.21		
	0	25	zand	humeus, bouwvoor
	25	50	zand	zwak lemig
	50	90	zand	matig fijn
	90	105	zand	matig fijn met leem laagjes
	105	115	zand	sterk lemig met grind laagjes
	115	125	zand	matig grof
ETH_7	mv:	9.53		
	0	27	zand	humeus, bouwvoor
	27	75	zand	matig fijn
	75	90	zand	zwak lemig
	90	125	zand	matig grof met grind laagjes
ETH_8	mv:	9.14		
	0	20	zand	humeus, bouwvoor
	20	90	zand	matig fijn
	90	100	zand	zwak lemig
	100	125	zand	zwak lemig met steentjes
ETH_9	mv:	9.29		
	0	30	zand	humeus, bouwvoor
	30	115	zand	matig fijn
	115	125	zand	sterk lemig
	125	127	zand	matig fijn

ETH_10	mv:	9.14		
	0	30	zand	humeus, bouwvoor
	30	50	zand / veen	moerig met veraard veen
	50	75	zand	zwak lemig
	75	110	zand	matig grof
	110	115	zand	matig fijn met dunne leemlaagjes
	115	125	zand	zwak lemig met steentjes
ETH_11	mv:	9.15		
	0	25	zand	humeus, bouwvoor
	25	35	zand	matig fijn met leemlaagjes en steentjes
	35	125	zand	matig fijn, zwak lemig
ETH_12	mv:	8.83		
	0	30	zand	humeus, bouwvoor
	30	90	veen	veraard, zandig
	90	105	leem	bruin
	105	125	zand	matig fijn / matig grof, ijzer houdend
ETH_13	mv:	9.10		
	0	30	zand / veen	moerig / veen bouwvoor
	30	80	zand	matig fijn / matig grof, ijzer houdend, steentjes
	80	90	leem	leem
	90	125	zand	zeer sterk lemig
ETH_14	mv:	9.47		
	0	40	zand	humeus, bouwvoor
	40	45	zand	matig fijn
	45	50	zand	matig grof
	50	52	leem	
	52	90	zand	matig fijn
	90	95	zand	zwak lemig
	95	125	zand	zeer grof
ETH_15	mv:	9.19		
	0	25	zand	humeus gemengd met schone zand, bouwvoor
	25	75	zand	matig fijn
	75	125	zand	matig grof / zeer grof met steentjes
ETH_16	mv:	8.80		
	0	10	zand	humeus, bouwvoor
	10	25	zand	humeus, zeer sterk lemig, bouwvoor
	25	35	zand	matig grof
	35	75	zand	grof, zwak lemig
	75	77	leem	grijs
	77	120	zand	sterk lemig met veen stukjes, grindjes en stukjes hout
	120	125	veen	
ETH_17	mv:	8.94		
	0	25	zand	humeus, sterk lemig, roest vlekjes, bouwvoor
	25	60	zand	matig fijn
	60	100	zand	matig fijn met enkel dunne leemlaagjes
ETH_18	mv:	9.41		
	0	10	zand	humeus, bouwvoor
	10	30	zand	matig humeus, vuil grijs/bruin, bouwvoor
	30	35	leem	
	35	50	zand	matig fijn, zwak lemig
	50	75	zand	matig fijn
	75	110	zand	matig grof, zwak lemig
	110	125	zand	matig fijn, zwak lemig
ETH_19	mv:	9.03		
	0	10	zand	humeus, bouwvoor
	10	20	zand	met leemlaagjes
	20	35	zand / leem	bont mengeling zand en leem
	35	50	leem	
	50	55	zand / leem	bont mengeling zand en leem
	55	70	leem	
	70	100	zand	matig grof, zwak lemig met roest vlekjes
	100	115	zand	zeer sterk lemig
	115	120	leem	venig
ETH_20	mv:	9.23		
	0	25	zand	humeus, sterk lemig zand, bouwvoor
	25	70	zand	matig fijn
	70	100	zand	matig grof, zwak lemig met steentjes
	100	125	zand	matig fijn

ETH_21	mv:	8.94		
	0	30	zand	humeus, lemig, onderin moerig, bouwvoor
	30	45	zand	matig grof met steentjes, zwak lemig
	45	50	zand	matig grof met dun leemlaagje
	50	60	zand	matig grof met steentjes, zwak lemig
	60	125	zand	matig grof, zwak lemig
ETH_22	mv:	9.16		
	0	15	zand	humeus, lemig, bouwvoor
	15	20	zand	humeus, moerig, bouwvoor
	20	45	zand	matig fijn
	45	90	zand	matig grof, zwak lemig met dunne leemlaagjes
	90	105	zand	matig fijn, zwak lemig
	105	115	leem	
	115	120	zand	matig fijn, zwak lemig
ETH_23	mv:	8.84		
	0	35	zand	humeus, lemig, bouwvoor
	35	45	klei	humeus
	45	50	zand	lemig
	50	125	zand	matig grof met grind, zwak lemigaf en toe een dun leemlaagje, houtresten
ETH_24	mv:	8.75		
	0	30	zand	humeus, lemig, bouwvoor
	30	50	zand	matig fijn
	50	110	zand	matig grof, vanaf 90 houtresten
	110	125	veen	veraard veen, droog, compact
ETH_25	mv:	8.82		
	0	30	zand	humeus, lemig met 1 cm dik grijs leemlaagje tussen 25-30, bouwvoor
	30	45	zand	matig grof, zwak lemig
	45	60	zand	matig fijn, zwak lemig
	60	115	zand	matig grof met steentjes, zwak lemig, vanaf 80cm houtresten
	115	125	veen	veraard veen, droog, compact
ETH_26	mv:	9.25		
	0	30	zand	humeus, lemig, bouwvoor
	30	45	zand	lemig
	45	115	zand	matig grof met grind, zwak lemig met af en toe een dun leemlaagje
	115	125	leem	
ETH_27	mv:	9.99		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	25	100	zand	matig fijn
	100	120	zand	matig fijn / matig grof
	120	125	zand	matig fijn, zwak lemig
ETH_28	mv:	9.28	geplagd? Plas/dras	
	0	25	zand	humeus, zwart moerig zand (bouwvoor)
	25	40	zand	moerig, zwak lemig
	40	50	veen	smeerbaar
	50	125	zand	matig grof met steentjes, zwak lemig
ETH_29	mv:	8.94		
	0	25	zand	humeus, lemig, bouwvoor
	25	60	zand	matig fijn, lemig tot sterk lemig
	60	80	zand	matig fijn, zwak lemig met af en toe een steentje
	80	115	zand	matig grof, zwak lemig, hout resten
	115	125	zand	matig fijn, lemig, steentjes
ETH_30	mv:	9.46		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, zwak lemig, bouwvoor
	25	60	zand	matig fijn, zwak lemig
	60	70	zand	matig fijn zand met dunne leemlaagjes
	70	110	zand	matig grof, leemlaagjes, houtresten
	110	125	zand	matig fijn, zeer zwak lemig
ETH_31	mv:	8.99		
	0	30	zand	humeus, matig fijn / matig grof, zwak lemig, geroerd banden met org. zand en lemige zand, bouwvoor
	30	65	zand	matig grof, met steentjes, zwak lemig
	65	95	zand	matig fijn / matig grof, zwak lemig
	95	125	zand	matig grof zand met aders van bruin leem en organische materiaal
ETH_32	mv:	9.84		
	0	35	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	35	80	zand	matig fijn, roest
	80	110	zand	matig fijn / matig grof met dunne leemlaagjes (< 1cm)
	110	125	zand	zoals boven maar lemigheid neemt toe, laagjes worden dikker

ETH_33	mv:	9.59		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	25	60	zand	matig fijn
	60	70	zand	matig fijn, zwak lemig
	70	80	zand	matig grof met stenen, zwak lemig
	80	95	zand	zeer grof, steentjes, zwak lemig
	95	125	zand	matig fijn / matig grof, zwak lemig
ETH_34	mv:	8.60	riet	
	0	70	zand	matig grof, grijs, lemig met vanaf 55cm laagjes bruin leem (geen bouwvoor)
	70	100	veen	veraard veen, bruin, compact, droog
	100	125	zand	matig grof met laagje veen op 120cm (1 cm dik)
ETH_35	mv:	9.18		
	0	15	zand	humeus, zwak lemig (bouwvoor)
	15	40	zand	matig fijn tot matig grof, met dunne leemlaagjes, zwak lemig
	40	95	zand	zeer grof met grindjes, dunne leemlaagjes, zwak lemig
	95	115	zand	bruin, compact, droog, zwak lemig
	115	125	veen	veraard, compact, sterk lemig
ETH_36	mv:	9.61		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, zwak lemig, bouwvoor
	25	60	zand	matig grof met steentjes
	60	125	zand	matig fijn tot matig grof
ETH_37	mv:	9.35		
	0	20	zand	matig fijn / matig grof, steentjes, zwak lemig, geen bouwvoor
	20	85	zand	matig grof met dunne leem laagjes
	85	95	zand	zeer sterk lemig
	95	100	zand	matig fijn
	100	110	leem	bruin
	110	125	zand	matig fijn
ETH_38	mv:	9.92		
	0	45	zand	zeer sterk humeus, matig fijn (bouwvoor)
	45	60	zand	matig fijn, zwak lemig
	60	80	zand	lemig
	80	105	zand	matig fijn
	105	120	zand	matig fijn met dunne leemlaagjes
	120	125	leem	met grind en steentjes
ETH_39	mv:	9.93		
	0	10	zand	humeusarm, donker grijs
	10	40	zand	humeus, mogelijk geroerd, bouwvoor
	40	70	veen	veraard veen
	70	95	zand	sterk moerig, humeus
	95	120	zand	matig fijn met enkele steentjes, licht bruin / geel
	120	125	zand	bruin lemig
ETH_40	mv:	10.54		
	0	30	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	30	70	zand	ijzerhoudend, boven in nog licht humeus, afnemend met diepte
	70	90	zand	lichter in kleur, minder ijzer
	90	100	zand	fijn, zwak lemig
	100	110	zand	matig fijn
	110	125	zand	matig fijn met dunne leemlaagjes
ETH_41	mv:	9.87		
	0	5	zand	zwak humeus, matig fijn, licht gekleurd, lemig
	5	25	zand	humeus, zwak lemig, bouwvoor
	25	35	zand	matig fijn, met dun leemlaagje
	35	40	zand	matig fijn
	40	60	zand	sterk lemig met ijzer en steentjes
	60	120	zand	sterk lemig met grind en steentjes
	120	125	leem / veen	sterk organisch
ETH_42	mv:	10.15		
	0	15	zand	matig humeus, matig fijn, zwak lemig, bouwvoor
	15	30	zand	matig grof, dun leem laagje
	30	65	zand	matig grof, roest, zwak lemig
	65	80	zand	matig grof, dun leem laagje
	80	120	zand	zwak lemig
	120	125	zand	grof zand met dun leemlaagje
ETH_43	mv:	9.40		
	0	30	zand	zwak humeus (bouwvoor)
	30	40	zand	matig fijn, zwak lemig
	40	125	zand	matig grof, steentjes, af en toe dun leemlaagje

ETH_44	mv:	9.26		
	0	25	zand	matig humeus, fijn, lemig, bouwvoor
	25	45	zand	matig fijn
	45	75	zand	matig grof / grind, zwak lemig, af en toe dun leem laagje
	75	125	zand	zeer grof, zwak lemig
ETH_45	mv:	9.79		
	0	30	zand	matig humeus, matig fijn, bouwvoor
	30	110	zand	matig fijn
	110	115	zand	matig fijn, zwak lemig
	115	125	zand	matig fijn
ETH_46	mv:	9.03		
	0	25	zand	matig humeus, lemig, bouwvoor
	25	45	zand	matig fijn, zwak lemig
	45	85	zand	matig grof, zwak lemig
	85	90	zand	matig fijn, zwak lemig, grijs
	90	125	leem	bruin, houtresten, organisch, stug
ETH_47	mv:	8.98		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, lemig, bouwvoor
	25	40	zand	matig fijn
	40	45	zand	matig fijn, leemlaagjes
	45	110	zand	matig grof tot zeer grof, grind, zwak lemig, houtresten
	110	125	zand	idem met meer hout
ETH_48	mv:	9.39		
	0	25	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	25	75	zand	matig fijn
	75	80	zand	matig fijn met dunne leemlaagjes
	80	110	zand	matig fijn / matig grof met steentjes, lemig
	110	125	zand	matig fijn / matig grof met steentjes, zwak lemig
ETH_49	mv:	9.47		
	0	30	zand	humeus, moerig, zwak lemig, bouwvoor
	30	50	zand	matig fijn, zwak lemig, licht bruin humeus inspoeling
	50	100	zand	matig fijn, leemarm
	100	110	zand	matig fijn, zwak lemig
	110	125	zand	matig grof, zwak lemig
ETH_50	mv:	8.98		
	0	15	zand	humeus, matig fijn, sterk lemig, bouwvoor
	15	35	zand	matig fijn / matig grof
	35	50	zand	sterk lemig, grijs
	50	90	zand	matig grof met grindjes, zwak lemig
	90	125	zand	matig fijn / matig grof, leemarm
ETH_51	mv:	8.88		
	0	35	zand	humeus, sterk lemig, bouwvoor
	35	45	zand	sterk lemig, licht grijs / oranje
	45	55	zand	matig grof, zwak lemig
	55	75	zand	zeer grof, zwak lemig
	75	120	zand	matig grof, leemarm
	120	125	leem	bruin met hout resten
ETH_52	mv:	9.20		
	0	30	zand	humeus, zwak lemig, bouwvoor
	30	50	zand	matig fijn, lemige bandjes, humeus inspoeling
	50	70	zand	matig fijn, leemarm, licht grijs
	70	80	zand	matig fijn met lemige laagjes
	80	90	zand	matig fijn, zwak lemig af en toe een grindje
	90	125	zand	matig grof tot zeer grof, zwak lemig met af en toe een leem laagje
ETH_53	mv:	9.44		
	0	30	zand	humeus, matig fijn, bouwvoor
	30	40	zand	matig fijn, humeus inspoeling
	40	50	zand	matig fijn, licht bruin / rood, inspoeling
	50	125	zand	matig fijn, licht bruin
ETH_54	mv:	8.82		
	0	30	zand	humeus, matig fijn, zwak lemig, bouwvoor
	30	40	zand	matig fijn, zwak lemig
	40	41	zand	humeus bandje
	41	80	zand	matig fijn
	80	100	leem	
	100	125	zand	matig grof met af en toe een leem laagje

ETH_55	mv:	8.72		
	0	25	zand	matig humeus, sterk lemig zand met een witte zand laagje er midden in, geploegd?, bouwvoor
	25	50	zand	matig fijn, zwak lemig met lemige laagjes van paar cm dik
	50	125	zand	matig grof to zeer groof met grindjes en enkele dunne leemlaages
ETH_56				
	0	35	zand	humeus, matig fijn, sterk lemig, bouwvoor
	35	120	zand	matig fijn, enkele grindje, zwak lemig met afwisseling dunlaagjes leem
ETH_57				
	0	35	zand	humeus, matig fijn, zwak lemig, bouwvoor
	35	70	zand	matig fijn
	70	90	zand	matig fijn, zwak lemig
	90	100	zand	matig fijn, sterk lemig
	100	120	zand	matig fijn, zwak lemig
ETH_58				
	0	35	zand	humeus, matig fijn, sterk lemig, ijzerrijk, roodbruin, bouwvoor
	35	45	zand	matig fijn, zwak lemig
	45	90	zand	grof met veel steentjes en grind in zwak lemig matrix
	90	120	zand	zelfde als hier boven met kleinere steentjes met heel fijn en nat matrix. Blijft niet in boor
ETH_59				
	0	40	zand	humeus, matig fijn, sterk lemig, bouwvoor
	40	65	zand	matig fijn, sterk lemig met onderin 2cm dik laagjes met steentjes
	65	75	zand	matig fijn
	75	120	zand	zeer grof met steentjes en matig fijn, zwak lemig matrix
ETH_60				
	0	37	zand	humeus, matig fijn, sterk lemig, bouwvoor
	37	65	zand	grof met steentjes in iets fijner matrix, zwak lemig, oranje bruin
	65	90	zand	matig fijn / matig grof , leemarm, iets lichter in kleur
	90	115	zand	matig fijn / matig grof , leemarm, weer iets lichter in kleur
	115	120	zand	matig fijn, zeer zwak lemig
ETH_61				
	0	15	zand	matig humeus, matig fijn, sterk lemig, roest vlekken, bouwvoor
	15	40	zand	matig fijn / matig grof met leem laagjes
	40	50	leem	bruin, zeer compact
	50	80	zand	matig fijn / matig grof steentjes in zwak lemig, fijn matrix
	80	100	zand	matig fijn / matig grof steentjes in zwak lemig, fijn matrix veel grote hout brokken
	100	120	zand	matig fijn / matig grof steentjes in zwak lemig, zeer fijn en nat matrix veel grote hout brokken
ETH_62				
	0	15	zand	matig humeus, matig fijn, sterk lemig, bouwvoor
	15	20	zand	matig fijn / matig grof, sterk lemig, wit
	20	35	zand	zeer sterk lemig, bruin met kleine steentjes
	35	120	zand	steentjes en grindjes in fijner matrix, sterk lemig afnemend in lemigheid met diepte

Boorbeschrijvingen veldonderzoek Empese en Tondense Heide

Boringen uitgevoerd op 24 januari 2017 door van 't Hullenaar

ETH_63	akker			
	0	25	zand	matig fijn, humeus
	25	35	zand	matig fijn, mix zwak humeus en humusarm, bont
	35	90	zand	matig fijn, beige
	90	120	zand	zeer fijn tot matig fijn, licht beige
ETH_64	akker			
	0	25	zand	zeer fijn, humeus
	25	30	zand	zeer fijn, zwak humeus (inspoeling), roestbruin
	30	45	zand	zeer fijn, sterk humeus (inspoeling)
	45	80	zand	zeer fijn, zwak humeus (inspoeling)
	80	95	zand	zeer fijn, zeer zwak humeus (inspoeling)
	95	120	zand	zeer fijn
ETH_65	grasland			
	0	25	zand	zeer fijn, humeus
	25	35	zand	zeer fijn, zwak humeus (inspoeling), roestbruin
	35	60	zand	zeer fijn, zeer zwak humeus (inspoeling), bruin
	60	80	zand	zeer fijn, beige
	80	120	zand	zeer fijn, zeer zwak lemig, licht beige
ETH_66	grasland			
	0	45	zand	humeus
	45	75	zand	matig fijn, zwak humeus (inspoeling)
	75	120	zand	zeer fijn, moerig / zeer sterk humeus met zwakke bijmenging humusarm zand
ETH_67	grasland			
	0	30	zand	sterk humeus, van 15-30 bijmenging matig fijn, humusarm zand
	30	40	zand	matig fijn
	40	70	zand	zeer fijn, sterk lemig, af en toe een grindje, roest, beige licht grijs
	70	80	zand	matig grof, zwak lemig, grindjes
	80	100	zand	zeer grof, licht beige grijs
	100	120	zand	zeer fijn, zeer zwak lemig, grijs
ETH_68	grasland			
	0	25	zand	humeus, zwak lemig
	25	50	zand	matig fijn, sterk lemig, sterke roest
	50	80	zand	zeer fijn, zwak lemig, roest
	80	115	zand	zeer fijn tot matig fijn
	115	125	veen	zeer sterk veraard, compact, lemig
ETH_69	grasland			
	0	25	zand	humeus, sterk lemig
	25	35	zand	zwak lemig, sterk roest
	35	100	zand	matig grof tot zeer grof
ETH_70	akker			
	0	30	zand	zeer fijn, zwak humeus
	30	55	zand	zeer fijn, mix zwak humeus / humusarm, bont, geploegd, roest
	55	65	zand	zeer fijn, roest, grindjes
	65	75	zand	zeer fijn, sterk lemig, grindjes, roest
	75	95	zand	zeer fijn, zwak lemig, roest
	95	120	zand	matig fijn
ETH_71	akker			
	0	30	zand	zeer fijn, matig fijn, humeus
	30	40	zand	zeer fijn, matig fijn, mix humeus en humusarm, bont, geploegd
	40	120	zand	zeer fijn, matig fijn, beige
ETH_72	akker			
	0	30	zand	zeer fijn, matig fijn, humeus
	30	40	zand	zeer fijn, matig fijn, mix humeus en humusarm, bont, geploegd
	40	100	zand	zeer fijn, matig fijn, beige
	100	120	zand	zeer fijn, zwak lemig, grindjes, lichtgrijs
ETH_73	akker			
	0	40	zand	matig fijn, humeus
	40	60	zand	matig fijn, beige
	60	65	zand	moerig / zeer sterk humeus
	65	75	zand	zeer fijn, beige
	75	80	zand	moerig / zeer sterk humeus
	80	120	zand	zeer fijn, zwak lemig, beige lichtgrijs

Bijlage 3 Rapport bodemchemisch onderzoek B-WARE

Bodemchemisch onderzoek Empese en Tondense Heide



Eindrapportage (inclusief aanvullende metingen)

Opdrachtgever: Natuurmonumenten • Projectnummer: PR-15.086 en PR-15.086A

Auteurs: Mark van Mullekom & Fons Smolders • Rapportnummer: RP-15.086A.17.34 • Datum: 10.05.2017

Titel rapport:
Bodemchemisch onderzoek Empese en Tondense Heide

Auteurs:
Mark van Mullekom & Fons Smolders

Opdrachtgever:
Natuurmonumenten

Rapportnummer: RP-15.086A.17.34

Contactgegevens:

Onderzoekcentrum B-WARE BV
Radboud Universiteit Nijmegen
Mercator III, Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen

Contactpersoon:
Mark van Mullekom
Tel: 024-2122204
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2017.

Inhoudsopgave

1. Aanleiding en doel van het onderzoek	7
1.1. Aanleiding en gebiedsbeschrijving	7
1.2. Doel van het onderzoek	8
2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	9
3. Veldwerkzaamheden en analyses	13
3.1. Veldwerkzaamheden	13
3.2. Analyses	16
4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden	17
4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte	17
4.2. Referentielocaties	19
4.3. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden	20
4.4. Aanvullende inrichtingsmaatregelen	29
5. Literatuur	33
Bijlage 1. Boorprofielen	35

1. Aanleiding en doel van het onderzoek

1.1. Aanleiding en gebiedsbeschrijving

De Empese Heide (noord) en Tondense Heide (zuid) liggen ten zuiden van Apeldoorn, tussen het Veluwemassief en de IJssel. De ondergrond bestaat uit grindhoudende grove zanden waarop oude en jonge dekzandruggen zijn afgezet met leemarm tot leemhoudend fijn zand (De Waal et al, 2011). De Empese en Tondense Heide zijn onderdeel van het Natura 2000-gebied Landgoederen Brummen en eigendom van Natuurmonumenten. Hydrologisch wordt het gebied gekenmerkt door lokale grondwatersystemen (lokale infiltratie en kwel) met op de laagst gelegen delen kwel van freatisch grondwater dat tot in of onder het maaiveld reikt. Dit freatische water is waarschijnlijk afkomstig uit infiltratie vanuit het gebied rond het Apeldoorns Kanaal (Jansen et al., 2008). Tot in de jaren '40 van de 20e eeuw kwamen zeer goed ontwikkelde blauwgraslanden voor in het gebied, waarin lager in de gradiënt van heide naar natte laagten soorten voorkwamen die typisch zijn voor gebufferde omstandigheden met basenrijke kwel, zoals parnassia, welriekende nachtorchis en moeraswespenorchis. Deze soorten zijn verdwenen, maar spaanse ruiter, blauwe knoop en kleine valeriaan komen nog steeds voor (Loeb, 2011). Enkele referentielocaties zijn bemonsterd in dit onderzoek.

In 2013/2014 is circa tweederde van het gebied al ingericht. In aansluiting hierop moet ook het resterende deel nog worden ingericht. Het betreft hierbij voormalige landbouwgronden in het noorden, noordoosten (langs de Veldbeek), de noordwestelijke lob (langs de Zilvense Beek), en enkele percelen in het zuidwesten (ruilgrond Grolleman en aangrenzende perceel). Uit eerdere onderzoeken is reeds voldoende bekend geworden over het ecohydrologisch functioneren van het gebied, en op basis hiervan zijn ook de juiste inrichtingsprincipes voor realisatie van het hier beoogde systeemherstel al bekend (Bell Hullenaar, 2015).



Figuur 1.1. Foto's van enkele om te vormen voormalige landbouwgronden.

Ecohydrologisch adviesbureau Bell Hullenaar voert in opdracht van Natuurmonumenten een onderzoek uit ten behoeve van een optimale inrichting van het resterende deel. Onderzoekcentrum B-WARE heeft in het kader hiervan een bodemchemisch onderzoek uitgevoerd naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op de voormalige landbouwgronden. Vanwege de vroegere intensieve bemesting is de toplaag van de bodem in deze resterende deelgebieden naar verwachting verrijkt met fosfaat. Om herstel / ontwikkeling van waardevolle, schrale

natuurtypen (met name nat schraalland) mogelijk te maken dient effectieve verschraling van de bodem plaats te vinden. Om af te leiden op welke wijze de bodem het best kan worden verschraald (maaïen & afvoeren, uitmijnen of ontgraven van de fosfaatrijke toplaag) is dit bodemchemisch onderzoek uitgevoerd.

Naast de bodemchemie en het bodemtype zijn ook de grondwaterkwaliteit en (variatie in) grondwaterstanden van invloed op de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze (geo)hydrologische aspecten maken geen (of in onvoldoende mate) onderdeel uit van dit bodemchemisch onderzoek maar worden door Bell Hullenaar geïntegreerd in het uiteindelijke advies. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de fosfaattoestand en de kansrijkdom qua bodemchemie. Een ontgronding kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. De hoogteligging en bodemopbouw spelen hierbij een belangrijke rol.

Omdat voor het beoogde systeemherstel een goede opbolling van de grondwaterspiegel in de dekzandruggen moet kunnen plaatsvinden zal hier helemaal niet worden geplagd. In de lage delen mag bij eventuele ontgraving niet de complete lemige toplaag wordt verwijderd, want dat zou ten koste gaan van de bufferende eigenschappen van de bodem. Indien er (plaatselijk) sprake is van de aanwezigheid van een dikke antropogeen beïnvloede toplaag / bouwvoor, dan kan dat juist weer een aanleiding vormen om wat dieper te plaggen (Bell Hullenaar, 2015). Bell Hullenaar zal de resultaten van het bodemonderzoek integreren met de genoemde aspecten en de meest geschikte inrichtingsmaatregelen vaststellen voor het toekomstig natuurlijke overloopsysteem. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

1.2. Doel van het onderzoek

Door middel van het bodemchemisch onderzoek zijn de potenties van de (voormalige) landbouwgronden in kaart gebracht. De volgende vragen worden beantwoord:

- 1) Wat zijn de P-concentraties in de toplaag van de voormalige landbouwgronden en hoe lang duurt het om deze te verschrallen door middel van maaïen en afvoeren?
- 2) Tot op welke diepte is de bodem van de voormalige landbouwgronden verrijkt met fosfor, wat is de geadviseerde ontgrondingsdiepte?
- 3) Wat zijn de bodemchemische omstandigheden op de referentielocaties?
- 4) Welke natuurplemities zijn er op de voormalige landbouwgronden basis van de bodemchemie?
- 5) Welke aanvullende inrichtingsmaatregelen worden aanbevolen bij de omvorming van voormalige landbouwgronden naar soortenrijke, voedselarme natuurbeheertypen?

2. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

De bodem is geen statische entiteit. Bodembiota hebben een belangrijke invloed op de bodemstructuur, humusopbouw, vorming van bodemhorizonten en nutriëntenbeschikbaarheid. De abiotische bodemcondities zijn in belangrijke mate sturend voor de vegetatie. Ze zijn relatief eenvoudig te meten en te interpreteren en worden dan ook vaak gebruikt om veranderingen in de vegetatiesamenstelling te begrijpen en beheers- of herstelmaatregelen op te stellen in het kader van bijvoorbeeld natuurontwikkelingsprojecten.

Als gevolg van het zeer intensieve gebruik van het agrarisch gebied in Nederland levert de omvorming van voormalige landbouwgronden tot voedselarme (natte) natuurgebieden vaak problemen op. Wanneer gestreefd wordt naar de ontwikkeling van natuurbeheertypen als nat schraalland (N10-01) of vochtig hooiland (N10-02) is een (matig) voedselarm milieu vereist. Wanneer er in de bodem een overmaat is aan alle voedingstoffen gaan enkele snelgroeiende soorten (Gestreepte witbol, Gewoon struisgras, Akkerdistel, Witte klaver of Engels raaigras) overheersen en ontstaat een ruigtevegetatie. In vochtige tot natte P-rijke terreindelen treedt vaak massale groei van Pitrus of algenbloei op (figuur 2.1 en figuur 2.2).



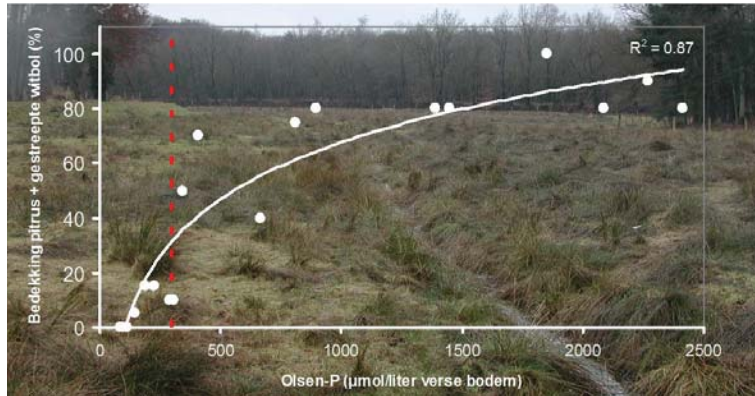
Figuur 2.1. Pitrusontwikkeling en verruiging op (natte) voormalige landbouwgronden na het onvoldoende verwijderen van de fosfaatrijke grond. Foto's: Maarten Veldhuis en Mark van Mullekom.

De kansen op een goede natuurontwikkeling (en het vóórkomen van doelsoorten) op voormalige landbouwgronden, wordt sterk bepaald door de beschikbaarheid van fosfor (P) in de bodem. In dit onderzoek zijn twee fosfaatconcentraties leidend: de totaal-P concentratie (totale hoeveelheid fosfor in de bodem) en de Olsen-P concentratie (de voor planten beschikbare hoeveelheid fosfor). Welke natuurbeheertypen zich kunnen ontwikkelen is echter niet alleen afhankelijk van de fosfaatconcentraties maar ook, onder andere, van de pH en de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater.

Een bruikbare grenswaarde voor P-deficiëntie van bodems is een Olsen-P concentratie van 200-350 micromol P per liter verse bodem (figuur 2.2). Deze concentraties worden over het algemeen gemeten in soortenrijke vegetatietypen van voedselarme gronden. De Olsen-P concentraties in de toplaag van landbouwgronden liggen meestal echter ver boven de vereiste niveaus.

Daarnaast zijn de totaal-P concentraties van de bodems van belang. Uit de totale fosfaatvoorraad kan door bodemprocessen weer P vrijkomen in de plantbeschikbare P-fractie. IJzerrijke bodems en kleibodems zijn van nature vaak relatief rijk aan totaal-P. Dergelijke bodems binden namelijk zeer goed fosfaat. Aangezien het fosfaat ook voor een groot deel wordt geïmmobiliseerd, kan op dit soort bodems de P-beschikbaarheid toch relatief laag blijven. Wel zullen dan veelal wat

minder schrale graslandtypen kunnen worden ontwikkeld, zoals Dotterbloemhooilanden, Glanshaverhooilanden en Kamgrasweiden. Voor dit soort vegetatietype kan een Olsen-P grenswaarde worden gehanteerd van ± 500 -1000 micromol per liter verse bodem.



Figuur 2.2. Relatie tussen de concentratie Olsen-P in de bodem en de bedekking van ruigtesoorten Pitrus en Witbol (Smolders et al., 2008).

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland. ‘Kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er eigenlijk geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. In dit onderzoek wordt gerekend met een indicatieve Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500 $\mu\text{mol/l}$. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is.

Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is er een overmaat aan nutriënten aanwezig in de bodem. Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af. Voor de fosfaatbeschikbaarheid gaat dit niet op omdat dit in de bodem sterk wordt gebonden. Hiervoor is specifieke verschraling vereist. Het afvoeren van nutriënten via het gewas gaat echter langzaam, omdat slechts een klein deel van de drogestof uit N, P of K bestaat. Verschraling van voormalige landbouwgronde door middel van maaien en afvoeren (P-afvoer 10 kg/ha/jr) duurt veelal tientallen tot honderden jaren. Dit neemt echter niet weg dat het goed kan worden toegepast om, eventueel in combinatie met andere maatregelen, fosfaat af te voeren. Daarnaast voorkomt maaien het ontwikkelen van bomen en struiken. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jr): een ‘natuurvriendelijke’ vorm van het voeren van intensieve landbouw met een productieve zode (inclusief stikstof en kalibemesting) of met een grasklavermengsel (inclusief kalibemesting) de P-afvoer worden vergroot. Een mogelijk nadeel van verschrallingsbeheer is dat doorgaans slechts de bovenste 25(-30) cm van de bodem wordt verschraald wat een probleem kan zijn in grondwatergevoede systemen met een relatief dikke (>40 cm) voedselrijke bouwvoor. Door middel van uitmijnen kan fosfaat ongeveer vier keer zo snel aan de bodem worden onttrokken.

Inzet van grazers in weiden en halfopen landschappen voorkomt het dichtgroeien waardoor variatie in het gebied ontstaat. Begrazing van natte terreinen waarin zich Pitrus heeft gevestigd, lijkt vaak een averechts effect te hebben, omdat de meeste grazers nauwelijks Pitrus eten. Door

betreding ontstaan bovendien open plekken in de vegetatie waar Pitrus weer kan kiemen en de dominantie hiervan juist toeneemt. De netto afvoer van nutriënten door middel van begrazen is echter beperkt. Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag daarom in veel gevallen een geschikt alternatief. De ontgrondingsdiepte kan worden bepaald door op verschillende diepten de Olsen-P en totaal-P concentratie te meten. Deze maatregel dient te worden getoetst op de inpasbaarheid in het hydrologische systeem.

Na ontgroning wordt het introduceren van doelsoorten (vers maaisel/plagsel) uit lokale referentiegebieden geadviseerd. Zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich namelijk doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op de vaak sterk ontwaterde en sterk bemeste voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

In grondwatergevoede systemen is de grondwaterinvloed en -kwaliteit van belang. Het grondwater dient globaal van oktober tot april uit te treden aan maaiveld of via capillaire opstijging de wortelzone te bereiken. De periode die nodig is om de basenvoorraad 'op te laden' in de winter is afhankelijk van de basenrijkdom (hardheid) van het water. Tijdens de lichte verdroging in de zomer moet de basenvoorraad namelijk voldoende zijn om een al te grote verzuring door oxidatie te voorkomen.

Indien (her)vernatting van grondwatergevoede systemen plaatsvindt, door maaiveldverlaging of bijvoorbeeld het dempen van ontwateringssloten, is het van belang dat voldoende doorstroming plaatsvindt. Stagnatie van water kan leiden tot het vrijkomen van fosfor en ongewenste verruiging. Dit wordt versterkt onder sulfaatrijke omstandigheden. Afvoer vindt, indien mogelijk, bij voorkeur plaats via het bestaande reliëf. Daarnaast is het van belang om een natuurlijk peilbeheer te hanteren met wisselende waterstanden. Droogval van de toplaag in de zomermaanden is vaak essentieel voor de immobilisatie van fosfaat en de vegetatieontwikkeling. Het vrijkomen van fosfaat gaat onder natte omstandigheden sneller bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen.

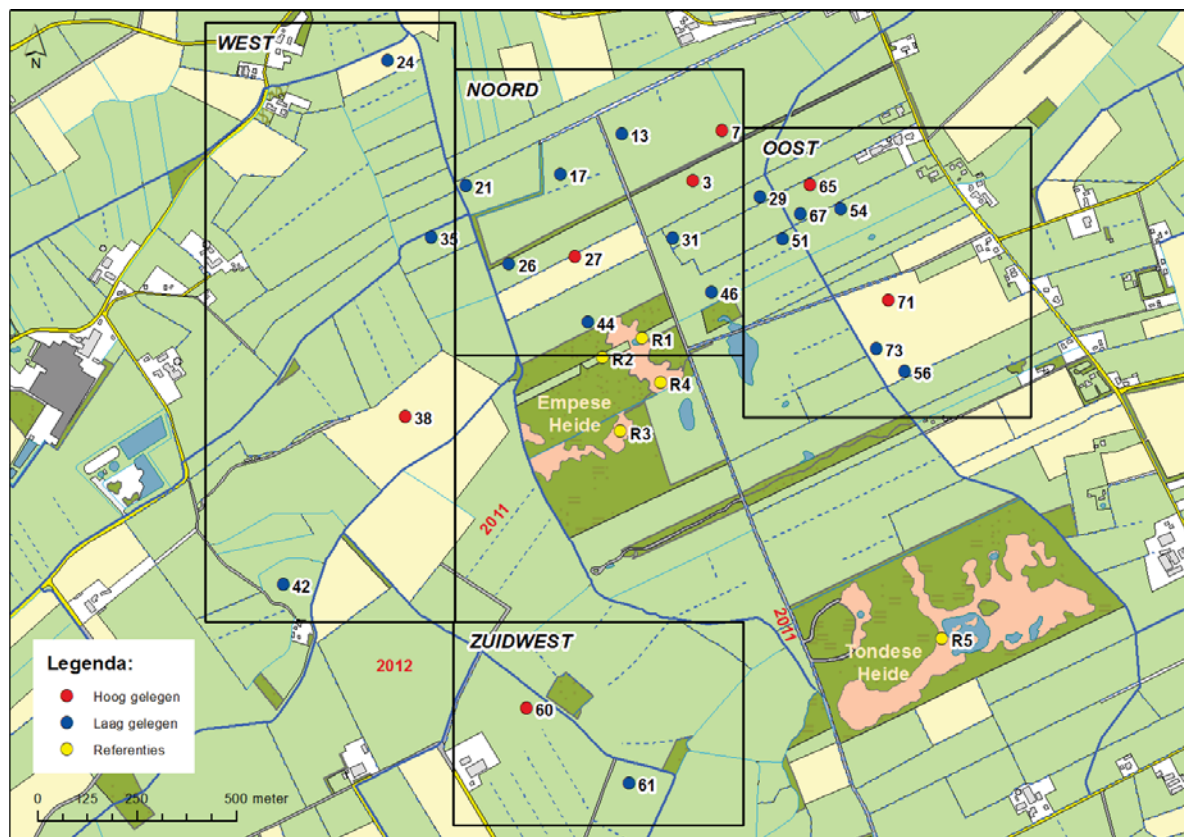
3. Veldwerkzaamheden en analyses

3.1. Veldwerkzaamheden

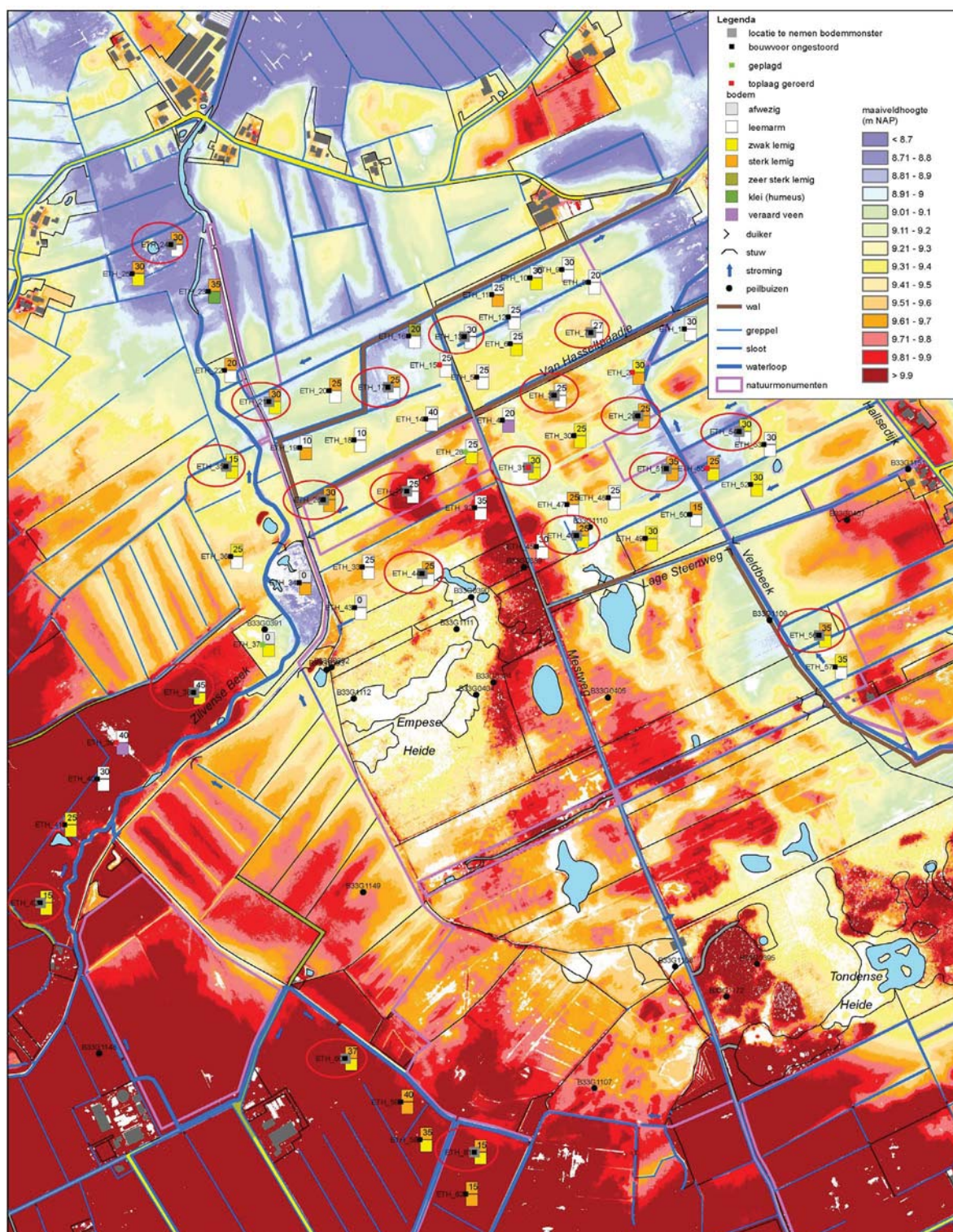
Door Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar werden 20 monsterlocaties vastgesteld, gelegen in laagtes (15 locaties) of op een hoge kop (5 locaties) in het landschap, verspreid over vier deelgebieden. Op 29 september 2015 werden door dhr. Jan Vermeer van Het Veldwerkbureau 81 bodemonsters verzameld waarbij per locatie op circa 4 dieptes werd bemonsterd. De monsterdieptes waren afhankelijk van de boorprofielen. Uitgangspunt was de volgende bemonsteringsstrategie:

- 0-15 cm-mv (toplaag bouwvoor);
- 15-25 cm-mv (onderkant bouwvoor);
- 25-35 cm-mv (0-10 cm onder bouwvoor);
- 35-45 cm-mv (10-20 cm onder bouwvoor);

Op 10 februari 2017 werden 18 extra bodemonsters op 4 locaties (63, 65, 71 en 73) verzameld waarbij per locatie op 4-5 dieptes werd bemonsterd conform de oorspronkelijke strategie. Lokaal is op basis van de aangetroffen bodemprofielen afgeweken van deze dieptes of een extra bodemonster verzameld. De 24 monsterlocaties worden gegeven in figuur 3.1 en 3.2 (op een hoogtekaart).



Figuur 3.1. Overzicht van de 24 monsterlocaties in de vier verschillende deelgebieden en de 5 referentielocaties. **2011** en **2012** = onderzoeklocaties Loeb (2011) en Loeb (2012).



Figuur 3.2. Hoogtekaart van het onderzoeksgebied met een overzicht van de monsterlocaties (rood omcirkeld) op een hoogtekaart (exclusief de 4 aanvullende monsterlocaties in 2017). Bron: Bell Hullenaar.

Als aanvulling op het onderzoek werden op 13 oktober 2015 door B-WARE bodemonsters verzameld van de toplaag (0-15 cm) op, door Ellen ter Stege (Natuurmonumenten) doorgegeven, goed ontwikkelde plekken in de Empese en Tondense Heide (figuur 3.1 en 3.3).



R1



R2



R3



R4



R5

Figuur 3.3. Foto's van de referentielocaties waarbij: R1: schraalland met o.a. blauwe zegge en blauwe knoop. R2: schraalland met o.a. blauwe zegge en kale jonker. R3: schraalland met o.a. Spaanse ruiter en draadzegge. R4: heide met o.a. struikheide, dopheide, pijpenstrootje. R5: natte zone met o.a. Spaanse ruiter en kleine valerian(?).

3.2. Analyses

De volgende analyses werden uitgevoerd op het laboratorium van Onderzoekcentrum B-WARE:

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal per monster af te wegen in aluminium bakjes en gedurende minimaal 48 uur te drogen in een stoof bij 60 °C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal terug gewogen en het vochtverlies berekend. Dit alles werd in duplo uitgevoerd. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal per monster, na het drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Na het uitgloeien van de monsters werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt in dit type bodems goed overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Olsenextractie

Het Olsen-extract werd uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid plantbeschikbaar fosfaat. Hiervoor werd 3 gram droog bodemmateriaal met 60 ml Olsen-extract (0,5 M NaHCO₃ bij pH 8,4) gedurende 30 minuten uitgeschud op een schudmachine bij 105 r.p.m. Het extract werd vervolgens geanalyseerd op een ICP.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bijna alle elementen in het bodemmateriaal te bepalen. Dit werd uitgevoerd door het bodemmateriaal na het drogen op 60 °C te vermalen. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂ 30%) toegevoegd en de vaatjes werden geplaatst in een destructie-magnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes. Na destructie werden de monsters overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q water. De destruatens werden vervolgens geanalyseerd op een ICP.

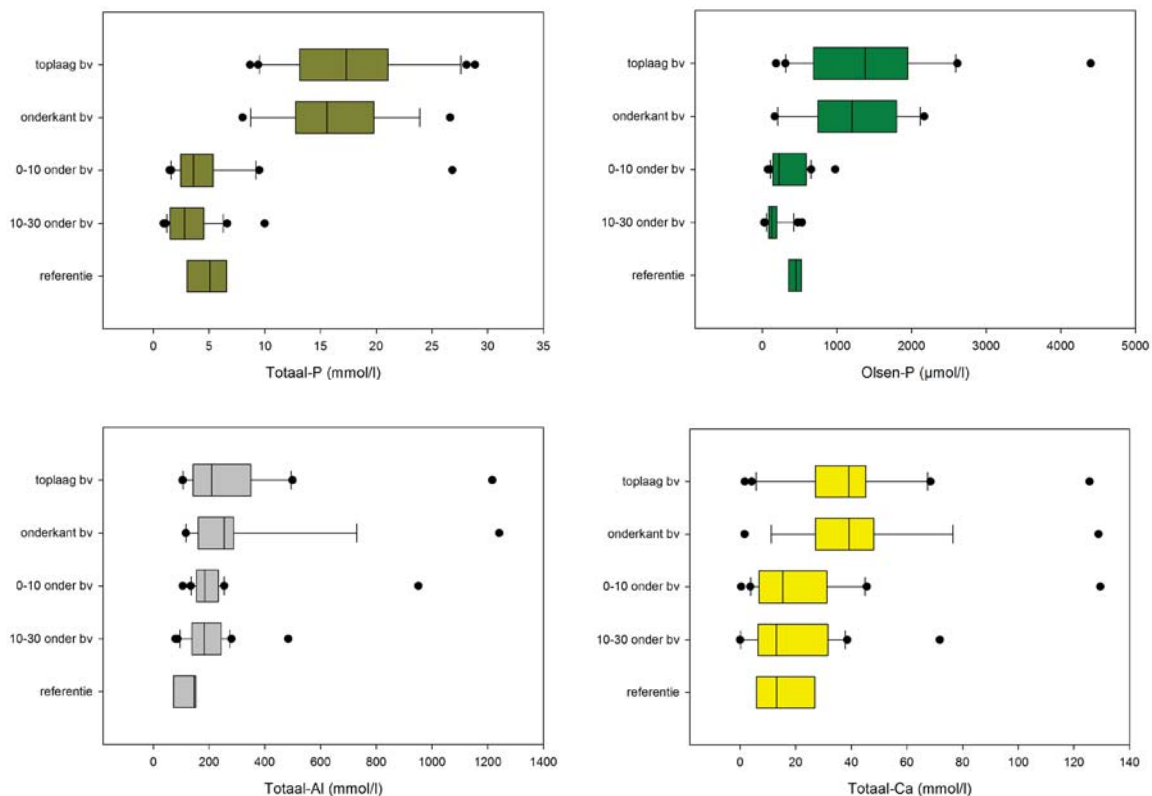
Elementenanalyse

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S), silicium (Si) en zink (Zn) in bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, IRIS Intrepid II XDL).

4. Natuurontwikkelingsmogelijkheden per deelgebied

4.1. Algemene bodemchemie en trends in de diepte

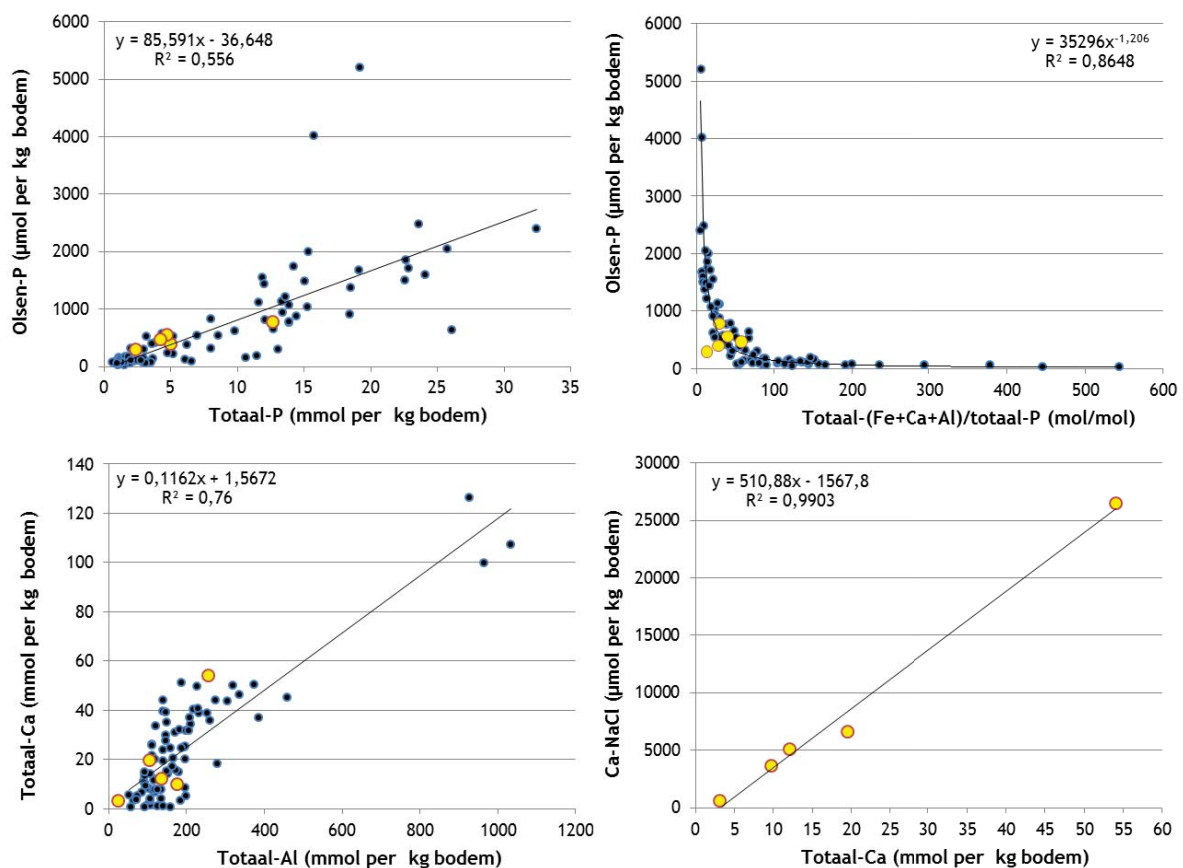
Een lage fosfaatbeschikbaarheid biedt, zoals beschreven in hoofdstuk 2, goede kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke, voedselarme natuur. Als gevolg van het landbouwkundig gebruik is de P-beschikbaarheid voor planten (fors) hoger in de bouwvoor ($\pm 1000\text{--}2500\text{ }\mu\text{mol/l}$; figuur 4.1). De Olsen-P streefconcentratie is ($<$) $350\text{ }\mu\text{mol/l}$ onder de bouwvoor. Onder calcium- en ijzerarme tot matig calcium- en ijzerhoudende omstandigheden is de totaal-P streefconcentratie ($<$) $3\text{--}5\text{ mmol/l}$. Zowel de totaal-P concentraties als de Olsen-P concentraties nemen af onder de bouwvoor (figuur 4.1). De aluminiumconcentratie is indicatief voor de lutumconcentratie van de bodem. In de meer lemige bouwvoor zijn de totaal-aluminium concentraties iets hoger in vergelijking met de bodem onder de bouwvoor. De totaal-calciumconcentraties zijn hoger in de meer lemige bouwvoor (figuur 4.1) en de totaal-Ca concentratie correleert redelijk met de totaal-Al concentratie (figuur 4.2 linksonder), en bijvoorbeeld niet met het percentage organische stof of de totaal-P en Olsen-P concentratie (niet weergegeven). Een andere verklaring voor de hogere totaal-calciumconcentraties in de bouwvoor is de bekalking tijdens het landbouwkundig gebruik om de pH van de bodem, en daarmee de opbrengst, te optimaliseren. De buffering van de bodem daalt over het algemeen sterk bij totaal-calciumconcentraties lager dan 20 mmol/l verse bodem.



Figuur 4.1. Boxplots van de totaal-P, Olsen-P, totaal-Al en totaal-Ca concentratie (data 2015) uitgedrukt per liter bodem. De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

In figuur 4.2 (linksboven) zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de bodems tegen elkaar uitgezet. De spreiding is relatief groot wat duidt op een grote variatie in de beschikbare fosfaatfractie. Dit kan worden veroorzaakt door het verschil in grondgebruik (bemestingsintensiteit), bodemtype en door het verschil in bodemchemie (sterke variatie in ijzer- of calciumconcentraties).

De Olsen-P concentratie wordt echter niet alleen bepaald door de totaal-P concentratie van de bodem. Het fosfor kan aan ijzer gebonden zijn in de bodem, maar ook aan calcium of aluminium. Fosfor wordt in bodems zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaërobe condities) en FePO_4 onder aërobe condities. Voor de P-immobiliserende werking van calcium is de vorming van relatief slecht oplosbare calciumfosfaat complexen verantwoordelijk. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook klei (aluminium is indicatief voor het lutumpercentage) is een sterke P-binder.



Figuur 4.2. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische parameters (data 2015).

De calcium-, aluminium en ijzerconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat beïnvloeden. In figuur 4.2 (rechtsboven) wordt deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium (hoge totaal (Fe+Ca+Al)/totaal-P ratio) blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag. Dit proces wordt versterkt op locaties waar sprake is van ijzer- en calciumrijk kwelwater.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat

is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid uitwisselbare kationen. De aluminium- en calciumconcentraties in het zoutextract geven dan ook een beeld van de buffercapaciteit van de bodem. De concentratie zoutuitwisselbaar calcium (Ca-NaCl) is één van de geschikte parameters voor het vaststellen van de natuurdoeltypen die tot ontwikkeling kunnen komen.

Een zoutextractie maakte echter geen onderdeel uit van de opdracht. Op de vijf referentielocaties is op eigen initiatief van B-WARE echter wel een zoutextractie uitgevoerd. De concentraties uitwisselbaar calcium in het zoutextract blijken sterk te correleren met de totaalcalcium concentraties (figuur 4.2, rechtsonder). Met behulp van deze correlatie zijn concentraties uitwisselbaar calcium berekend (let op: dit is zeer indicatief) in de bodems uit de voormalige landbouwgronden om de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen beter te kunnen duiden.

In paragraaf 4.3 wordt per locatie toegelicht in hoeverre het afgraven van de fosfaatrijke toplaag consequenties heeft voor de mate van buffering en de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Daarnaast wordt de verschrallingsduur van de fosfaatrijke toplaag vermeld.

4.2. Referentielocaties

De resultaten van de referentiemetingen worden gegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1. Overzicht bodemchemie op de referentieslocaties waarbij OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem, -z = concentratie ($\mu\text{mol/l}$) en pH in een zoutextractie (NaCl). BV = indicatieve basenverzadiging.

Nr	Vegetatie	Bodemtype	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	pH-z	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	P-z	NO ₃	NH ₄	BV
R1	blauw e zegge, blauw e knoop	Venig, lemig, zw art zand	6,2	26	1,2	456	5,8	121	23	20	5	6	12	4,7	608	7692	0,1	88	0,7	20	229	86
R2	blauw e knoop, kale jonker	Humeus, lemig, zw . zand	6,6	29	1,1	600	5,1	146	13	44	5	8	12	4,3	1690	5510	0,3	113	0,4	12	288	67
R3	Spaanse ruiter, draadzegge	Humeus, zw art zand	9,1	37	0,9	419	3,8	156	9	54	4	8	13	4,2	1610	3284	0,5	93	0,0	8	224	50
R4	struikheide, dopheide	Grijs/zw art zand	6,6	17	1,0	285	2,3	24	3	4	3	1	4	3,4	2282	596	3,8	422	1,8	4	83	20
R5	Spaanse ruiter, kleine valeriaan	Zandig veen	22,1	54	0,6	450	7,3	147	31	34	4	7	29	4,3	268	15242	0,0	29	0,5	6	147	96
gemiddeld						442	4,9											0,7	10	194		

De referentielocaties worden gekenmerkt door een gemiddelde Olsen-P concentratie van 442 $\mu\text{mol/l}$ en een gemiddelde totaal-P van 4,9 mmol/l. Ook de labiele P-fractie is laag: P-z <1 $\mu\text{mol/l}$. Dit bevestigt de noodzaak voor het verlagen van de P-concentraties voor de ontwikkeling van soortenrijke P-gelimiteerde natuur op de voormalige landbouwgronden. De locatie met dopheide en struikheide is, zoals verwacht, zeer zuur: tot-Ca 3 mmol/l, Ca-z: 596 $\mu\text{mol/l}$, pH-z: 3,4 en een basenverzadiging van 20%. De schraallanden in de Empese Heide (R1-R3) zijn zwak gebufferd met een totaal calcium concentratie van 9-23 mmol/l en $\pm 3300-7700$ $\mu\text{mol/l}$ en zwak-matig ijzerhoudend (20-54 mmol/l). Op de relatief zure locatie R3, waar massaal Spaanse ruiter groeit, zijn de pH-z (4,2) en de Al/Ca-ratio (0,5) vooralsnog gunstig, maar lijkt daarmee kwetsbaar voor verdere verzuring. Het schraalland in de Tondense Heide (R5) is sterker gebufferd (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z 15242 $\mu\text{mol/l}$) en zwak-matig ijzerhoudend (34 mmol/l).

In dit onderzoek wordt standaard gerekend met een Olsen-P streefconcentratie van (<)300-500 μmol per liter bodem. Dit is een reële streefconcentratie voor droge heide, natte heide, heischraal grasland en blauwgrasland. Onder zeer ijzer- en/of calciumrijke omstandigheden kan een hogere Olsen-P streefconcentratie van 500 of 800 μmol per liter bodem acceptabel zijn voor de ontwikkeling van een blauwgrasland, veldrusschraalland of dotterbloemhooiland.

4.3. Natuurpotenties van de voormalige landbouwgronden

Per deelgebied worden per monsterlocatie (zowel laagtes als hoge koppen) in een tabel de belangrijkste abiotische factoren kort toegelicht, waarbij de Ca-z concentratie werd berekend op basis van de correlatie uit figuur 4.2 (rechtsonder). De grondsoort en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van >20 mmol/l en een Ca-NaCl concentratie van meer dan 4000-5000 $\mu\text{mol/l}$ zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (zwak) gebufferde natuurtypen. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t < 10 mmol/l en Ca-z $< 3000/4000$ $\mu\text{mol/l}$). Op matig calciumhoudende bodems (Ca-tot >10 mmol/l en Ca-z 3000/4000-8000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8000-25000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: > 20000 -50000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodemchemie. Een ontgroning kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het hydrologische systeem. Per deelgebied wordt dan ook rekening gehouden met de bevindingen van Bell Hullenaar. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. De beschikbare gegevens vormen een basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

In de tabellen zijn onder andere de fosfaatconcentraties opgenomen (Olsen-P en totaal-P). Op basis van de verhouding tussen de Olsen-P en P-totaal concentratie (beschikbare P-fractie) is een P-totaal streefconcentratie berekend (deze varieert op basis van de P-beschikbaarheid die beïnvloed wordt door o.a. de lemigheid, ijzer- en calciumconcentraties van de bodem). Op basis van het verschil tussen de streefconcentratie en de actuele totaal-P concentratie is per bemonsterde laag een verschralingsduur berekend bij traditioneel beheer van maaien en afvoeren (P-afvoer: 10 kg/ha/jr). Gericht uitmijnen met N en/of K bemesting (P-afvoer: 40 kg/ha/jr) gaat vier keer zo snel. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte dienen, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket van 25(-30) cm bij elkaar te worden opgeteld. Wanneer wordt ingezet op verschraling van een fosfaatrijke toplaag is het belangrijk om te realiseren dat vernatting van een fosfaatrijke toplaag kan leiden tot P-mobilisatie en verruiging in de vorm van pitrusontwikkeling. Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa (1200-)1500 $\mu\text{mol/l}$. Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: 'kruidenrijk grasland' is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele

P-fractie voldoende laag is ($P-z < 1$). Uit lopend onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is.

Deze indicatieve arceringen in tabel 4.1-4.4 horen bij de volgende klassen:

org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	Maaien en afvoeren (jaren)	
%	mmol/l	mmol/l	μmol/l	mmol/l	0	voldoende P-arm
<5	<150	<10	<4000	<20	<10	kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
6-10	151-250	11-20	4001-8000	21-50	11-40	matig kansrijk voor vershraling door middel van maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	51-100	41-80	kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
26-50	401-750	31-50	15001-25000	101-150	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor vershraling door middel van uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	151-300	201-400	ongeschikt voor vershraling I
		>80	>40000	>300	>400	ongeschikt voor vershraling II

DEELGEBIED WEST

Tabel 4.2. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'west'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). M3 = indicatieve vershralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 μmol/l (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 μmol/l.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
24	55	75	20	0-15	Zand, bv	-	Apx	5	21	1,1	1180	17,4	0,07	265	44	20755	121	9	9,6	16,6	13,7	61	47
				15-25	Zand, bv	-	Apx	5	20	1,1	933	15,4	0,06	278	38	17729	142	12	8,4	17,5	11,3	33	22
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	589	5,6	0,11	134	16	5857	72	16	9,0	12,5	3,8	8	3
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	475	3,1	0,16	80	8	1900	51	19	5,8	9,5	2,1	0	0
35	55	75	25	0-15	Zandig leem, bv	x	Ap	8	24	1,0	309	13,3	0,02	380	51	24518	189	18	4,4	19,8	15,7	2	0
				15-25	Zandig leem, bv	x	Ap	6	20	1,3	167	8,0	0,02	602	59	28016	188	31	10,1	30,3	14,0	0	0
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	12	1,6	206	4,7	0,04	234	22	8620	75	21	4,2	17,5	6,2	0	0
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	13	1,7	121	4,8	0,03	177	23	9372	53	16	5,6	19,4	5,1	0	0
38	70	130	40	0-20	Zand, bv	x	Ap	7	16	1,0	1496	15,3	0,10	112	26	11896	44	5	1,4	5,3	8,4	76	64
				20-40	Zand, bv	x	Ap	6	16	1,0	1279	14,3	0,09	117	27	12020	48	5	1,5	5,0	8,7	68	54
				40-50	Zand	x	Ce	1	10	1,6	114	1,5	0,08	170	5	<100	55	41	7,1	17,2	1,6	0	0
				50-60	Zandig leem	x	C	2	13	1,7	34	2,7	0,01	484	32	13398	674	264	28,9	45,3	1,6	0	0
42	65	100	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	16	1,1	1552	13,1	0,12	147	4	451	66	5	4,8	7,6	9,5	63	55
				20-30	Zand, lemig	x	C	1	10	1,5	147	3,7	0,04	158	6	632	340	94	7,2	14,0	1,7	0	0
				30-40	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	85	4,8	0,02	183	10	2735	600	128	10,2	16,3	1,8	0	0
				40-50	Zand, lemig	x	C	1	12	1,5	139	10,0	0,01	113	8	1492	599	61	6,0	11,2	1,1	0	0

24.

De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P 15-17 mmol/l en Olsen-P 933-1180 μmol/l). Vershraling tot een blauwgrasland (Ca-t 38-44 mmol/l en Ca-z ±18000-21000 μmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 μmol/l vereist circa 70 jaar maaien en afvoeren of 15-20 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven (en een deel van de lemige, aluminium-, calcium, en ijzerhoudende toplaag wordt behouden) is 25 jaar maaien en afvoeren of 6 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem minder lemig maar relatief P-arm (totaal-P 6 mmol/l en Olsen-P 589 μmol/l) en, mogelijk in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren, geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 16 mmol/l, Ca-z ±6000 μmol/l). Vanaf 35 cm is de relatief calciumarme bodem (Ca-t 8 mmol/l en Ca-z ±2000 μmol/l) P-arm (totaal-P 3 mmol/l en Olsen-P 475 μmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van (natte) heide of een (zuur) heischraal grasland.

35.

De lemige, ijzerrijke (± 190 mmol/l), calciumhoudende (Ca-t: 51-59 mmol/l en Ca-z ± 25000 -28000 $\mu\text{mol/l}$) bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 13 mmol/l op 0-15 cm en 8 mmol/l op 15-25 cm-mv) maar de P-beschikbaarheid voor planten is laag (< 350 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland volstaat in principe het verwijderen van de zode (5-10 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Vanaf 25 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 5 mmol/l en Olsen-P 206 $\mu\text{mol/l}$), minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

38.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 40 cm verrijkt met fosfaat (totaal-P 14-15 mmol/l en Olsen-P 1279-1496 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een droog heischraal grasland (Ca-t 26-27 mmol/l en Ca-z ± 12000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 110-150 jaar maaien en afvoeren (of 25-35 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschralingsduur van 55-70 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Op 40 cm-mv is de bodem calciumarm (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z < 100 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor heideontwikkeling. Op 50-60 cm-mv is een ijzerrijk (674 mmol/l), calciumhoudend (Ca-t 32 mmol/l en Ca-z ± 14000 $\mu\text{mol/l}$) leemlaagje aangetroffen. Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie. Hiervoor is de toplaag van de bodem in principe geschikt.

42.

De bouwvoor van 20 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 13 mmol/l en Olsen-P 1552 $\mu\text{mol/l}$). De bodem is calciumarm (Ca-t 4 mmol/l en Ca-z ± 450 $\mu\text{mol/l}$), matig ijzerhoudend (66 mmol/l) en na 55 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen geschikt voor heideontwikkeling. Op 20-30 cm-mv is de bodem niet alleen P-arm (P-t 4 mmol/l en Olsen-P 147 $\mu\text{mol/l}$) maar ook zeer ijzerrijk (340 mmol/l). Onder calciumarme omstandigheden (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 632 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een natte heide voor de hand. Vanaf 30-50 cm-mv is bodem nog rijker aan ijzer (600 mmol/l) en iets rijker aan calcium (Ca-t 8-10 mmol/l en Ca-z ± 1500 -2700 $\mu\text{mol/l}$). De mate van buffering is zeer waarschijnlijk onvoldoende voor de ontwikkeling van een goed ontwikkeld heischraal grasland.

DEELGEBIED ZUIDWEST**60.**

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 35 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21-22 mmol/l en Olsen-P 1100-1600 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog-vochtig) heischraal grasland (Ca-t 29-39 mmol/l en Ca-z ± 13000 -18000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 110-130 jaar maaien en afvoeren (of 25-30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschralingsduur van 60-80 jaar maaien en afvoeren of circa 15-20 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Op 35 cm-mv is de lemige, ijzerrijke (251 mmol/l) bodem P-arm (totaal-P 6,5 mmol/l en Olsen-P 319 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ± 8500 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

Tabel 4.3. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'zuidwest'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). M3 = indicatieve verschrallingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
60	85	120	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Apx	7	22	0,9	1578	21,1	0,07	184	29	13445	168	9	10,0	21,8	12,4	107	90
				20-35	Zand, lemig, bv	x	Apx	4	15	1,2	1126	22,7	0,05	255	39	18086	203	11	9,4	24,0	10,4	78	59
				35-45	Zand, lemig	x	Cx	2	11	1,4	319	6,5	0,05	205	21	8516	251	42	18,1	21,3	3,0	1	0
				45-55	Zand, lemig	x	Cx	1	11	1,5	168	3,0	0,06	243	26	10711	162	62	24,7	33,3	2,2	0	0
61	55	90	15	0-20	Zandig leem, bv	x	Apxx	7	23	1,3	186	13,4	0,01	1217	126	62229	694	61	12,7	57,9	10,1	0	0
				20-35	Zandig leem, bv	x	Apxx	8	25	1,2	222	13,7	0,02	1242	129	63964	645	56	16,3	65,2	8,8	0	0
				35-45	Veraard veen	-	O	9	30	1,0	655	26,8	0,02	951	130	64565	735	32	11,2	49,5	13,1	45	20
				45-55	Zand	x	C	2	15	1,3	137	3,7	0,04	122	20	7967	76	26	12,7	20,2	2,1	0	0

61.

De lemige (Al-tot: 1217 mmol/l), ijzerrijke (± 700 mmol/l), calciumrijke (Ca-t: 126 mmol/l en Ca-z >50000 $\mu\text{mol/l}$) bouwvoor is reeds relatief P-arm (totaal-P 13 mmol/l en Olsen-P 186 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (eventueel blauwgrasland) volstaat het verwijderen van de zode (5 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Op 35-45 cm is een veraard veenlaagje aangetroffen.

DEELGEBIED NOORD

3.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-23 mmol/l en Olsen-P 1927-2420 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 17-19 mmol/l en Ca-z ± 7000 -8000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 120-130 jaar maaien en afvoeren (of 30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 40 jaar maaien en afvoeren of circa 10 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van (zeer) beperkte P-uitspoeling onder de bouwvoor (totaal-P 4 mmol/l en Olsen-P 643 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat enkele jaren maaien en afvoeren voor heide ontwikkeling (Ca-t 4 mmol/l en Ca-z <100 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

7.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 22-28 mmol/l en Olsen-P ± 2000 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 14-29 mmol/l en Ca-z ± 5000 -13000 $\mu\text{mol/l}$) is circa 150-170 jaar maaien en afvoeren (of 40 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 65-70 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van P-uitspoeling tot onder de bouwvoor op 25-35 cm-mv (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 977 $\mu\text{mol/l}$) waardoor 14-20 jaar maaien en afvoeren vereist is

voor heideontwikkeling (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z ± 3200 $\mu\text{mol/l}$). Op 35 cm-mv is de bodem voldoende P-arm (totaal-P 4 mmol/l en Olsen-P 371 $\mu\text{mol/l}$) voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z ± 1300 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

13.

De bouwvoor van 20 cm is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21 mmol/l en Olsen-P 1387 $\mu\text{mol/l}$). De bodem is matig calciumhoudend (Ca-t 38 mmol/l en Ca-z ± 18000 $\mu\text{mol/l}$), zwak ijzerhoudend (26 mmol/l) en na 85-100 jaar maaien en afvoeren of circa 20-25 jaar uitmijnen geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Op 20-30 cm-mv is de bodem P-arm (P-t 5 mmol/l en Olsen-P 166 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z ± 14000 $\mu\text{mol/l}$).

17.

De lemige, ijzerrijke (114-207 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 14-16 mmol/l en Olsen-P 907-1387 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 59 mmol/l en Ca-z ± 28000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschrallingsbeheer van 60 jaar maaien en afvoeren of circa 15 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 25 jaar maaien en afvoeren of 6 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem minder lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 236 $\mu\text{mol/l}$), matig ijzerrijk (104 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 33 mmol/l en Ca-z ± 15000 $\mu\text{mol/l}$).

21.

De lemige, ijzerrijke (354-379 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-20 mmol/l en Olsen-P 975-1128 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland of dotterbloemhooiland (Ca-t 68 mmol/l en Ca-z ± 32000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschrallingsbeheer van 75 jaar maaien en afvoeren of circa 20 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 35 jaar maaien en afvoeren of 8-10 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem minder lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 143 $\mu\text{mol/l}$), ijzerrijk (113 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 31 mmol/l en Ca-z ± 13500 $\mu\text{mol/l}$).

26.

De bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-20 mmol/l en Olsen-P 2100-2600 $\mu\text{mol/l}$). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 110-120 jaar maaien en afvoeren of circa 25-30 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 40-50 jaar maaien en afvoeren of 10-13 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 17-20 mmol/l en Ca-z ± 8000 -12000 $\mu\text{mol/l}$) is na verschralling geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (of blauwgrasland). Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 25-35 cm-mv is de ijzerhoudende (71 mmol/l) bodem zeer beperkt verrijkt met fosfaat (P-t 6 mmol/l en Olsen-P 621 $\mu\text{mol/l}$) en, mogelijk in combinatie met enkele jaren maaien en afvoeren eveneens geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ± 8500 $\mu\text{mol/l}$).

Tabel 4.4. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'noord'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in µmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 µmol/l (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
3	115	140	90	0-15	Zand, bv	-	Ap	8	18	1,0	2420	23,0	0,11	191	19	8392	28	2	8,5	14,3	11,7	94	86
				15-25	Zand, bv	-	Ap	6	14	1,1	1927	15,8	0,12	200	17	6750	24	3	7,2	11,8	9,0	40	37
				25-35	Zand, insp.	-	B	3	10	1,2	643	3,9	0,17	224	4	<100	35	10	9,9	17,5	4,8	3	3
				35-45	Zand, insp.	-	B	2	8	1,3	188	1,6	0,11	162	<1	<100	29	18	10,1	14,8	2,5	0	0
7	100		80	0-15	Zand, bv	-	Ap	9	23	0,9	2072	28,1	0,07	105	29	13555	17	2	11,0	15,4	13,8	113	100
				15-25	Zand, bv	-	Ap	4	13	1,2	1953	22,3	0,09	140	14	5106	21	2	10,2	9,0	7,1	59	52
				25-35	Zand, insp.	x	BE	4	11	1,2	977	9,5	0,10	231	10	3244	26	4	13,6	14,5	4,2	20	14
				35-45	Zand, insp.	x	BE	2	10	1,3	371	3,8	0,10	254	6	1319	36	11	16,9	21,4	2,4	2	0
13	90	140	60	0-20	Zand, bv	-	Ap	9	27	0,9	1387	20,9	0,07	122	38	18210	26	3	8,6	13,1	15,0	102	84
				20-35	Zand, lemig, humeus	-	Aan	6	23	1,3	166	4,6	0,04	244	31	14068	9	9	13,9	8,4	6,1	0	0
				35-50	Zand, lemig, humeus	-	Aan	6	24	1,3	273	6,6	0,04	250	32	14536	14	7	11,3	7,3	8,0	0	0
				50-60	Zand, insp.	-	B	1	12	1,4	92	1,1	0,08	141	2	<100	17	17	10,1	9,3	1,1	0	0
17	55	90	10	0-15	Zand, lemig, bv	-	Apx	5	18	1,2	907	16,5	0,05	378	59	28394	207	16	9,9	25,8	12,2	52	35
				15-25	Zand, lemig, bv	-	Apx	3	18	1,2	1346	13,9	0,10	263	48	22859	114	12	6,5	21,0	10,0	34	27
				25-35	Zand	x	C	1	12	1,6	236	2,6	0,09	176	33	14587	104	53	10,6	21,4	2,3	0	0
				35-45	Zand	x	C	1	12	1,6	132	2,9	0,04	225	39	17152	106	49	16,0	33,1	2,0	0	0
21	50	85	25	0-15	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	21	1,5	975	18,9	0,05	499	68	32645	354	22	19,3	40,5	13,1	61	43
				15-25	Zand, lemig, bv	x	Ap	4	23	1,5	1128	20,2	0,06	446	63	30144	379	22	18,5	36,5	13,7	46	35
				25-35	Zand, lemig	x	Cx	1	13	1,6	143	3,5	0,04	225	31	13352	113	41	17,9	27,4	3,0	0	0
				35-45	Zand, lemig	x	Cx	1	12	1,7	124	5,9	0,02	199	34	14553	101	23	16,5	31,2	2,8	0	0
26	50	80	25	0-15	Zand, lemig, bv	x	Ap	4	19	1,3	2615	20,0	0,13	226	20	8292	78	5	6,6	17,5	9,9	80	76
				15-25	Zand, lemig, bv	x	Ap	3	16	1,3	2092	16,0	0,13	222	27	11918	99	8	8,6	19,4	9,3	41	38
				25-35	Zand, lemig	x	C	1	11	1,6	621	5,8	0,11	149	21	8296	71	16	12,1	22,7	2,6	9	4
				35-45	Zand, lemig	x	C	1	10	1,7	209	3,2	0,07	153	17	5959	67	26	12,5	24,9	1,4	0	0
27	110		85	0-15	Zand, bv	-	Bc	4	11	1,0	5323	19,7	0,27	106	2	<100	16	1	4,8	5,7	6,4	52	52
				15-25	Zand, bv	-	Ap	4	12	1,1	4401	17,2	0,26	118	2	<100	17	1	6,8	4,9	4,9	67	67
				25-35	Zand, insp.	-	Ap	6	15	1,0	591	4,5	0,13	146	<1	<100	8	2	4,9	3,7	3,6	5	2
				35-45	Zand, insp.	-	B	5	16	1,0	531	5,3	0,10	162	1	<100	6	1	4,7	2,9	5,0	7	1
				85-95	Zand	-	B	3	17	1,3	198	1,5	0,13	123	<1	<100	13	9	6,1	6,6	2,9	0	0
31	60	90	30	0-15	Zand, bv	-	Apxx	7	27	1,0	1509	22,8	0,07	142	40	18784	30	3	4,0	10,4	12,7	86	71
				15-25	Zand, bv	-	Apxx	7	25	1,0	1379	18,5	0,07	147	39	18386	26	4	4,8	11,4	10,5	45	37
				25-35	Zand	x	Bcx	1	12	1,5	258	2,5	0,10	162	12	3829	41	21	7,5	20,9	1,7	0	0
				35-45	Zand	x	Bcx	1	12	1,6	132	1,5	0,09	138	11	2940	40	33	5,2	22,6	1,3	0	0
44	50	90	20	0-20	Zand, lemig, bv	-	Apx	6	20	1,2	373	9,4	0,04	453	43	20269	95	15	10,3	26,1	22,1	11	0
				20-35	Zand, lemig	x	C	1	9	1,6	107	2,5	0,04	153	15	5054	41	23	7,4	16,0	6,5	0	0
				35-45	Zand	x	Ce	1	11	1,7	93	1,6	0,06	108	5	48	30	22	6,7	13,1	4,2	0	0
				45-55	Zand	x	Ce	1	11	1,8	82	2,1	0,04	199	13	3890	48	29	10,6	23,1	4,8	0	0
46	55	85	20	0-15	Zandig leem, bv	-	Apx	8	26	1,0	778	11,7	0,07	265	43	20305	46	8	10,4	20,0	16,8	34	20
				15-25	Zandig leem, bv	-	Apx	8	27	0,9	871	12,4	0,07	211	46	22052	37	7	8,8	16,6	16,3	25	17
				25-35	Zand, lemig, insp.	x	Bcx	1	13	1,5	189	1,7	0,11	180	12	3692	38	29	8,1	18,8	2,1	0	0
				35-45	Zand, lemig, insp.	x	Bcx	1	14	1,5	99	1,4	0,07	209	12	3635	43	40	9,6	21,7	1,7	0	0

27.

Op deze hoog gelegen locatie is de calciumarme (Ca-t 2 mmol/l, Ca-z <100 µmol/l) bouwvoor van 25 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 17-20 mmol/l en Olsen-P 4401-5323 µmol/l). Voor de heideontwikkeling is circa 110 jaar maaien en afvoeren of 25-30 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 70 jaar maaien en afvoeren of circa 15-20 jaar uitmijnen. Voor een praktisch uitmijnadvies zijn aanvullende analyses vereist. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor (totaal-P 5 mmol/l en Olsen-P 591 µmol/l) als gevolg van de calcium- en ijzerarme omstandigheden. Enkele jaren maaien en afvoeren volstaan voor heide ontwikkeling (Ca-t 1 mmol/l en Ca-z <100 µmol/l). Onder dergelijke calciumarme, zure omstandigheden komt waarschijnlijk een zeer soortenarme heide tot ontwikkeling. Een eenmalige bekalking met dolokal (2000 kg/ha) wordt dan ook geadviseerd. Afgraven op deze locatie is echter alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

31.

De bouwvoor is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-23 mmol/l en Olsen-P 1379-1509 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 39-40 mmol/l en Ca-z ±18500 µmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l vereist circa 100 jaar maaien en afvoeren of 25 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is 35-40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem P-arm (totaal-P 3 mmol/l en Olsen-P 258 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking met Dolokal van 200 kg/ha) een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l, Ca-z ±4000 µmol/l).

44.

De lemige, ijzer- (95 mmol/l) en calciumhoudende (Ca-t: 43 mmol/l en Ca-z ±20000 µmol/l) bouwvoor van 20 cm is voldoende P-arm (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 373 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland volstaat het verwijderen van de zode (5 cm plaggen) voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten. Vanaf 20 cm-mv is de bodem minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland.

46.

De bouwvoor is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 12 mmol/l en Olsen-P 778-871 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 43-46 mmol/l en Ca-z ±20000-22000 µmol/l) met een Olsen-P concentratie van 500 µmol/l vereist circa 35-40 jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is 15-20 jaar maaien en afvoeren of 5 jaar uitmijnen vereist. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. Vanaf 25 cm is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 189 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of (in combinatie met een eenmalige bekalking met Dolokal van 200 kg/ha) een heischraal grasland (Ca-t 12 mmol/l, Ca-z ±3500 µmol/l).

DEELGEBIED OOST

Tabel 4.5. Overzicht van het bodemtype en de bodemchemie per monsterlocatie (rood = hoog, blauw = laag) in deelgebied 'oost'. GWS = grondwaterstand 29-9-2015. GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand, GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand. GR = grind in bodem; HZT = bodemhorizont; OS = percentage organische stof (gloeiverlies); V = vochtpercentage; MV = massa/volumeverhouding van de bodem in kg/l; Ols-P = plantenbeschikbaar fosfaat (Olsen-P) in μmol per liter bodem; -t = totaalconcentratie in mmol per liter bodem. Ca-z* = berekende concentratie op basis van correlatie met tot-Ca (figuur 4.2, rechtsonder). M3 = indicatieve verschralingsduur (in jaren) per bodemlaag door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 300 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P ondergrens 3 mmol/l). M5: idem, echter op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$.

Nr	GWS	GLG	GHG	Diepte	Bodemtype	GR	HZT	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Ca-z*	Fe-t	FC/P	K-t	Mg-t	S-t	M3	M5
29	60	90	20	0-15	Zandig leem, bv	x	Apx	4	19	1,3	1369	17,8	0,08	187	38	17453	115	9	4,6	13,2	7,4	65	53
				15-25	Zandig leem, bv	x	Apx	3	16	1,3	1425	16,7	0,09	264	43	20031	155	12	7,5	19,7	6,7	41	34
				25-35	Zandig leem	x	C	2	16	1,5	75	2,9	0,03	250	46	20968	814	293	11,1	26,6	1,8	0	0
				35-45	Zandig leem	x	C	2	21	1,4	27	1,5	0,02	264	72	34494	481	368	12,6	36,2	1,6	0	0
51	55	80	0	0-15	Zandig leem, bv	x	Apx	4	18	1,4	539	8,7	0,06	255	45	20623	189	27	6,3	20,3	8,6	18	3
				15-25	Zandig leem, bv	x	Apx	3	17	1,3	702	9,0	0,08	270	48	22262	145	21	7,2	23,0	9,0	16	8
				25-35	Zandig leem	x	Cx	1	11	1,6	107	2,1	0,05	254	39	17438	135	81	14,5	29,5	1,7	0	0
				35-45	Zand	x	C	1	10	1,7	85	1,4	0,06	198	20	7424	100	89	12,1	26,5	1,4	0	0
54	55	100	30	0-20	Zand, bv	-	Ap	6	20	1,1	652	10,5	0,06	161	37	17362	37	7	6,4	15,0	11,4	36	15
				20-35	Zand, bv	-	Ap	5	19	1,2	638	10,2	0,06	174	33	14809	36	7	8,7	15,7	11,0	25	10
				35-45	Zand	x	Bc	1	12	1,5	140	1,6	0,09	106	5	328	19	15	9,1	11,6	2,0	0	0
				45-55	Zand	x	Bc	1	13	1,5	106	0,9	0,11	87	<1	<100	18	21	8,2	11,2	1,2	0	0
56	70	110	35	0-20	Zand, lemig, bv	x	Ap	7	26	1,1	2292	28,9	0,08	258	45	21413	49	3	8,7	16,5	12,8	157	141
				20-35	Zand, lemig, bv	x	Ap	5	21	1,2	2170	26,6	0,08	298	45	21397	55	4	8,5	18,1	12,7	108	96
				35-45	Zand	x	C	1	12	1,5	248	2,8	0,09	190	12	3533	48	21	10,5	17,9	3,0	0	0
				45-55	Zand	x	C	1	15	1,5	77	1,4	0,05	281	37	16394	109	100	17,5	30,0	2,9	0	0
65	100	150	80	0-20	zand, bv	-	Ap	4	15	1,2	8119	30,2	0,27	98	28	12453	14	1	4,2	10,7	9,2	170	170
				20-35	zand, bv	-	Ap	4	14	1,1	7101	30,4	0,23	118	25	11095	14	1	3,8	10,1	7,1	129	129
				35-45	zand, lemig, insp.	-	Bx	4	15	1,2	2998	12,0	0,25	153	16	6411	11	2	4,0	8,2	5,5	28	28
				45-55	zand, lemig, insp.	-	Bx	3	14	1,4	2172	8,0	0,27	166	13	4637	15	4	4,7	9,9	4,6	16	16
				55-65	zand, lemig, insp.	x	Bx	2	13	1,5	1912	6,3	0,30	138	11	3378	16	4	5,0	8,7	4,3	10	10
67	60	110	40	0-15	zand, bv	-	Ap	6	25	1,1	3863	22,9	0,17	116	36	16601	34	3	4,3	16,6	14,4	94	94
				15-30	zand, bv	-	Ap	4	20	1,3	2904	16,1	0,18	100	28	12343	28	3	2,2	8,4	9,4	61	61
				30-40	zand, geroerd	x	AxC	0	12	1,5	880	3,7	0,24	86	12	3854	27	10	2,6	9,7	4,1	2	2
				40-50	zand	x	C	1	15	1,5	228	1,3	0,17	244	39	17255	103	108	13,0	22,1	1,6	0	0
71	85	130	50	0-15	zand, siltig, bv	-	Apx	4	16	1,5	5657	21,1	0,27	226	14	4914	33	2	9,6	15,0	6,1	85	85
				15-30	zand, siltig, bv	-	Apx	4	16	1,4	4673	22,5	0,21	194	17	6417	34	2	9,3	14,8	6,9	91	91
				30-40	zand, geroerd	-	CE	2	15	1,5	658	5,4	0,12	284	11	3495	57	13	12,2	32,8	1,5	7	4
				40-50	zand	x	BC	1	10	1,5	203	1,8	0,11	136	6	538	30	20	6,9	16,9	0,8	0	0
73	60	130	30	0-20	zand, bv	x	Ap	2	16	1,5	3663	20,2	0,18	174	32	13850	54	4	15,0	24,1	7,2	108	108
				20-35	zand, bv	x	Ap	2	19	1,5	3584	18,6	0,19	201	34	15119	56	5	18,1	27,2	7,0	73	73
				35-45	zand, insp.	x	B	1	17	1,6	976	4,6	0,21	228	26	10687	63	19	23,4	27,3	3,0	5	5
				45-55	zand, insp.	x	B	1	16	1,6	1222	6,0	0,20	209	25	10233	59	14	20,4	26,3	3,8	9	9
				60-70	zand	x	C	1	13	1,6	379	2,4	0,16	200	21	8165	51	30	16,9	21,7	3,1	0	0

29.

De lemige, ijzerrijke (115-155 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 17-18 mmol/l en Olsen-P 1369-1425 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 38-43 mmol/l en Ca-z ± 17000 -20000 $\mu\text{mol/l}$) is een verschralingsbeheer van 80-90 jaar maaien en afvoeren of circa 20 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschralingsduur van circa 35 jaar maaien en afvoeren of 8 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Op 25-35 cm-mv is de bodem eveneens lemig maar P-arm (P-t 3 mmol/l en Olsen-P 75 $\mu\text{mol/l}$), zeer ijzerrijk (814 mmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland, veldrusschraalland of dotterbloemhooiland (Ca-t 46 mmol/l en Ca-z ± 20000 $\mu\text{mol/l}$).

51.

De lemige, ijzerrijke (145-189 mmol/l) bouwvoor van 25 cm is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 9 mmol/l en Olsen-P 539-702 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/veldrusschraalland (Ca-t 45-48 mmol/l en Ca-z ±21500 µmol/l) is een verschrallingsbeheer van circa 11 jaar (Olsen-P streefconcentratie 500 µmol/l) maaien en afvoeren vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven is dit 8 jaar. Vanaf 25 cm-mv is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 107 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 39 mmol/l en Ca-z ±37500 µmol/l). Vanaf 35 cm is de bodem minder rijk aan aluminium, ijzer en calcium en liggen eerder kansen voor een heischraal grasland.

54.

De bouwvoor van 35 cm is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P 10-11 mmol/l en Olsen-P ±650 µmol/l). Verschralling tot een blauwgrasland (Ca-t 33-37 mmol/l en Ca-z ±15000-18000 µmol/l) vereist minimaal 10-15 (Olsen-P 500 µmol/l) en maximaal 35-45 (Olsen-P 300 µmol/l) jaar maaien en afvoeren of 10 jaar uitmijnen. Wanneer 20 cm wordt afgegraven volstaat 10-25 jaar maaien en afvoeren. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Vanaf 35 cm is de bodem P-arm (totaal-P 2 mmol/l en Olsen-P 140 µmol/l). De calciumarme bodem (Ca-t 5 mmol/l en Ca-z ±300 µmol/l) is geschikt voor de ontwikkeling van vochtige heide. Hierbij wordt een eenmalige bekalking met Dolokal (2000 kg/ha) geadviseerd.

56.

De bouwvoor van 35 cm is sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 27-29 mmol/l en Olsen-P ±2250 µmol/l). De bodem is matig calcium- (Ca-t 45 mmol/l en Ca-z ±21000 µmol/l) en ijzerhoudend (36-37 mmol/l) en na ongeveer 175 jaar maaien en afvoeren of circa 45 jaar uitmijnen geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Wanneer 20 cm wordt afgegraven volstaat circa 100 jaar maaien en afvoeren of 25 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verzuuring kan leiden. Vanaf 35 cm-mv is de bodem P-arm. Op 35-45 cm-mv is de bodem zwak calciumhoudend (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z ±3500 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van heide of een heischraal grasland. Op 45-55 cm-mv is de bodem weer rijker aan calcium (Ca-t 37 mmol/l en Ca-z ±16000 µmol/l) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland.

65.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 35 cm zeer sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 30 mmol/l en Olsen-P 7100-8100 µmol/l). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 25-28 mmol/l en Ca-z ±11000-12500 µmol/l) is circa 210 jaar maaien en afvoeren (of 30 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 160 jaar maaien en afvoeren of circa 40 jaar uitmijnen. Er is sprake van behoorlijk forse P-uitspoeling direct onder de bouwvoor (totaal-P 12 mmol/l en Olsen-P 2998 µmol/l). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat is 50 jaar aanvullend maaien en afvoeren vereist voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 16 mmol/l en Ca-z ±6500 µmol/l). Ook op 45-65 cm-mv is de zandbodem beperkt verrijkt met fosfaat. Wanneer 45 of 55 cm wordt afgegraven is respectievelijk circa 25 of 10 jaar aanvullend maaien en afvoeren vereist voor de ontwikkeling van een heischraal grasland/heide (Ca-t 11-13 mmol/l en Ca-z ±3400-6500 µmol/l). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

67.

De bouwvoor van 30 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 16-23 mmol/l en Olsen-P 2900-3900 $\mu\text{mol/l}$). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 130-140 jaar maaien en afvoeren of circa 35 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 60-65 jaar maaien en afvoeren of 15 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 28-36 mmol/l en Ca-z ± 11000 -12500 $\mu\text{mol/l}$) is na verschralling geschikt voor de ontwikkeling van een (heischraal grasland of) blauwgrasland. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 30-40 cm-mv is de zwak calciumhoudende bodem (Ca-t 12 mmol/l en Ca-z ± 4000 $\mu\text{mol/l}$) in combinatie met zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland (mede doordat de bodem op 40-50 cm-mv meer gebufferd is). De ijzerhoudende (103 mmol/l) bodem op 40-50 cm-mv is fosfaatarm (P-t 1,3 mmol/l en Olsen-P 228 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland (Ca-t 39 mmol/l en Ca-z ± 17000 $\mu\text{mol/l}$).

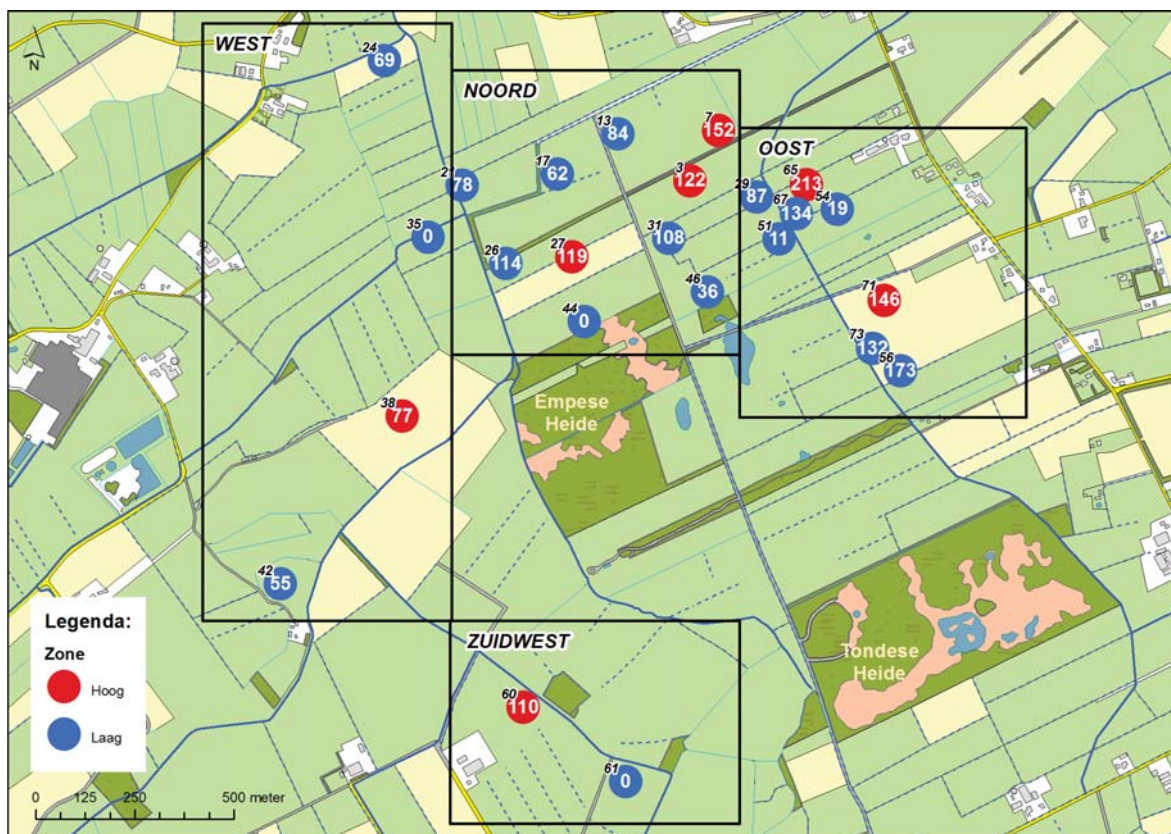
71.

Op deze hoog gelegen locatie is de bouwvoor van 30 cm sterk verrijkt met fosfaat (totaal-P 21-23 mmol/l en Olsen-P 47003-5650 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van een (droog) heischraal grasland (Ca-t 14-17 mmol/l en Ca-z ± 5000 -6500 $\mu\text{mol/l}$) is circa 140-150 jaar maaien en afvoeren (of 35 jaar uitmijnen) vereist. Wanneer 15 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van 95 jaar maaien en afvoeren of circa 25 jaar uitmijnen. Er is sprake van beperkte P-uitspoeling onder de bouwvoor (totaal-P 5,4 mmol/l en Olsen-P 658 $\mu\text{mol/l}$). Wanneer de bouwvoor wordt verwijderd volstaat enkele jaren maaien en afvoeren voor de ontwikkeling van heide/heischraal grasland (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z ± 3500 $\mu\text{mol/l}$). Op 40 cm-mv is de bodem voldoende P-arm (totaal-P 1,8 mmol/l en Olsen-P 203 $\mu\text{mol/l}$) voor heideontwikkeling (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z ± 550 $\mu\text{mol/l}$). Afgraven op deze locatie is alleen acceptabel als dit inpasbaar is in het hydrologische systeem en geen negatieve consequenties heeft voor de opbolling van de grondwaterspiegel in deze rug. Het bijstellen van het ambitieniveau en het inzetten op de ontwikkeling van een kruidenrijk grasland is eveneens een optie.

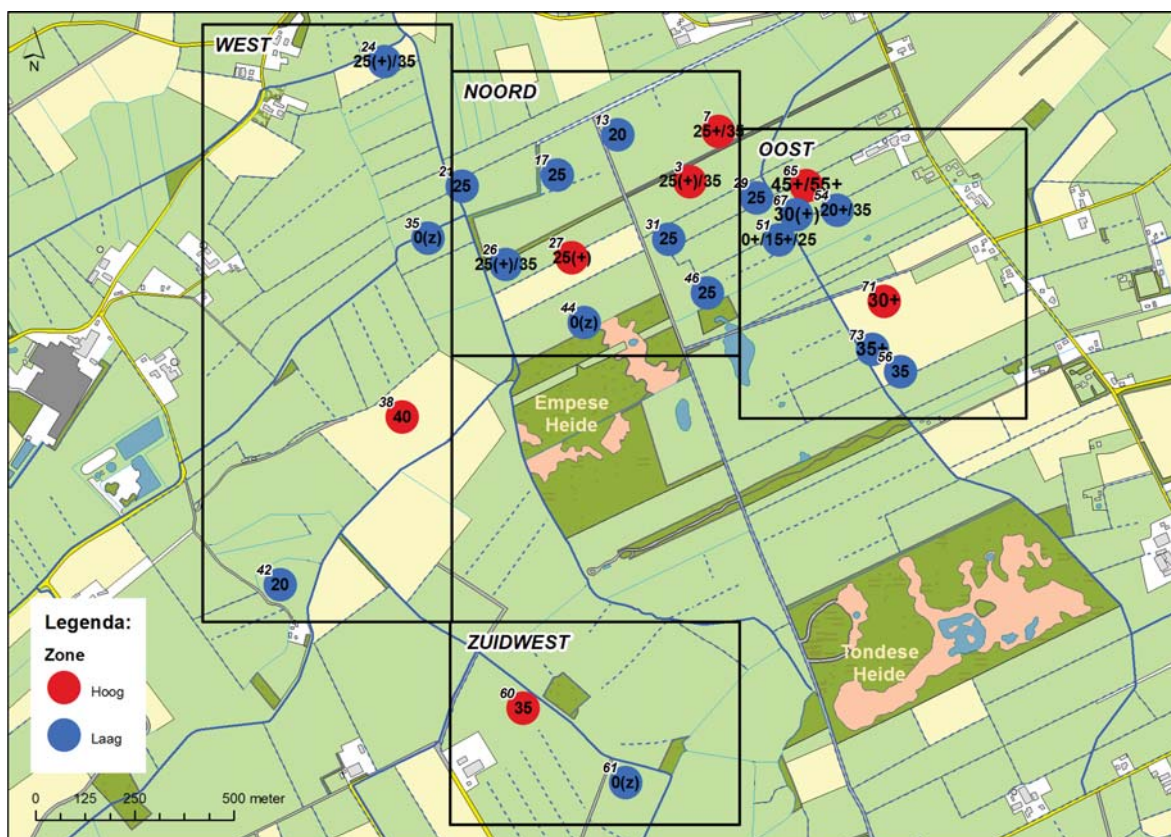
73.

De bouwvoor van 35 cm is verrijkt met fosfaat (totaal-P 19-20 mmol/l en Olsen-P 3600-3700 $\mu\text{mol/l}$). Voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden is een verschrallingsbeheer van 130 jaar maaien en afvoeren of circa 30-35 jaar uitmijnen vereist. Wanneer 20 cm wordt afgegraven resteert een verschrallingsduur van circa 75-80 jaar maaien en afvoeren of 20 jaar uitmijnen. Let hierbij op dat vernatting onder P-rijke omstandigheden tot P-mobilisatie en verruiging kan leiden. De matig calciumhoudende bouwvoor (Ca-t 32-34 mmol/l en Ca-z ± 14000 -15000 $\mu\text{mol/l}$) is na verschralling, onder de juiste hydrologische omstandigheden, geschikt voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Er is sprake van een beperkte P-uitspoeling tot onder de bouwvoor. Op 35-45 cm-mv is de matig calciumhoudende bodem (Ca-t 26 mmol/l en Ca-z ± 11000 $\mu\text{mol/l}$) in combinatie met beperkt aanvullend verschrallingsbeheer (10-15 jaar maaien en afvoeren, mede doordat de bodem op 45-55 cm-mv ook nog beperkt verrijkt is met fosfaat) geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of blauwgrasland. Op 60-70 cm-mv is de bodem fosfaatarm (P-t 2,4 mmol/l en Olsen-P 379 $\mu\text{mol/l}$) en geschikt voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of blauwgrasland (Ca-t 21 mmol/l en Ca-z ± 8200 $\mu\text{mol/l}$).

De ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur (van een bodempakket van 25 cm) en het ontgrondingsadvies wordt weergegeven in figuur 4.3 en figuur 4.4.



Figuur 4.3. Overzicht van de ruimtelijke variatie in de verschrallingsduur (in jaren) van de toplaag. De verschrallingsduur is berekend voor een bodempakket van 25 cm en een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar bij een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (totaal-P >3 mmol/l).

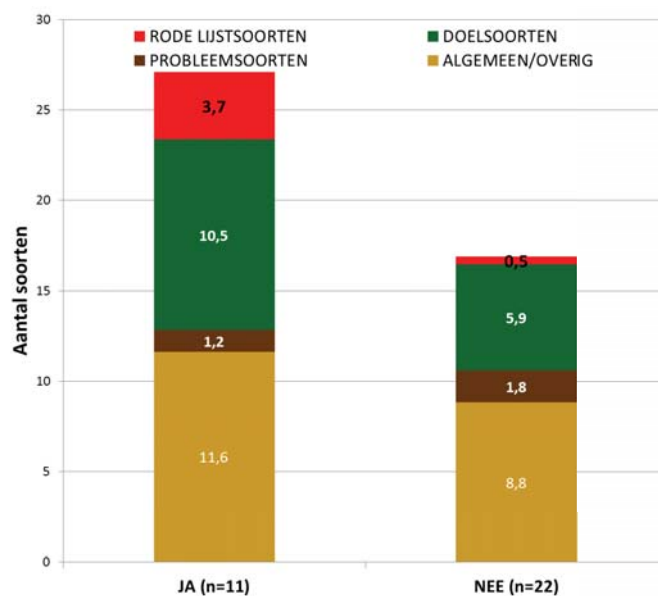


Figuur 4.4. Overzicht van de ruimtelijke variatie in het ontgrondingsadvies (in centimeters) voor het creëren van P-gelimiteerde omstandigheden, waarbij (+) = zeer beperkt aanvullend verschrallingsbeheer vereist (<5 jaar); + = beperkt aanvullend verschrallingsbeheer vereist; (z) = zode verwijderen voor het creëren van vestigingsplaatsen voor doelsoorten.

4.4. Aanvullende inrichtingsmaatregelen

De eerste jaren na de het afgraven van de voedselrijke toplaag dient maaibeheer plaats te vinden om de ontwikkeling en uitbreiding van algemene/ruigte soorten te beperken. Doordat vaak vele zaden aanwezig zijn kunnen deze algemene soorten, ook onder P-arme condities, tot ontwikkeling komen. Door middel van een maaibeheer en het aanbrengen van maaisel of plagsel kan de groei van ongewenste algemene soorten worden onderdrukt. Opgemerkt dient te worden dat de lokale ontwikkeling van ruigtes op zichzelf niet nadelig is en zelfs kan bijdragen aan de diversiteit van een gebied. Vlinders, sprinkhanen, vogels en kleine zoogdieren kunnen hiervan profiteren.

Op de afgegraven locaties wordt geadviseerd om kort na afgraven (<1 jaar) maaisel/plagsel op te brengen uit goed ontwikkelde referentielocaties om kolonisatie door doelsoorten te stimuleren. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank vaak niets meer over. Natte, venige laagtes kunnen een uitzondering vormen. Zonder het uitstrooien van vers maaisel of plagsel uit geschikte referentiegebieden is de kans op vestiging van doelsoorten klein. Veel zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd op de herstelde terreinen. Het herintroduceren van doelsoorten uit zo lokaal mogelijke bronnen (in verband met de genetische diversiteit en de aanpassing aan lokale omstandigheden) leidt onder de juiste bodemchemische en hydrologische omstandigheden tot een succesvol herstel van ontgronde terreinen (figuur 4.5).



Figuur 4.5. Links: resultaten van een ontgrondingsevaluatie, uitgevoerd door Onderzoekcentrum B-WARE in 2014 en 2015. Op 33 locaties zijn vegetatieopnames gemaakt in gebieden waar door middel van ontgronding (minimaal 4 jaar geleden) voedselarme condities zijn gecreëerd op voormalige landbouwgronden ten behoeve van schraallandontwikkeling. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen locaties waar wel (11 locaties) en geen (22 locaties) herintroductie, door middel van het opbrengen van maaisel na ontgronding, heeft plaatsgevonden. De soorten zijn verdeeld over vier klassen: Rode Lijstsoorten, Doelsoorten, Probleemsoorten en Algemene/overige soorten. Bron: Onderzoekcentrum B-WARE. **Rechts:** Foto's van succesvolle ontwikkeling van nat schraalland met onder ander Moeraskartelblad, Blauwe zegge, Zwarte zegge, Blauwe knoop, Vetblad, heidekartelblad, Gevlekte orchis, Welriekende nachtorchis, Brede orchis en Moeraswespenorchis door middel van het afgraven van de voedselrijke toplaag in combinatie met de herintroductie van doelsoorten. Foto's Mark van Mullekom.

Herintroductie van doelsoorten kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van maaisel of plagsel waarbij idealiter 1m² vers verzameld maaisel over 1(-2) m² bodem wordt verspreid. Wanneer dit niet mogelijk is, kan het maaisel in een lagere dichtheid of in kleinere over het gebied verspreide zones worden opgebracht. Wanneer vers plagsel of bodemmateriaal uit referentielocaties wordt opgebracht (enten), wordt ook bodemleven (o.a. mycorrhiza schimmels) geïntroduceerd. Mycorrhiza schimmels zijn van belang bij de opname van nutriënten onder voedselarme omstandigheden. Daarnaast beschermen ze de kiemlingen tegen verdroging. Het aanbrengen van maaisel of plagsel op een dichte zode is geen geschikte maatregel door het ontbreken van vestigingsplekken.

Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (bodem en hydrologie) te creëren voor de beoogde doelsoorten.

Jaarlijks maaien en afvoeren (gemiddelde P-afvoer 10 kg/ha/jr) is op (sterk) met fosfaat verrijkte percelen niet optimaal voor een efficiënte afvoer van fosfaat. Een alternatief is uitmijnen (gemiddelde P-afvoer 40 kg/ha/jr): een 'natuurvriendelijke' vorm van het voeren van intensieve landbouw. Wanneer de huidige zode voldoende productieve soorten bevat kan met behulp van stikstof- en kalibemesting de P-afvoer worden vergroot. Wanneer deze te weinig productieve soorten bevat wordt geadviseerd om in te zaaien met een grasklaver mengsel. In combinatie met aanvullende kalibemesting wordt de productiviteit, en daarmee ook de P-afvoer,

geoptimaliseerd. Hiervoor kunnen door middel van aanvullende analyses door het Louis Bolk Instituut gerichte bemestingsadviezen worden opgesteld. De percelen dienen gedurende een lange periode voldoende droog te vallen zodat 4-5 snedes gemaaid kunnen worden. Dit maakt het nemen van vernattingsmaatregelen meestal niet mogelijk.

Voor een succesvolle ontwikkeling zijn niet alleen de bodemchemische omstandigheden leidend. De hydrologie dient eveneens te worden geoptimaliseerd. Voor grondwaterafhankelijke natuurtypen zoals heischrale graslanden, blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden is grondwaterinvloed in de wortelzone of het maaiveld vereist van circa oktober/november t/m maart/april om verzuring, de vorming van regenwaterlenzen en de ontwikkeling van zure vegetaties (op kansrijke locaties voor (zwak) gebufferde schraallande/hooilanden) tegen te gaan. Op plekken waar regenwater stagneert kunnen veenmossen gaan domineren, vooral op gebufferde bodems omdat hier veel CO₂ beschikbaar komt.

5. Literatuur

Bell Hullenaar (2015). Projectbeschrijving 'Planuitwerking nog in te richten deelgebieden Empese en Tondense Heide'. Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar.

Bekker, R.M., G.L. Verweij, R.E.N. Smith, R. Reine, J.P. Bakker & S. Schneider (1997). Soil seed banks in european grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34: 1293-1310.

Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, Vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.

Jansen, A.J.M., A.M.J. Sloot, S. Soede & M. van Ham (2008). Herstel van blauwgraslanden op de Empese en Tondense Heide? *De Levende Natuur* 109: 197-204.

Klimkowska, A., Van Diggelen, R., Bakker, J. P. and Grootjans, A. P. (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biol. Conserv.* 140: 318-328.

Loeb, R. (2011). Bodemchemisch onderzoek Empese Heide. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer 2011.59.

Loeb, R. (2012). Vervolgonderzoek bodemchemie Empese Heide. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer 2012.31.

Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M.J. Weijters, R. Bobbink, H. Tomassen & A.J.P. Smolders (2013). Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.

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.

Roelofs, J.G.M., 1993. De fragiele balans tussen verzuring en verbasing in blauwgraslanden. In: E.J. Weeda (red.), *Blauwgraslanden in Twente; Schatkamers van het natuurbehoud*: 32-38. Wet. Med. nr. 209, KNNV, Utrecht.

Smolders, A., J.G.M. Roelofs & E.C.E.T. Lucassen (2011). Goede grond voor natuur - Abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem* 2: 11-13.

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.

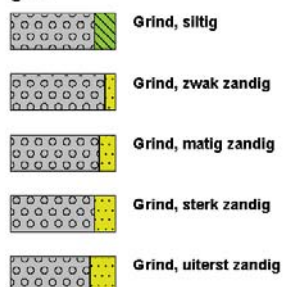
Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006b). De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.

Waal, R.W. de, P.C. Jansen, S.P.J. van Delft en P. Bolhuis (2011). Herstelplan Tondense heide. Alterra, Wageningen.

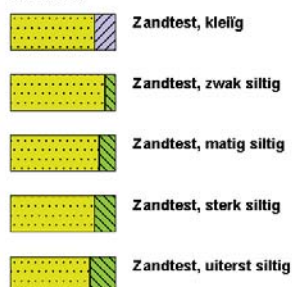
Bijlage 1. Boorprofielen

Legenda conform NEN5104:

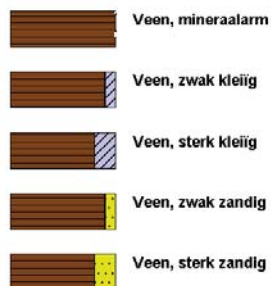
grind



zandtest



veen



klei

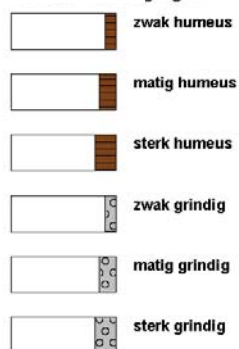


leem



Maaiveld

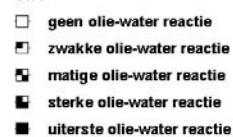
gingen



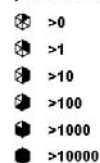
geur



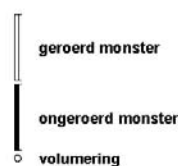
olie



p.i.d.-waarde



monsters



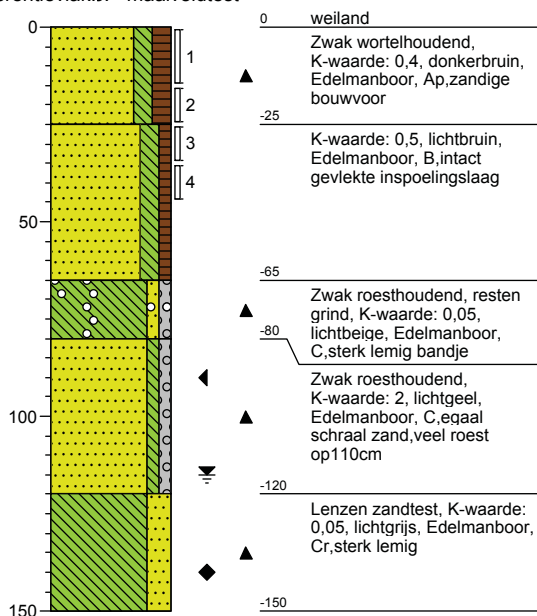
overig



Bron: Veldwerkbureau, Jan Vermeer.

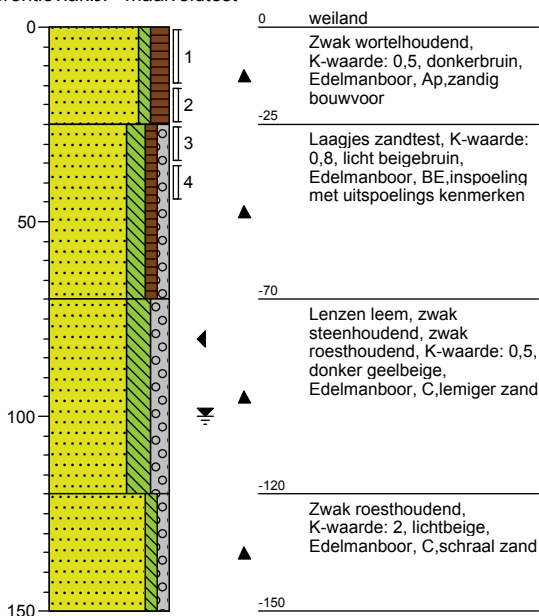
Boring: eth_03

X: 202781,94
Y: 461919,94
GWS: 115
GHG: 90
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



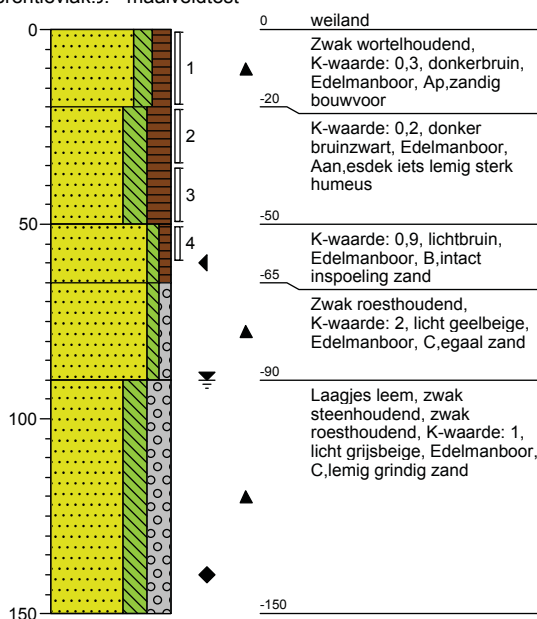
Boring: eth_07

X: 202855,06
Y: 462045,91
GWS: 100
GHG: 80
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



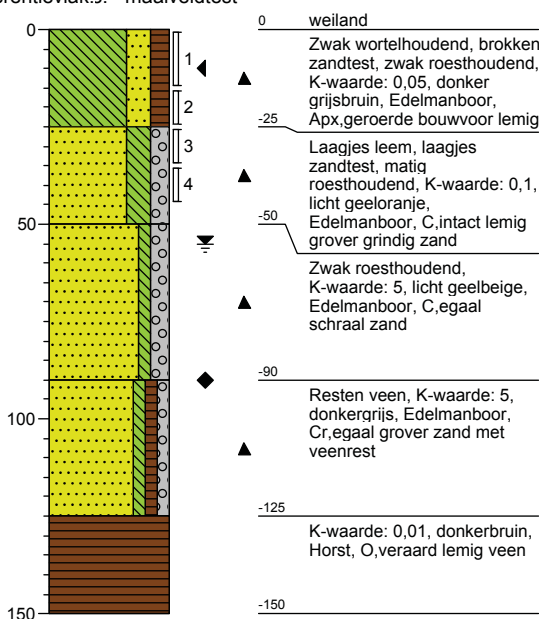
Boring: eth_13

X: 202601,06
Y: 462037,5
GWS: 90
GHG: 60
GLG: 140
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



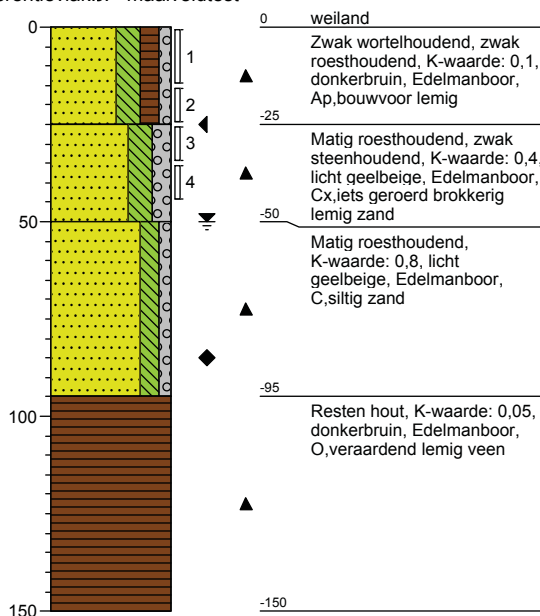
Boring: eth_17

X: 202447,69
Y: 461936,5
GWS: 55
GHG: 10
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



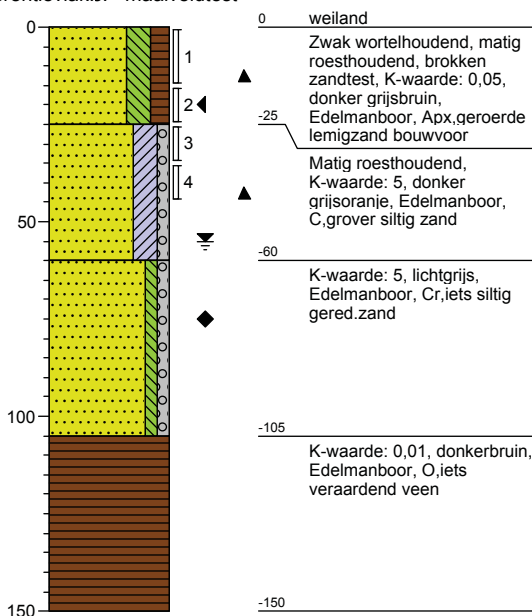
Boring: eth_21

X: 202208,56
Y: 461907,53
GWS: 50
GHG: 25
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



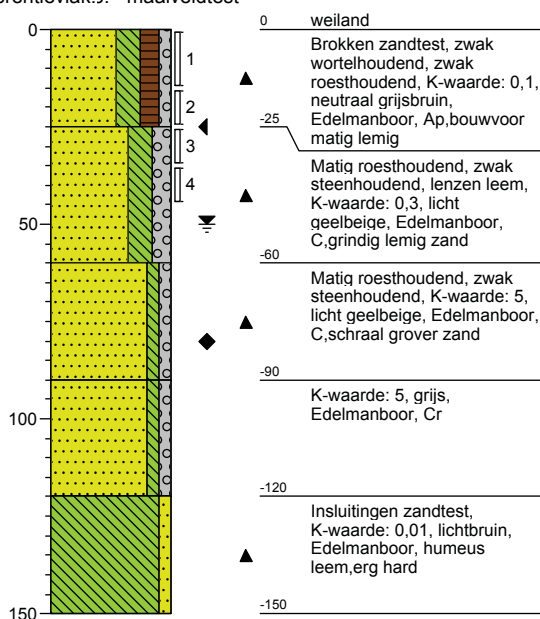
Boring: eth_24

X: 202011,58
Y: 462222,44
GWS: 55
GHG: 20
GLG: 75
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



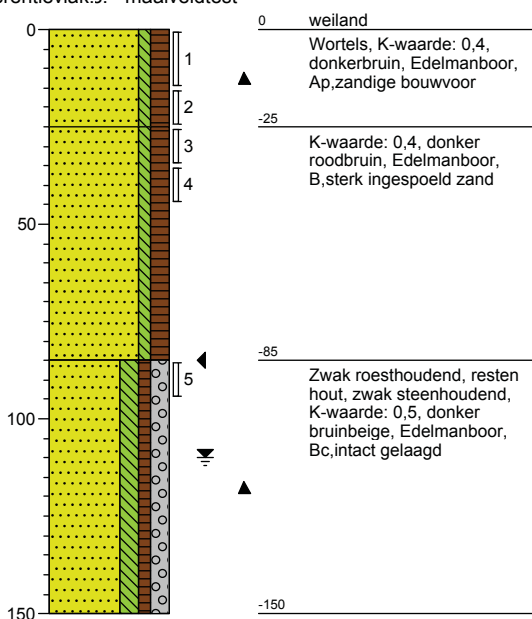
Boring: eth_26

X: 202318,23
Y: 461710,63
GWS: 50
GHG: 25
GLG: 80
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



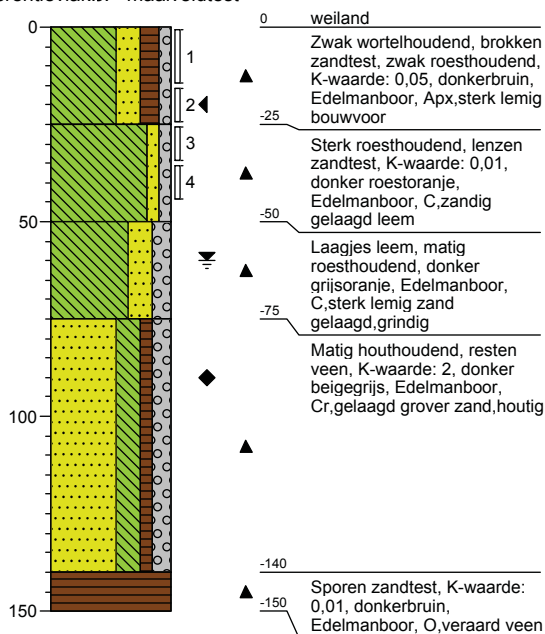
Boring: eth_27

X: 202485,03
Y: 461727,5
GWS: 110
GHG: 85
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



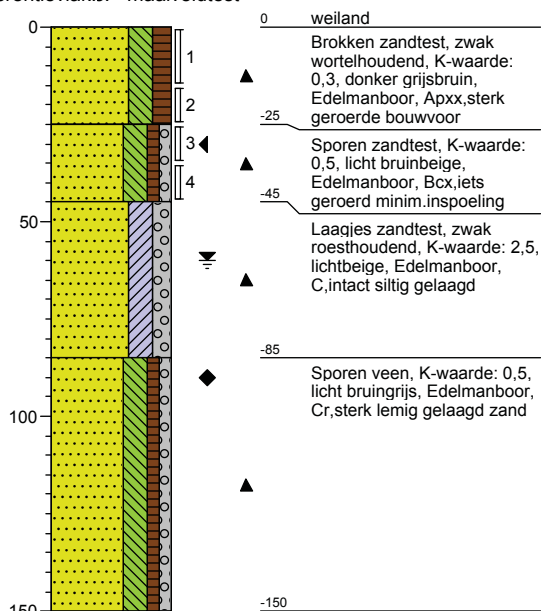
Boring: eth_29

X: 202950,27
Y: 461878,88
GWS: 60
GHG: 20
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



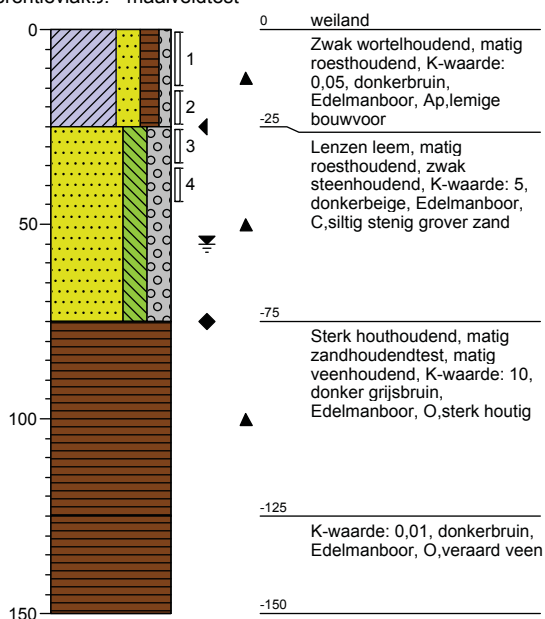
Boring: eth_31

X: 202729,36
Y: 461774,84
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



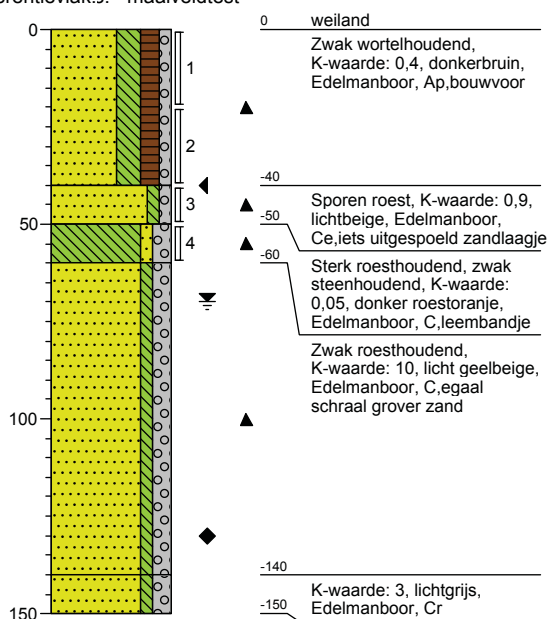
Boring: eth_35

X: 202122,58
Y: 461777,63
GWS: 55
GHG: 25
GLG: 75
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



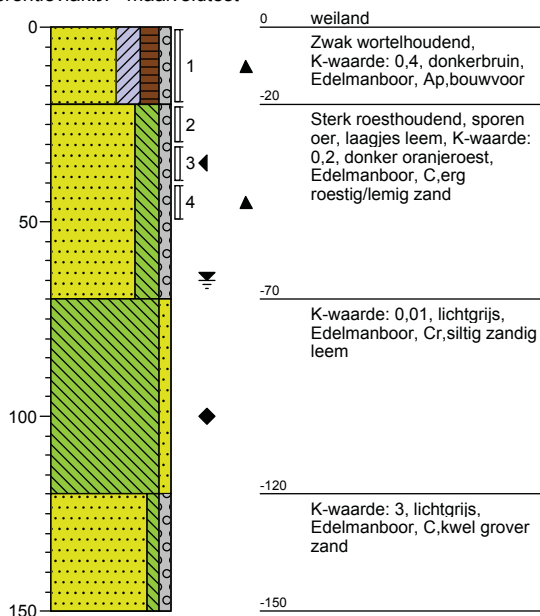
Boring: eth_38

X: 202057,11
Y: 461325,25
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 130
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlaak: maaiveldtest



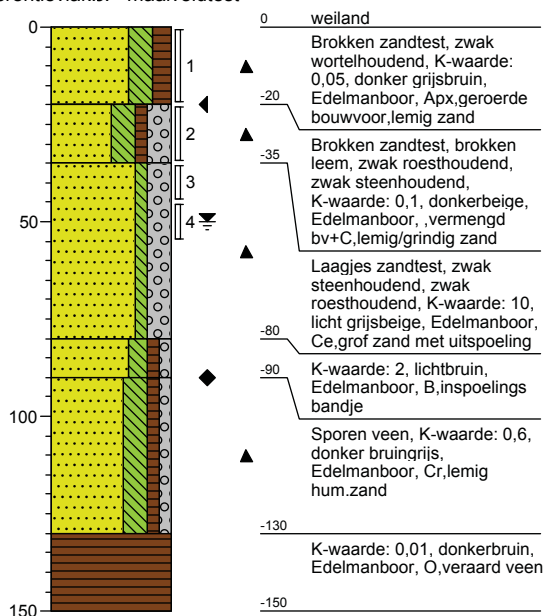
Boring: eth_42

X: 201749,3
Y: 460903,31
GWS: 65
GHG: 35
GLG: 100
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



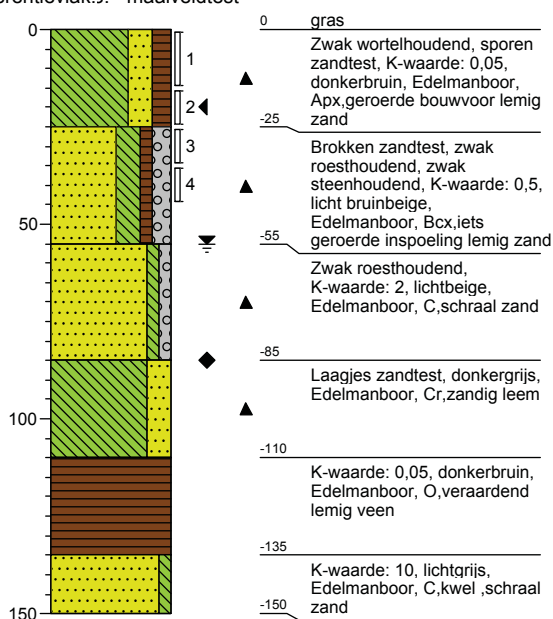
Boring: eth_44

X: 202516,09
Y: 461563,22
GWS: 50
GHG: 20
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



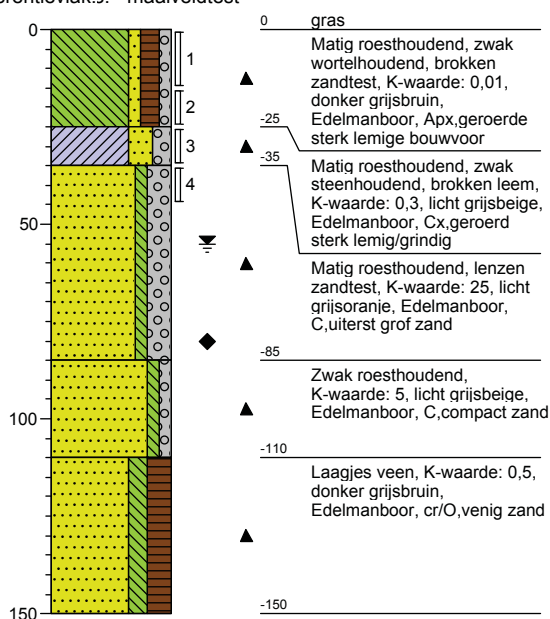
Boring: eth_46

X: 202826,98
Y: 461638,69
GWS: 55
GHG: 20
GLG: 85
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



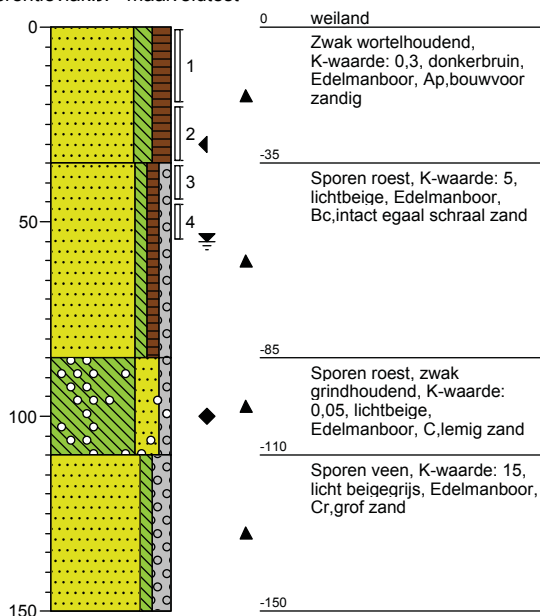
Boring: eth_51

X: 203006,97
Y: 461772,66
GWS: 55
GHG: 0
GLG: 80
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



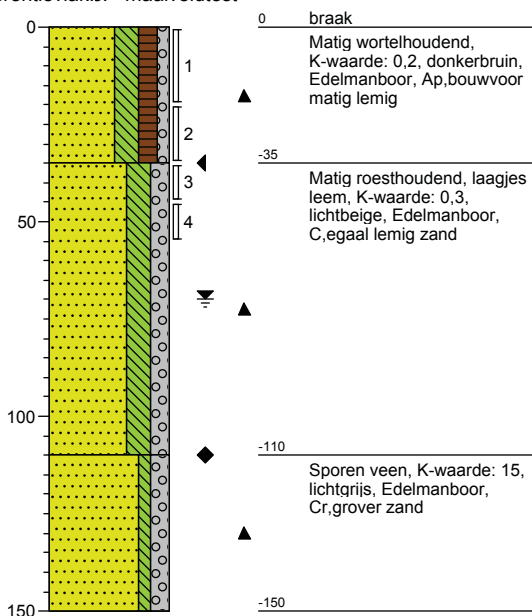
Boring: eth_54

X: 203153,28
Y: 461847,69
GWS: 55
GHG: 30
GLG: 100
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



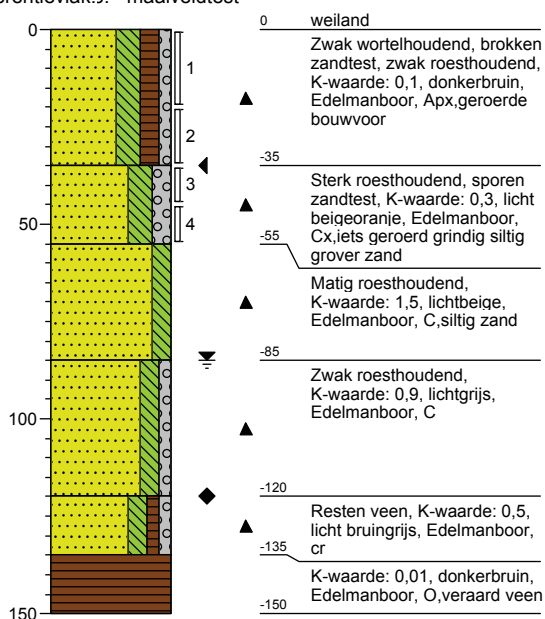
Boring: eth_56

X: 203314
Y: 461439
GWS: 70
GHG: 35
GLG: 110
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



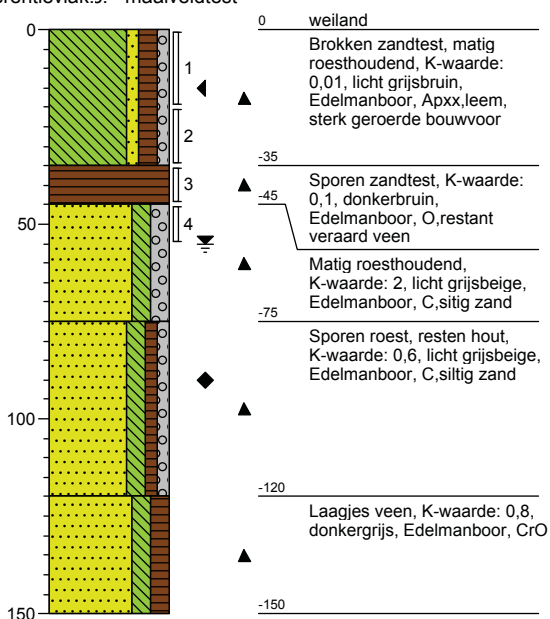
Boring: eth_60

X: 202362
Y: 460591
GWS: 85
GHG: 35
GLG: 120
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest



Boring: eth_61

X: 202621
Y: 460403
GWS: 55
GHG: 15
GLG: 90
Boormeester: J. Vermeer
Referentievlak: maaiveldtest

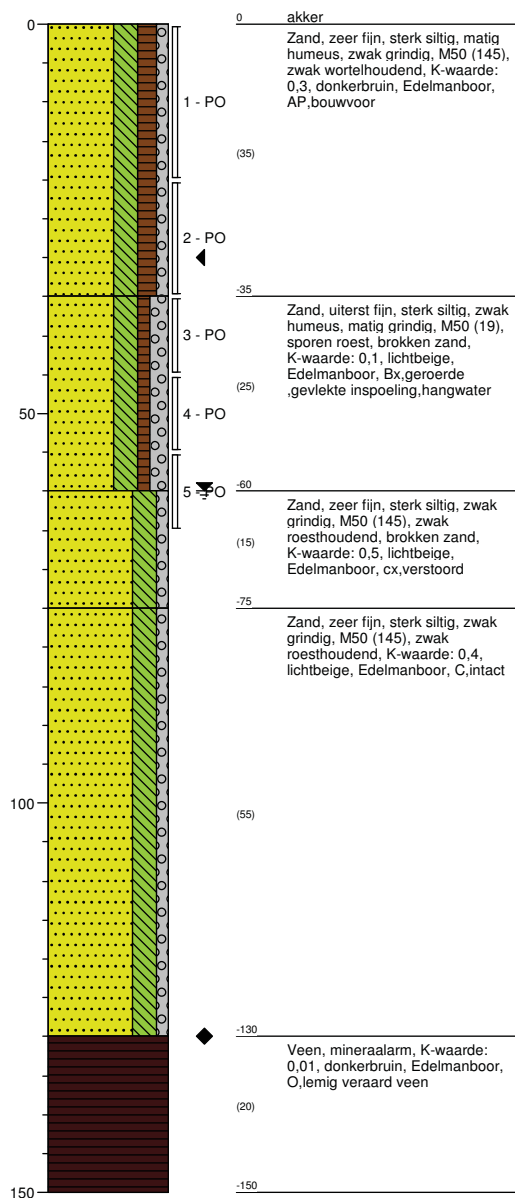


Boring: ETH-73

X: 203243,00
Y: 461496,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 130

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

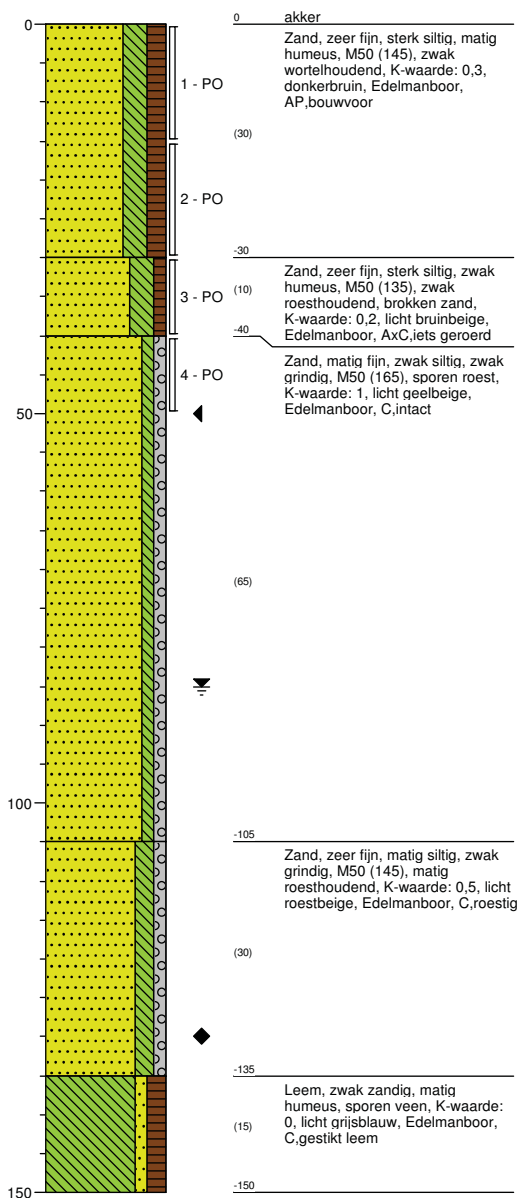


Boring: ETH-71

X: 203273,00
Y: 461618,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 85
GHG: 50
GLG: 130

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

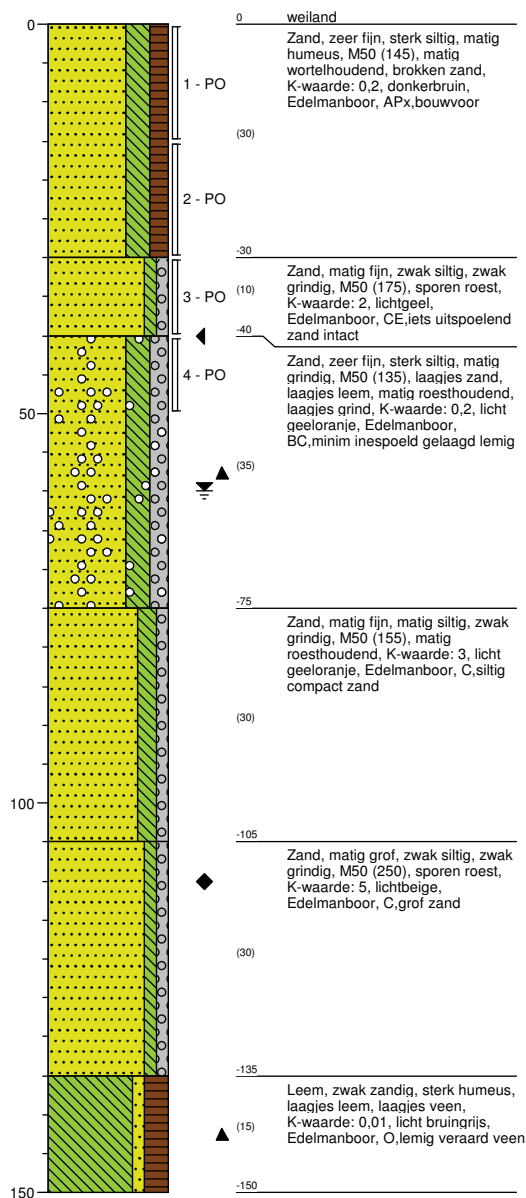


Boring: ETH-67

X: 203051,00
Y: 461836,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 110

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer

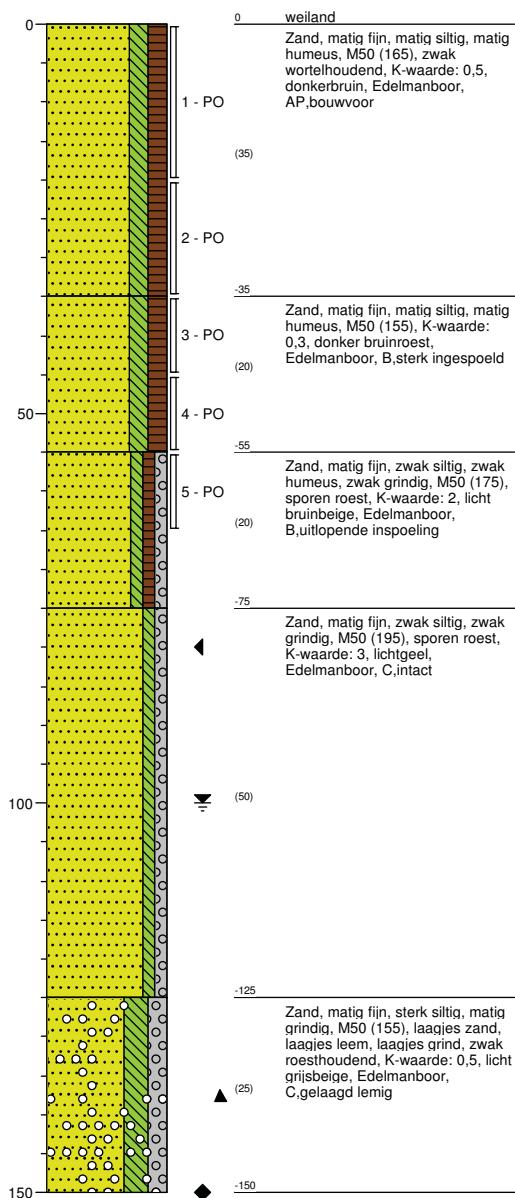


Boring: ETH-65

X: 203076,00
Y: 461910,00
Datum: 10-02-2017
GWS: 100
GHG: 80
GLG: 150

in m t.o.v. NAP
Boormeester

J. Vermeer



Bijlage 4 Grondwaterstandsverloop peilbuizen B33G0390 en B33G0404

