Potenties voor de graslanden van het Beekbergerwoud

Paul Gortworst & Rogier Hoften

van hall larenstein
university of applied sciences

Natuurmonumenten

Potenties voor de graslanden van het Beekbergerwoud

Colofon:

Auteurs	Paul Gortworst, Rogier Hoften Toegepaste Ecologie – BNB Deeltijd Hogeschool Van Hall Larenstein, Velp
Externe begeleider (Natuurmonumenten)	Ellen ter Stege
Interne begeleider (VHL)	Hedwig van Loon
Foto omslag	Vlozegge (Peters, 2007)

Datum: 06/06/2018
Betrokken organisaties:

Inhoudsopgave

Samenvatting
1. Inleiding ... 9
1.1 Kader van het project ... 9
1.2 Probleembeschrijving en analyse ... 10
1.3 Onderzoeksvraag ... 11
1.4 Doelstelling ... 13
2. Methode ... 15
2.1 Stappenplan ... 15
2.2 Beschrijving van de fasen ... 16
3. Landschapsecologische systeemanalyse ... 25
3.1 Geologie ... 25
3.2 Geomorfologie ... 26
3.3 Hydrologie ... 27
3.4 Bodem ... 32
3.5 Vegetatie ... 43
3.6 Menselijke invloed ... 47
3.7 Synthese en interpretatie van de landschapsecologische samenhang ... 50
4. Vergelijking standplaatscondities 1850 - huidig ... 51
4.1 Voedselrijkdom ... 51
4.2 Zuurgraad ... 52
4.3 Vochtigheidsgraad ... 53
4.4 Menselijke invloed ... 55
5. Scenario's en stappenschema ... 57
5.1 Het streefbeeld van Natuurmonumenten ... 57
5.2 Stappenschema voor bepaling van de potenties ... 59
6. Kansen voor natuurontwikkeling ... 61
7. Randvoorwaarden ... 65
8. Conclusie ... 65
9. Discussie ... 67
9.1 Resultaten ... 67
9.2 Methode ... 68
10. Aanbevelingen ... 69
11. Bronnen ... 71
12. Bijlagen ... 75

Bijlage 1: Dwarsdoorsnede noord-zuid 75
Bijlage 2: Dwarsdoorsnede west-oost 76
Bijlage 3: Verklarende lijst van formaties en laagpakketten 77
Bijlage 4: Hoogtekaart van het onderzoeksgebied 79
Bijlage 5: Geomorfologische kaart 80
Bijlage 6: Verklaring bij de grondwatertrappen 82
Bijlage 7: Kwelprofielen en -indicatoren 83
Bijlage 8: Historische en huidige verkavelingspatroon 84
Bijlage 9: Boorpuntlocaties en perceelnummers 85
Bijlage 10: Boorpunt 1 – gegevens 86
Bijlage 11: Boorpunt 1 – reliëf 87
Bijlage 12: Boorpunt 2 – gegevens 88
Bijlage 13: Boorpunt 2 – reliëf 89
Bijlage 14: Boorpunt 3 – gegevens 90
Bijlage 15: Boorpunt 3 – reliëf 91
Bijlage 16: Boorpunt 4a – gegevens 92
Bijlage 17: Boorpunt 4a – reliëf 93
Bijlage 18: Boorpunt 4b – gegevens 94
Bijlage 19: Boorpunt 4b – reliëf 95
Bijlage 20: Boorpunt 5 – gegevens 96
Bijlage 21: Boorpunt 5 – reliëf 97
Bijlage 22: Boorpunt 6 – gegevens 98
Bijlage 23: Boorpunt 6 – reliëf 99
Bijlage 24: Boorpunt 7 – gegevens 100
Bijlage 25: Boorpunt 7 – reliëf 101
Bijlage 26: Boorpunt 8 – gegevens 102
Bijlage 27: Boorpunt 8 – reliëf 103
Bijlage 28: Geëgaliseerd perceel naast een perceel met natuurlijk reliëf 104
Bijlage 29: Meetwaarden per perceel 105
Bijlage 30: Kansen voor natuurontwikkeling op basis van P-Al waarden (laag 0-10 cm) .. 106
Bijlage 31: Verloop van P-Al in de bodem (0-10 tot 10-25 cm) 107
Bijlage 32: Geschiktheid voor 3 vegetatietypen op basis van P-ox (laag 0-10 cm) 108
Bijlage 33: Verloop van P-ox in de bodem (0-10 tot 10-25 cm) 109
Bijlage 34: Kansen voor verschralen / uitmijnen op basis van FVG 110
Bijlage 35: Verkoop van bospercelen in 1869 111

Bijlage 36: Flora in het 19e-eeuwse Beekbergerwoud 112
Bijlage 37: Flora in de omgeving van het 19e-eeuwse Beekbergerwoud 113
Bijlage 38: Waarnemingen op de onderzoekspercelen 2008-2015 114
Bijlage 39: Kwelindicatoren op de onderzoekspercelen 2008-2015 117
Bijlage 40: Maaidatum eerste snede van de onderzoekspercelen 118
Bijlage 41: Standplaatscondities van de referentie 1850 119
Bijlage 42: Standplaatscondities van de huidige situatie vergeleken met de referentievegetaties 120
Bijlage 43: Stappenschema 121
Bijlage 44: Kansenkaart naar fosfaattoestand en grondwatertrap 122

Samenvatting

De graslanden van Natuurmonumenten rondom het Beekbergerwoud zijn minder soortenrijk dan gewenst. De reden hiervoor is onvoldoende bekend. Er is niet voldoende inzicht in de huidige standplaatscondities voedselrijkdom, vochtigheid, zuurgraad en het beheer om het doel, vergroting van de soortenrijkdom, te kunnen realiseren.

Dit onderzoek vergelijkt de standplaatscondities van de periode rond 1850 met die van de huidige situatie, waarmee het laat zien in hoeverre deze zijn veranderd. Het toont aan dat de voedselrijkdom op veel van de onderzochte percelen hoger is dan in 1850. Daarnaast kent het gebied als geheel tegenwoordig minder invloed van kwel.

De natte, schrale referentievegetaties van rond 1850 zijn op veel locaties niet meer terug te brengen, doordat de voedselrijkdom te hoog is. Een natte heidevegetatie zoals de Associatie van Gewone dophei is vanwege het ontbreken van stagnerend regenwater (door regenwaterlenzen of ondoorlatende lagen in de bodem) niet meer haalbaar zonder grote ingrepen.

Desondanks zijn op de meeste percelen de potenties aanwezig om het doel, een grotere soortenrijkdom, te bereiken. De beste kansen voor ontwikkeling liggen ten zuidwesten van de Woudweg (potentie voor Vochtig / nat soortenrijk grasland).

Voor verschillende situaties worden aanbevelingen gedaan voor het benodigde beheer. Door uitmijnbeheer toe te passen is op vrijwel alle percelen een afname van de voedselrijkdom te realiseren, die met het huidige verschralingsbeheer minder snel, of misschien zelfs helemaal niet wordt bereikt. Ook als er wordt uitgemijnd zal het echter tijd kosten voordat de vooruitgang in de soortenrijkdom goed zichtbaar is.

Naast uitmijnbeheer is aanvullend onderzoek naar (of een experiment met) het verminderen van de dichtheid van de zode aan te bevelen. Daardoor krijgen andere soorten dan de dominante grassen een grotere vestigingskans. Ook de aanvoer van soorten vanuit een zaadbron uit de omgeving kan versnellend werken om een grotere soortenrijkdom te realiseren.

1. Inleiding

Graslanden zijn er in vele verschijningsvormen. Het zijn lage, halfnatuurlijk beheerde vegetaties, waarbij de standplaatscondities van belang zijn voor de soortensamenstelling. Dit rapport beschrijft het onderzoek naar de kansen voor het vergroten van de soortenrijkdom in de graslanden van Natuurmonumenten rond het Beekbergerwoud.

1.1 Kader van het project

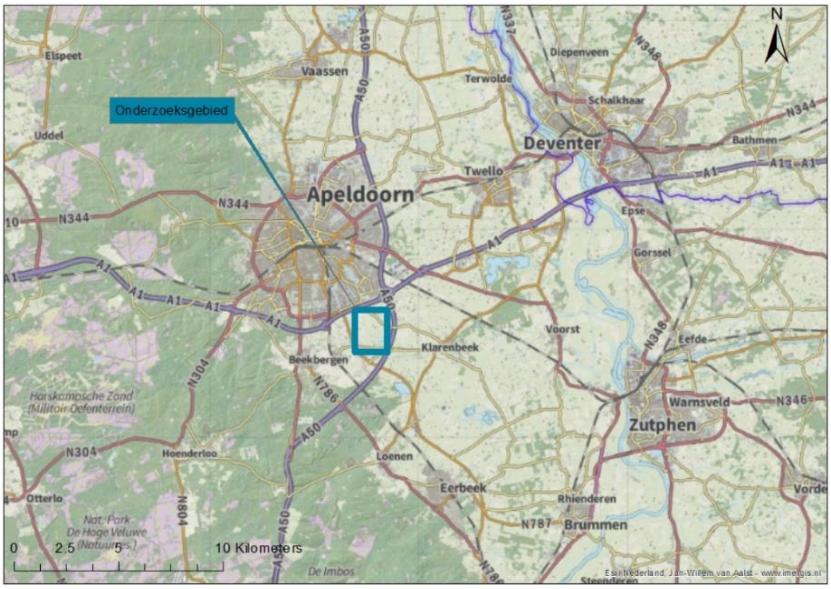
Waar voorheen in Nederland het landgebruik veel afwisseling kende, hebben in de 20e en 21e eeuw monoculturen van grassoorten de overhand gekregen. Als gevolg hiervan en door het kunstmatig verrijken van de bodem is de biodiversiteit[i] in veel gebieden achteruitgegaan (Minkjan, et al., 2010). Cultuurlandschappen die waardevol zijn voor de natuur, zijn grotendeels verdwenen (Vereniging Nederlands Cultuurlandschap, 2007).

De discussies omtrent de stikstofproblematiek[1], fosfaatrechten[2] en de afname van de biodiversiteit[3] laten zien dat het agrarisch beleid en het gebruik van agrarische gronden onder een vergrootglas liggen. Het is een discussie waarin zowel burgers als wetenschappers en politici zich mengen en gaat in de kern om de vraag waar de balans ligt tussen natuurwaarden[ii] en economisch rendabele landbouw. Instanties als Natuurmonumenten proberen hier invloed op uit te oefenen, enerzijds door de maatschappij hiervan bewust te maken (Natuurmonumenten, 2018) en anderzijds door het ontwikkelen en in stand houden van natuurgebieden met een zo groot mogelijke soortenrijkdom.

Een gebied waarop dit van toepassing is, betreft de graslanden in het zuiden en westen van het Beekbergerwoud nabij Apeldoorn die in bezit zijn van Natuurmonumenten. Ook hier heeft het moderne landbouwkundige gebruik zijn sporen nagelaten, met als gevolg dat de soortenrijkdom in dit gebied achteruit is gegaan en er soortenarme graslanden zijn ontstaan.

Het projectgebied valt onder de beheereenheid Zuid-Veluwe en IJsselvallei van Natuurmonumenten. Het gebied ligt in de zuidelijke IJsselvallei (gemeente Apeldoorn, zie Figuur 1) en het wordt aan

Figuur 1 Ligging van het onderzoeksgebied

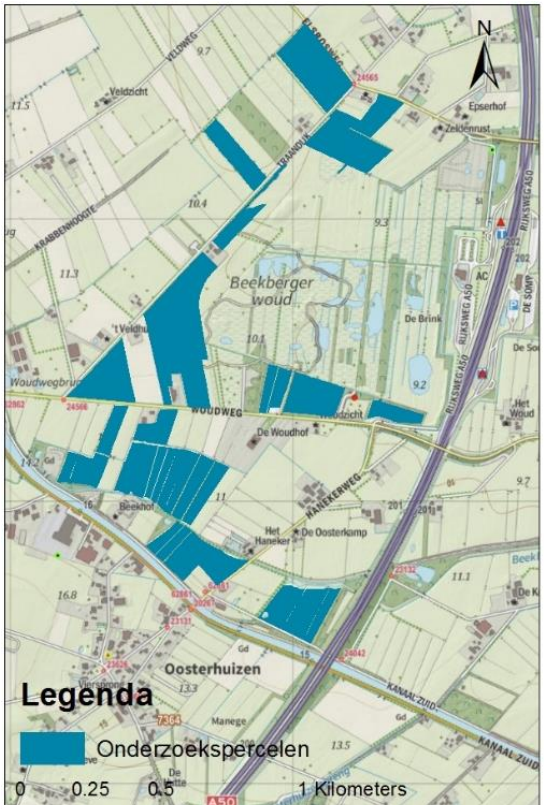


(Esri Content Nederland, 2018)

[1] (Van de Laak, 2015)
[2] (Wassen, Olde Venterink, Lapshina, & Tanneberger, 2005)
[3] (Hallmann, et al., 2017)

de noordzijde begrensd door de Elsbosweg, aan de westzijde door de Traandijk, aan de oostzijde door de Rijksweg A50 en in het zuiden door het Apeldoorns Kanaal. Drie percelen van het onderzoeksgebied liggen net ten noordwesten van de Traandijk. Het onderzoeksgebied is sinds 1992 in eigendom van Natuurmonumenten. Het bestaat uit 43 graslandpercelen en het is ruim 44 ha. groot (Figuur 2). In het verdere verloop van de tekst worden deze aangeduid met de term 'onderzoekspercelen'.

Figuur 2 Ligging van de onderzoekspercelen binnen het gebied.



(Esri Content Nederland, 2018)

Het terugbrengen van de verhoogde voedingstoestand, het toepassen van het juiste beheer en het reguleren van de waterhuishouding worden gezien als de methodes om afgenomen biodiversiteit op voormalige landbouwpercelen te herstellen. Dit onderzoek duidt voor de onderzoekspercelen de richting aan die Natuurmonumenten kan volgen om het soortenarme grasland succesvol om te vormen naar soortenrijk grasland. Hiermee kan Natuurmonumenten verder bijdragen aan herstel van de biodiversiteit en een duurzame instandhouding van het gebied.

1.2 Probleembeschrijving en analyse

Na de ontginning van het gebied aan het eind van de 19^{e} eeuw zijn de onderzoekspercelen geëgaliseerd en ontwaterd (Meijeren, 2016). Door langdurige beweiding en bemesting is de voedselrijkdom van de graslandpercelen naar verwachting hoog. Het verlies van natuurlijke gradiënten (nivellering) en aanpassingen op het grondwaterpeil en de voedselrijkdom ten gunste van de landbouw hebben gezorgd voor minder verscheidenheid aan standplaatsen en daardoor voor een teruggang in de soortenrijkdom. De onderzoekspercelen bestaan voornamelijk uit soortenarme graslanden, die worden gedomineerd door Engels raaigras (*Lolium perenne*), witbol (*Holcus spec.*) en Ruw beemdgras (*Poa trivialis*). Dit weerspiegelt niet waar Natuurmonumenten naar streeft: een soortenrijk grasland, waarin een verscheidenheid aan kruiden- en faunasoorten voorkomt.

Eerdere inrichtingsplannen die moesten bijdragen aan bevordering van de soortenrijkdom zijn ten dele gerealiseerd (Veen, 1993), (Wolf & Kerssies, 2002), (Hanhart & Maljaars, 2011). De voornaamste reden voor het niet compleet realiseren van de eerdere doelen, is het feit

dat het beleid van de provincie Gelderland rond 2011 wijzigde (Ter Stege, 2018). Hierdoor kon geen aaneengesloten gebied worden verworven en zijn grote ingrepen op de percelen niet toegepast. Maatwerk voor een optimale waterhuishouding was daardoor niet haalbaar en bemesting van aangrenzende percelen bleef zorgen voor verrijking van de bodem. Verder is bij een versnipperde ligging de kans kleiner dat planten vanuit een andere zaadbron de percelen bereiken.

Natuurmonumenten past nu ca. 10 jaar verschralingsbeheer toe, maar ondanks dat blijft de ontwikkeling van de soortenrijkdom achter bij de verwachtingen. Een grootschalige aanpak is vanwege de versnippering nog steeds niet mogelijk. De vraag is nu wat de meest efficiënte veranderingen van de standplaatscondities zijn om op in te zetten en voor welke percelen dit het meest kansrijk is.

Om dit te weten te komen moeten de oorzaken stuk voor stuk worden bekeken. Welk van de standplaatscondities vormt de grootste belemmering voor de ontwikkeling van meer soortenrijkdom? Om dit te bepalen zijn de van oudsher voorkomende vegetaties bepaald door de landschapsecologische opbouw van het gebied en het functioneren daarvan te onderzoeken. Daaruit volgt wat ten tijde van de soortenrijke referentieperiode rond 1850 (voor de grootschalige ontginning van het gebied) de standplaatscondities waren (voedselrijkdom, hydrologische omstandigheden, zuurgraad en het beheer). Een vergelijking van de vroegere standplaatscondities met de huidige moet uitwijzen waardoor de situatie in het veld niet voldoet aan de verwachtingen.

Het is kortgezegd onbekend wat de potenties van de onderzoekspercelen zijn ten zuiden en westen van het Beekbergerwoud. Dit onderzoek wil bijdragen aan een oplossing voor dit probleem, door antwoord te geven op de hoofdvraag in de volgende paragraaf.

In dit rapport wordt gesproken over verschillende 'vegetaties'. Ter verduidelijking:

- *Hiermee worden overal lage, halfnatuurlijke vegetaties bedoeld.*
- *"Referentievegetaties" zijn de vegetatietypen uit de periode rond 1850 die als referentie dienen.*
- *De tegenwoordig haalbare vegetaties zijn beschreven met de term "potentiële vegetaties" (of "potentiële vegetatietypen").*

1.3 Onderzoeksvraag

De hoofd- en deelvragen van het onderzoek zijn:

Hoofdvraag:

Welke halfnatuurlijke, lage vegetaties met een zo hoog mogelijke natuurwaarde kunnen, binnen bepaalde randvoorwaarden, worden ontwikkeld in het onderzoeksgebied door te sturen op de factoren voedselrijkdom, vochtigheidsgraad, zuurgraad en beheer?

Deelvragen:

Vergelijking referentie (1850) – huidig

1. Wat was/is de landschapsecologische opbouw en het functioneren van het onderzoeksgebied rond 1850 en nu?
2. Welke standplaatscondities voor voedselrijkdom, vocht en zuurgraad waren er rond 1850 en welke standplaatscondities worden er nu aangetroffen?
3. Hoe werd het onderzoeksgebied rond 1850 gebruikt en welk beheer vindt er tegenwoordig plaats?

Beschrijving ontwikkelingen en veranderingen

4. Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in de landschapsecologische samenhang tussen de situatie rond 1850 en de huidige situatie?
5. Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in de standplaatscondities (voedingstoestand, vochtigheidsgraad, zuurgraad) en het beheer tussen de situatie rond 1850 en de huidige situatie?

Toekomstige situatie

6. Wat is haalbaar?
   a) Zijn op basis van de huidige standplaatscondities, de referentievegetaties (1850) te realiseren?
   b) Wat is het alternatief, met een zo hoog mogelijke natuurwaarde, indien de referentievegetatie niet (meer) haalbaar is?
   c) Welke standplaatscondities moeten veranderen en hoe kan dat gedaan worden om de referentievegetatie of het alternatief met een zo hoog mogelijke natuurwaarde te bereiken?
   d) Wat zijn de randvoorwaarden waar Natuurmonumenten rekening mee moet houden?

De wijze waarop de hoofdvraag en de deelvragen worden beantwoord is uitgelegd in de methode (hoofdstuk 2). De conclusie leidt tot het doen van een aantal aanbevelingen. Deze zijn opgenomen in hoofdstuk 10.

1.4 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is om Natuurmonumenten inzicht te geven in de potenties voor de ontwikkeling van soortenrijke, lage, halfnatuurlijke vegetaties van de onderzoekspercelen nabij het Beekbergerwoud. Het onderzoek moet daarmee antwoord geven op de vraag of de soortenrijkdom kan worden verhoogd en in hoeverre de abiotische toestand daarvoor een belemmering vormt.

Daarnaast toont het aan welke onderzoekspercelen het meest kansrijk zijn voor het vergroten van de botanische soortenrijkdom en welke veranderingen in standplaatscondities daarvoor nodig zijn. Daarmee levert het onderzoek een bijdrage aan de nog te ontwikkelen graslandvisie van Natuurmonumenten voor het onderzoeksgebied, wat als basis dient voor goed beheer en duurzaam gebruik in de toekomst.

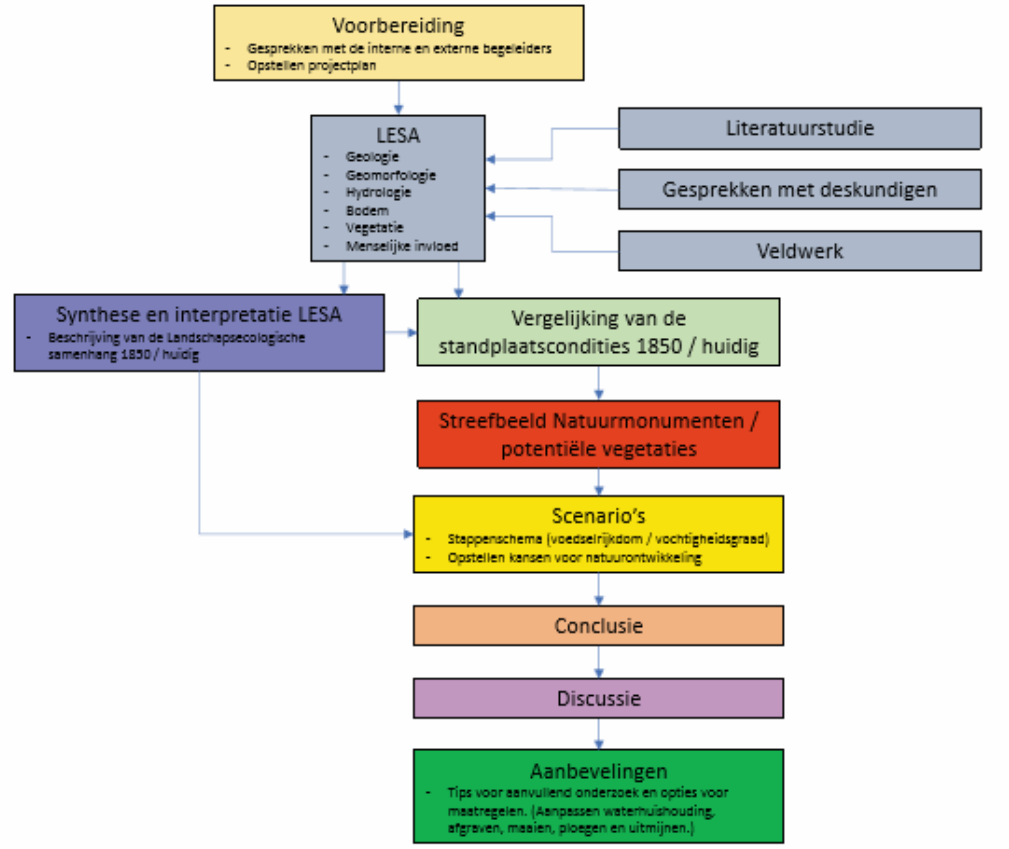
2. Methode

Dit hoofdstuk omvat een uitleg van het gevolgde proces en de indeling daarvan in fasen. In de beschrijving van de fasen zijn de methoden toegelicht die bij het onderzoek zijn gebruikt.

2.1 Stappenplan

Het onderzoek bestaat uit 9 fasen, die in het stappenplan (Figuur 3) met kleuren zijn weergegeven en die in dit hoofdstuk nader worden toegelicht.

Figuur 3 Stappenplan



	Fase 1	Voorbereiding	NVT
	Fase 2	LESA	**Hoofdstuk 3** (3.1 t/m 3.6)
	Fase 3	Synthese en interpretatie LESA	**Hoofdstuk 3** (3.7)
	Fase 4	Vergelijking standplaatscondities 1850/huidig	**Hoofdstuk 4**
	Fase 5	Streefbeeld / potentiële vegetaties	**Hoofdstuk 5** (5.1)
	Fase 6	Scenario's: Stappenschema / Kansen	**Hoofdstuk 5** (5.2) **en 6**
	Fase 7	Conclusie	**Hoofdstuk 8**
	Fase 8	Discussie	**Hoofdstuk 9**
	Fase 9	Aanbevelingen	**Hoofdstuk 10**

2.2 Beschrijving van de fasen

In deze paragraaf wordt een toelichting gegeven op de inhoud van de fasen.

Fase 1: Voorbereiding

Er is een startgesprek met de interne en externe begeleiders gevoerd om de probleemstelling af te stemmen en om de kaders van het onderzoek vast te leggen.

Fase 2: LESA

De antwoorden op de deelvragen 1, 2 en 3 volgen uit deze fase.

Verschillende bronnen raden het gebruik van een landschapsecologische systeemanalyse (LESA) bij een onderzoek naar de potenties voor vegetaties aan (Laurijssens, De Blust, & Keune, 2013) (Van der Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010) (Assendorp & Van Dorp, 2014, pp. 57-79). *In de LESA is onderzocht hoe het landschap is ontstaan, hoe het functioneert en welke processen bepalend zijn voor het voorkomen van planten.*

De methodiek die bij het uitvoeren van deze LESA is gebruikt, volgt op grote lijnen de theoretische benadering van de Landschapsecologische Systeemanalyse van Van der Molen, Baaijens en Grootjans (2010).

Er is een belangrijk onderscheid gemaakt in de wijze waarop de standplaatscondities zijn bepaald voor de historische referentie en voor de huidige situatie.
- 1850: De LESA leidt tot het bepalen van referentievegetaties waarvan de standplaatscondities zijn afgeleid.
- Huidig: De standplaatscondities volgen uit veldmetingen en actuele gegevens.

De methodiek is hieronder per onderdeel beschreven.

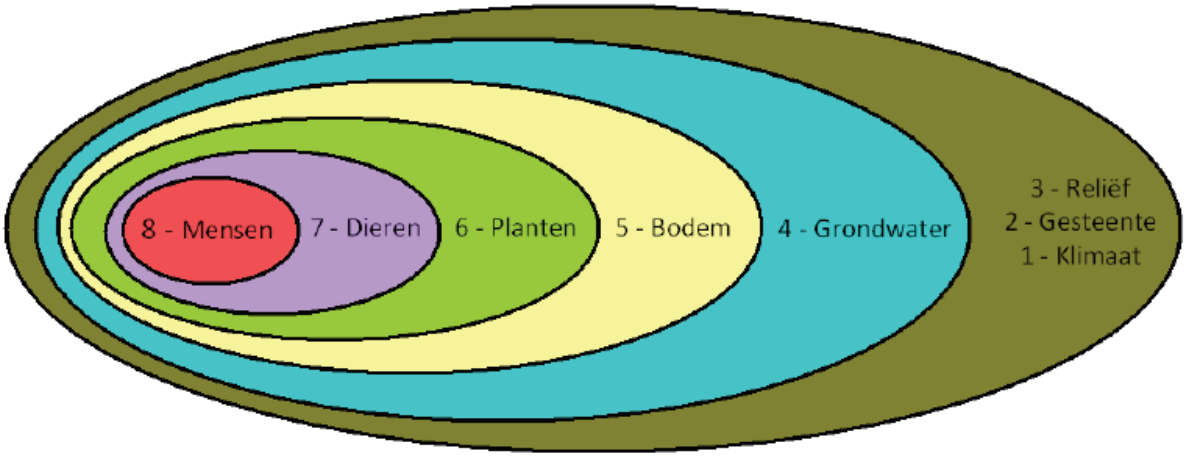
Het gebruik van de LESA

De situatie van rond 1850 (vóór de grootschalige ontginning van het Beekbergerwoud) is geanalyseerd. Waar deze afwijkt, is ook de huidige situatie beschreven. De uitkomsten van de LESA geven informatie over de toen en nu geldende potenties en standplaatscondities, die met elkaar worden vergeleken in hoofdstuk 4.

Centraal in een LESA staat het hiërarchisch- of rangordemodel (Figuur 4), waarin de samenhang tussen de componenten klimaat, geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem, flora & fauna en menselijke invloed is aangeduid. De resultaten van de onderdelen bieden

gezamenlijk informatie over de standplaatscondities die relevant zijn voor de potentie voor vegetaties.

Figuur 4 Hiërarchisch model.



Schroevers, 1982 in (Van der Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010)

Naar verwachting zijn er relevante verschillen tussen de referentie en de huidige situatie op de onderdelen Geomorfologie, Bodem, Hydrologie, Flora & Fauna en Menselijke invloed, die hun uitwerking hebben op de standplaatscondities voedselrijkdom, zuurgraad en vochtigheidsgraad.

Van het onderdeel Flora & Fauna is de fauna bij dit onderzoek niet relevant en is alleen de vegetatie meegenomen.

Het onderzoek naar de potenties voor het onderzoeksgebied volgt de theorie voor het opstellen van een complete LESA, maar geeft daarnaast invulling aan een praktische wens. Natuurmonumenten kan of wil niet alle factoren in het hiërarchisch model beïnvloeden bij het streven naar een zo soortenrijk mogelijk grasland. Daarom wordt hier vooral de nadruk gelegd op de factoren die door Natuurmonumenten te sturen zijn. Dit zijn onderdelen van Bodem, Hydrologie en Menselijke invloed.

Klimaat

Het heersende klimaat is van grote invloed op de vegetatie, maar is vanwege het generieke karakter (het is in heel Nederland gelijk) niet beschreven in dit onderzoek[4].

[4] Het is mogelijk dat klimaatverandering van invloed is op de soortensamenstelling van plantengemeenschappen. Voorbeelden van studies hiernaar zijn *Gevolgen van klimaatverandering voor verschillende plantengemeenschappen* (Janssen, Ozinga, Schaminee, Haveman, & Smits, 2013) en *Verschuivende allianties in plantengemeenschappen door Klimaatverandering* (Van der Staaij & Ozinga, 2008). Dit is echter een dusdanig traag en moeilijk meetbaar proces, dat er in dit onderzoek geen rekening mee is gehouden.

Geologie

Het moedermateriaal is een van de basiselementen waar de standplaats van vegetaties uit bestaat en samen met de geomorfologie en hydrologie bepalend voor de bodemontwikkeling. Een literatuurstudie leidt tot informatie over de wijze waarop dit materiaal door glaciale en fluviatiele processen tot een landschap is gevormd.

De gelaagdheid die door deze processen is ontstaan zorgt samen met het reliëf voor hydrologische stroming op regionaal en op lokaal niveau in het onderzoeksgebied.

Het resultaat is een tweetal doorsneden, waarin de lagen in de ondergrond die de standplaatscondities van de vegetatie beïnvloeden zichtbaar zijn gemaakt.

Geomorfologie

De gelaagdheid en het reliëf zorgen voor hydrologische stroming op zowel regionaal als lokaal niveau. Ook de geomorfologie is onderzocht en beschreven aan de hand van literatuurstudie. Een verschil met de geologie is dat dit onderdeel in de loop der tijd is beïnvloed door de mens.

Er zijn kaarten vervaardigd in ArcGIS, begeleid door een omschrijving van de huidige situatie. Bronnen zijn onder andere de Geomorfologische kaart van Nederland (1:50.000) (Alterra, 2008), het Actueel Hoogtebestand Nederland (Esri Content Nederland, 2017) en DINOloket (2018).

Hydrologie

De kwantiteit en kwaliteit (Van der Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010) van het water zijn voor de periode rond 1850 en de huidige periode uitgezocht, om aan te tonen wat hier de invloed van is op de standplaatscondities zuurgraad en vochtigheidsgraad.

Concreet wordt onderzocht:

- Kwel- en grondwaterstromen (regionaal en lokaal)
- Grondwatertrappen (GHG / GVH / GLG)

1850

Voor de referentiesituatie zijn de herkomst (kwaliteit) en de hoeveelheid water door middel van literatuurstudie achterhaald. De belangrijkste bron is het *Eco-hydrologisch onderzoek Beekbergerwoud* (Hanhart & Maljaars, 2011). Hierbij is ook gebruik gemaakt van de samenhang met de LESA-onderdelen geologie, geomorfologie, bodem en vegetatie. Dit laatste is gedaan door van de vastgestelde referentievegetaties de standplaatscondities te bepalen met behulp van SynBioSys (Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010).

Huidig

Voor de huidige situatie zijn meetgegevens uit de grondboringen beschikbaar, waarmee de kwaliteit (EGV en zuurgraad) en de kwantiteit (grondwatertrappen) mede zijn bepaald.

Samen met ecohydroloog Karel Hanhart zijn steekproefsgewijs veldmetingen gedaan. Het elektrisch geleidend vermogen (EGV) en de pH van het grondwater zijn op een aantal punten

gemeten. Hieruit volgen uitspraken over de standplaatscondities en processen die hier mogelijk aan ten grondslag liggen (Van der Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010). De EGV geeft een eerste aanwijzing over de herkomst van het water en/of invloed van de landbouw.

De zuurgraad van het bodemvocht is op verschillende diepten bepaald. De pH-H_2O is met behulp van Merck pH-indicator strips in de range van pH 4,0 tot 7,0 gemeten. In het bemestingsonderzoek van Eurofins Agro is ook op andere percelen de pH (KCl) van de bodem op verschillende diepten bepaald (0-10 cm en 10-25 cm). Deze gegevens bieden, samen met de kwelindicatoren uit de florakarteringen, inzicht in de invloed van kwel dan wel van infiltratie van neerslag in de bodem. Op 4 percelen waren vanuit beide bronnen gegevens aanwezig over de toplaag en de diepere laag. Daar hebben eigen metingen de voorkeur gekregen, vanwege het feit dat de pH daarbij op grotere diepte bepaald is.

Waar de pH van de onderlaag meer dan 0,5 hoger ligt dan in de pH van de toplaag is sprake van een kwelprofiel. Bij een pH in de onderlaag die minder dan 0,5 hoger ligt of zelfs lager ligt dan de pH in de toplaag, is sprake van een infiltratieprofiel.

Voor het vaststellen van de actuele grondwatertrappen (aan de hand van de GHG en GLG) zijn de volgende bronnen en methode gebruikt:

- Peilbuisgegevens van de gegevensbeheerder van de hydrologische databank voor Natuurmonumenten (Verbelco);
- Eigen waarnemingen bij steekproefsgewijze grondboringen;
- De Bodemkaart van Nederland 1:50.000 (Alterra, 2008).

Waar mogelijk zijn peilbuisgegevens benut voor het bepalen van de grondwatertrap. Bij afwezigheid van een (nabije) peilbuis is de grondwatertrap afgeleid van eigen waarnemingen en getoetst aan de gegevens van de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 of de dichtstbijzijnde peilbuis.

De Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is bepaald aan de hand van de peilbuisgegevens.

Resultaten

De resultaten zijn in tabellen weergegeven. Er zijn ook kaarten vervaardigd voor de grondwatertrappen en de kwel- / infiltratieprofielen.

Bodem

De factor bodem is van invloed op de beschikbaarheid van vocht, de zuurgraad en de voedselrijkdom van een standplaats en daarmee op de aanwezige vegetatie.

Bepaling van de bodemtypen

De Bodemkaart van Nederland 1: 50.000 (Alterra, 2008) toont globaal aan waar in het landschap de verschillende bodemtypen liggen. Om te toetsen of deze gegevens bruikbaar zijn, zijn in het onderzoeksgebied steekproefsgewijs grondboringen verricht. De locaties van de aanvullende grondboringen zijn gekozen aan de hand van analyse van de bodemkaart en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) (Esri Content Nederland, 2017).

Er is verspreid over het gebied gekozen voor 9 boringen tot 1.20 meter diep. Er is gelet op de (in theorie) aanwezige bodemtypen en er is rekening gehouden met de hoogteverschillen in het onderzoeksgebied door boorpunten te kiezen op de hogere delen (dekzandkopjes) en op de lagere delen. Voor de interpretatie van de bodemtypen is in dit onderzoek de methode gebruikt zoals beschreven in het *Diktaat Veldbodemkunde* (Locher, 1998).

Bemestingsonderzoek

Om de voedselrijkdom en de zuurgraad van de bodem te meten heeft Natuurmonumenten een bemestingsonderzoek laten uitvoeren door Eurofins Agro (2017).

Het bemestingsonderzoek is in de laag 0-10 cm en op enkele onderzoekspercelen ten zuiden van de Woudweg in de laag 10-25 cm beneden maaiveld uitgevoerd. Niet op alle onderzoekspercelen zijn monsters genomen. Waar gegevens ontbreken, zijn in overleg met Natuurmonumenten de beschikbare gegevens van het dichtstbijzijnde perceel met eenzelfde bodemtype waar wel onderzoek is verricht, geëxtrapoleerd.

Voor de potentiebepaling van de onderzoekspercelen zijn de volgende gegevens meegenomen:

- pH-H_2O (zuurgraad);
- De direct beschikbare fosfaatvoorraad voor de vegetatie (P-Al, fosfaat dat is geëxtraheerd met ammoniumlactaat azijnzuur);
- De voorraad van het totale beschikbare fosfaat (P-ox, geëxtraheerd met ammoniumoxalaat-oxaalzuur);
- Fosfaatverzadigingsgraad (FVG); dit is “de fractie van de adsorptiecapaciteit die bezet is met fosfaat” (uitgedrukt in procenten) (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007, p. 27). Het adsorptiecomplex is daarbij gemeten als oxalaat-extraheerbaar Fe en Al (Fe-ox en Al-ox) in mmol per kg droge grond. In een formule:

Vergelijking 1 Fosfaatverzadigingsgraad

$$PSD = 100\% \times \frac{P_{ox}}{0{,}5 \times (Al_{ox} + Fe_{ox})}$$ [5]

Zuurgraad

Er zijn in de praktijk 2 methoden om de pH-waarden te kunnen meten. Dit zijn pH-water (pH-H_2O) en pH-kaliumchloride (pH-KCl). In het bemestingsonderzoek is bij elk bodemmonster in de laag 0-10 cm de pH-KCl gemeten. Daarnaast is op enkele percelen ten zuiden van de Woudweg de pH-KCl van de laag 10-25 cm gemeten. Het verschil tussen beide methoden resulteert in een (gemiddeld) 0,7 punt lagere pH-KCl eenheden ten opzichte van pH-H_2O (Puijsselaar, 2013). Omdat de gemeten pH-KCl waarden uit het bemestingsonderzoek zijn vergeleken met de Wamelink-getallen (uitgedrukt in pH-H_2O), zijn de uitkomsten van het bemestingsonderzoek met 0,7 eenheden verhoogd.

[5] (PSD = Phosphate Saturation Degree = Fosfaatverzadigingsgraad)

Resultaten

De resultaten geven informatie over de huidige potenties voor natuurontwikkeling en waar de kansen voor verbetering van de standplaatscondities liggen. Daarnaast zijn de gegevens van belang om een besluit te kunnen nemen voor eventuele beheermaatregelen. De bodemgegevens worden gepresenteerd met kaartmateriaal (ArcGIS) en in tabellen.

Vegetatie

Onderzoek naar de vegetatie levert informatie over de standplaatscondities (Van der Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010). De vegetatie is op haar beurt een respons op de combinatie van de onderdelen klimaat, geo(morfo)logie, hydrologie, bodemfactoren en menselijke invloed.

Het onderzoek naar de vegetatie bestaat uit twee aspecten:

1. Literatuurstudie naar de vegetatie die rond 1850 in het Beekbergerwoud en het omliggende gebied voorkwam, leidt tot het bepalen van de referentievegetatie en de standplaatscondities van het onderzoeksgebied rond die periode.
2. Een florakartering van het Beekbergerwoud die in 2015 in opdracht van Natuurmonumenten is uitgevoerd, is voor de onderzoekspercelen gebruikt om een kaart met kwelindicatoren op te stellen. Deze kaart levert daarmee informatie over het voorkomen van kwel op de onderzoekspercelen.

Dit tweede punt draagt voor een aantal percelen bij aan het bepalen van de potentiële vegetaties.

Menselijke invloed

De activiteiten van mensen zijn in grote mate sturend bij landschapsinrichting en daarmee ook instrumenteel bij het al dan niet bereiken van de gewenste vegetatie. Onderzoek naar de antropogene invloeden op het gebied vindt in eerste instantie plaats op basis van literatuuronderzoek naar de ontginningsgeschiedenis.

Gesprekken met Natuurmonumenten en andere deskundigen hebben de kennis over het verdere verloop van de geschiedenis van het gebied ingekleurd. Deze informatie is van belang om te weten te komen hoe met name de huidige toestand van de bodem en de hydrologische situatie zijn veranderd. Naast de informatie over de gebruikshistorie wordt ook het huidige beheer behandeld.

Fase 3: Synthese en interpretatie van de landschapsecologische samenhang

In deze fase zijn de resultaten uit de LESA per periode samengevoegd en verder geïnterpreteerd. De synthese van de resultaten geeft een overzicht van de totale landschapsecologische opbouw per periode, waarmee deelvraag 4 wordt beantwoord.

Fase 4: Vergelijking standplaatscondities 1850 – huidig

De overeenkomsten en verschillen van de standplaatscondities 1850 en huidig uit de LESA zijn besproken. Dit beantwoordt deelvraag 5.

De standplaatscondities voor de referentie 1850 zijn afgeleid van de referentievegetaties die in de LESA zijn bepaald. Om die reden zijn vastgesteld aan de hand van de Wamelink waarden in SynBioSys (Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010).

Voor de huidige situatie zijn meetgegevens beschikbaar die niet zijn afgeleid van vegetatietypen:
- De zuurgraad is overgenomen uit de resultaten van Hydrologie, Vegetatie (kwelindicatoren) en Bodem (pH uit het bemestingsonderzoek);
- de voedselrijkdom is afgeleid van het onderdeel Bodem (bemestingsonderzoek);
- de vochtigheidsgraad is een resultaat van het onderdeel Hydrologie.

De vierde factor die van invloed is op de vegetaties is het gebruik rond 1850 en het tegenwoordige beheer van de onderzoekspercelen. De informatie hierover komt voort uit het onderdeel Menselijke invloed. Het wordt in deze fase samengevat en geïnterpreteerd.

Ook deelvraag 6a is beantwoord, door aan te tonen of de referentievegetaties met de huidige standplaatscondities haalbaar zijn. Dit is als input gebruikt voor de verdere beantwoording van deelvraag 6b in de volgende fase.

Fase 5 : Potentiële vegetaties

In deze fase is onderzocht wat, naast de referentievegetaties, de andere potentiële vegetaties zijn die gerealiseerd kunnen worden. Dit leidt tot invulling van deelvraag 6b.

Fase 6: Scenario's

Een stappenschema toont aan welke vegetaties haalbaar zijn op basis van de standplaatscondities voedselrijkdom en vochtigheidsgraad. Voor deze scenario's is beschreven met welke aanpassingen in de standplaatscondities dit gerealiseerd kan worden. Dit geeft antwoord op deelvraag 6c.

De randvoorwaarden waar Natuurmonumenten mee te maken heeft, zijn als een apart hoofdstuk opgenomen om deelvraag 6d te beantwoorden.

Fase 7: Conclusie

Deze fase leidt tot beantwoording van de hoofdvraag.
De conclusies uit de voorgaande fasen zijn hier samengevoegd en besproken in relatie tot de randvoorwaarden waar Natuurmonumenten mee te maken heeft.

Fase 8: Discussie

De waarde van de onderzoeksresultaten en conclusies worden in deze fase ter discussie gesteld.

Fase 9: Aanbevelingen

Vanuit de Conclusie en Discussie volgen aanbevelingen. Deze zijn tweeledig:

1. Voor de onderzoekspercelen waarover voldoende bekend is worden aanbevelingen gedaan voor maatregelen om de gewenste resultaten te bereiken.
2. Waar de conclusies over de onderzoekspercelen niet sluitend zijn om aanbevelingen te kunnen doen voor maatregelen, zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

3. Landschapsecologische systeemanalyse

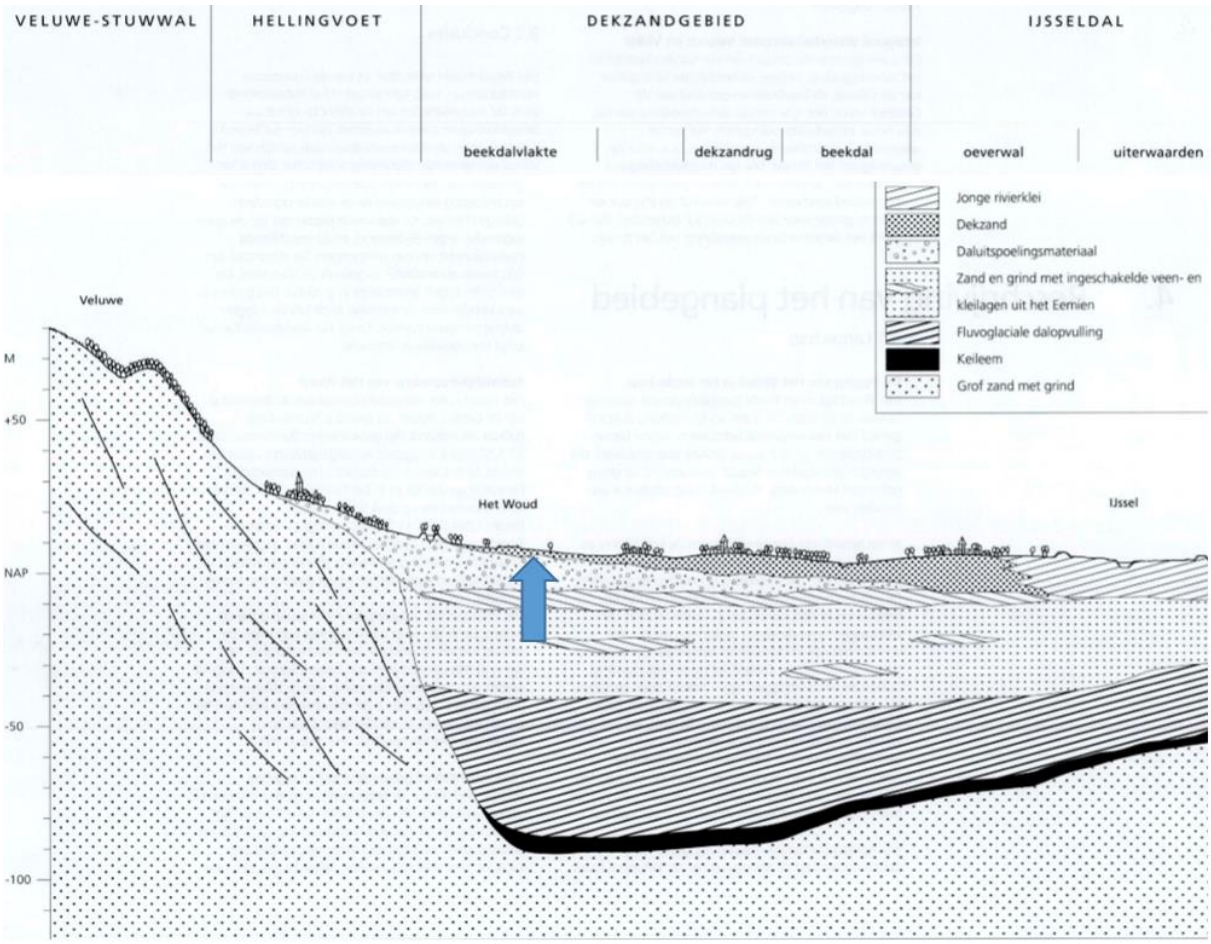
In dit hoofdstuk worden de zes onderdelen van de LESA uitgewerkt, die relevant zijn voor het onderzoek. In paragraaf 3.7 zijn deze onderdelen samengevoegd en is de landschapsecologische samenhang van rond 1850 vergeleken met die van de huidige situatie.

3.1 Geologie

Het onderzoeksgebied is gelegen op de flank van de oostelijke stuwwal van de Veluwe. Deze stuwwal is in de voorlaatste ijstijd (het Saalien) door stuwing van landijs uit het oosten ontstaan. De stuwwallen bestaan voor het grootste deel uit opgestuwd preglaciaal zand dat via verschillende rivierstelsels is aangevoerd. De ondergrond van de stuwwalflanken en de door het ijs uitgesleten bekkens zijn onderhevig geweest aan meerdere processen, waardoor er een gevarieerde gelaagdheid is ontstaan.

In Figuur 5 is te zien hoe de ondergrond van het onderzoeksgebied tussen de kop van de oostelijke stuwwal van de Veluwe tot aan de IJssel is opgebouwd. De pijl geeft aan waar het onderzoeksgebied zich bevindt.

Figuur 5 Geologische ligging onderzoeksgebied



(Veen, 1993, p. 28)

Om een beeld te krijgen van de opbouw van het onderzoeksgebied zijn er 2 geologische dwarsdoorsneden tot een diepte van 120 meter beneden maaiveld gemaakt. De dwarsdoorsneden zijn weergegeven in bijlagen 1 en 2. (DINOloket, 2018). De verklaring van de afkortingen is opgenomen als bijlage 3. De lagen in de ondergrond die van invloed zijn op de standplaatscondities zijn in Tabel 1 uitgelicht.

Daar waar het Beekbergerwoud ligt zijn op circa 100 meter diepte de preglaciale rivierafzettingen aanwezig. De Drente-klei ligt met een 40-50 meter dik pakket daar bovenop. De bovenste 50 meter bestaat uit verschillende lagen met zandige afzettingen met daar tussendoor klei- en leemlagen. Op ca. 15 m diepte is een 2-5 m dikke laag Zutphen-klei te zien met daar bovenop een pakket daluitspoelingsmateriaal. De samenstelling en dikte van dit pakket met daluitspoelingsmateriaal is zeer gevarieerd en met name het bovenste deel bevat veel grind. In het zuidwestelijk deel van het Beekbergerwoud wordt dit pakket op minder dan 40 cm onder maaiveld aangetroffen. Meer naar het oosten toe neemt de diepte waarop dit pakket wordt aangetroffen toe. Bovenop ligt een laag dekzand die in dikte varieert. In het zuidwesten is deze minder dan 40 cm en in het oosten meer dan 80 cm (Veen, 1993).

Tabel 1 Relevante lagen in de ondergrond

Laag	Globale diepte beneden maaiveld (in meters)	Invloed op	Toelichting
Keileem	80-100	Hydrologie	Scheidende laag
Zutphen-klei	15-20	Hydrologie	Scheidende laag
Daluitspoelingsmateriaal (Kreftenheye zand en klei)	0,40-15	Hydrologie	Kalkrijke afzettingen
Dekzand	0-1	Geomorfologie / hydrologie	Vorming van horsten

(Stichting voor Bodemkartering, 1979) (Bakker, Den Otter, & Weerts, 2003) (Hanhart & Maljaars, 2011)

3.2 Geomorfologie

De geomorfologie is vooral van invloed op de hydrologische stromingen op regionaal en op lokaal niveau.

3.2.1 Hoogteligging

De gradiënt van het onderzoeksgebied loopt van het zuidwesten naar noordoosten af, van ongeveer 12,50 meter boven NAP naar ongeveer 8,60 meter boven NAP. Met een hoogteverschil van 3,90 meter over een afstand van 1,8 km bedraagt de gradiënt 2,15 m/km (Esri Content Nederland, 2017). Ter illustratie is de hoogtekaart opgenomen als bijlage 4.

3.2.2 Reliëf

Vanuit het zuidwesten gaat de stuwwal richting het Beekbergerwoud over in een flauwe stuwwalglooiing, die bestaat uit daluitspoelingsmateriaal (zie Figuur 5). Ten noorden daarvan ligt een breed sneeuwsmeltwaterdal dat wordt doorsneden door een daluitspoelingswaaier. Noordelijk van het Beekbergerwoud zijn dekzandruggen afgezet (Hanhart & Maljaars, 2011). De geomorfologische kaart van het gebied met de verklaring van de voorkomende codes is opgenomen als bijlage 5.

Voor de grootschalige ontginning kwamen er meerdere “horsten” en “slenken” voor in het onderzoeksgebied (Hanhart & Maljaars, 2011, pp. 78-81). Dit zijn hoger gelegen dekzandkopjes, afgewisseld met laagten, die voor aanvullende grondwaterstromingen en daardoor voor een grotere variatie aan standplaatscondities zorgden. Op de onderzoekspercelen is in het noorden een dergelijke verhoging zichtbaar op perceel 4D (zie bijlage 25).

3.3 Hydrologie

De oorsprong van het water in het onderzoeksgebied is onder te verdelen in drie verschillende componenten (regionale kwel, lokale kwel en neerslag), waarvan de mengverhouding de kwaliteit van het grondwater voor de vegetatie bepaalt. Er volgt per component een korte beschrijving.

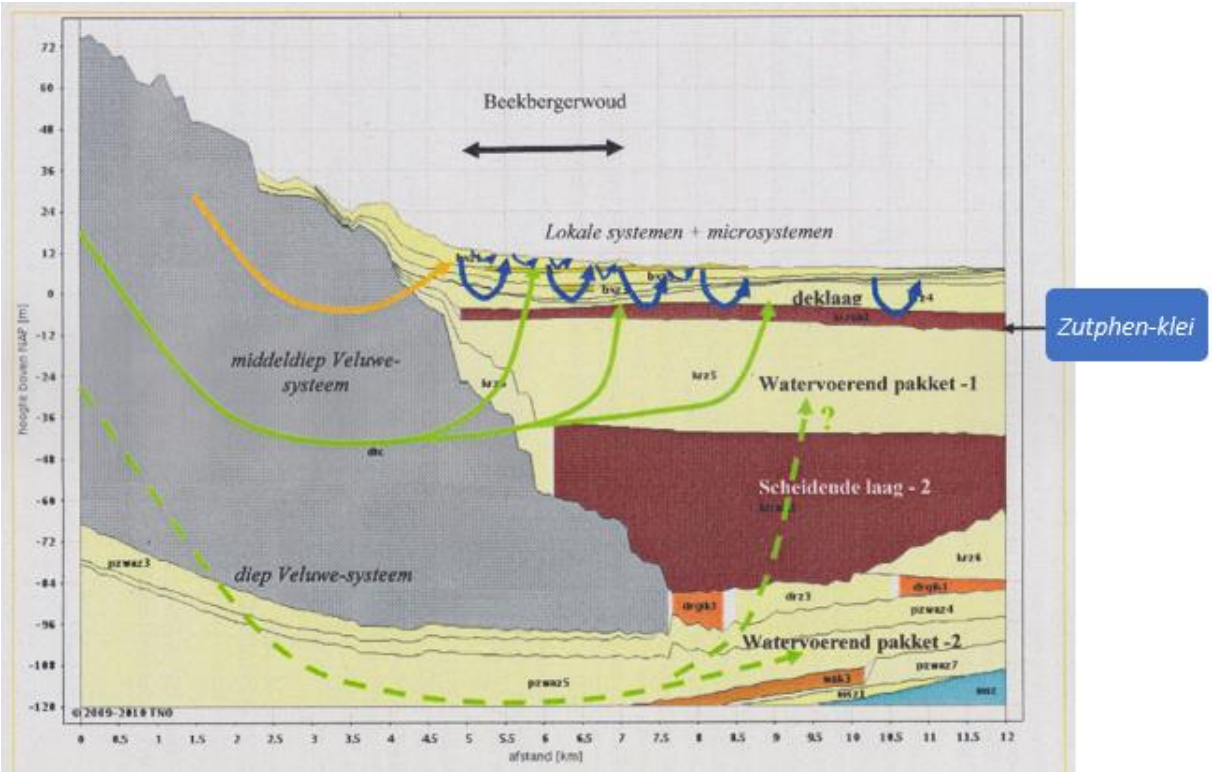
3.3.1 Regionale kwel

Ter hoogte van het onderzoeksgebied is de voornaamste bron van kwel een sterk regionaal grondwatersysteem: het middeldiepe Veluwesysteem[6] (Hanhart & Maljaars, 2011) (Veen, 1993). Onderaan de stuwwal treedt op verschillende plekken grondwater uit dat bovenop de stuwwal van de Veluwe is geïnfiltreerd. Het middeldiepe systeem stroomt boven de keileemlaag van de Formatie van Drente in oostelijke richting af en kwelt aan de oostkant van het Apeldoorns kanaal op (Veen, 1993).

In Figuur 6 is te zien dat dit middeldiepe Veluwesysteem in twee vormen in het onderzoeksgebied uittreedt: kleilagen uit het Eemien (het laagpakket van Zutphen, formatie van Kreftenheye) vormen het scheidende laagpakket. Een groot deel van het geïnfiltreerde water stroomt volgens Hanhart en Maljaars (2011, p. 23) door het kalkrijke “freatisch pakket” boven de Zutphen-klei af (zie de gele pijl in Figuur 6). Deze kalkrijke kwel bereikt met name in het zuidwestelijke deel van het gebied het freatisch grondwater. Een ander deel van het middeldiepe Veluwesysteem infiltreert tot onder de Zutphen-klei en stroomt door het “eerste watervoerend pakket” (de groene pijlen). Het kan op een aantal plaatsen door de Zutphen-klei heen komen, waardoor plaatselijk kwelvensters kunnen ontstaan.

[6] Van het diepe Veluwesysteem, dat tot onder de keileem laag inzijgt, is niet aangetoond dat het kan uittreden in het Beekbergerwoud. Als het dat al doet, dan is de invloed hiervan op de vegetatie dusdanig klein dat het systeem hier verder buiten beschouwing wordt gelaten.

Figuur 6 Schematische weergave van de grondwaterstromen in het onderzoeksgebied



(Hanhart & Maljaars, 2011, p. 31)

De kwaliteit van het diepere grondwater is door Hanhart en Maljaars, met behulp van gegevens van B-WARE uit 2009, gemeten en benoemd als “zwak lithoclien” (2011, p. 57). Daar waar de regionale kwel tot aan de wortelzone doordringt, is het echter sterk verrijkt met kalk en bicarbonaat uit zandlagen in de formatie van Kreftenheye. Daardoor is het basenrijk tot zeer basenrijk.

3.3.2 Lokale kwel

Naast het regionale systeem zijn er ook lokale kwelsystemen aanwezig. De lokale kwel beperkt zich tot de grondlagen boven de Zutphen-kleilaag. De sturende factor bij deze kwelstromen zijn hoogteverschillen tussen dekzandruggen en tussengelegen laagtes. De lokale kwel is in Figuur 6 weergegeven met blauwe pijlen.

Hanhart en Maljaars (2011, p. 60) wijzen erop “dat ook de micro-systemen van wezenlijk belang zijn bij de aanwezigheid en afwezigheid van basenrijk grondwater tot hoog in het bodemprofiel”. Op de hoogtekaart van een van de percelen (bijlage 11) is een voorbeeld van een niet geëgaliseerd perceel te zien, waar dergelijke micro-systemen voorkomen.

De kwaliteit van de lokale kwelstromen kan “bijzonder basenrijk” zijn (Hanhart & Maljaars, 2011, p. 26). De oorzaak hiervan is dat er kalkrijke zandgronden relatief dicht onder het maaiveld voorkomen, waardoor kalk kan worden opgenomen in het grondwater. De oorsprong van de kwel (regionaal of lokaal) is daarom in mindere mate bepalend voor de basenrijkdom.

3.3.3 Neerslag

Hoogteverschillen in het landschap en slecht doorlatende lagen in de bodem zorgen voor de vorming van regenwaterlenzen of stagnerend regenwater (Hanhart & Maljaars, 2011). De plaatselijke aanwezigheid van atmotroof water zorgt voor zuurdere en basenarme standplaatsen en is daardoor van invloed op de vegetatie.

3.3.4 Resultaten hydrologie

In deze paragraaf zijn de resultaten voor de kwantiteit en de kwaliteit weergegeven.

Kwantiteit 1850

De grondwatertrappen die in het gebied voorkwamen zijn bepaald op basis van de vegetatie en zijn opgenomen in Tabel 2. De bepaling van deze associaties volgt uit paragraaf 3.5; Vegetatie. Een toelichting op de betekenis van de grondwatertrappen staat in bijlage 6.

Tabel 2 Grondwatertrappen 1850

	Blauwgrasland (16Aa1)	Veldrus associatie (16Ab1)	Associatie van Gewone dophei (11Aa2)	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2)
GLG (cm tov maaiveld)	-47 tot -75	-54 tot -75	-85 tot -150	-80 tot -122
GVG (cm tov maaiveld)	-5 tot -20	-16 tot -28	-3 tot -21	-16 tot -34
GHG (cm tov maaiveld)	+5 tot -16	-2 tot -18	-25 tot -70	-20 tot -52
Grondwatertrap	II / III	II / III	III / **IV**	**III** / IV

(Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010)

Rond 1850 stroomde in delen van het onderzoeksgebied kwel oppervlakkig af, mogelijk als gevolg van hoge voorjaarsgrondwaterstanden. Exacte locaties zijn hiervoor niet bekend, maar dhr. Bosker, die het Beekbergerwoud heeft ontgonnen, spreekt van “natte kwelgevoede gronden aan de voet van de daluitspoelingswaaier ten zuiden, zuidwesten en westen van het Beekbergerwoud” (Hanhart & Maljaars, 2011, p. 33). De invloed van kwel op de percelen was in 1850 groot.

Zoals is gezegd in paragraaf 3.2.2 (Geomorfologie) kwamen in de situatie rond 1850 veel reliëfverschillen voor. Door leemlagen in de bodem, stagnatie van regenwater en plaatselijke invloed van basenrijke kwel was er veel variatie in standplaatscondities.

Kwantiteit huidig

Een ingrijpende maatregel voor de ontginning van het Beekbergerwoud was het verlagen van de grondwaterstanden in het gebied voor de landbouw. De percelen hebben onder invloed gestaan van diepe ontwatering via de sloten (zie bijlage 8), met lagere grondwaterstanden als gevolg. Dit lijkt echter weer hersteld te zijn, wat blijkt uit de actuele grondwatertrappen en voorjaarsgrondwaterstanden. De bepaling van de actuele grondwatertrappen is weergegeven in Tabel 3. Hieruit is de kaart in Figuur 7 voortgekomen, die laat zien dat de onderzoekspercelen in het westen vooral grondwatertrap II hebben en die in het oosten IV.

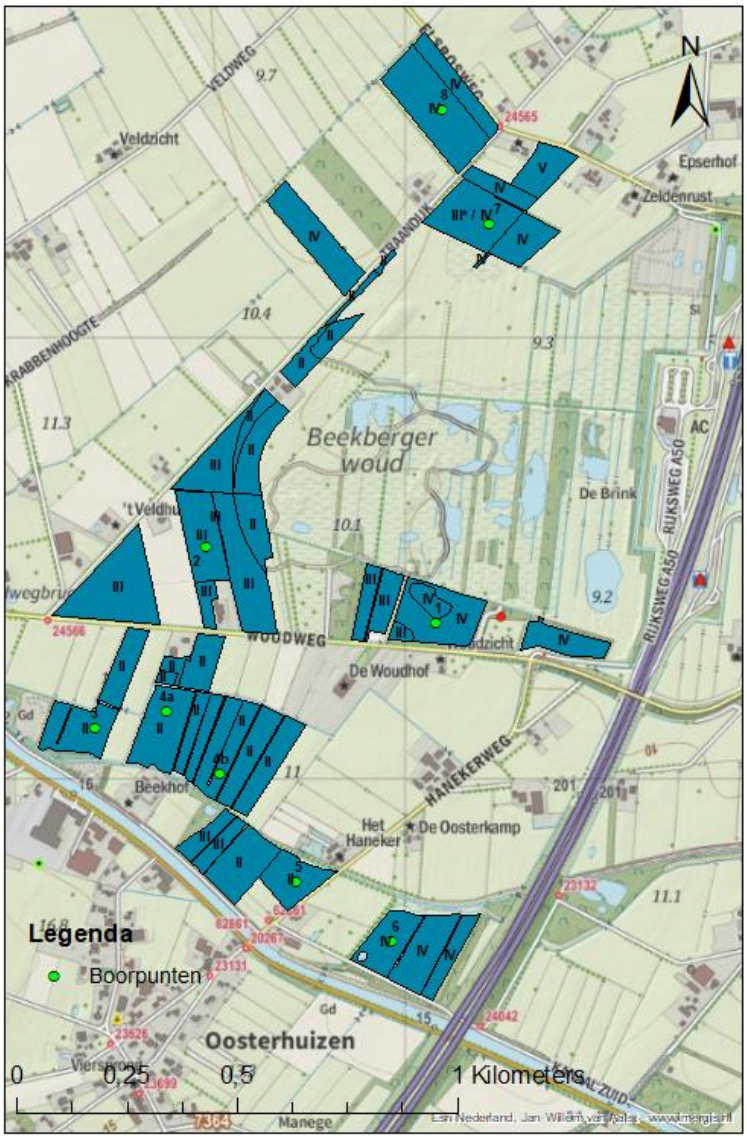
Tabel 3 Bepaling van de grondwatertrappen

Perceelnummer	GLG	GHG	GVG	GWT	Boring / Peilbuis
2/F	114	50	71	IV	PB B009
3/A01				II	AP B021. Maaiveld ligt zelfs nog lager.
3/C01				II	AP B021. Maaiveld ligt zelfs nog lager.
3/C02				II	AP B021. Maaiveld ligt zelfs nog lager.
3/C03			12	II	AP B021
3/C04			12	II	AP B021
3/C05			12	II	AP B021
3/G01	80	40		III	Boring 2
3/G02	80	40		III	Boring 2
3/G03	80	40		III	Boring 2
3/G04	80	40		III	Boring 2
3/G05	80	40		III	Boring 2
3/H01	95	60		IV	Boring 1
3/H02	114	50	71	IV	PB B009
3/H03	90	18	43	III	PB B004
3/J	93	24	53	III	AP B111
3/R01	90	18	43	III	AP B004
3/R02	90	18	43	III	AP B004
4/C01	95	50	55	IV	Afgeleid van PB B013 / Boring 7
4/C02	124	21	53	V	AP B028
4/D	95	50	55	III* / IV	PB B013 / Boring 7
4/D02	95	50	55	IV	Afgeleid van PB B013 / Boring 7
4/J01	95	50	55	IV	Afgeleid van PB B013 / Boring 7
4/L03				II	AP B021. Maaiveld ligt zelfs nog lager.
5/A Hond	80	10		II	Boring 4a
5/A Midden	70	10	20	II	PB B016
5/A Rechts	60	25	20	II	Boring 4b
5/B	70	20		II	Boring 3
5/C	70	20		II	AB 3
5/D	60	25		II	AB 4b
5/E				III	Afgeleid van geomorfologie en ahn, in vergelijking met 5/L02.
5/F				III	Afgeleid van geomorfologie en ahn, in vergelijking met 5/L02.
5/J01	70	10	20	II	AP B016
5/J02	70	10	20	II	AP B016
5/K	70	10	20	II	AP B016
5/L01	80	10		II	AB 5
5/L02	80	10		II	Boring 5
5/N	60	25		II	AB 4b
7/A	85	45		IV	Boring 8
7/C				IV	Afgeleid van geomorfologie en ahn, afgeleid van boorpunten 7 en 8 en van PB B013.
7/D	85	45		IV	Boring 8
8/D Gras	80	50		IV	AB 6
8/D Pitrus	80	50		IV	Boring 6
8D Rechts	80	50		IV	AB 6

Toelichting

Omschrijving kolom 'Boring / Peilbuis'	Betekenis
Peilbuis	GWT is overgenomen van een peilbuis op het perceel.
Boring	GWT is bepaald door middel van een veldmeting op het perceel.
AP	GWT is afgeleid van een peilbuis op een perceel in de nabijheid.
AB	GWT is afgeleid van een veldmeting in de nabijheid.

Figuur 7 Locaties van de boorpunten en de grondwatertrap per perceel



(Esri Content Nederland, 2018)

Kwaliteit

Tijdens de veldmetingen zijn voor enkele percelen de EGV- en pH-waarden bepaald (Tabel 4). Daarmee is bepaald of er een infiltratie- of kwelprofiel in de bodem aanwezig is. Dit leidt tot de kaart in bijlage 7, waarin ook de plantensoorten die de aanwezigheid van kwel aanduiden zijn opgenomen[7].

Samen met de EGV-waarden in Tabel 4 laat dit zien dat er relatief veel invloed van kwel is te zien bij de boorpunten 3 en 4a, ten zuiden van de Woudweg. De EGV- en pH-metingen van het grondwater wijzen desondanks op een minder grote basenrijkdom dan op basis van de kwaliteit van het diepere grondwater (Hanhart & Maljaars, 2011) verwacht mag worden.

Een mogelijke oorzaak hiervan, is dat de kwel hier oppervlakkiger van de stuwwal afstroomt en daardoor minder basenrijk is (Hanhart, 2018). Het basenrijke grondwater dat door de diepere, kalkrijke zandlagen stroomt, wordt afgevoerd door de diepe sloten nabij deze percelen. Het water in de sloten en de Beekbergse Beek is basenhoudend tot zeer basenrijk, variërend van 360 tot 700 µS/cm (Hanhart & Maljaars, 2011). Dit verklaart ook het beeld, waarom de plantensoorten die indicatief zijn voor kwel vooral in de slootranden te vinden zijn. De grondwaterstanden zijn hoog (trappen II en III), maar kwel stroomt niet zoals omstreeks 1850 via het maaiveld af. De grondwaterstand is hier klaarblijkelijk wel verlaagd.

De hoogste EGV-waarde is gemeten bij boorpunt 8 in het uiterste noorden van het gebied. Hier is zeer basenrijk grondwater aanwezig, maar wel onder een slecht doorlatende

[7] Hierbij moet de kanttekening worden geplaatst dat de pH-waarden momentopnames zijn en de EGV-waarden in het veld zijn bepaald. Dit houdt in dat er enige onnauwkeurigheid in de resultaten zal zitten. Voor de bepaling van de profielen (kwel of infiltratie) maakt dit echter geen onderscheid, omdat de pH-waarden voor beide lagen op dezelfde wijze en door dezelfde persoon zijn beoordeeld.

leemlaag, waardoor het niet tot in de wortelzone doordringt. Het water in de naastgelegen sloot is volgens het onderzoek van Hanhart en Maljaars (2011) basenrijk met een EGV van 500 µS/cm.

Op de percelen bij de boorpunten 1, 2 en 7 vindt infiltratie van regenwater plaats. Bij boorpunt 2 is dit mogelijk het gevolg van afvoer van grondwater via de sloten, omdat de percelen van boorpunten 1 en 7 hoger in het landschap liggen, is het aannemelijk dat het infiltratieprofiel hier van nature ontstaan is.

Tabel 4 Waarden van het grondwater (EGV) en van het bodemvocht (pH)

Meetpunt	Perceel	EGV µS/cm	pH veldmeting 0-40	pH veldmeting >80	pH Eurofins 0-10	pH Eurofins 10-25	Infiltratie / Kwel
1	3/Ho2	72	4,9	4,9	4,8	-	Infiltratie
2	3/G01	104	5,0	5,3	4,6	-	Infiltratie
3	5/B	388	4,8	5,7	4,9	4,8	Kwel
4a	5/A Hond	439	4,8	5,5	4,6	5,1	Kwel
4b	5/A Rechts	116	4,2	4,8	5,2	5,8	Kwel
5	5/L02	136	4,3	4,9	5,0	4,9	Kwel
6	8/D Gras	204	4,6	5,5	4,7	4,6	Kwel
7	4/D	152	5,1	5,5	5,1	-	Infiltratie
8	7/A	647	5,2	6,8	4,8	-	Kwel

In paragraaf 4.3 worden de huidige pH-waarden en grondwatertrappen nader vergeleken met de condities van de referentievegetaties.

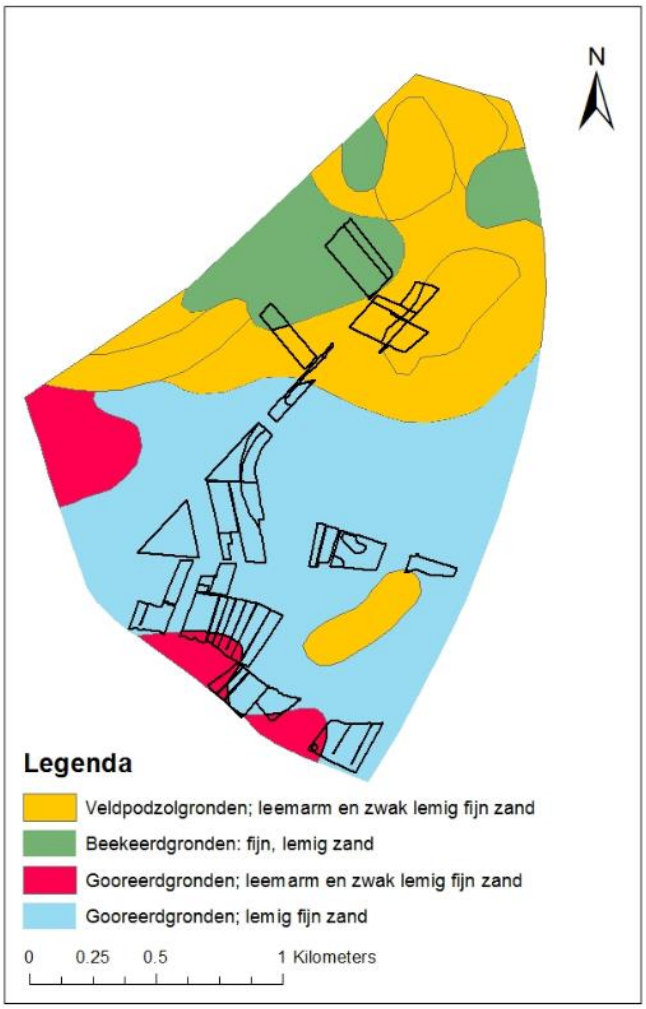
3.4 Bodem

De samenstelling van de bodem is vooral van invloed op de voedselrijkdom van een standplaats. Verder zijn ook de zuurgraad en het vochtleverend vermogen van belang voor de aanwezige vegetatie.

3.4.1 Bodemtypen van de onderzoekspercelen

Fijn zand is over het gehele onderzoeksgebied het dominante bodemmateriaal. Het leemgehalte van de bodem varieert van ‘leemarm en zwak lemig’ tot ‘lemig’. In het onderzoeksgebied zijn verschillen tussen de lagere, nattere gronden (slenken) en de hogere en drogere gronden (de horsten of dekzandruggen). Hiertussen liggen relatief vlakke gebieden. Zoals besproken in paragraaf 3.3; Hydrologie, was het gebied voorheen zeer nat, waarbij de vochttoestand afhankelijk was van hydrologische processen tussen de beekdalen en de tussenliggende dekzandruggen (Veen, 1993, p. 31). In Figuur 8 is te zien dat het onderzoeksgebied volgens de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 bestaat uit de bodemtypen veldpodzolgronden, beekeerdgronden en gooreerdgronden, die hieronder kort worden beschreven. Ook toont de figuur de onderzoekspercelen, zodat per perceel het bodemtype bij benadering zichtbaar is.

Figuur 8 Bodemtypen in het onderzoeksgebied



(Alterra, 2008)

Veldpodzolgrond (Hn)

Veldpodzolgronden zijn ontstaan op de middelhoge delen in het zandlandschap zoals flanken van hoge dekzandruggen, lage dekzandruggen en vlakke plateaus en met een periodieke grondwaterinvloed. (Jongmans, Van den Berg, Sonneveld, Peek, & Van den Berg van Saparoea, 2013).

Onder invloed van hogere grondwaterstanden is het ijzer in veldpodzolgronden gereduceerd afgevoerd. Door dit proces zijn deze gronden veelal tot grote diepte ontijzerd (Jongmans, Van den Berg, Sonneveld, Peek, & Van den Berg van Saparoea, 2013).

Gooreerdgrond (Zn)

Net als bij de veldpodzolgronden heeft podzolering ook een rol gespeeld bij het ontstaan van de gooreerdgronden, maar door laterale grondwaterstromen ontbreekt de typische verdeling tussen een in- en een uitspoelingshorizont (Hanhart, 2018). Evenals bij de beekeerdgronden hebben ze wel een donkere bovengrond, maar door ijzeruitspoeling en lagere grondwaterstanden ontbreekt ijzer in de bovenste 40 cm.

Over het algemeen zijn de gooreerdgronden de overgangen van de beekdalen naar de hogere gronden en zij vormen dan ook de overgang tussen de beekeerdgronden en de (veld)podzolgronden.

Beekeerdgronden (Zg)

De veldpodzolgronden en gooreerdgronden gaan over naar de lagergelegen delen met een constante grondwaterinvloed, de beekeerdgronden. Er vindt op deze landschappelijke positie voornamelijk een opwaartse waterbeweging plaats (De Bakker & Schelling, 1989).

Beekeerdgronden ontstaan op kalkloze zandgronden met fijn, lemig zand. Het ijzer dat is afgevoerd van de hoger gelegen veldpodzolgronden is geaccumuleerd in de beekeerdgronden. Dit is waar te nemen als roestvlekken. De bodem bestaat uit 2 lagen die kunnen worden onderscheiden in een donkere bovengrond met een scherpe overgang naar een humusarme ondergrond. Door afwisseling van oxidatie- en reductieprocessen verspreidt

het ijzer zich heterogeen (gleyverschijnselen) (De Bakker & Schelling, 1989). De gleyverschijnselen duiden het verschil met de veldpodzol- en gooreerdgronden aan.

In Tabel 5 is per bodemtype aangegeven uit welke horizonten het bodemprofiel is opgebouwd en wat de ligging in het landschap is.

Tabel 5 Beschrijving van de bodemtypen

Bodem	Horizonten	Gleyverschijnselen	Ligging in het landschap
Veldpodzol	A, B, (E), C	Nee	Relatief hoog t.o.v. de omgeving. Inzijging van neerslag.
Gooreerd	A, (Bc), C	Nee	Op de overgang van hoger naar lager gelegen delen.
Beekeerd	Ahg, Cg, Cr	Ja	Laag. In kwelgevoede gebieden.

(De Bakker & Schelling, 1989)

Grondboringen

De locaties van de boorpunten zijn onder andere weergegeven in Figuur 7 en bijlage 9. De boorstaten, foto's van de boorprofielen en reliëfkaarten van de percelen waarop de grondboringen zijn uitgevoerd zijn opgenomen als bijlagen 10 t/m 27.

Boorpunt 1

Vanwege het ontbreken van gleyverschijnselen in de eerste 40 cm beneden maaiveld, is deze bodem benoemd als een gooreerdgrond. Vanaf 50 cm komen gleyverschijnselen voor als gevolg van afwisseling van oxidatie- en reductieprocessen in de zone waar het grondwater fluctueert. Daaronder bevindt zich de minerale ondergrond die bestaat uit grijsbruin zand. De pH is over de gehele diepte van de boring 4,9. De AHN weergave in bijlage 11 laat geen tekenen zien dat het perceel is geëgaliseerd.

Boorpunt 2

Het boorprofiel is gedefinieerd als een gooreerdgrond. De pH loopt op van 5,0 op 15 cm naar 5,3 op 90 cm beneden maaiveld. De AHN weergave in bijlage 13 toont een in grote mate natuurlijk reliëf, maar laat ook tekenen van menselijke invloed zien. Deze combinatie duidt erop dat het mogelijk na de ontginning van het Beekbergerwoud eind 19^{e} eeuw met de schop is gespit en afgevlakt (Hanhart, 2018).

Boorpunt 3

Het boorprofiel laat zien dat er tot 25 cm diepte een zwartbruine organische bovengrond met matig fijn zand aanwezig is. Deze wordt opgevolgd door een zwartbruine overgangshorizont van 5 cm, die gleyverschijnselen vertoont en daarmee duidt op een beekeerdgrond. Op de AHN-kaart in bijlage 15 is te zien dat het perceel is bolgelegd.
De pH van de eerste 70 cm is vrij laag (4,7), wat duidt op infiltratie van regenwater. De ontwatering via de sloten veroorzaakt deze diepe infiltratie. De grondwaterstand wordt in de zomer verlaagd tot ca. 70 cm en er kan dus zuur regenwater in de bodem dringen. De pH van 5,7 vanaf 70 cm duidt op aanvoer van vrij lokaal kwelwater, waarschijnlijk vanuit de hoger gelegen stuwwalglooiingen ten zuidwesten van het onderzoeksperceel. Dit kwelwater doorstroomt waarschijnlijk vooral afzettingen van de formatie van Boxtel. Als dit een meer regionale kwelstroom was geweest (die door kalkrijke lagen uit de formatie van Kreftenheye stroomde), dan had het grondwater een hogere pH gehad (Hanhart, 2018).

Boorpunt 4a

Het boorprofiel heeft een donkerbruine organische bovengrond van matig fijn zand en grind tot 30 cm, die waarschijnlijk is opgebracht. Onder deze bovengrond bevindt zich een uitspoelingshorizont van 12 cm van matig fijn zand en grind, opgevolgd door een zwarte begraven veenlaag van 8 cm. Dit is vermoedelijk een deel van de omgeploegde bovengrond of het oorspronkelijke maaiveld (Hanhart, 2018).

De pH loopt op van 4,7 op 15 cm naar 5,5 op 90 cm benden maaiveld. Uit de pH-metingen blijkt dat de indringing van regenwater in de ondergrond minder diep is dan bij boorlocatie 3, waarschijnlijk vanwege maaiveldverlaging. Vanaf ca. 45 cm wordt de bodem beïnvloed door lokaal kwelwater, dat vermoedelijk afkomstig is van de stuwwalglooiingen in het zuidwesten. Roest ontbreekt binnen 40 cm, wat het boorprofiel tot een gooreerdgrond maakt. De AHN-kaart in bijlage 17 laat zien dat het perceel is bolgelegd.

Boorpunt 4b

Dit boorprofiel is benoemd als een beekeerdgrond, omdat er gleyverschijnselen aanwezig zijn in de bruine organische bovengrond. Daaronder bevindt zich tot 50 cm een minerale ondergrond met gleyverschijnselen en fijn grind. Een dunne horizont met houtresten en fijn grind gaat daarna over in de minerale ondergrond.

De pH loopt op van 4,2 op 10 cm naar 4,8 op 80 cm beneden maaiveld. Uit de pH-waarden blijkt dat er tot zeker 80 cm diepte regenwater in het profiel doordringt. Het boorprofiel lijkt natuurlijk en niet vergraven zoals boorprofiel 4a. Op de AHN-kaart in bijlage 19 is te zien dat met name de oostelijk gelegen percelen zijn bolgelegd.

Boorpunt 5

Het boorprofiel van deze gooreerdgrond vertoont buiten een 15 cm dikke horizont van matig fijn zand, die waarschijnlijk is opgebracht, weinig bijzonderheden.

De pH loopt op van 4,3 op 20 cm naar 4,9 op 90 cm beneden maaiveld. Dit profiel is wat droger dan de voorgaande boorprofielen. Op de AHN-kaart in bijlage 21 is te zien dat ten zuidoosten een ‘heuveltje’ ligt. Mogelijk lag deze voorheen ook op dit perceel, maar is dit wat verlaagd. Het perceel lijkt dus afgevlakt te zijn. De toplaag verschilt in kleur van de rest en lijkt te zijn opgebracht. Zuur regenwater dringt erg diep in het profiel door. Dit is verklaarbaar door de hoge ligging in het terrein en door de diepe afwateringssloten die naast het perceel lopen.

Boorpunt 6

Het boorprofiel van deze gooreerdgrond laat een dikke geploegde A-horizont zien van 40 cm. Onder de bovengrond zit tot 65 cm een uitspoelingshorizont met geelgrijs matig fijn zand, die wordt opgevolgd door een minerale ondergrond die bestaat uit grijs matig fijn zand met veel grind.

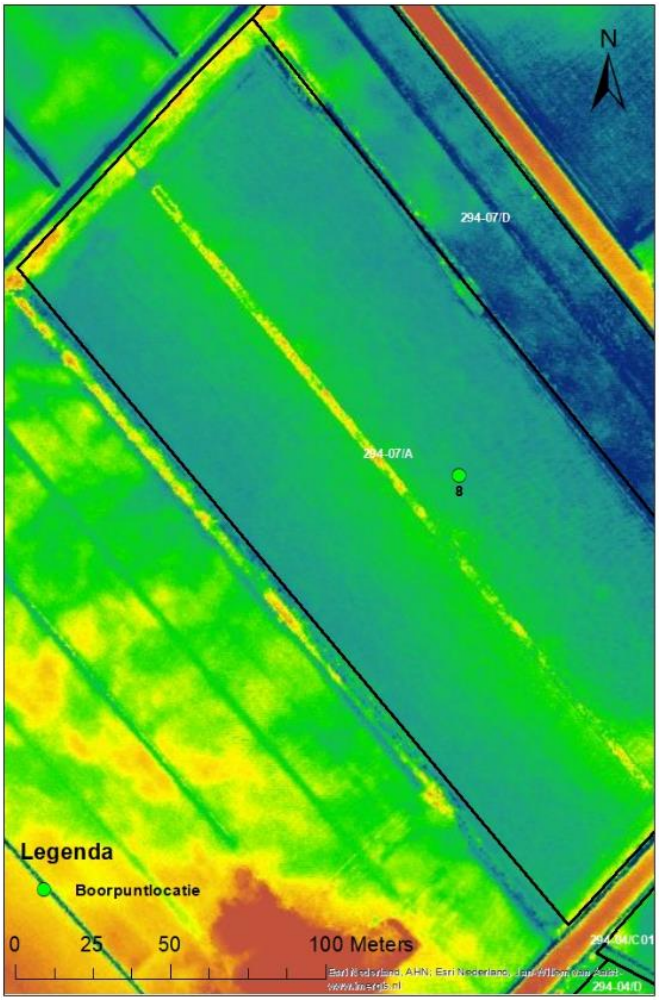
Op de AHN-kaart in bijlage 23 is te zien dat de percelen in het zuidoosten strak zijn geëgaliseerd en bolgelegd richting de sloten. Uit het strakke maaiveldverloop kan worden afgeleid dat dit niet lang geleden is gebeurd. Mogelijk is de vrijgekomen grond bij het graven van de poel over het omliggende terrein verspreid en geëgaliseerd.

Boorpunt 7

Dit boorprofiel toont een gooreerdgrond. Op 70 cm bevindt zich een 20 cm dikke, zwarte vergraven veenlaag met grind en houtresten.

De pH van de bodem vertoont tot op 80 cm diepte invloed van regenwater (4,8). Op 115 cm beneden maaiveld is een pH 5,5 gemeten. Op de AHN-kaart in bijlage 25 is te zien dat dit een natuurlijke hoogte is geweest in het landschap. Waarschijnlijk is deze wel enigszins afgevlakt bij de omvorming van hei naar grasland (Hanhart, 2018).

Figuur 9 Geëgaliseerde percelen naast percelen met natuurlijk reliëf



(Esri Content Nederland, 2017)

Boorpunt 8

Dit laatste boorprofiel laat een gooreerdgrond zien en heeft als bijzonderheden een 20 cm dikke, begraven veenlaag op 50 cm diepte en op 70 cm een ongeveer 2 cm dunne leemlaag.

De pH is op 10 cm 5,2 en gaat onder de leemlaag over in een pH van 6,8. Het basenrijke grondwater lijkt niet door de leemlaag heen te komen. Op de AHN weergave in bijlage 27 is te zien dat dit perceel strak is geëgaliseerd. Dit is goed te zien als het perceel wordt vergeleken met het perceel van de boer ten zuidoosten van dit perceel (Figuur 9).

De resultaten uit het veldonderzoek worden besproken in de resultaten in paragraaf 3.4.3.

3.4.2 Bemestingsonderzoek

De zuurgraad en voedingstoestand van de bodem zijn afgeleid uit het bemestingsonderzoek van Eurofins Agro (2017).

Voedingstoestand

Slechts een deel van de in totaal aanwezige fosfaat in de bodem is beschikbaar voor opname door planten. Deze beschikbaarheid van het aanwezige fosfaat is het meest relevant voor de vegetatieontwikkeling die verwacht mag worden. De fosfaattoestand van de bodem in het onderzoeksgebied is in het bemestingsonderzoek onderzocht. De resultaten worden besproken in paragraaf 3.4.3.

P-Al

In het uitgevoerde bemestingsonderzoek is het beschikbaar fosfaat voor de plant bepaald (P-Al). Afhankelijk van de vormen waarin fosfaat aanwezig is in de bodem, is er slechts een deel beschikbaar voor opname door planten. De beschikbaarheid van het aanwezige fosfaat is het meest relevant voor de vegetatieontwikkeling die verwacht kan worden (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007).

In Tabel 6 valt af te lezen bij welke P-Al waarden natuurontwikkeling kansrijk is. In overleg met Natuurmonumenten is een waarde van P-Al <10 beschouwd als geschikt voor botanische natuurontwikkeling, met als voorwaarde dat de laag 10-25 cm geen hoge P-Al heeft. In dat geval kan door fluctuerende grondwaterstanden nalevering van fosfaat optreden (Ter Stege, 2018). Onderstaande tabel geeft de 4 klassen weer die door Natuurmonumenten worden gebruikt om de geschiktheid in te schatten voor natuurontwikkeling.

Tabel 6 P-Al klassen; geschiktheid voor natuurontwikkeling

Criterium P-Al waarde	Klasse	Beoordeling P-Al
<5	Arm	Nooit landbouw geweest
05-10	Arm	Ideaal voor natuurontwikkeling
10-18	Laag	Suboptimaal voedselarm
18-26	Neutraal	Suboptimaal matig voedselrijk
>26	Hoog	Niet optimaal

(Van Rotterdam, 2018)

P-ox

Naast de P-Al is het van belang om de totale beschikbare fosfaatvoorraad in de bodem te weten, omdat deze voorraad mogelijk op de langere termijn een rol gaat spelen voor de vegetatie. Dit fosfaat zal bij verschralingsbeheer voor een gedeelte uit de bodem verdwijnen, maar dat kan lang duren.

Tabel 7 geeft een aantal grenswaarden voor P-ox weer. De geschiktheid van deze klassen voor een aantal vegetatietypen is benoemd.

Tabel 7 P-ox klassen; verdeling naar vegetatietypen

P-ox (mg/kg)	Klasse	Omschrijving standplaats op basis van P-ox
<200	Zeer laag	Voldoet voor Blauwgrasland
200 – 450	Laag	Voldoet voor Kleine zeggen
450 – 700	Matig	Voldoet voor Veldrusschraalland
700 – 1000	Hoog	Voldoet voor Dotterbloemhooiland
>1000	Zeer hoog	Voldoet niet voor schrale of matig voedselrijke vegetaties

(Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007)

De P-ox geeft daarmee de actuele geschiktheid van een standplaats weer, maar zegt op zichzelf niets over de geschiktheid voor toekomstige ontwikkeling (verschralen / uitmijnen). Hiervoor is de fosfaatverzadigingsgraad relevant. Bij een hoge fosfaatverzadigingsgraad duurt het langer voordat de voorraad in voldoende mate omlaag is gebracht. Bij een lage FVG zal de fosfaatbeschikbaarheid laag zijn (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007).

Fosfaatverzadigingsgraad

Met de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) is onderzocht of uitmijnen of verschralen kansrijk is. De bodem heeft een bepaalde capaciteit om fosfaat te adsorberen. De FVG geeft het percentage aan van de adsorptiecapaciteit die bezet is met fosfaat. Voor zandgronden wordt ervan uitgegaan dat de bodem fosfaatverzadigd is als 50% van de oxalaat-extraheerbare Fe en Al-fractie bezet is (Pleijter, Van Delft, Kemmers, & Van der Werff, 2008).

Verschralen is een methode om de hoeveelheid beschikbaar fosfaat (of andere voedingsstoffen zoals nitraat of kalium) voor de vegetatie te verminderen. Door het gewas te maaien en het maaisel af te voeren worden er voedingsstoffen aan de bodem onttrokken (Schippers, Bax, & Gardenier, 2012). Langzamerhand neemt de voedselrijkdom van de bodem hierdoor af. Het verwijderen van fosfaat uit de bodem door maaibeheer van een gewas in combinatie met stikstof- en kalibemesting noemt men uitmijnen. Dit is een versnelde vorm van verschralen (Timmermans, Van Eekeren, Finke, Smeding, & Bos, 2010).

In Tabel 8 zijn de klassen beschreven die horen bij een bepaald FVG-percentage. Deze indeling is gebruikt in het stappenschema in hoofdstuk 5.

Tabel 8 Verschralingkansen op basis van FVG

Criterium FVG (%)	Klasse	Omschrijving	Toelichting grenswaarden verschralen
<10	1	Zeer gunstig	Voldoet in de uitgangssituatie, P in bodemvocht laag
10-20	2	Gunstig	Verlagen P-beschikbaarheid doorverschraling kansrijk
20-50	3	Redelijk	Verlagen P-beschikbaarheid door uitmijnen kansrijk
>50	4	Ongunstig	Weinig perspectief op korte termijn voor uitmijnen of verschralen

(Pleijter, Van Delft, Kemmers, & Van der Werff, 2008, p. 17)

Zuurgraad

De vegetatieontwikkelingen in ecosystemen worden in belangrijke mate bepaald door de zuurgraad van de bodem. Hierbij moet gedacht worden aan processen als de oxidatie van ijzer, de afbraak van organisch materiaal en de nitrificatie van ammonium. Wanneer een bodem onvoldoende bufferend vermogen heeft om de zuurproductie te neutraliseren zal er vroeg of laat verzuring van de bodem optreden. De waterhuishouding speelt hierbij een belangrijke rol omdat deze de waterverzadiging van de bodem beïnvloedt en door reductieprocessen buffercapaciteit genereert. Verdroging van natte systemen gaat dan ook vaak samen met verzuring. Ook speelt inzijging van basenarm en zuur regenwater een grote rol. Hierdoor kunnen basen uitspoelen uit de bodem (Aggenbach, et al., 2009).

De zuurgraad van de bodem is in dit bemestingsonderzoek onderzocht om te kunnen zien of kwelwater door neerslaglenzen wordt weggedrukt of dat er mogelijk kwelwater doordringt tot in de wortelzone. De resultaten zijn opgenomen in paragraaf 3.4.3.

3.4.3 Resultaten bodem

De bodemtypen en de resultaten van het bemestingsonderzoek zijn in deze paragraaf samengevat.

Resultaten grondboringen en bodemtypen

Uit het veldwerk is gebleken dat de ondergrond is opgebouwd uit een afwisseling van zwak lemig tot lemig, matig fijn tot grof zand met grind- en veenlagen waarbij de boorprofielen soms gleyverschijnselen vertonen. Gleyverschijnselen tonen aan dat boorprofielen 3 en 4b beekeerdgronden zijn. Alle andere bodemprofielen zijn gooreerdgronden. Uit het veldwerk komt naar voren dat de Bodemkaart van Nederland niet gedetailleerd genoeg is om de gegevens te gebruiken en afwijkingen laat zien van wat er aan de hand van de grondboringen is geconstateerd.

Er zijn veel aanwijzingen van menselijke invloed die de huidige standplaatscondities negatief beïnvloeden. Met behulp van de AHN-kaarten is te zien dat veel percelen zijn geëgaliseerd of 'bolgelegd' en de natuurlijke gradiënt is verdwenen (zie bijlage 28). Alle profielen beginnen met een geploegde A-horizont (Ap of Aap).

De beknopte resultaten zijn opgenomen in Tabel 9. De beschreven dieptes voor pH-H_2O grondwaterstanden en het voorkomen van veen- en grindlagen zijn allen in cm ten opzichte van huidig maaiveld.

Tabel 9 Gegevens boorprofielen

Boorpunt	PH<20	PH>80	Roest	GHG	GLG	Veen	Grind	Grondsoort	BvN
1	4,9	4,9	50-60	60	95			Gooreerd	Gooreerd
2	5,0	5,3		40	80		30-40	Gooreerd	Gooreerd
3	4,8	5,7	25-30	20	95		30-35	Beekeerd	Gooreerd
4a	4,8	5,5		10	80	42-50	0-120	Gooreerd	Gooreerd
4b	4,2	4,8	0-50	25	80		30-120	Beekeerd	Gooreerd
5	4,3	4,9		30	60		35-70	Gooreerd	Gooreerd
6	4,6	5,5		50	80		65-120	Gooreerd	Gooreerd
7	5,5	5,5	20-50	50	95	50-70	50-70/95-120	Gooreerd	Veldpodzol
8	5,2	6,8		45	85	50-70	70-120	Gooreerd	Beekeerd

Resultaten bemestingsonderzoek - Voedselrijkdom

Op basis van de verschillende analysemethoden zijn alle resultaten van het bemestingsonderzoek (Eurofins Agro, 2017) beoordeeld. Aan de hand van de grenswaarden per analysemethode is bepaald:

- of op basis van P-Al de onderzoekspercelen in de uitgangssituatie geschikt zijn voor botanische natuurontwikkeling;
- wat de totaal beschikbare P-voorraad op basis van P-ox in de uitgangssituatie is;
- aan welke vegetatietypen de onderzoekspercelen in de uitgangssituatie voldoen;
- of aan de hand van de grenswaarden van de FVG verschralen of uitmijnen in de uitgangssituatie zinvol is.

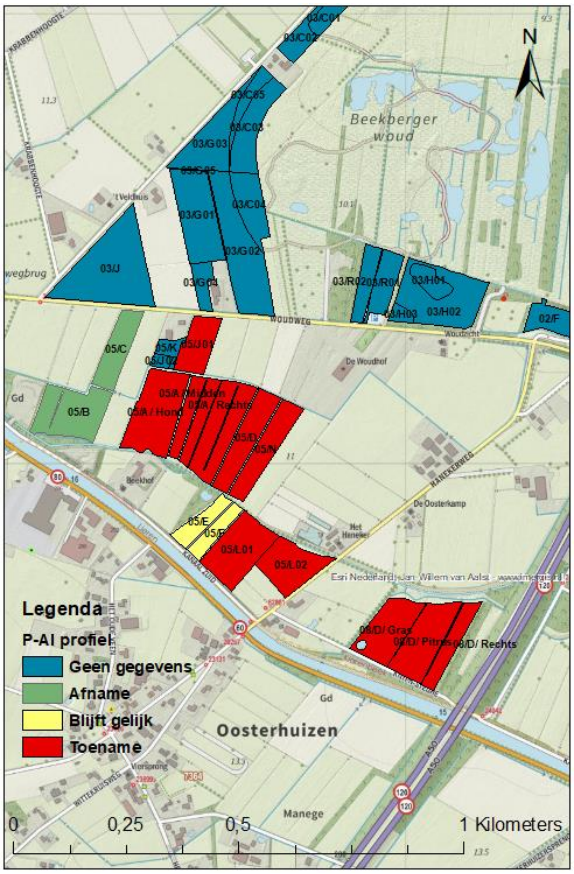
De gebruikte gegevens uit het bemestingsonderzoek zijn opgenomen in bijlage 29.

P-Al

De resultaten van de laag 0-10 die op de kaart in Figuur 11 zijn weergegeven laten zien dat er in de uitgangssituatie enkele onderzoekspercelen ‘ideaal voor natuurontwikkeling’ zijn en enkele onderzoekspercelen ‘suboptimaal voedselarm’.

Figuur 11 Voedingstoestand op basis van P-Al

Figuur 10 Verloop van P-Al in de bodem (0-10 tot 10-25)



(Esri Content Nederland, 2018) (Van Rotterdam, 2018)

De kaart in Figuur 10 toont aan, dat bij vrijwel alle bemonsterde onderzoekspercelen de P-Al waarden in de bemonsterde laag 10-25 hoger worden dan de P-Al waarden in de laag 0-10. Dit betekent dat er in een groot deel van het onderzoeksgebied nalevering van het direct beschikbare bodemfosfaat voor de vegetatie plaatsvindt vanuit deze diepere laag. Uitzonderingen hierop zijn de onderzoekspercelen 5/B en 5/C. Hier nemen de P-Al waarden in de diepere laag af waardoor deze onderzoekspercelen op basis van P-Al meer geschikt zijn voor botanische natuurontwikkeling dan de andere bemonsterde onderzoekspercelen.

De overige onderzoekspercelen in de laag 0-10 en 10-25 zijn ‘suboptimaal matig voedselrijk’, ‘niet optimaal voor botanische natuurontwikkeling’ of er zijn geen gegevens van beschikbaar. De betekenis voor de kansen van natuurontwikkeling voor een aantal percelen is besproken in hoofdstuk 6.

P-ox

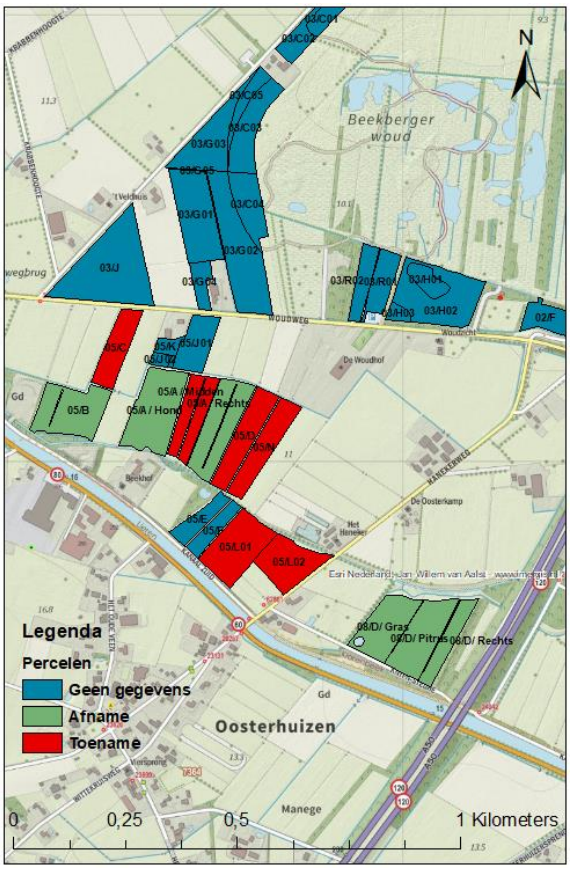
Uit de resultaten blijkt dat de totaal beschikbare fosfaatvoorraad in de laag 0-10 cm van de onderzoekspercelen 3C01, 2C02 en 5K ‘zeer laag’ is en in de uitgangssituatie voldoet voor Blauwgrasland (Figuur 12).

In de laag 10-25 voldoet geen enkel onderzoeksperceel hieraan. Alle overige onderzoekspercelen hebben in de laag 0-10 en 10-25 een ‘lage’ of ‘matige’ fosfaatvoorraad in de bodem waarmee deze onderzoekspercelen in de uitgangssituatie geschikt zijn voor Kleine zeggenvegetaties of voor Veldrusschraalland. Het kan op deze percelen daardoor enige tijd duren voordat de totale fosfaatvoorraad in de bodem omlaag is gebracht.

De kaart in Figuur 13 laat zien wat het verloop is van de P-ox waarden van de laag 0-10 tot de laag 10-25. Hieruit komt een wisselend beeld naar voren van hoe de fosfaatvoorraad door het bodemprofiel heen verdeeld is.

Figuur 13 Verloop van P-ox in de bodem (0-10 tot 10-25 cm)

Figuur 12 Geschiktheid voor 3 vegetatietypen op basis van (P-ox)



(Esri Content Nederland, 2018) (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007)

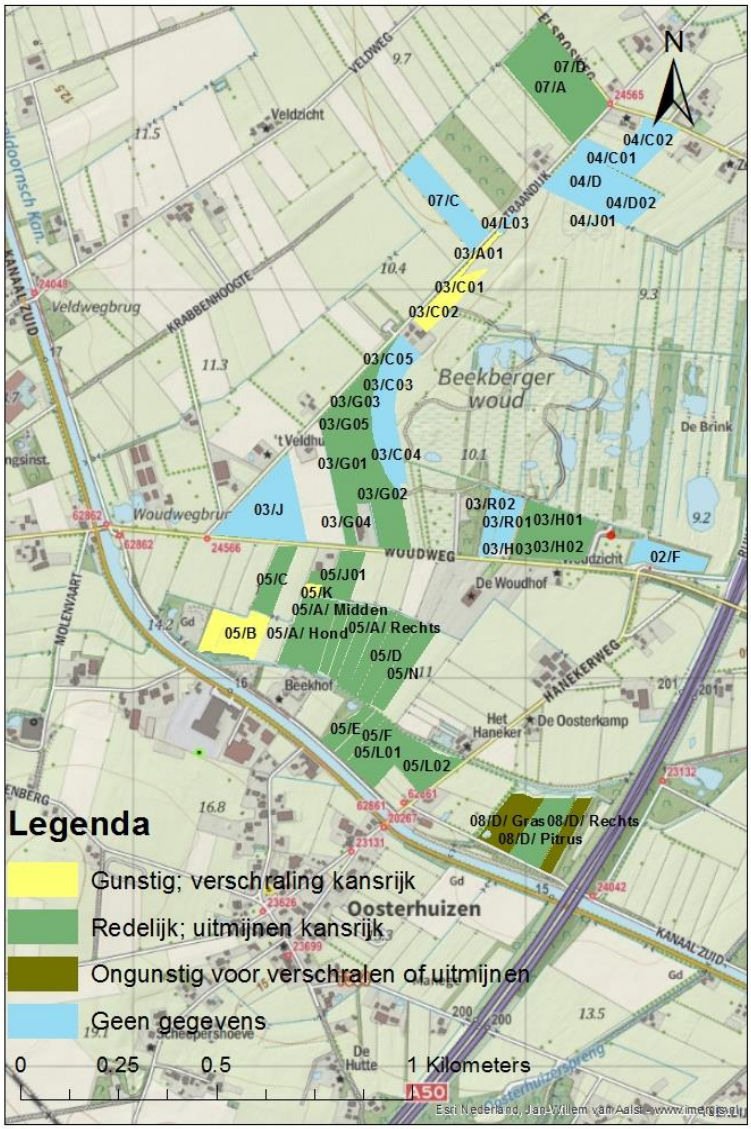
FVG

De resultaten laten zien dat in de laag 0-10 cm de onderzoekspercelen 3C01, 3C02, 3A01, 5B en 5J02 in de uitgangssituatie als ‘gunstig’ zijn gedefinieerd. Hier is het verlagen van de fosfaatbeschikbaarheid door middel van verschraling kansrijk. Bij onderzoeksperceel 5B geldt dat ook voor de laag 10-25 cm.

De meeste onderzoekspercelen vallen in de categorie ‘redelijk’ met een FVG tussen 20 en 50%. Hier is de uitgangssituatie minder gunstig, maar het verlagen van de fosfaatbeschikbaarheid door middel van uitmijnen is kansrijk. In de laag 0-10 is het onderzoeksperceel 8D (gras en rechts) met een FVG van 53,3% ‘ongunstig’. Hier is op korte termijn weinig perspectief voor uitmijnen of verschralen. Op deze percelen komt de laag 10-25 wel naar voren als ‘redelijk’ (45,5%).

De resultaten uit het bemestingsonderzoek op basis van de FVG van de bemonsterde laag 0-10 zijn vertaald naar een kaart en opgenomen als Figuur 14. Op de kaart is te zien of de gemeten FVG-waarden in de uitgangssituatie voor uitmijnen of verschralen op de onderzoekspercelen ‘zeer gunstig, ‘gunstig’, ‘redelijk’ of ‘ongunstig’ zijn.

Figuur 14 Kansen voor verschralen / uitmijnen op basis van FVG



(Esri Content Nederland, 2018) (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007)

Resultaten bemestingsonderzoek – Zuurgraad

De gemeten pH-H_2O waarden uit het bemestingsonderzoek van de laag 0-10 lopen uiteen van 5,2 tot 6,8. Daarmee betreft het bodems uiteenlopend van matig zuur tot zwak zuur (Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010). Van de gemeten waarden uit het bemestingsonderzoek van de laag 10-25 zijn weinig gegevens beschikbaar. De waarden in deze laag lopen uiteen van pH 5,8 tot 7,2.

3.5 Vegetatie

De vegetatie die rond 1850 in het Beekbergerwoud en het omliggende gebied voorkwam, geeft informatie over de toenmalige standplaatscondities. Door deze te vergelijken met de huidige (gemeten) condities komen de overeenkomsten en verschillen naar voren en kan worden bepaald of de ontwikkeling van de referentievegetaties nog haalbaar is.

Daarnaast biedt de aanwezigheid van indicatorsoorten voor kwel in de huidige situatie aanvullende informatie over de hydrologische omstandigheden.

3.5.1 Florabeschrijving omgeving Beekbergerwoud - 1850

De vaatplanten in de omgeving van het Beekbergerwoud zijn voornamelijk door Wttewaall (*Het Beekbergerwoud*, 1836) beschreven.

In Tabel 10 staan de waarnemingen die in de 19^{e} eeuw zijn gedaan. Deze soorten duiden op hoogveenontwikkeling, mesotroof moeras, venige heiden, vochtig heischraal grasland of Dwergbiezengemeenschappen (*Nanocyperion*) (Weeda, 2013). Met deze soorten zijn de plantengemeenschappen bepaald, waaruit in paragraaf 3.5.4 de standplaatscondities volgen.

Tabel 10 19e-eeuwse florawaarnemingen

Soort	Wetenschappelijke naam	Code mogelijke planten-gemeenschap	Verbond	Successie / Voorkomen	Associatie
Trekrus	Juncus squarrosus	11Aa	Dophei verbond		11Aa2
Eenarig Wollegras	Eriophorum vaginatum	11Ba1	Dophei-verbond		11Aa2
Wilde gagel	Myrica gale	36Aa1	Verbond van de wilgenbroekstruwelen	11Aa2	11Aa2
Witte snavelbies	Rhynchospora alba	10Aa2	Verbond van Veenmos en Snavelbies		11Aa2
Parnassia	Parnassia palustris	9Ba	Knopbies-verbond	16Aa1, 19Aa2, 11Aa2	16Aa1
Vetblad	Pinguicula vulgaris	9Ba2	Knopbies-verbond	16Aa1, 19Aa2, 11Aa2	16Aa1
Geelhartje	Linum catharticum	15Aa01	Knopbies-verbond	16Aa1	16Aa1
Gestekeld goudkorrelmos	Fossombronia wondraczeki	28Aa	Dwergbiezenverbond	19Aa2, 11Aa2	19Aa2
Dwergvlas	Radiola linoides	28Aa1	Dwergbiezenverbond	19Aa2, 11Aa2	19Aa2
Draadgentiaan	Cicendia filiformis	28Aa1	Dwergbiezenverbond	19Aa2, 11Aa2	19Aa2
Liggend hertshooi	Hypericum humifusum	28Aa3	Dwergbiezenverbond	19Aa2, 11Aa2	19Aa2
Spits havikskruid	Hieracium lactucella	16Bc1	Kamgras-verbond		19Aa2
Herfstschroeforchis	Spiranthes spiralis	19Aa4	Verbond van de heischrale graslanden		19Aa2
Klokjesgentiaan	Gentiana pneumonanthe	19Aa2	Verbond van de heischrale graslanden		19Aa2
Liggende vleugeltjesbloem	Polygala serpyllifolia	19Aa2	Verbond van de heischrale graslanden		19Aa2

(Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010) (Schaminée, Sýkora, Smits, & Horsthuis, 2010)

3.5.2 Ligging van de associaties in het landschap

Hoewel hiermee een redelijk beeld van de omgeving ontstaat, ontbreekt het aan exacte locaties van de standplaatsen van de verschillende vegetatietypen.

Van het Beekbergerwoud en omgeving zijn kadasterkaarten en bijbehorende perceel informatie (Oorspronkelijk Aanwijzende Tafels of OAT's) beschikbaar (Figuur 15). De OAT's vormden de basis voor de belastingheffing waar het habitattype van kan worden afgeleid. Voor het Beekbergerwoud en omgeving zijn door Stichting Werkgroep Kadastrale Atlas Gelderland en in samenwerking met Rienk-Jan Bijlsma kaarten gemaakt waarop de verschillende vegetatietypen van het Beekbergerwoud en omgeving zijn te onderscheiden (Hanhart & Maljaars, 2011). De vegetatietypen zijn weergegeven in klassen; hoe hoger de klasse, des te lager de gebruikswaarde en hoe lager het belastingtarief. Heide klasse 3 en bos klasse 5 zijn dus het minst productief. Heide met klasse 1 en 2 werden waarschijnlijk benut voor beweiding en het steken van plaggen (Hanhart & Maljaars, 2011).

Bosker (1874) beschrijft aan de westkant van het woud een venige heide en ten zuiden van het Beekbergerwoud een "veld groen grond ter grootte van ongeveer 300 hectare dat

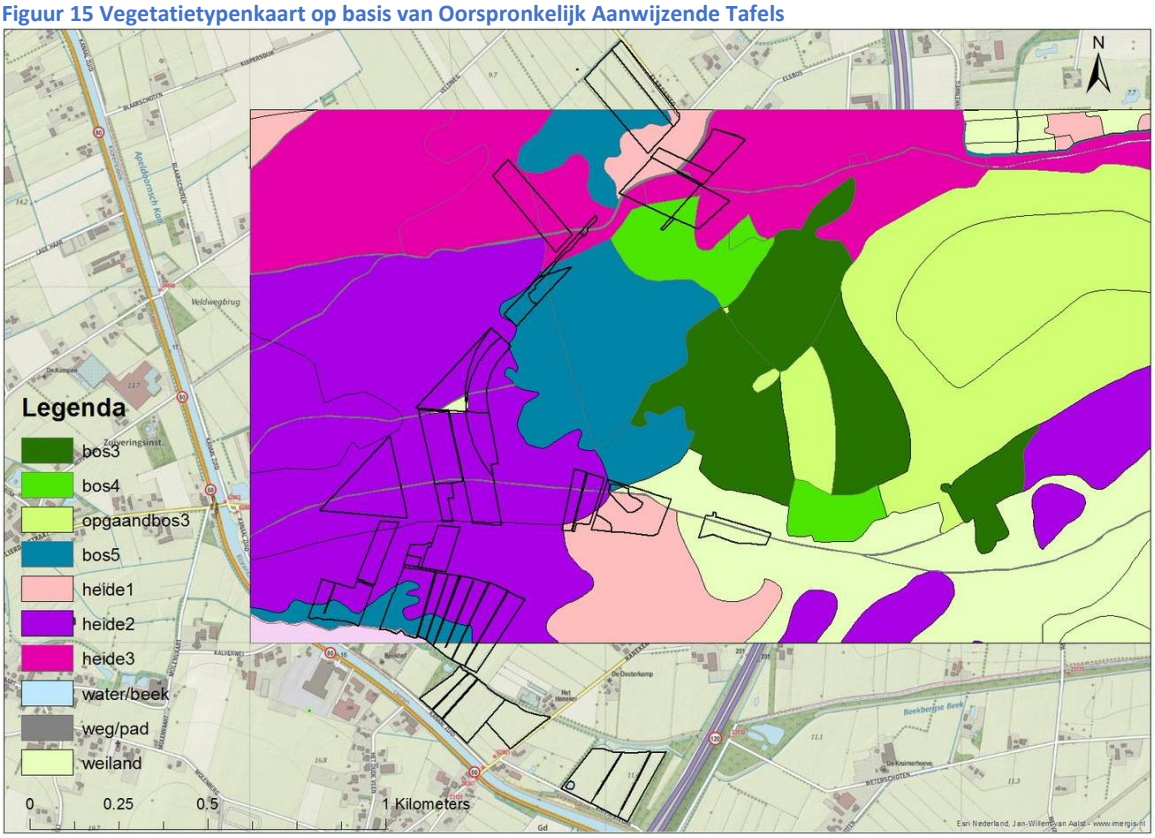
volledig op het Woud afwaterde”. Het vegetatietype ‘Heide 2’ is daarom naar alle waarschijnlijkheid een mix geweest van Blauwgrasland op de nattere, kwelgevoede delen en Veldrus-associaties waar meer laterale grondwaterstromen voorkwamen; een specifieke standplaatsconditie voor deze associatie (Schaminée, Sýkora, Smits, & Horsthuis, 2010).

‘Heide 3’ is mogelijk de Associatie van Gewone dophei geweest, waar hoger gelegen dekzandruggen voor regenwaterlenzen en een lagere zuurgraad hebben gezorgd.

Waarschijnlijker is dat deze schrale vegetaties elkaar op korte afstanden hebben afgewisseld, afhankelijk van kleine verschillen in de standplaatscondities als gevolg van reliëfverschillen en kwelvensters.

Wttewaall (1836) onderstreept dit beeld, door te zeggen dat het Beekbergerwoud werd omgeven door een mozaïek van begraasde grasheide, weilanden, veenachtige, voor turfsteken gebruikte schrale heide en nog onontgonnen heidegebieden op zandruggen.

Figuur 15 Vegetatietypenkaart op basis van Oorspronkelijk Aanwijzende Tafels



(Hanhart & Maljaars, 2011) (Esri Content Nederland, 2018)

3.5.3 Huidige flora Beekbergerwoud

De onderzoekspercelen bestaan uit overwegend soortenarme cultuurgraslanden. Eigen waarnemingen wijzen uit dat op de meeste percelen grassen de vegetatie domineren.

Met waarnemingen uit de periode van 2008 tot 2015, die door Natuurmonumenten zijn verstrekt, is een selectie gemaakt van de soorten die voorkomen binnen de onderzoekspercelen (bijlage 38).

Twee van de gekarteerde soorten staan op de Rode Lijst 2012 als 'Gevoelig': Kamgras (*Cynosurus cristatus*) en Kleine ratelaar (*Rhinanthus minor*). Alle andere aanwezige vaatplanten zijn 'Thans niet bedreigd'. De 6 aangetroffen kwelindicatoren zijn: Bosbies (*Scirpus sylvaticus*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*), Bittere veldkers (*Cardamine amara*), Gewone dotterbloem (*Caltha palustris*), Veldrus (*Juncus acutiflorus)* en Paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*). In paragraaf 3.5.4 is als resultaat een kaart opgenomen met de soorten en de locaties van de kwelindicatoren (Figuur 16). Deze kaart is ook gebruikt om bijlage 7 (Kwelprofielen en -indicatoren) samen te stellen.

3.5.4 Resultaten vegetatie

Er komen drie vegetatietypen naar voren, waarvan het aannemelijk is dat deze omstreeks 1850 in samenhang in het onderzoeksgebied voorkwamen. Een vierde, de Veldrus-associatie, is hier later aan toegevoegd, omdat het aannemelijk is dat deze in combinatie met de andere drie vegetatietypen voorkwam (Van Loon, 2018) (Schaminée, Sýkora, Smits, & Horsthuis, 2010). De beschrijvingen van de vegetatietypen in *SynBioSys* (Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010) komen voor een groot deel overeen met het landschappelijke beeld dat uit de LESA naar voren komt en die wordt beschreven door floristen uit de 19e eeuw (Wttewaall, 1836) (Staring, 1856-1860) (Bosker, 1874) (Heldring & Graadt Jonckers, 1841) (Wilbrink, 2015).

De associaties en verbonden die zijn bepaald zijn:

- Associatie van Gewone dophei (11Aa2 / Dophei-verbond / Natte heide)
- Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2 / Verbond der heischrale graslanden / Vochtig heischraal grasland)
- Blauwgrasland (16Aa1 / Verbond van Biezenknoppen en Pijpenstrootje / Nat schraalgrasland)
- Veldrus-associatie (16Ab1 / Gewone en Spindotterbloem-verbond / Dotterbloemgrasland van beekdalen)

De standplaatscondities in Tabel 11 zijn gekoppeld aan de referentievegetaties.

Tabel 11 Standplaatscondities van de referentievegetaties

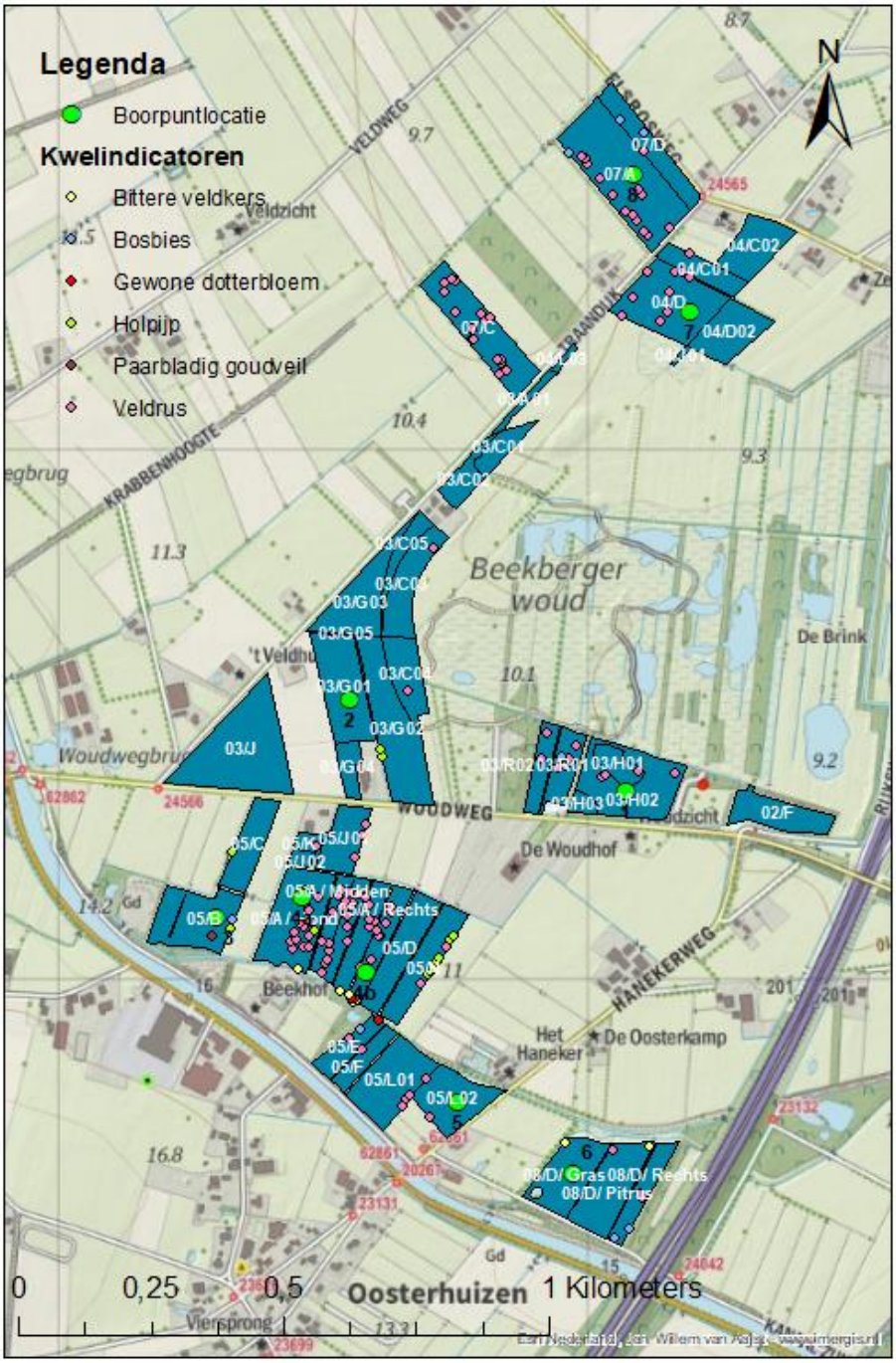
	Blauwgrasland (16Aa1)	Veldrus-associatie (16Ab1)	Associatie van Gewone dophei (11Aa2)	Associatie van Klokjes-gentiaan en Borstelgras (19Aa2)
Voedselrijkdom (P-totaal mg/kg)	315 - 635	360 - 680	190 - 365	225 - 435
Zuurgraad (pH-H_2O)	4,9 - 5,8	5,3 - 6,0	3,8 - 4,7	4,4 - 5,4
GLG (cm tov maaiveld)	-47 tot -75	-54 tot -75	-85 tot -150	-80 tot -122
GVG (cm tov maaiveld)	-5 tot -20	-16 tot -28	-3 tot -21	-16 tot -34
GHG (cm tov maaiveld)	+5 tot -16	-2 tot -18	-25 tot -70	-20 tot -52
Grondwatertrap	II	II	III / **IV**	**III** / IV

(Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010)

Van de kwelindicatoren komen alle 6 de soorten voor op de onderzoekspercelen ten zuiden van de Woudweg met perceelnummers 5 en 8 en hier zijn ook de aantallen het hoogst. De meeste kwelindicatoren zijn in de slootranden waargenomen. Veldrus komt het meest voor en is ook midden op de onderzoekspercelen aangetroffen.

Ten noorden van de Woudweg zijn met uitzondering van onderzoeksperceel 3/G02 alleen de kwelindicatoren Veldrus en Bosbies waargenomen. In onderzoeksperceel 3/G02 is in de slootrand ook tweemaal Holpijp aangetroffen.

Figuur 16 Kwelindicatoren 2008 - 2015



(Esri Content Nederland, 2018)

3.6 Menselijke invloed

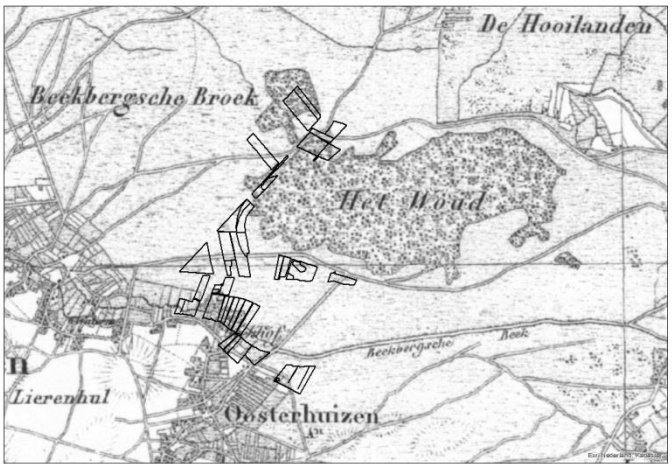
Een korte beschrijving van de gebruikshistorie in paragraaf 3.6.1 laat zien onder welke omstandigheden de vegetaties rond 1850 in stand werden gehouden.
Paragraaf 3.6.2 toont aan welke grote veranderingen er sinds eind 19^{e} eeuw hebben plaatsgevonden, die hun invloed hadden op de aanwezige vegetaties. Tenslotte is in paragraaf 3.6.3 ook het huidige beheer beschreven. Deze informatie is van belang om te

weten te komen hoe vooral de bodem en de hydrologie de huidige samenstelling hebben gekregen.

3.6.1 Historisch landgebruik

De heidevelden en hooilanden rond het Beekbergerwoud stonden tot ver in de 19e eeuw onder beheer van de Lierdermark. De drogere delen werden beweid met vee en er werden heideplaggen gestoken voor de potstal. De nattere, drassige delen werden in gebruik genomen als hooiland (Blok & Van Dam, 2010). Van de meer venige heide werd op kleine schaal turf gestoken.

Figuur 17 Beekbergerwoud omstreeks 1850



(Kadaster, 2018)

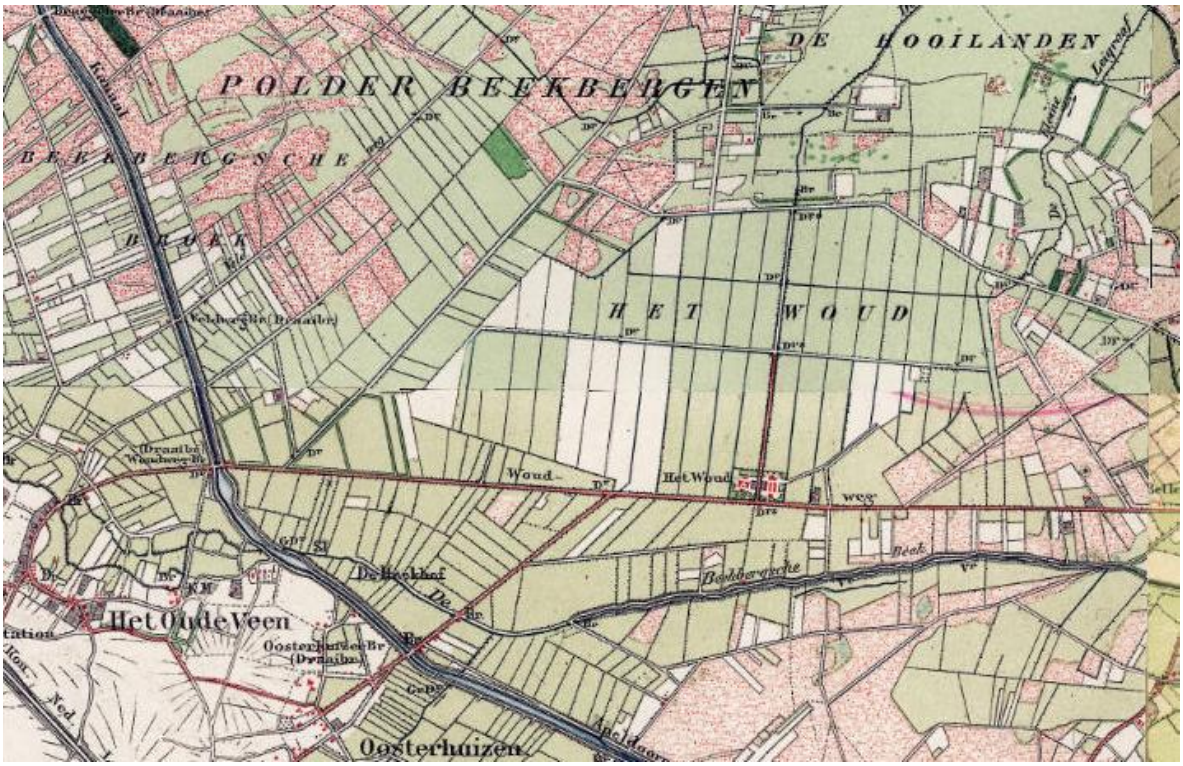
Op de kaart uit 1850 (Figuur 17), waarop ook de onderzoekspercelen zijn weergegeven, is te zien dat het gebied ten westen van het Beekbergerwoud het 'Beekbergsche Broek' heet. De naamgeving verraadt dat het om natte gronden gaat. Ten noordoosten en ten zuiden van het Beekbergerwoud lagen 'De Hooilanden'.

3.6.2 Ontginning van het Woud en de omgeving

In 1869 verkocht de Lierdermark het Beekbergerwoud om het te laten ontginnen en er wei- en hooiland van te maken. De ontginning werd uitgevoerd door landmeter H.J. Bosker. Eerst moest het Beekbergerwoud worden drooggelegd. Om dat te realiseren werd er een ringsloot omheen gegraven, die werd aangesloten op afwateringssloten ten noorden van het Beekbergerwoud. Daarvoor moest aan de noordkant een smalle zandrug die het gebied afsloot worden doorgegraven. Toen dat werd gedaan stroomde het water met grote kracht het gebied uit (Wilbrink, 2015). De verschillen van voor en na de ontginning zijn duidelijk zichtbaar in bijlage 8.

Na de ontginning legden veel bedrijven in de omgeving zich op veeteelt toe. Rond 1875 werd als gevolg van hoge veeprijzen en uitputting van de gronden overgegaan tot een nog grootschaliger ontginning van de gronden, die tot dan toe te nat werden bevonden, zoals de hooi- en broeklanden rondom het Beekbergerwoud (Blok & Van Dam, 2010); zie Figuur 18.

Figuur 18 Kaart van rond 1900 van het Beekbergerwoud en omgeving



(Kadaster, 2018)

3.6.3 Huidig beheer

De meeste percelen worden al een jaar of 10 verschraald. Er wordt niet bemest, met uitzondering van weidend vee. Maaien met nabeweiding was op veel plaatsen tot 4 of 5 jaar geleden toegestaan en op sommige percelen wordt ook nu nog beweid.

Op één perceel na worden alle onderzoekspercelen verpacht aan pachters uit de omgeving. De uitzondering is het grote driehoekige perceel aan de westkant van het Beekbergerwoud, grenzend aan de Traandijk en de Woudweg, dat in gebruik is als begrazingslocatie voor de eigen Brandrode runderen van Natuurmonumenten. Op alle andere onderzoekspercelen zitten eenjarige pachtovereenkomsten. Het beheer bestaat uit één tot drie keer per jaar maaien en afvoeren. De maaidatum van de eerste maaibeurt per perceel is aangegeven in bijlage 40. Na 25 mei mag er voor het eerst worden gemaaid en de tweede maaibeurt vindt plaats medio augustus. Ook is de pachter of aannemer verplicht bij elke maaibeurt 10 tot 15% van het gewas niet te maaien en om de locatie hiervan per maaibeurt te laten variëren (Meijeren, 2016).

3.6.4 Resultaten menselijke invloed

Het kleinschalige historische beheer zorgde destijds voor verschraling of zelfs voor terugplaatsing in successie van de vegetatie. Na de grootschalige ontginning zorgde de aanleg van diepe sloten in combinatie met het bol leggen van percelen voor snelle en drastische ontwatering van het gebied en het verlies aan natuurlijke gradiënten. Dit heeft geleid tot veranderingen in het bodemprofiel. Voormalige kwelgevoede gronden kregen hierdoor een infiltratieprofiel. De voedselrijkdom is als gevolg van jarenlange bemesting van de bodem toegenomen. Vanaf dat de onderzoekspercelen bij Natuurmonumenten in beheer

zijn genomen wordt er een verschralingsbeheer toegepast om de voedselrijkdom omlaag te brengen.

3.7 Synthese en interpretatie van de landschapsecologische samenhang

De LESA laat zien dat de omgeving van het Beekbergerwoud in 1850 een nat zandlandschap op de flank van de stuwwal was, waarop een sterke invloed van kwel zichtbaar was. Hoger gelegen dekzandruggen en microgradiënten zorgden voor het voorkomen van uiteenlopende vegetaties. Het Woud zelf domineerde het beeld in de omgeving. Wilde gagel was het meest voorkomende struweel op de flank van de stuwwal (Staring, 1856-1860) en de lage vegetatie was afwisselend. Het was een schraal en nat landschap, waar Natte heide, Vochtig heischraal grasland, Blauwgraslanden en Veldrusschraalland elkaar afwisselden. Deze vegetatie werd in stand gehouden door menselijke invloed, wat tegenwoordig 'halfnatuurlijk beheer' wordt genoemd: de drogere delen door middel van begrazing en het steken van plaggen en de nattere graslanden door maaien en afvoeren. Plaatselijk werd er turf gestoken (Blok & Van Dam, 2010).

Figuur 19 Graslandpercelen ten zuiden van de Woudweg

(Hoften, 2017)

Ingrepen door de mens op de onderdelen geomorfologie, hydrologie, bodem en vegetatie hebben in de huidige situatie tot veranderingen geleid. Het gebied is in grootschalig landbouwkundig gebruik genomen, met als gevolg verdroging, een hogere voedselrijkdom en afname van natuurlijke gradiënten en soortenrijkdom. De verdroging lijkt inmiddels weer in grote mate hersteld te zijn.

4. Vergelijking standplaatscondities 1850 - huidig

Met de resultaten uit de LESA zijn de standplaatscondities bepaald. Deze zijn in paragraaf 3.5.4 voor de referentievegetaties opgenomen (Tabel 11) en de huidige standplaatscondities staan in Tabel 12 en in bijlage 29. In de tabel zijn kolommen toegevoegd, waarin per perceel is aangegeven of de standplaatscondities in de huidige situatie overeenkomen met die van de referentievegetaties.

Hieruit blijkt dat er 1 perceel is (5/K), waarvoor de combinatie van alle standplaatscondities geschikt is voor Blauwgrasland. De overeenkomsten en verschillen per conditie zijn beschreven in de volgende paragrafen.

4.1 Voedselrijkdom

De vergelijking tussen de waarden P-totaal (Wamelink) en P-ox (bemestingsonderzoek) is als volgt geïnterpreteerd. Het aanknopingspunt is het feit dat volgens Van Delft, Stoffelsen en Brouwer (2007) Blauwgrasland bij een P-ox van maximaal 200 mg/kg voorkomt. De Wamelink-getallen geven voor deze associatie een P-totaal indeling tussen 315 en 635 mg/kg.

De Associatie van Gewone dophei en de Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras kennen nog lagere P-totaal waarden volgens de Wamelink getallen. De percelen waarvoor de P-ox niet voldoet aan Blauwgrasland, zijn daardoor als vanzelf uitgesloten voor die associaties. De waarden voor de Veldrus-associatie wijzen uit dat de standplaats daarvoor iets voedselrijker mag zijn dan voor Blauwgrasland: P-totaal = 360 – 680. Aan de hand van de geraadpleegde bronnen valt echter niet te zeggen wat hiervoor de overeenkomstige P-ox waarden zijn.

De P-ox waarden zijn over het algemeen genomen niet geschikt voor de referentievegetaties. De P-ox van de minder schrale percelen ligt tussen de 223 en 595 mg/kg.

Tabel 12 Vergelijking van de huidige standplaatscondities met de referentievegetaties per perceel

Perceelnummer	P-ox (mg/kg)	P-Al (mmol/kg)	FVG (%)	Zuurgraad (pH H_2O)	Gwt	16Aa1	11Aa2	19Aa2	16Ab1
2/F	340,7	26	28	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/A01	49,6	13	18	6,8	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C01	176,6	6	18	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C02	176,6	6	18	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C03	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/C04	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/C05	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/G01	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G02	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G03	232,3	10	41	5,5	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G04	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G05	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H01	223,0	18	45	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H02	223,0	18	45	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H03	223,0	18	45	5,5	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/J	-	40	-	5,9	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/R01	-	27	-	5,6	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/R02	-	27	-	5,6	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/C01	-	35	-	5,8	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/C02	-	35	-	5,8	V	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/D	-	35	-	5,8	III* / IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/D02	-	35	-	5,8	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/J01	-	9	-	5,5	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/L03	-	9	-	6,5	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
5/A Hond	319,0	18	31	5,3	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/A Midden	346,9	26	35	5,2	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/A Rechts	353,1	19	23	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/B	551,3	20	20	5,6	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/C	254,0	16	29	5,4	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/D	285,0	21	35	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/E	498,7	32	34	5,2	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/F	498,7	32	34	5,2	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/J01	325,2	19	35	5,5	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/J02	365,5	11	22	6	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/K	145,6	-	24	5,5 - 6,0	II	Ja	Nee	Nee	Onbekend
5/L01	359,3	25	41	5,2	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/L02	294,3	15	44	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/N	285,0	21	35	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
7/A	257,1	23	31	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
7/C	-	6	-	5,5	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
7/D	257,1	23	31	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8/D Gras	594,7	42	53	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8/D Pitrus	381,0	28	36	5,3	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8D Rechts	594,7	42	53	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend

4.2 Zuurgraad

Op geen van de percelen is een zuurgraad vastgesteld die voldoet aan de waarden voor de Associatie van Gewone dophei. Dat is in het landschap van de hoge zandgronden echter ook een zuurgraad en een associatie die typisch gevonden wordt op plaatsen waar regenwater stagneert. Deze plaatsen zijn tijdens het veldwerk niet aangetroffen, maar het is mogelijk dat zij voorkomen. Hiervoor moet worden gekeken naar hogere plaatsen in het landschap, waar het basenrijke grondwater niet in de bewortelbare zone doordringt, maar wordt verdrongen

door een regenwaterlens als gevolg van reliëfverschillen of door stagnerend regenwater vanwege een slecht doorlatende laag in de bodem (Hanhart, 2018).
Met uitzondering van 2 basenrijke percelen (3/A01 en 4/L03) voldoen alle percelen aan de pH van een of meerdere van de referentievegetaties. In Tabel 13 valt af te lezen aan welke percelen de pH in combinatie met de grondwatertrap nog voldoet.

Percelen 3/A01 en 4/L03 zijn twee zeer smalle stroken langs de Traandijk. De gegevens hiervoor zijn overgenomen van twee aangrenzende percelen, die waarschijnlijk zijn afgegraven. Door de verhoogde invloed van het grondwater heerst hier waarschijnlijk een hogere zuurgraad.

4.3 Vochtigheidsgraad

Wat de grondwatertrappen betreft, voldoen de huidige resultaten aan de standplaatscondities van de referentievegetaties. Op één perceel na (4/C02, grondwatertrap V) zijn de grondwatertrappen in het onderzoeksgebied: II, III, III* of IV. Gunstige pH/GWT-combinaties voor de referentievegetaties zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 De grondwatertrap en pH-waarde per perceel vergeleken met de condities van de referentievegetaties

Perceelnummer	Zuurgraad (pH H_2O)	Gwt
2/F	5,4	IV
3/A01	6,8	II
3/C01	5,9	II
3/C02	5,9	II
3/C03	5,7	II
3/C04	5,7	II
3/C05	5,7	II
3/G01	5,3	III
3/G02	5,3	III
3/G03	5,5	III
3/G04	5,3	III
3/G05	5,3	III
3/H01	5,5	IV
3/H02	5,5	IV
3/H03	5,5	III
3/J	5,9	III
3/R01	5,6	III
3/R02	5,6	III
4/C01	5,8	IV
4/C02	5,8	V
4/D	5,8	III* / IV
4/D02	5,8	IV
4/J01	5,5	IV
4/L03	6,5	II
5/A Hond	5,3	II
5/A Midden	5,2	II
5/A Rechts	5,9	II
5/B	5,6	II
5/C	5,4	II
5/D	5,7	II
5/E	5,2	III
5/F	5,2	III
5/J01	5,5	II
5/J02	6	II
5/K	5,5 - 6,0	II
5/L01	5,2	II
5/L02	5,7	II
5/N	5,7	II
7/A	5,5	IV
7/C	5,5	IV
7/D	5,5	IV
8/D Gras	5,4	IV
8/D Pitrus	5,3	IV
8D Rechts	5,4	IV

Alle condities geschikt voor 16Aa1
pH en GWT geschikt voor 16Aa1
pH en GWT geschikt voor 11Aa2
pH en GWT geschikt voor 16Ab1
pH en GWT geschikt voor 16Aa1 of 16Ab1

	Blauwgrasland (16Aa1)	Veldrus-associatie (16Ab1)	Associatie van Gewone dophei (11Aa2)	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa2)
Zuurgraad (pH-H2O)	4,9 - 5,8	5,3 - 6,0	3,8 - 4,7	4,4 - 5,4
Grondwatertrap	II	II	III / **IV**	**III** / IV

4.4 Menselijke invloed

Tabel 14 in deze paragraaf geeft beknopt weer wat er is veranderd in de menselijke invloed op de onderzoekspercelen.

Tabel 14 Menselijke invloed 1850 / huidig

	1850	Huidig
Gebruik / beheer	Beweiden, plaggen, maaien	Maaien
Schaal	Grote, aaneengesloten graslanden	Kleine percelen, versnipperde ligging
Gradiënt	Horsten, slenken en microreliëf	Geëgaliseerde bol gelegde percelen
Hydrologie	Geen ontwatering	Ingrijpend slotenpatroon
Voedingstoestand	Onbemest	Bemest

Het huidige beeld van het gebied dat uit de LESA en de vergelijking van de standplaatscondities naar voren komt, is dat van een meer versnipperd, droger en voedselrijker geheel dan in 1850. Het is echter niet gezegd dat de referentievegetaties geen kans meer hebben op herstel. In hoofdstuk 5 is naar aanleiding van de analyse van de fosfaattoestand en de grondwaterstand een aantal (in theorie) haalbare streefbeelden opgesteld.

5. Scenario's en stappenschema

In paragraaf 5.1 is het streefbeeld van Natuurmonumenten vertaald naar een aantal potentiële vegetatietypen. Deze vegetatietypen vormen de scenario's waar in het stappenschema in paragraaf 5.2 naartoe gewerkt wordt. Door het schema met de onderzoeksresultaten te doorlopen is een kaart samengesteld die in paragraaf 5.3 is weergegeven.

5.1 Het streefbeeld van Natuurmonumenten

Natuurmonumenten heeft de ambitie geuit om binnen de huidige randvoorwaarden goed ontwikkeld, soortenrijk grasland te ontwikkelen, waarbij Natte schraalgraslanden de vegetatietypen zijn die het meest aansluiten bij de referentievegetaties.

Waar de referentievegetaties niet haalbaar zijn, is als streefbeeld gekozen voor alternatieve soortenrijke vegetaties. Vanwege de lagere grondwaterstanden van de onderzoekspercelen zijn Droge schraalgraslanden meegewogen als potentiële vegetaties. Door een hogere voedselrijkdom zijn schraalgraslandvegetaties mogelijk niet haalbaar. In dat geval kan gestreefd worden naar 'Soortenrijk grasland'. In hoeverre het realiseren van deze vegetatietypen op basis van de abiotische omstandigheden haalbaar is, volgt uit het doorlopen van het stappenschema in paragraaf 5.2.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de potentiële vegetaties.

Nat schraalgrasland

Drie referentievegetaties van de periode rond 1850 die in de LESA zijn bepaald, vallen onder het vegetatietype Nat schraalgrasland:

- Blauwgrasland
- Natte heide (Associatie van gewone dophei)
- Vochtig heischraal grasland (Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras)

Natte schraalgraslanden bevinden zich op voedselarme, vochtige tot natte en matig zure tot basische bodems. Deze graslanden kunnen zeer soortenrijk zijn en worden in stand gehouden door jaarlijks te maaien en het maaisel af te voeren waardoor het voedselarme karakter behouden blijft. "Kleine hoogteverschillen zijn al snel zichtbaar in de samenstelling" (BIJ12, 2018) en ook verschillen in het grondwaterregime en de zuurgraad zorgen voor verschillende soortencombinaties.

Natte schraalgraslanden zijn gevoelig voor aanpassingen aan de waterhuishouding. Bedreigingen voor deze vegetaties zijn bijvoorbeeld het ontbreken van periodieke overstroming met oppervlaktewater, een afname van kwelinvloeden en verlaging van het grondwaterpeil. Schraalgraslandvegetaties stellen verschillende eisen aan hun standplaats (basen- en voedselrijkdom), waardoor ze op verschillende plekken in het landschap voorkomen.

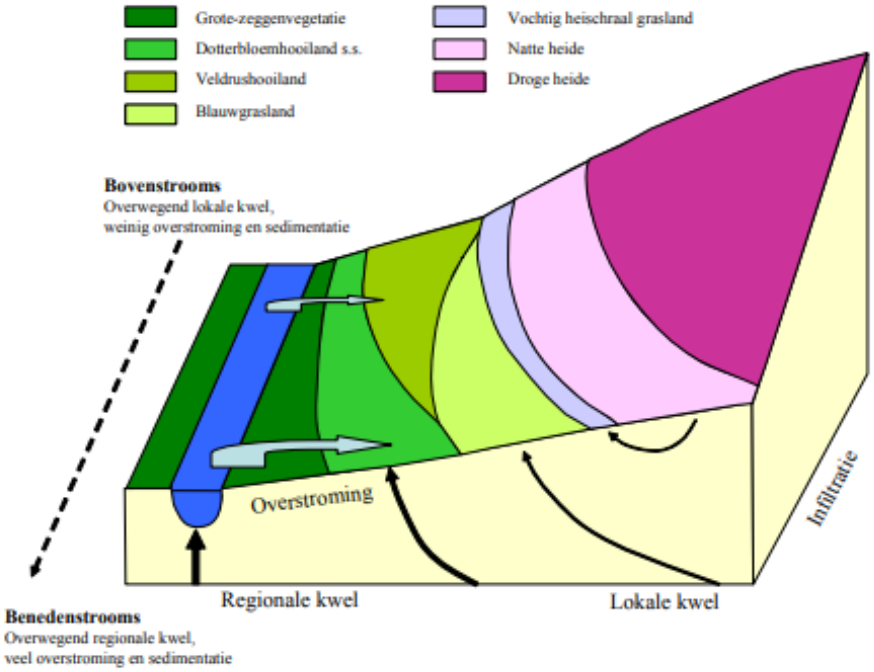
In Figuur 20 is de situering van de verschillende vegetatietypen in het landschap weergegeven.

Droge schraalgraslanden

Droge schraalgraslanden zijn soortenrijke vegetaties die zijn te vinden op voedselarme, droge, lemige zandgronden. De soortensamenstelling is door verschillende bodemeigenschappen zeer wisselend maar wordt gekenmerkt door een “lage open vegetatie die gedomineerd wordt door kenmerkende soorten en vegetaties van heischraal grasland.” (BIJ12, 2018).

Een vegetatietype dat behoort tot de Droge schraalgraslanden is bijvoorbeeld Droog heischraal grasland (Associatie van Liggend walstro en Schapengras (Schaminée, Sýkora, Smits, & Horsthuis, 2010)).

Figuur 20 Ligging van vegetatietypen in een beekdal



(Cools, Velde, Runhaar, & Stuurman, 2006)

Soortenrijk grasland

Dit zijn kruidenrijke graslanden die niet tot de schraalgraslanden behoren en doorgaans een (matig) voedselrijk karakter hebben. Allerlei verbonden waaronder kamgrasvegetaties en algemene witbolgraslanden vallen onder dit type graslanden. Meestal wordt het soortenrijk grasland extensief beweid of gehooid en niet of slechts matig bemest. Goed ontwikkeld soortenrijk grasland bevat veel variatie aan structuur en de aanwezigheid van kleine fauna (BIJ12, 2018). Het belangrijkste aspect van deze potentiële vegetatietypen is de soortenrijkdom aan plantensoorten. Het kan bijvoorbeeld een rompgemeenschap betreffen van een associatie die behoort tot het Nat of Droog schraalgrasland.

5.2 Stappenschema voor bepaling van de potenties

Het stappenschema in deze paragraaf (Figuur 21) leidt met de resultaten uit het bemestingsonderzoek tot een indeling van de onderzoekspercelen naar kansenrijkdom voor schrale of soortenrijke vegetaties. De opbouw in de fosfaatwaarden die in het stappenschema is gebruikt volgt uit het rapport *Natuurpotentie schraallanden Wielrevelt* (Delft, Brouwer, & Kemmers, 2008). In hoofdstuk 3.4 (bodem) is de betekenis van deze gegevens uitgewerkt.

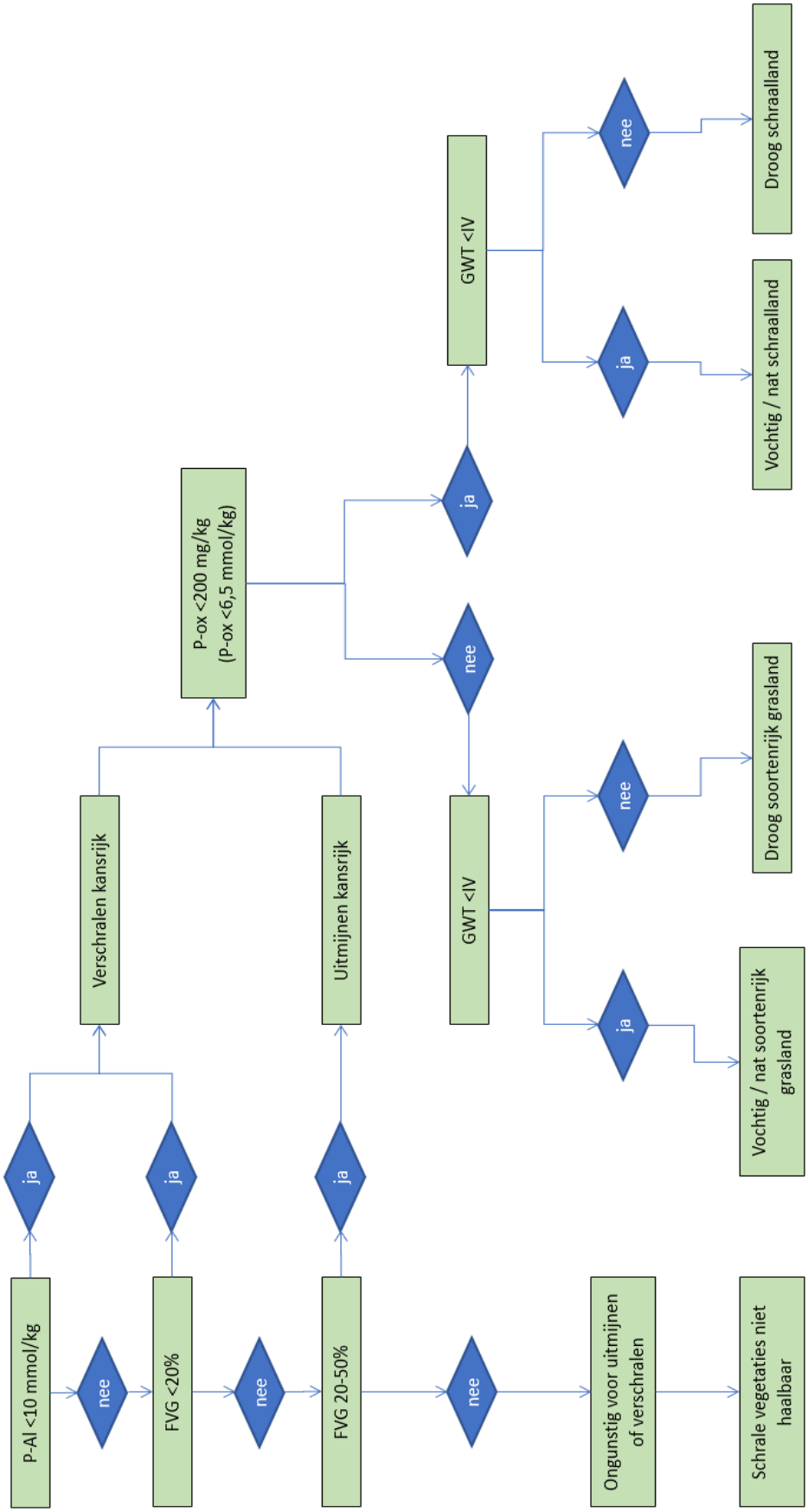
In het stappenschema wordt allereerst gekeken op basis van het direct beschikbare fosfaat of de uitgangssituatie van een standplaats ‘‘ideaal voor natuurontwikkeling” is (P-Al <10 mmol/kg). Als dat niet het geval is hangt het af van de fosfaatverzadigingsgraad, of de fosfaatbeschikbaarheid via verschralen (FVG <20%) of uitmijnen (FVG 20-50%) naar dit niveau kan worden gebracht. Ligt de FVG hoger, dan zijn schrale of soortenrijke vegetaties als streefbeeld niet realistisch. Vervolgens wordt gekeken of de fosfaatvoorraad ‘zeer laag’ (P-ox <200 mg/kg) is. In dat geval behoren schraalgraslandvegetaties tot de mogelijkheden. Als de P-ox waarde hoger ligt dan 200 mg/kg, dan zijn soortenrijke graslanden te realiseren.

Voor de bepaling van een ‘schraal’ of een ‘soortenrijk’ grasland is in het stappenschema de P-ox bovengrens voor Blauwgrasland van 200 mg/kg gebruikt en niet de bovengrens voor de Veldrus-associatie van 700 mg/kg (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007). Hennekens, Smits en Schaminée (2010) beschrijven de associatie ook enkel als “verwant” en vaak grenzend aan het Nat schraalgrasland, maar vanwege de hogere voedselrijkdom waar de Veldrus-associatie op voorkomt, wordt hij in dit onderzoek niet tot de schraalgraslandtypen gerekend.

Als laatste stap in het schema is de grondwatertrap opgenomen. De scheiding ligt bij grondwatertrap IV in navolging op de veldgids *Ontwikkelen van kruidenrijk grasland* (Schippers, Bax, & Gardenier, 2012). De grondwatertrappen lager dan IV worden als ‘vochtig/nat’ benoemd en de trappen IV en hoger gelden als ‘droog’. In werkelijkheid is de scheidslijn geen strikte grens, maar voor dit stappenschema is deze indeling goed werkbaar.

De zuurgraad is niet meegenomen bij het bepalen van de verschillende scenario’s, hoewel de variatie in zuurgraad uiteraard wel van invloed is op het type schraal- of soortenrijk grasland dat zich op een bepaalde standplaats kan ontwikkelen. Op de kalkarme zand- en leemgronden variëren de pH’s sterk (Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010). De onderzoeksresultaten uit de veldmetingen en het bemestingsonderzoek liggen (in de laag 0-10 cm) tussen pH-H_2O 5,2 en 6,8. Met deze waarden kunnen verschillende typen schraalgraslanden of soortenrijke graslanden worden bereikt.

Figuur 21 Stappenschema voor de bepaling van potentiële vegetaties

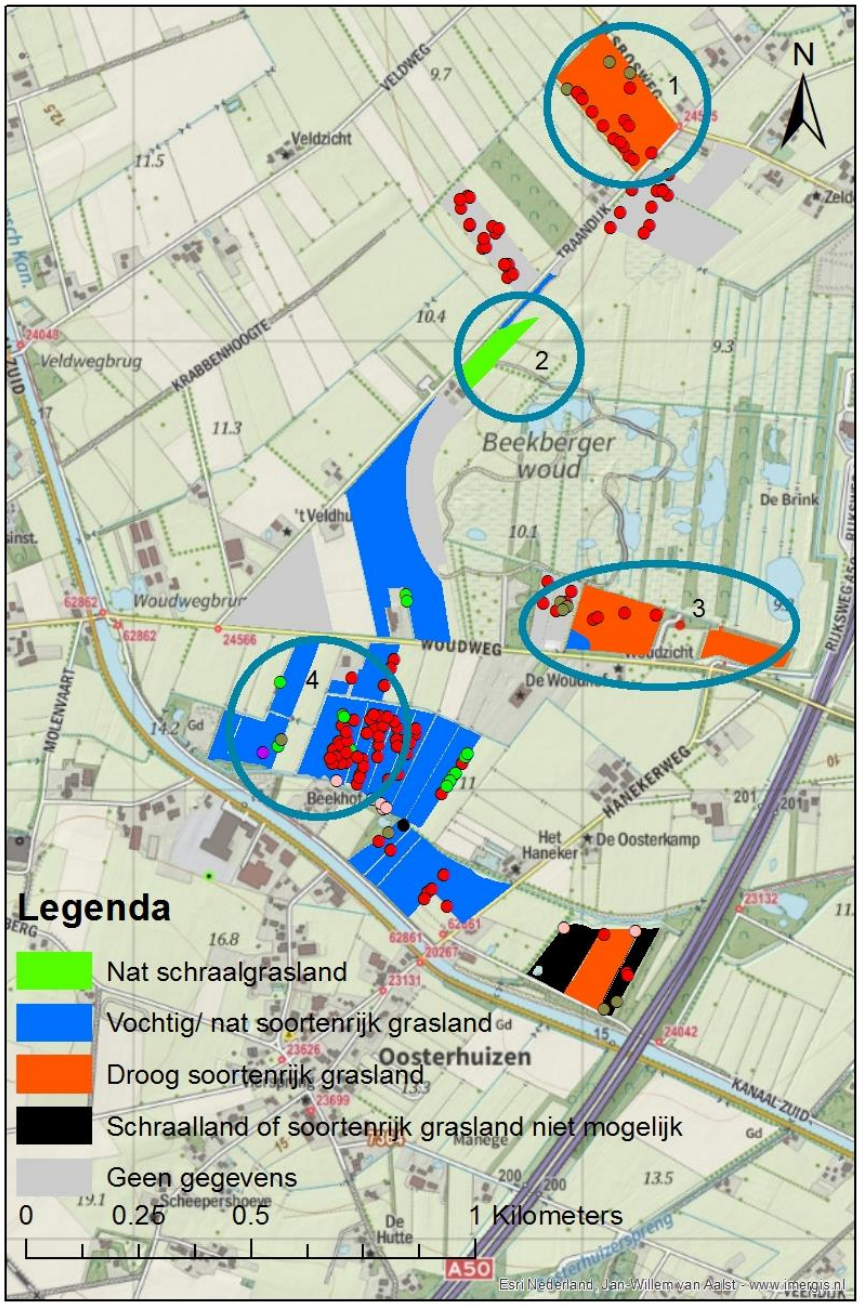


6. Kansen voor natuurontwikkeling

Figuur 22 toont het resultaat van het doorlopen van het stappenschema in het vorige hoofdstuk. Hieruit komen vier locaties naar voren waar op basis van de fosfaatwaarden kansen liggen voor de ontwikkeling van schraal- of soortenrijke graslanden.

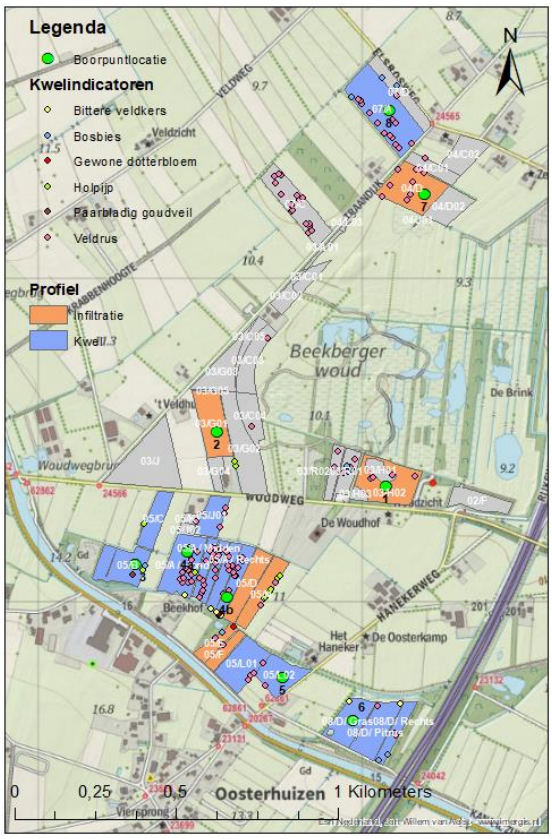
Deze locaties worden vergeleken met de resultaten uit de hoofdstukken Bodem en Hydrologie (3.4 en 3.5). De gebruikte kaarten zijn ingevoegd als Figuur 23 en Figuur 24. Hieruit volgen uitspraken over de kansen per locatie.

Figuur 22 Kansenkaart naar fosfaattoestand en grondwatertrap

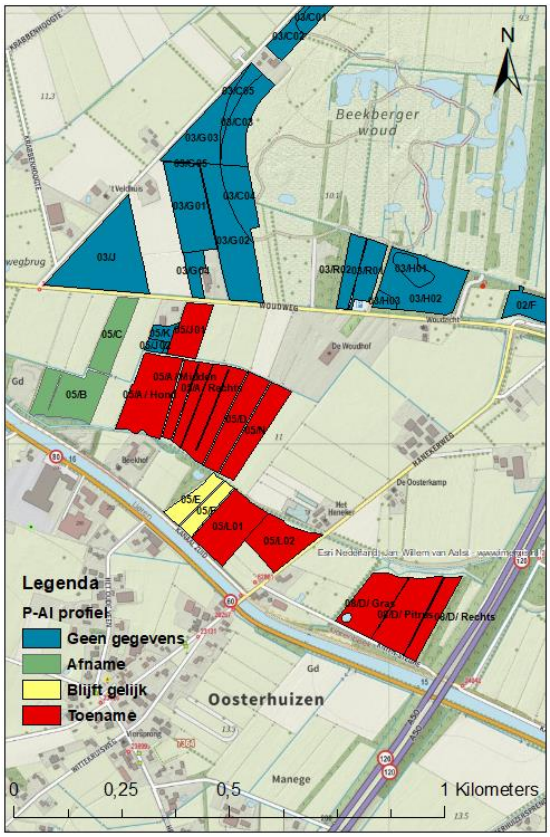


(Esri Content Nederland, 2018)

Figuur 23 Kwelprofielen en -indicatoren



Figuur 24 Verloop van P-Al in de bodem (0-10 tot 10-25 cm)



(Esri Content Nederland, 2018)

Op locatie 1, in het noorden van het onderzoeksgebied, zijn de omstandigheden gunstig voor de ontwikkeling van Droog soortenrijk grasland. Er is sprake van kwel, maar dit komt vanwege een ondoorlatende laag in de bodem niet tot in de wortelzone. De grondwatertrap is daardoor IV. In de sloten zijn wel kwelindicatoren aangetroffen.

Voor locatie 2 zijn weinig gegevens voor handen, maar de fosfaatomstandigheden in de laag 0-10 cm zijn uitermate geschikt voor de ontwikkeling van Nat schraalgrasland. De grondwatertrap is II.

Op locatie 3 heerst grondwatertrap IV. Het is een infiltratieprofiel, waar de fosfaatwaarden dan ook een Droog soortenrijk grasland voor uitwijzen. Ook hier zijn echter kwelindicatoren aanwezig. Een verklaring daarvoor kan zijn, dat dit een van de weinige onderzoekspercelen is waar het natuurlijke reliëf nog voorkomt. Periodieke grondwaterstroming op microniveau kan zorgen voor de aanvoer van basenhoudend grondwater.

Op locatie 4 is de ontwikkeling van een basische vorm van vochtig / nat soortenrijk grasland mogelijk. Met name de percelen in het uiterste westen zijn kansrijk, omdat daar de hoeveelheid beschikbaar fosfaat naar beneden toe afneemt. Ook de FVG en P-ox waarden (bijlagen 32 t/m 34) vertonen een zeer gunstig beeld.

Daar waar de fosfaatwaarden ook in de diepere ondergrond zijn gemeten is te zien dat het directe beschikbare fosfaat (P-Al) bijna overal toeneemt. De fosfaatvoorraad (P-ox) laat hierbij een wisselend beeld zien. Alleen in perceel 5B nemen zowel de P-ox als de P-Al waarden af. Ook is hier sprake van kwel en zijn kwelindicatoren aanwezig. De ontwikkeling naar Nat schraal- of soortenrijk grasland is hier zeer kansrijk.

7. Randvoorwaarden

Natuurmonumenten heeft aangegeven dat de onderstaande beperkingen gelden bij de uitvoering van eventuele maatregelen:

- Natuurmonumenten wil geen grootschalige ingrepen toepassen, zoals het afgraven van grote oppervlakten.
- Het aanpassen van grondwaterstanden is niet op alle onderzoekspercelen mogelijk in verband met de ligging en de grootte van de percelen.
- Geld kan een beperkende factor zijn voor het uitvoeren van maatregelen.

8. Conclusie

Het onderzoek heeft aangetoond dat op de meeste onderzoekspercelen potenties liggen voor de ontwikkeling naar droog of nat soortenrijk grasland en dat op enkele percelen Nat schraalgrasland te ontwikkelen is. Om deze halfnatuurlijke, lage vegetaties te realiseren moet van de onderzochte standplaatscondities de voedselrijkdom verder omlaag worden gebracht.

De landschapsecologische systeemanalyse laat zien dat de onderzoekspercelen rond 1850 voor een groot deel bestonden uit soortenrijke Nat schraalgrasland-vegetaties of uit Veldrusschraalland. Menselijk ingrijpen[8] is de oorzaak van het verdwijnen van de optimale omstandigheden voor deze vegetaties. De mate van verschraling die nodig is om de standplaatsconditie voor Nat schraalgrasland te bereiken, is op verreweg de meeste percelen niet haalbaar binnen de gestelde randvoorwaarden.

Het gevoerde verschralingsbeheer leidt vanwege de hoge fosfaatverzadigingsgraad op de meeste onderzoekspercelen niet op korte termijn tot het verhogen van de natuurwaarde. Uitmijnbeheer is kansrijker voor het verder ontwikkelen van de soortenrijkdom op de percelen. De bewerkte resultaten uit het bemestingsonderzoek laten zien waar verschralen of uitmijnen uitkomst biedt voor het bereiken van een grotere soortenrijkdom.

Voor de standplaatscondities zuurgraad en vochtigheidsgraad (grondwatertrappen en GVG) blijkt dat zij tegenwoordig geen belemmering meer vormen. Op 27 onderzoekspercelen voldoet de combinatie van deze factoren in de huidige situatie al voor een van de referentievegetaties.

Percelen met een grondwatertrap van III of lager, zijn geschikt voor de vochtige varianten. Op percelen waar de grondwatertrap groter is dan III, is droog soortenrijk grasland bij afname van de voedselrijkdom haalbaar. De randvoorwaarde met betrekking tot de (on)mogelijkheid van het aanpassen van de grondwaterstanden vormt hierdoor geen belemmering.

[8] Bemesting/beweiding, egalisering, ontwatering en versnippering van de percelen.

9. Discussie

Dit hoofdstuk bevat een discussie van de resultaten en de methodiek in relatie tot de doelstelling. Daarnaast is er een korte reflectie opgenomen over het belang van het onderzoek voor duurzaamheid en de maatschappij.

De resultaten hebben ten dele bijgedragen aan het antwoord op de vraag of de soortenrijkdom binnen de randvoorwaarden kunnen worden verhoogd. Het onderzoek levert een bijdrage aan de graslandvisie voor het gebied en Natuurmonumenten heeft meer inzicht gekregen in de potenties van het gebied en of het gevoerde beheer de juiste is.

De reikwijdte van het onderzoek is beperkt en de oplossing van het probleem moet wellicht ook op andere vlakken gezocht worden. Bij de ontwikkeling van vegetatie hangen veel verschillende factoren samen, waarbij naast de abiotische factoren ook invloeden zoals stikstofdepositie, het ontbreken van een zaadbron in de omgeving of de dichtheid van de zode een rol spelen. Vanwege de beschikbare tijd zijn deze mogelijke oorzaken niet onderzocht.

Het maatschappelijk belang voor het behouden en versterken van natuurgebieden zoals het Beekbergerwoud is groot. Met de verhoging van de natuurkwaliteit wordt de recreatie en het vestigingsklimaat gestimuleerd. Dit versterkt ook de regionale economie en daarmee het maatschappelijk belang en draagvlak voor natuurbeheer. Op deze manier is een duurzaam beheer voor het verhogen van de natuurwaarden voor de toekomst gewaarborgd (Stobbelaar, 2017).

De resultaten en de gebruikte methode zijn tegen het licht gehouden, wat de onderstaande kritische noten oplevert.

9.1 Resultaten

- Er is door de begeleiders van dit onderzoek meermaals gewezen op de verdroogde omstandigheden van de omgeving van het Beekbergerwoud en een lagere invloed van basenrijke kwel. Hier zijn mogelijk in andere delen van het gebied aanwijzingen voor, maar voor de onderzoekspercelen laten de resultaten geen belemmering zien in de grondwatertrappen noch in de pH-waarden. Die condities zijn over het algemeen geschikt voor de referentievegetaties.
- Het bemestingsonderzoek is niet op alle percelen uitgevoerd. Van de 44 percelen zijn er 21 bemonsterd. Van de 23 niet bemonsterde percelen is voor 14 door middel van extrapolatie een uitspraak gedaan. Van de overige 9 percelen kan niet met cijfers worden onderbouwd wat er op basis van de voedselrijkdom en zuurgraad mogelijk is.
- Op een beperkt aantal percelen ten zuiden van de Woudweg zijn monsters van de laag 10-25 cm genomen. Daardoor zijn er geen uitspraken gedaan over het profielverloop van fosfaat in de bodem ten noorden van de Woudweg. Dit heeft mogelijk gevolgen voor het bepalen van verschralingsmaatregelen.
- Een actuele inventarisatie per perceel van de graslandfasen, of een uitgebreide kartering van de vegetatie, had meer concrete uitspraken kunnen opleveren.
- Zowel bij de bepaling van de bodemtypen als van de grondwatertrappen is de Bodemkaart van Nederland 1:50.000 (Alterra, 2008) niet nauwkeurig genoeg en/of niet actueel gebleken.

- De duur van uitmijnen is niet bepaald. Hiervoor waren onvoldoende gegevens (zoals droge stof opbrengst per ha) voorhanden.

9.2 Methode

- De uitvoer van een uitgebreide LESA heeft geen aantoonbaar voordeel opgeleverd voor het bepalen van de mogelijkheden van de onderzoekspercelen. Mogelijk had een korte triplexanalyse volstaan.
- Er zijn betrouwbare bronnen in het rapport gebruikt, zowel in de vorm van literatuur als van begeleiding door deskundigen.
- De analyse van de resultaten uit het bemestingsonderzoek is een probleem gebleken, door het feit dat er door veel bronnen wordt gewerkt met andere fosfaatwaarden (Pw, P-Olsen en P-totaal). Deze waarden laten zich zeer moeizaam met elkaar vergelijken.
- Het bodemonderzoek, zowel boormonsters als bemestingsonderzoek, was voor alle percelen en op meerdere dieptes van toegevoegde waarde geweest. Meer peilbuisgegevens hadden misschien nog tot andere inzichten geleid in de hydrologie.

10. Aanbevelingen

Aan de hand van het onderzoek zijn aanbevelingen voor Natuurmonumenten gedaan. Daar waar de kansen of knelpunten liggen worden in de aanbevelingen benoemd en zijn maatregelen voorgesteld. De voorgestelde maatregelen zijn suggesties en dienen verder te worden uitgewerkt door Natuurmonumenten.

- Om sneller tot resultaten te komen (of op plaatsen waar de totale fosfaatvoorraad groot is, is het aan te raden om te gaan uitmijnen in plaats van te verschralen.
- Het onderzoek heeft uitgewezen dat uitmijnen mogelijk efficiënter is dan het verschralingsbeheer dat nu wordt gevoerd. Het kan echter de voorkeur hebben om het gevoerde verschralingsbeheer voort te zetten. Op veel onderzoekspercelen zijn bijzondere soorten aanwezig, waardoor het mogelijk de voorkeur heeft om niet te kiezen voor uitmijnen.
- Om de juiste maatregelen te kunnen bepalen is het aan te bevelen om van het gehele onderzoeksgebied de fosfaattoestand ook in de diepere bodemlaag te meten.
- Op een aantal percelen zijn de P-ox waarden niet onderzocht. De fosfaatverzadigingsgraad kon om die reden niet worden uitgerekend waardoor het niet duidelijk is geworden welk beheer (verschralen of uitmijnen) hier het meest efficiënt is.
- Bij toekomstige bemestingsonderzoeken is het aan te bevelen ook P-totaal te laten bepalen. Hiermee kan een vergelijking worden gemaakt met de Wamelink waarden in SynbioSys voor P-totaal per vegetatietype.
- Er is vervolgonderzoek nodig naar andere oorzaken die zorgen dat de ontwikkeling naar schraal- of soortenrijk grasland stagneert. Een onderzoek naar de dichtheid van de zode in combinatie met beschikbare zaadbronnen in de omgeving kan hierbij een eerste stap zijn (Eichhorn & Ketelaar, 2016).
- De percelen 8D gras/pitrus hebben niet de potentie voor ontwikkeling naar schraal- of soortenrijk grasland. Hier kan mogelijk geëxperimenteerd worden met alternatieve methoden om de fosfaattoestand omlaag te brengen.

11. Bronnen

Aggenbach, C., Groenendijk, D., Kemmers, R., Van Kleef, H., Smolders, A., Verberk, W., & Verdonschot, P. (2009). *Preadvies Beekdallandschappen.* Ede: Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Alterra. (2008). Bodemkaart van Nederland 1:50.000. Wageningen.

Alterra. (2008). Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000. Wageningen.

Assendorp, D., & Van Dorp, D. (2014). Landschapsecologische analyse. In W. &. Simons, *Praktijkgericht onderzoek in de ruimtelijke planvorming* (pp. 57-79). Wageningen: Landwerk.

Bakker, M., Den Otter, C., & Weerts, H. (2003, maart). *Formatie van Drente*. Opgehaald van DINOloket - Nomenclator ondiep: https://www.dinoloket.nl/formatie-van-drente

BIJ12. (2018). Opgeroepen op mei 12, 2018, van N11.01 Droog schraalland: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n10-vochtige-schraalgraslanden/

BIJ12. (2018). Opgeroepen op mei 12, 2018, van N10 Vochtige schraalgraslanden: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n10-vochtige-schraalgraslanden/

BIJ12. (2018). Opgeroepen op mei 12, 2018, van N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland: https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n12-rijke-graslanden-en-akkers/n12-02/

Blok, E., & Van Dam, K. (2010). *Buitengebied Het Woud: cultuurhistorische analyse.* Wageningen: SB4 Bureau voor Historische Tuinen, Parken en Landschappen.

Bosker, H. (1874). Het Beekberger Woud voor en tijdens de ontbossching en het cultiveren van den grond. *De Nieuwe Boeren-Goudmijn, 11*, pp. 348-383.

Cools, J., Velde, Y. v., Runhaar, H., & Stuurman, R. (2006). *Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden* . Zonder plaats: TNO/EAC/Alterra-rapport .

De Bakker, H., & Schelling, J. (1989). *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland.* Wageningen: Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie.

DINOloket. (2018). *DINOloket*. Opgeroepen op Februari 21, 2018, van Ondergrondmodellen: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen

Eichhorn, K., & Ketelaar, R. (2016). *Ecologie en beheer van kruidenrijke graslanden op de zandgronden.* Zeist: Eichhorn Ecologie & Natuurmonumenten.

Esri Content Nederland. (2017, augustus 9). Actueel Hoogtebestand Nederland.

Esri Content Nederland. (2018, maart 27). Open Topografie Nederland.

Eurofins Agro. (2017). Bemestingsonderzoek Beekbergerwoud.

Hallmann, C., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., . . . De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE 12(10): e0185809*, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809.

Hanhart, K. (2018, maart 2). Persoonlijke communicatie. Beekbergerwoud.

Hanhart, K., & Maljaars, G. (2011). *Eco-hydrologisch onderzoek Beekbergerwoud.* Lochem: Hanhart Consult.

Heldring, O., & Graadt Jonckers, R. (1841). *Het Beekbergerwoud.* Arnhem: G. van Eldik Thieme.

Hennekens, S., Smits, N., & Schaminée, J. (2010). *SynBioSys Nederland versie 2.* Wageningen: Alterra, Wageningen UR. Opgeroepen op Maart 12, 2018, van Synbiosys.

Hoften, R. (2017). Foto Beekbergerwoud.

Janssen, J., Ozinga, W., Schaminee, J., Haveman, R., & Smits, N. (2013). Gevolgen van klimaatverandering voor verschillende plantengemeenschappen. *Stratiotes, Vol. 2013, No. 44,*, 19-30.

Jongmans, A., Van den Berg, M., Sonneveld, M., Peek, G., & Van den Berg van Saparoea, R. (2013). *Landschappen van Nederland - Geologie, Bodem en Landgebruik.* Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Kadaster. (2018). *Verschillende topografische kaarten*. Opgehaald van Topotijdreis: http://www.topotijdreis.nl/

Laurijssens, G., De Blust, H., & Keune, G. (2013). *Landschapsecologische systeemanalyse en elementen voor visieontwikkeling voor de landduinenregio Middenkempen.* Brussel: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Locher, W. (1998). Diktaat Veldbodemkunde. Velp: 7e druk, Internationale Agrarische Hogelschool Larenstein.

Martens, M., & Van Wissen, H. (2018). *Flora van Nederland: Wilde planten en hun omgeving online*. Opgeroepen op Maart 22, 2018, van Flora van Nederland: http://www.floravannederland.nl/home/

Meijeren, S. (2016). *Kwaliteitstoets Beekbergerwoud 2015.* Dactylis.

Ministerie van Buitenlandse Zaken. (1992, juni 05). *Verdrag inzake biologische diversiteit.* Opgehaald van www.overheid.nl: http://wetten.overheid.nl/BWBV0001136/1994-10-10

Minkjan, P., Baas, H., Parmentier, F., Raap, E., van Woerkom, M., van der Velden, M., . . . Bouwman, F. (2010). *Handboek Cultuurhistorisch beheer.* Meppel: Hooiberg Haasbeek.

Natuurmonumenten. (2018, mei 14). Dramatische afname van insecten.

Peters, K. (2007). *Vlozegge.* Floristentreffen MV, Zonder plaats.

Pleijter, M., Van Delft, S., Kemmers, R., & Van der Werff, M. (2008). *Fosfaatonderzoek Kolonievaart.* Wageningen: Alterra.

Puijsselaar, A. d. (2013, 09 10). Opgeroepen op April 26, 2018, van Agriton: https://www.agriton.nl/Archief/pH_bodem.pdf

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2011, februari 1). *Kwaliteit van ecosystemen webpagina*. Opgehaald van RIVM De zorg voor morgen begint vandaag: https://www.rivm.nl/Onderwerpen/K/Kwaliteit_van_ecosystemen/Kwaliteit_van_ecosystemen_webpagina

Schaminée, J., Sýkora, K., Smits, N., & Horsthuis, M. (2010). *Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland.* Zeist: KNNV Uitgeverij.

Schippers, W., Bax, I., & Gardenier, M. (2012). *Ontwikkelen van kruidenrijk grasland: veldgids.* Wageningen: Bureau Groenschrift.

Sparrius, L., Odé, B., & Beringen, R. (2014). *Basisrapport Rode Lijst Vaatplanten 2012 .* Nijmegen: FLORON.

Staring, W. (1856-1860). *De bodem van Nederland. De zamenstelling en het ontstaan der gronden in Nederland ten behoeve van het algemeen beschreven.* Haarlem: A.C. Kruseman.

Stichting voor Bodemkartering. (1977). Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 - Legenda. Wageningen.

Stichting voor Bodemkartering. (1979). *Bodemkaart van Nederland - Toelichting bij de kaartbladen 33 West Apeldoorn en 33 Oost Apeldoorn.* Wageningen: STIBOKA.

Stobbelaar, D. (2017). De rol van natuur in duurzame ontwikkeling. *Vakblad Groen*, 4-7.

Te Linde, B., & Van den Berg, L. (2016). *Florakartering Beekbergerwoud 2015.* z.p.: Berglinde B.V., in opdracht van Natuurmonumenten Gelderland.

Ter Stege, E. (2018, Maart 08). Persoonlijke communicatie. (R. Hoften, Interviewer)

Timmermans, B., Van Eekeren, N., Finke, E., Smeding, F., & Bos, M. (2010). *Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting.* Driebergen: Louis Bolk Instituut.

Van de Laak, P. (2015, december 8). *Gaat de PAS ons nog verrassen?* Opgehaald van Binnenlands Bestuur: http://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/opinie/columns/gaat-de-pas-ons-nog-verrassen.9503907.lynkx

Van Delft, S., Stoffelsen, G., & Brouwer, F. (2007). *Natuurpotentie van Zwartebroek en Allemanskamp.* Wageningen: Alterra.

Van der Molen, P., Baaijens, G., Grootjans, A., & Jansen, A. (2010). *Landschapsecologische Systeemanalyse.* z.p.

Van der Staaij, P., & Ozinga, W. (2008). Verschuivende allianties in plantengemeenschappen door Klimaatverandering. In E. Weeda, & J. (. Schaminee, *Vegetatiekundige Monografieën* (pp. 132-151). Zeist: KNNV Uitgeverij.

Van Loon, H. (2018, april 25). Persoonlijke communicatie. (R. Hoften, Interviewer)

Van Rotterdam, D. (2018, Maart 12). Persoonlijke communicatie. (R. Hoften, Interviewer)

Veen, P. (1993). *Het Beekbergerwoud.* 's Graveland: Vereniging Natuurmonumenten.

Vereniging Nederlands Cultuurlandschap. (2007). *Nederland weer mooi, Deltaplan voor het landschap.* Beek-Ubbergen: Vereniging Nederlands Cultuurlandschap.

Wassen, M., Olde Venterink, H., Lapshina, E., & Tanneberger, F. (2005). Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, Vol 437, 22 September 2005, pp. 547-550.

Weeda, E. (2013). Productie-oerwoud op z'n negentiende-eeuws. *Stratiotes, nr 45*, pp. 29-50.

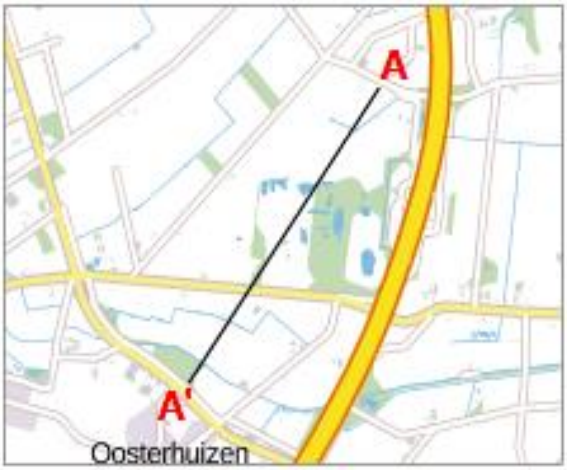
Wilbrink, B. (2015, December 24). *De geschiedenis van een verloren oerbos*. Opgeroepen op Maart 16, 2018, van Het Beekberger Woud: http://benwilbrink.nl/genealogie/80lohuizen_beekbergerwoud.htm

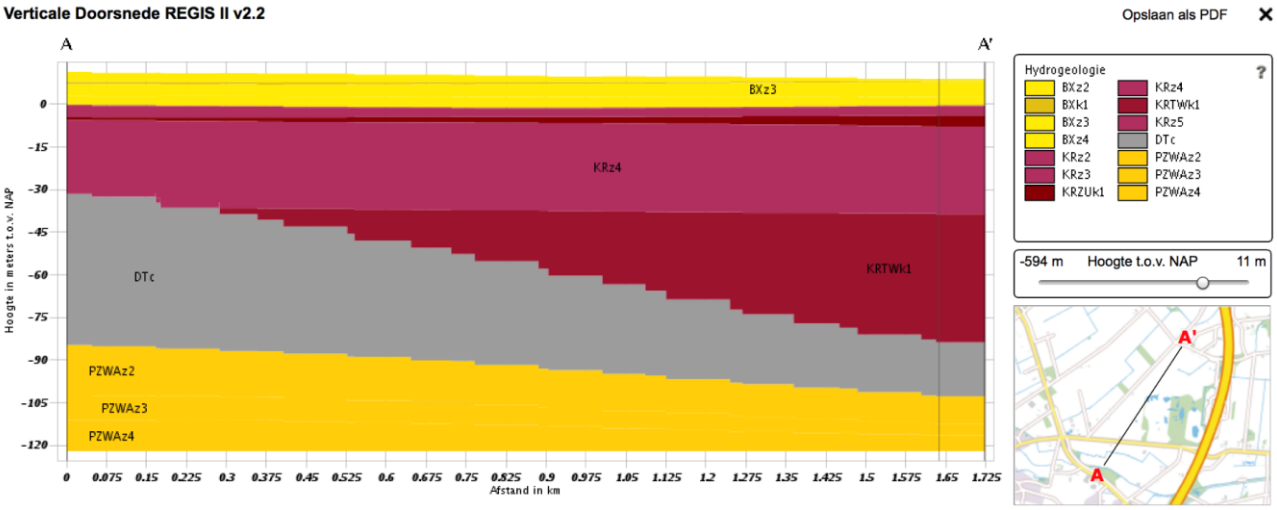
Wolf, R., & Kerssies, H. (2002). *Natuurontwikkeling Beekbergerwoud, Een nieuw leven voor 'Het verloren woud'.* Goor: Eelerwoude Ingenieursbureau B.V.

Wttewaall, J. (1836). Het Beekbergerwoud. *Tijdschrift voor natuurlijke geschiedenis en physiologie*, 1-6.

12. Bijlagen

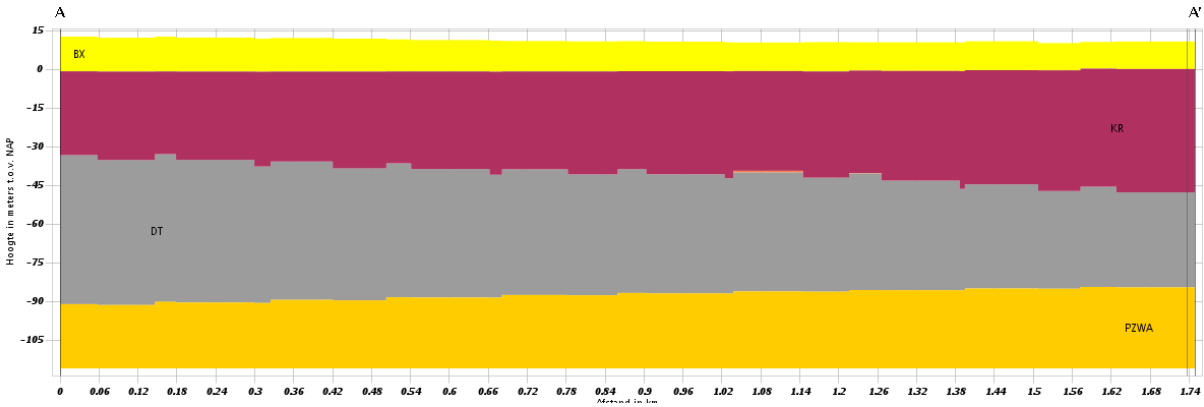
Bijlage 1: Dwarsdoorsnede noord-zuid





(DINOloket, 2018)

Bijlage 2: Dwarsdoorsnede west-oost



(DINOloket, 2018)

Bijlage 3: Verklarende lijst van formaties en laagpakketten

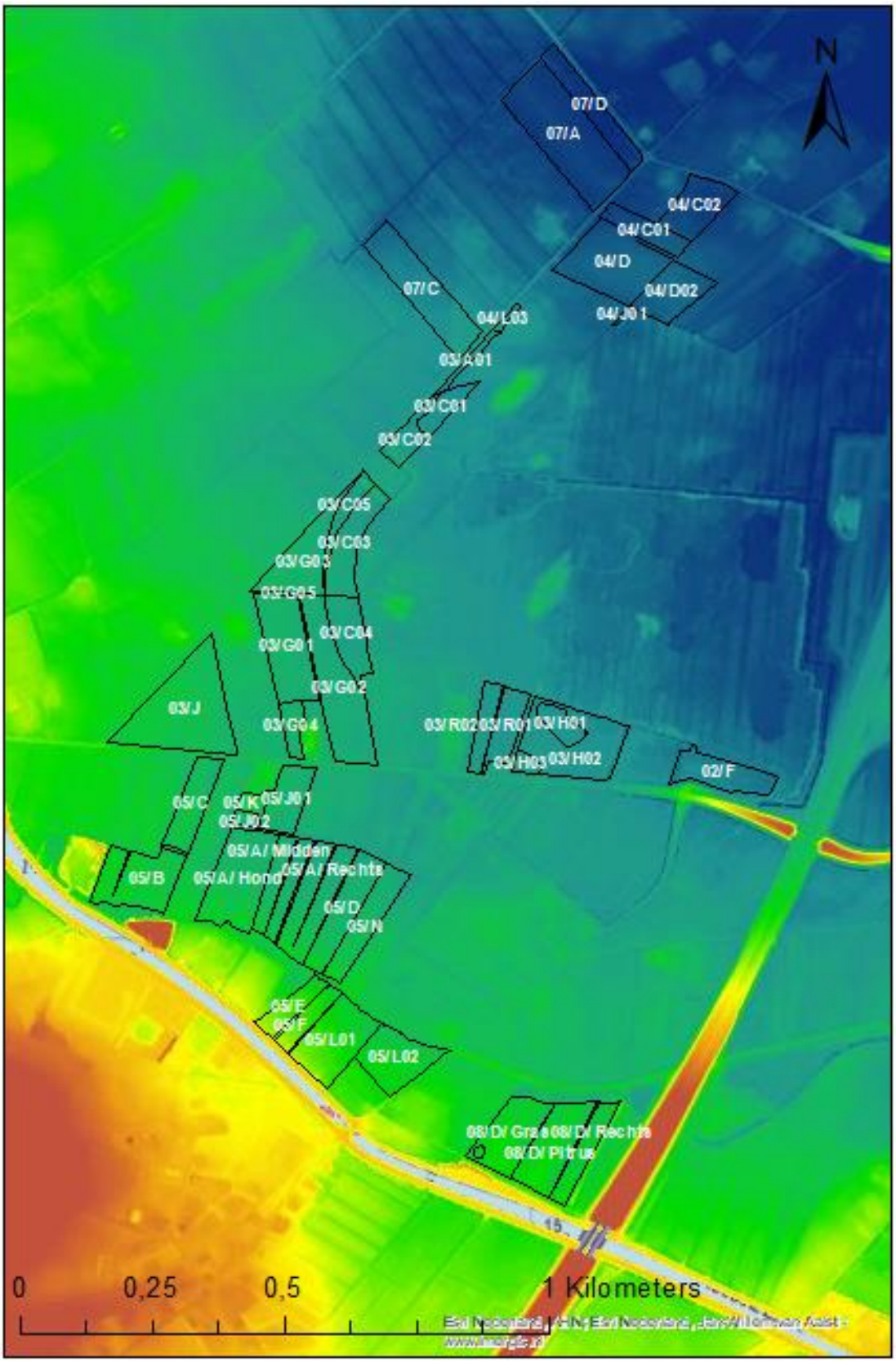
Afkorting	Verklaring afzettingen
BX	Formatie van Boxtel
KR	Formatie van Kreftenheye
DR	Formatie van Drente
DT	Gestuwde afzettingen van één of meerdere oudere afzettingen
PZWA	Formatie van Peize en Formatie van Waalre

Afkorting	Naam van de laag	Toelichting
BXz2	02.5 - Formatie Van Boxtel - Boxtel z2	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind.
BXk1	02.4 - Formatie Van Boxtel - Boxtel k1	Kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei, midden en fijn zand, met weinig klei, veen en grof zand.
BXz3	02.7 - Formatie Van Boxtel - Boxtel z3	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind.
BXz4	02.8 - Formatie Van Boxtel - Boxtel z4	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind.
KRz2	04.2 – Formatie Van Kreftenheye – Kreftenheye Z2	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen.
KRz3	04.4 – Formatie Van Kreftenheye – Kreftenheye Z3	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een

		spoor klei en veen.
KRZUk1	04.6 – Formatie Van Kreftenheye – Kreftenheye Zutphen	Kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei en klei en met weinig veen, fijn, midden en grof zand.
KRz4	04.5 – Formatie Van Kreftenheye – Kreftenheye z4	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen.
KRTWk1	04.8 – Formatie Van Kreftenheye – Kreftenheye Twello	Kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei en klei, met weinig fijn en midden zand en een spoor grof zand.
DTc	07.1 – Gestuwde afzettingen - complex	Complexe eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit een afwisseling van grof en midden zand, met weinig klei, zandige klei, fijn zand en grind en een spoor veen.
PZWAz2	15.04 – Formatie van Peize – Waalre	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klein en veen.
PZWAz3	15.05 – Formatie van Peize – Waalre	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klein en veen.
PZWAz4	15.07 – Formatie van Peize – Waalre	Zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klein en veen.

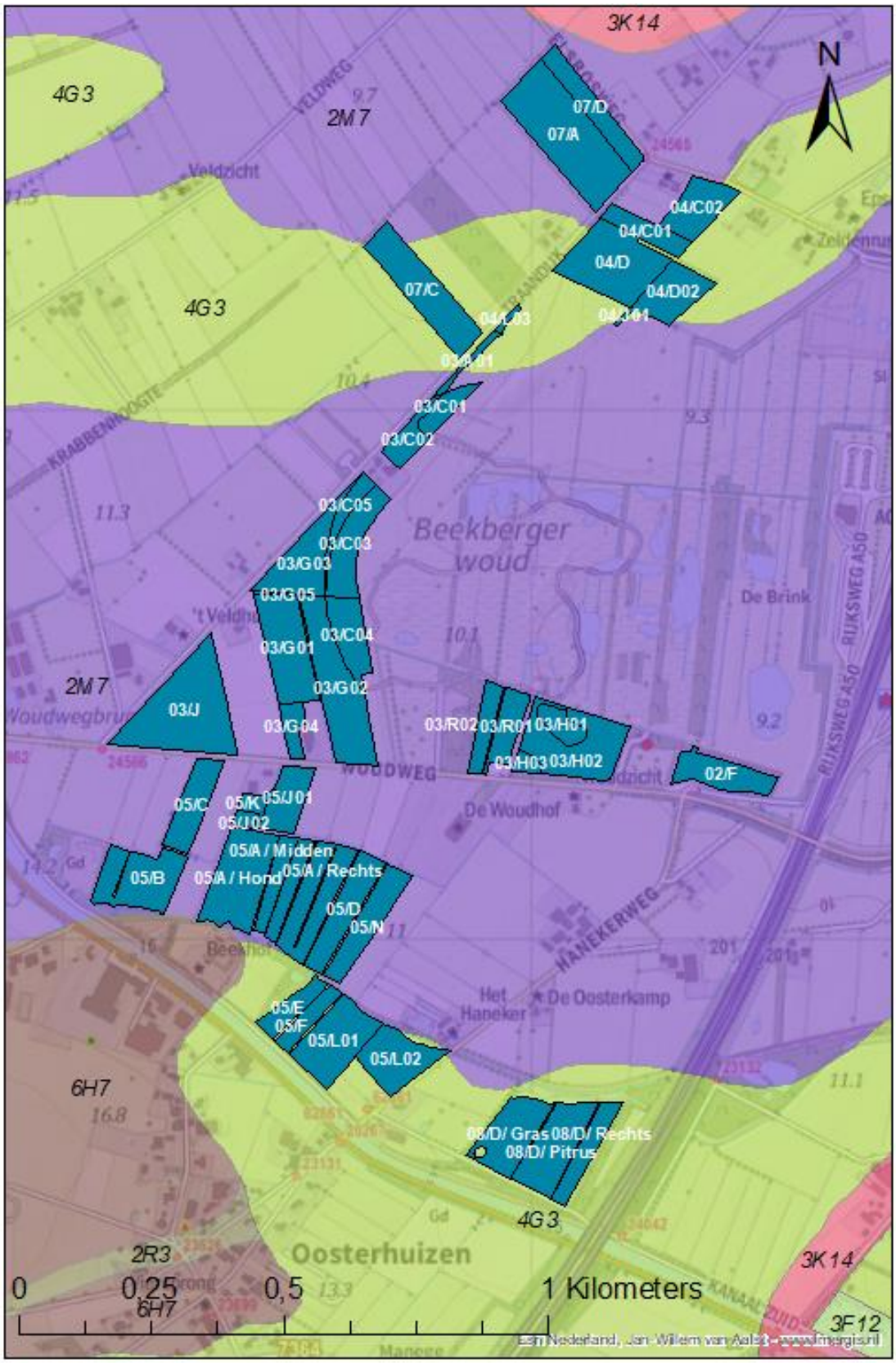
(DINOloket, 2018)

Bijlage 4: Hoogtekaart van het onderzoeksgebied



(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 5: Geomorfologische kaart



(Alterra, 2008) (Esri Content Nederland, 2018)

Geomorfologische code	Omschrijving	Proces	Reliëf
2M7	Vlakte van sneeuwsmeltwaterafzettingen	Sneeuwsmeltwater en bodemijs	0,25 - 0,5m
4G3	Daluitspoelingswaaier	Sneeuwsmeltwater en bodemijs	1,5 - 5m
6H7	Stuwwalglooiing	Landijs en smeltwater	12,5 - 30m
3K14	Dekzandrug	Wind	0,5 - 1,5m
3L3	Welvingen in sneeuwsmeltwaterafzettingen	Sneeuwsmeltwater en bodemijs	0,5 - 1,5m

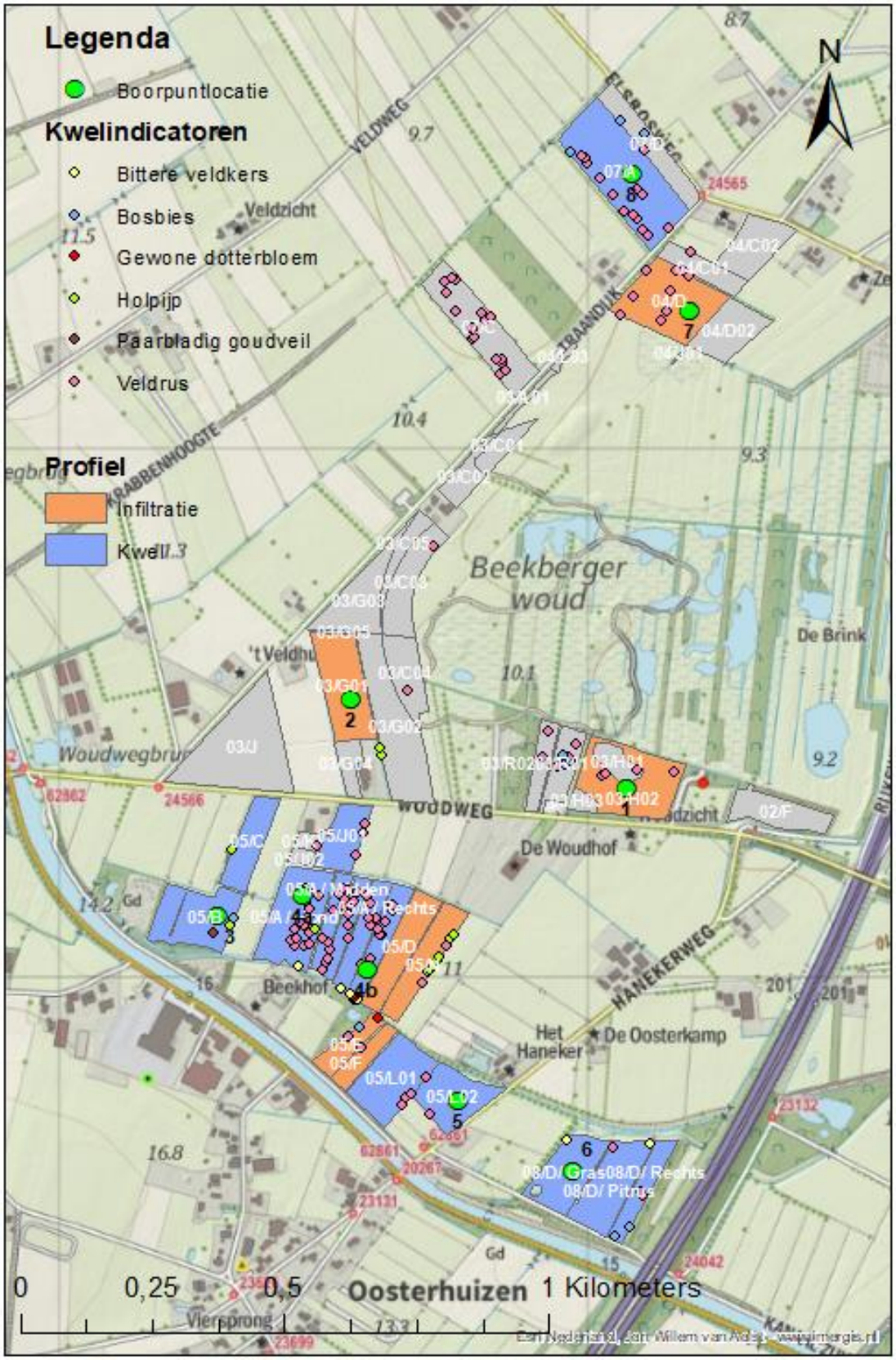
(Stichting voor Bodemkartering, 1977)

Bijlage 6: Verklaring bij de grondwatertrappen

Gwt	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG	-	-	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	-

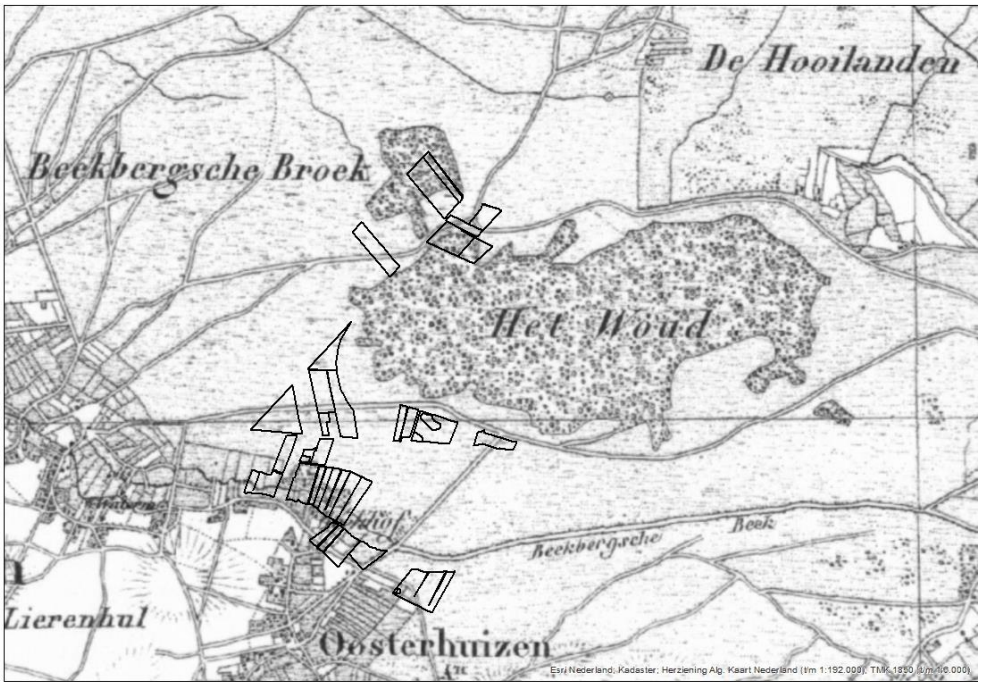
(Locher, 1998)

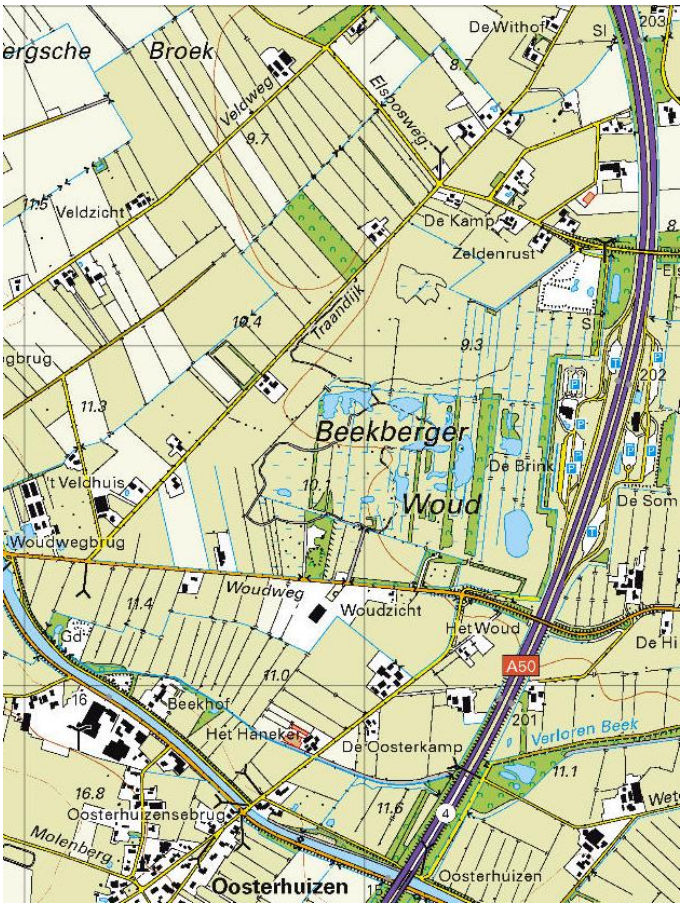
Bijlage 7: Kwelprofielen en -indicatoren



(Esri Content Nederland, 2018)

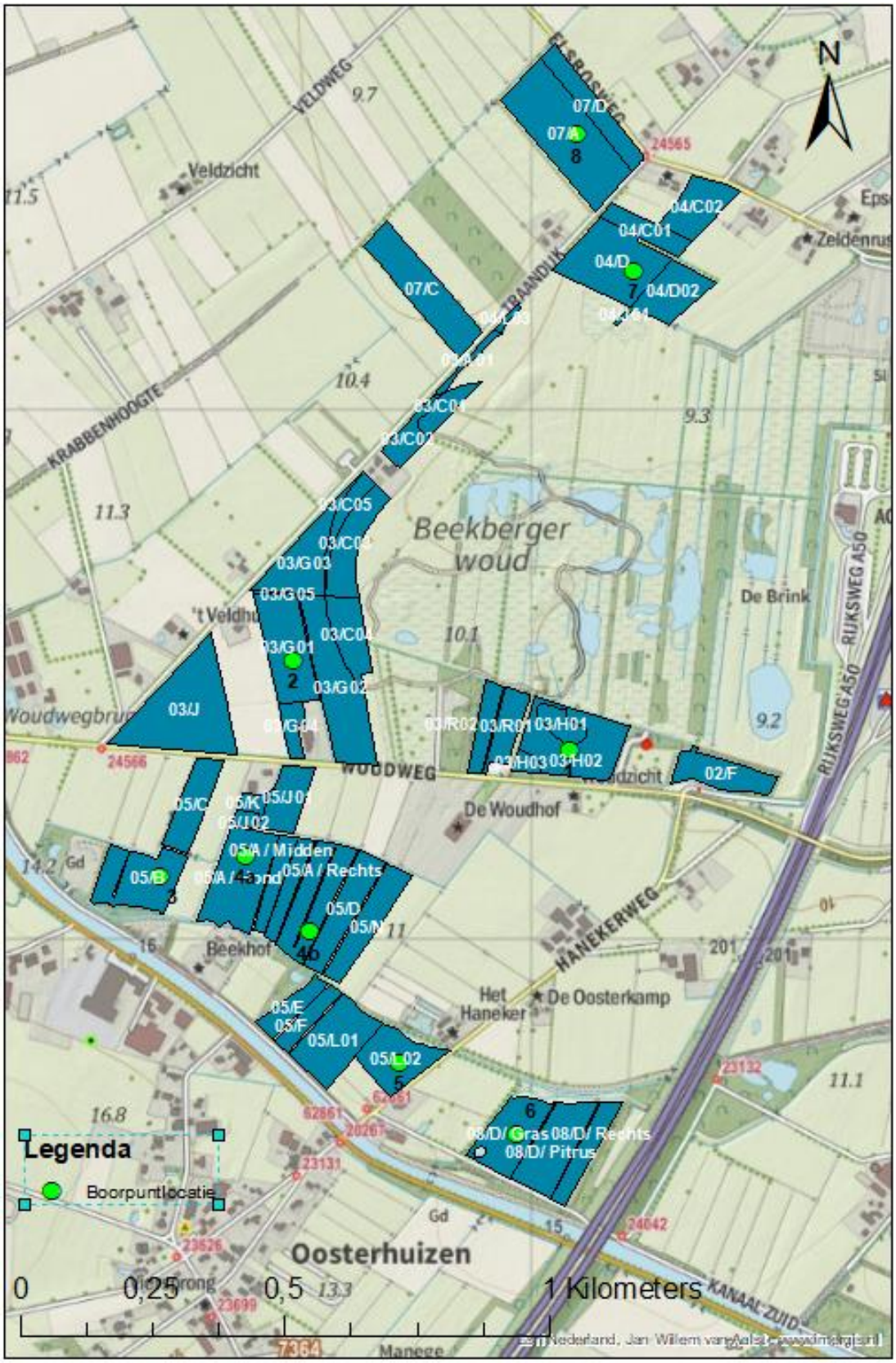
Bijlage 8: Historische en huidige verkavelingspatroon





(Kadaster, 2018)

Bijlage 9: Boorpuntlocaties en perceelnummers

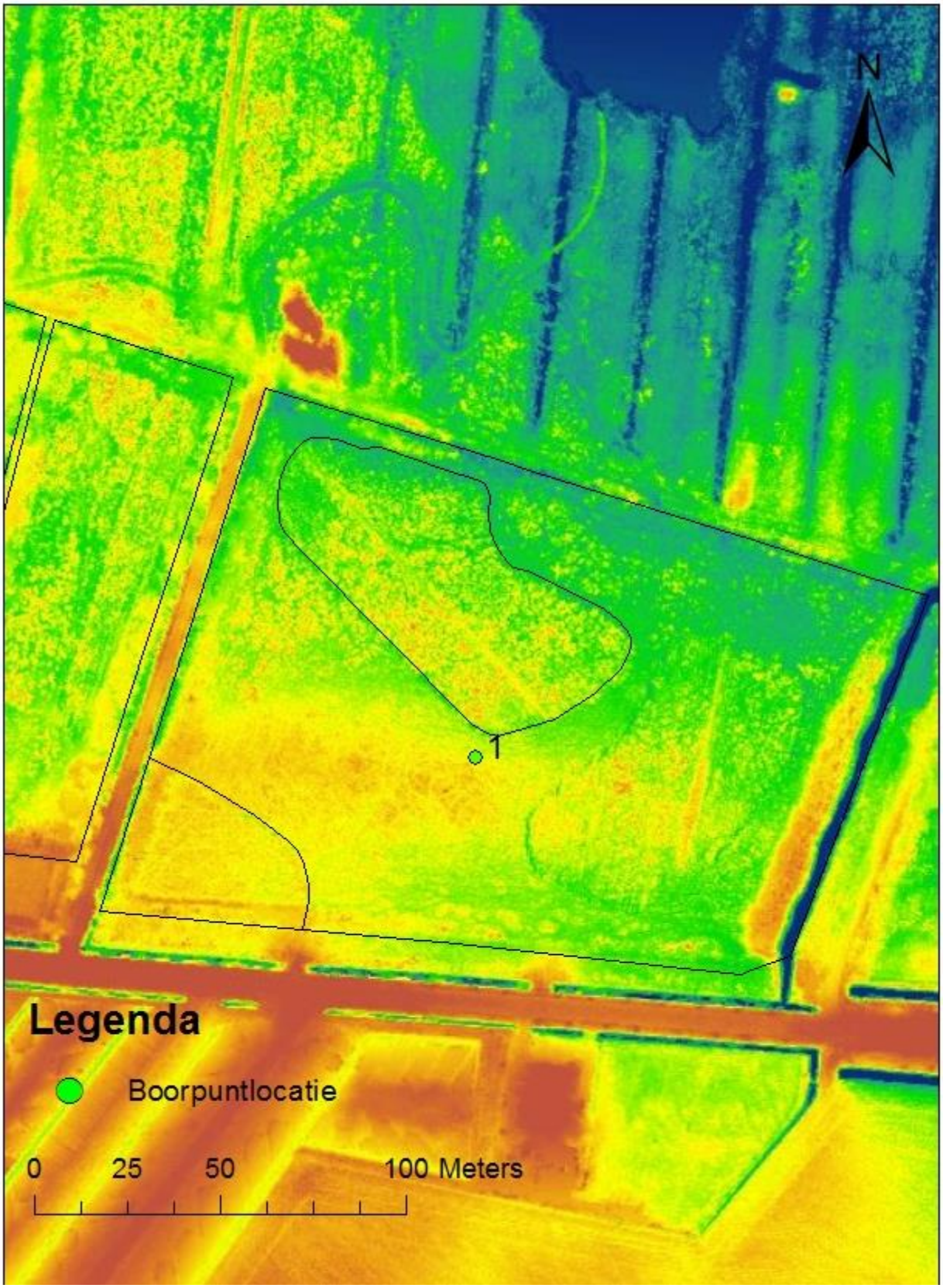


(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 10: Boorpunt 1 – gegevens

Boorstaat				Datum 03-02-2018	Boring 1				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-40	Ap		Zwart matig fijn zand	4	10	180	4.9	20
	40-50	Ce		Lichtbruin MFZ			180	4.9	50
	50-60	Cg		Roestbruin MFZ			180		
	60-95	Cer		Grijsbruin MFZ			180		
	95-120	Cr		Grijsbruin MFZ			180	4.9	110
Geschatte GHG	60								
Geschatte GLG	95								
Actuele grondwaterstand	65								
Egv µS/cm	72								

Bijlage 11: Boorpunt 1 – reliëf

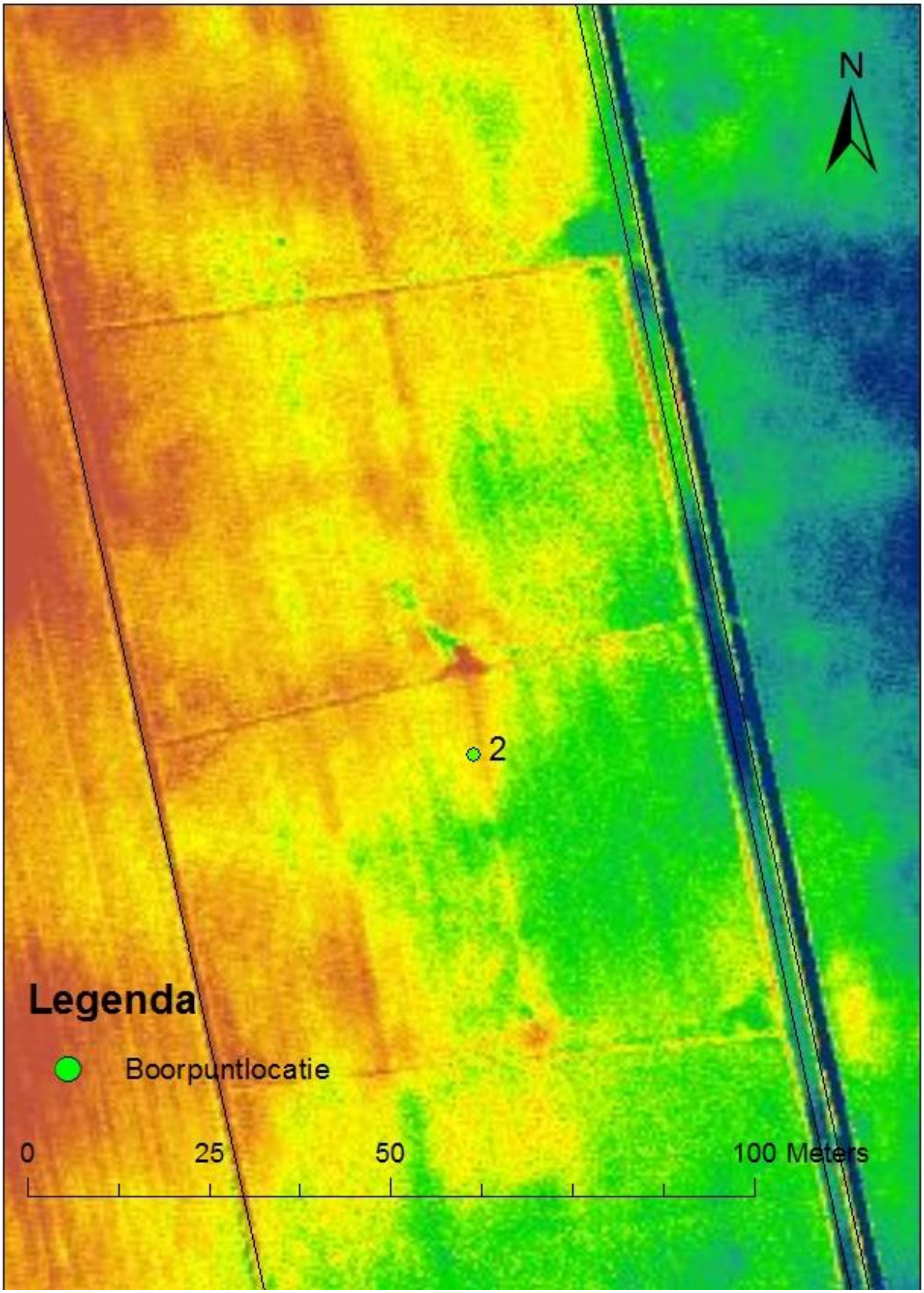


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 12: Boorpunt 2 – gegevens

Boorstaat				Datum 03-02-2018	Boring 2				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. Symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	
									Diepte pH
	0-30	Ap		Zwart MFZ met wat bruine Ce (5%).	5	10	180	5	15
	30-40	Ce		Bruin, grof zand met grind.			300	5	50
	40-80	Cer		Bruinig grijs zand.			200		
	80-120	Cr		Grijs MFZ			200	5.3	90
Geschatte GHG	40								
Geschatte GLG	80								
Actuele grondwaterstand	55								
Egv µS/cm	104								

Bijlage 13: Boorpunt 2 – reliëf

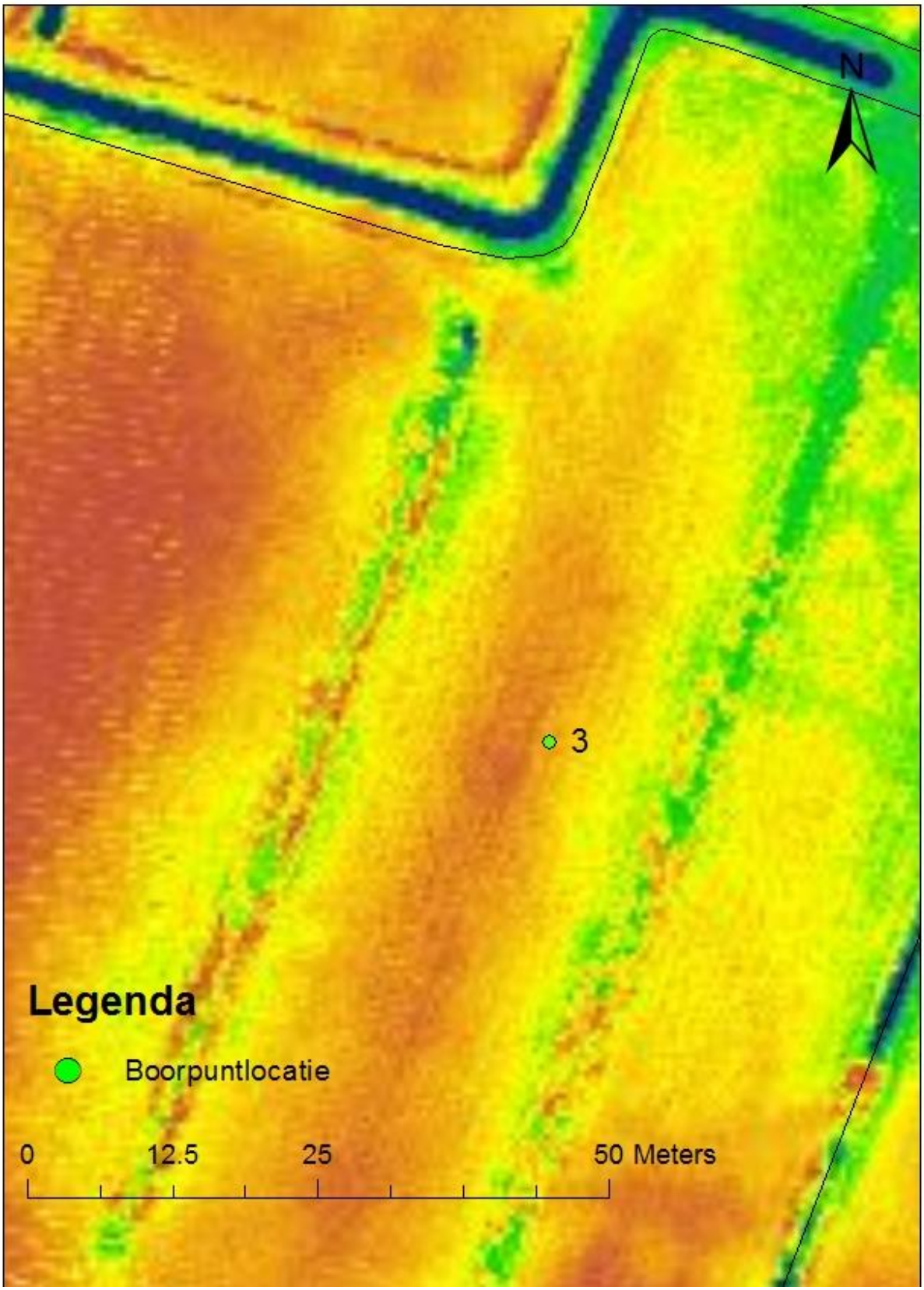


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 14: Boorpunt 3 – gegevens

Boorstaat				Datum 09-02-2018	Boring 3				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Beekeerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-25	Ap		Zwartbruin MFZ	4	10	180	4.8	15
	25-30	Apg	x	Zwartbruin MFZ					
	30-70	Ce		Grijs / lichtgelig MFZ met grindlaag op 35 cm				4.7	40
	70-120	Cr		Grijs MFZ				5.7	100
Geschatte GHG	20								
Geschatte GLG	70								
Actuele grondwaterstand	25								
Egv µS/cm	388								

Bijlage 15: Boorpunt 3 – reliëf

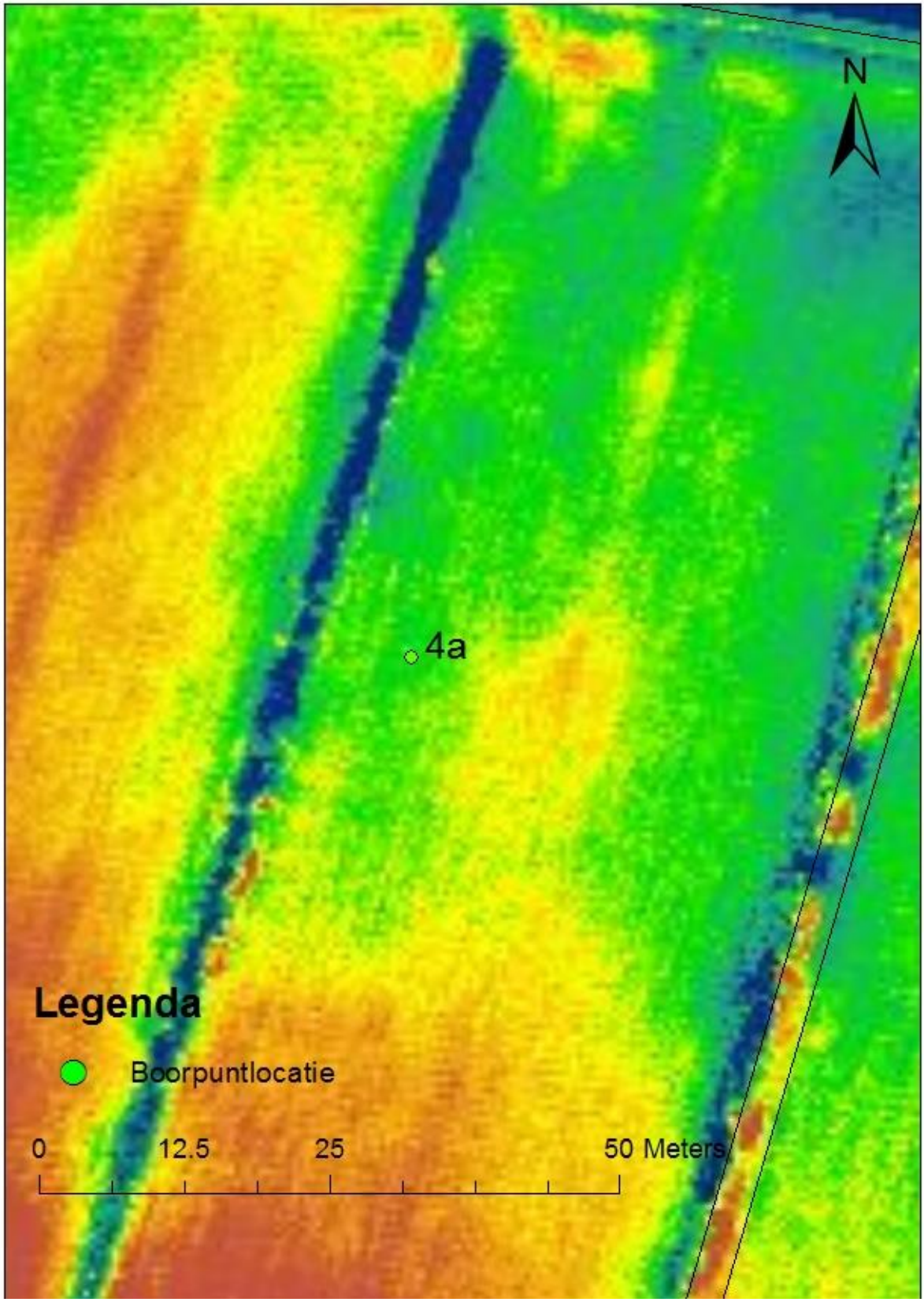


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 16: Boorpunt 4a – gegevens

Boorstaat				Datum 09-02-2018	Boring 4a				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-30	Ap		Donkerbruin MFZ met grind	5	5	180	4.8	10
	30-42	Ce		Gelig MFZ met grind			200	4.7	35
	42-50	Chr		Zwarte begraven veenlaag			180		
	50-80	Cer		Bruingrijs MFZ met grind			200	5.3	55
	80-120	Cr		Sterk lemig grijs MFZ met grind			200	5.5	70
Geschatte GHG	10								
Geschatte GLG	80								
Actuele grondwaterstand	15								
Egv µS/cm	439								

Bijlage 17: Boorpunt 4a – reliëf

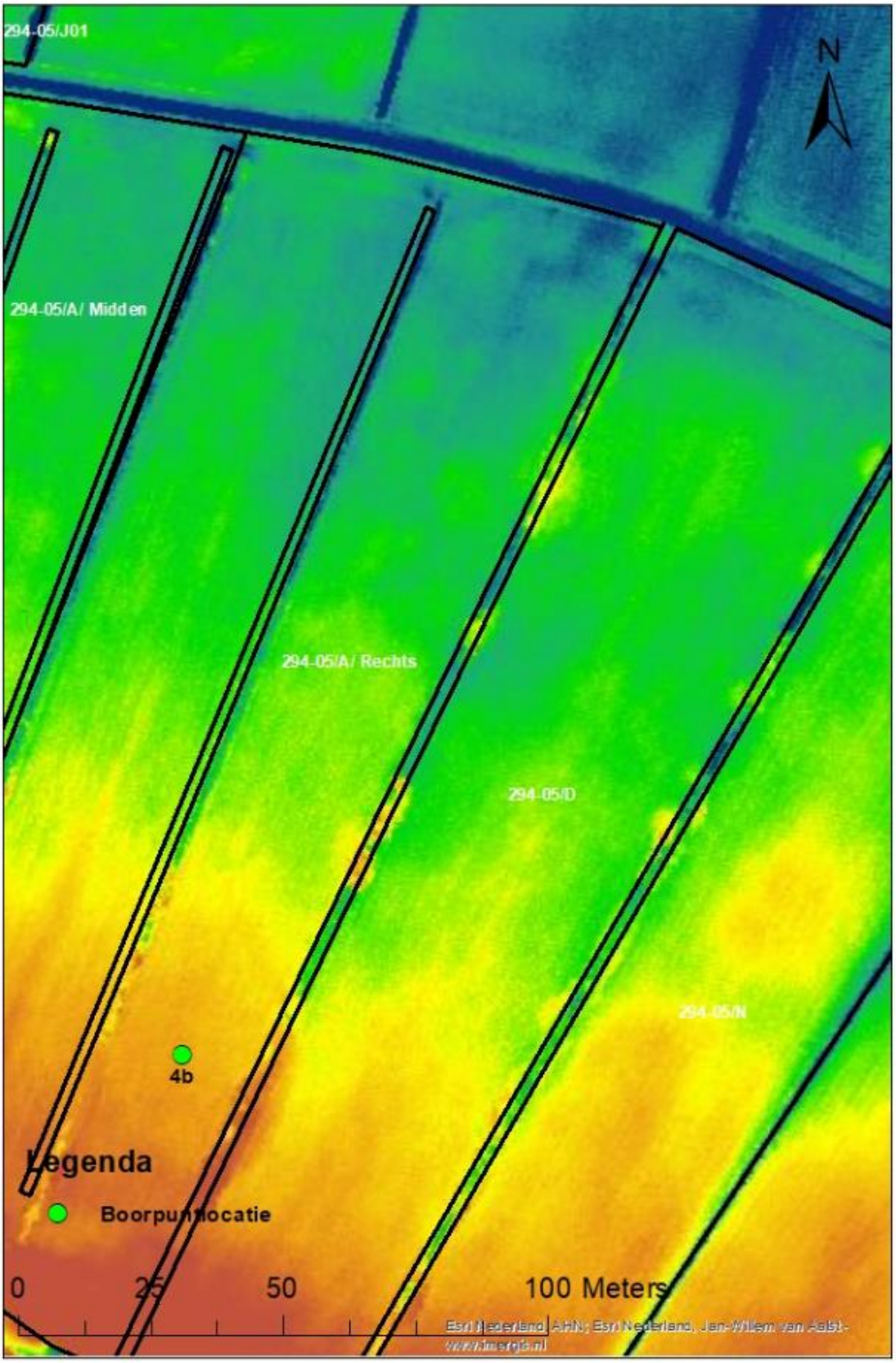


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 18: Boorpunt 4b – gegevens

Boorstaat				Datum 09-02-2018	Boring 4b				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Beekeerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-30	Apg		Bruin MFZ met gleyverschijnselen	4	15	180	4.2	10
	30-50	Cg	x	Gleyverschijnselen en fijn grind			200	4.4	40
	50-60	Cer		Grijs MFZ met houtresten en grind			180	4.8	80
	60-120	Cr		Grijs MFZ met grind			180		
Geschatte GHG	25								
Geschatte GLG	60								
Actuele grondwaterstand	30								
Egv µS/cm	116								

Bijlage 19: Boorpunt 4b – reliëf

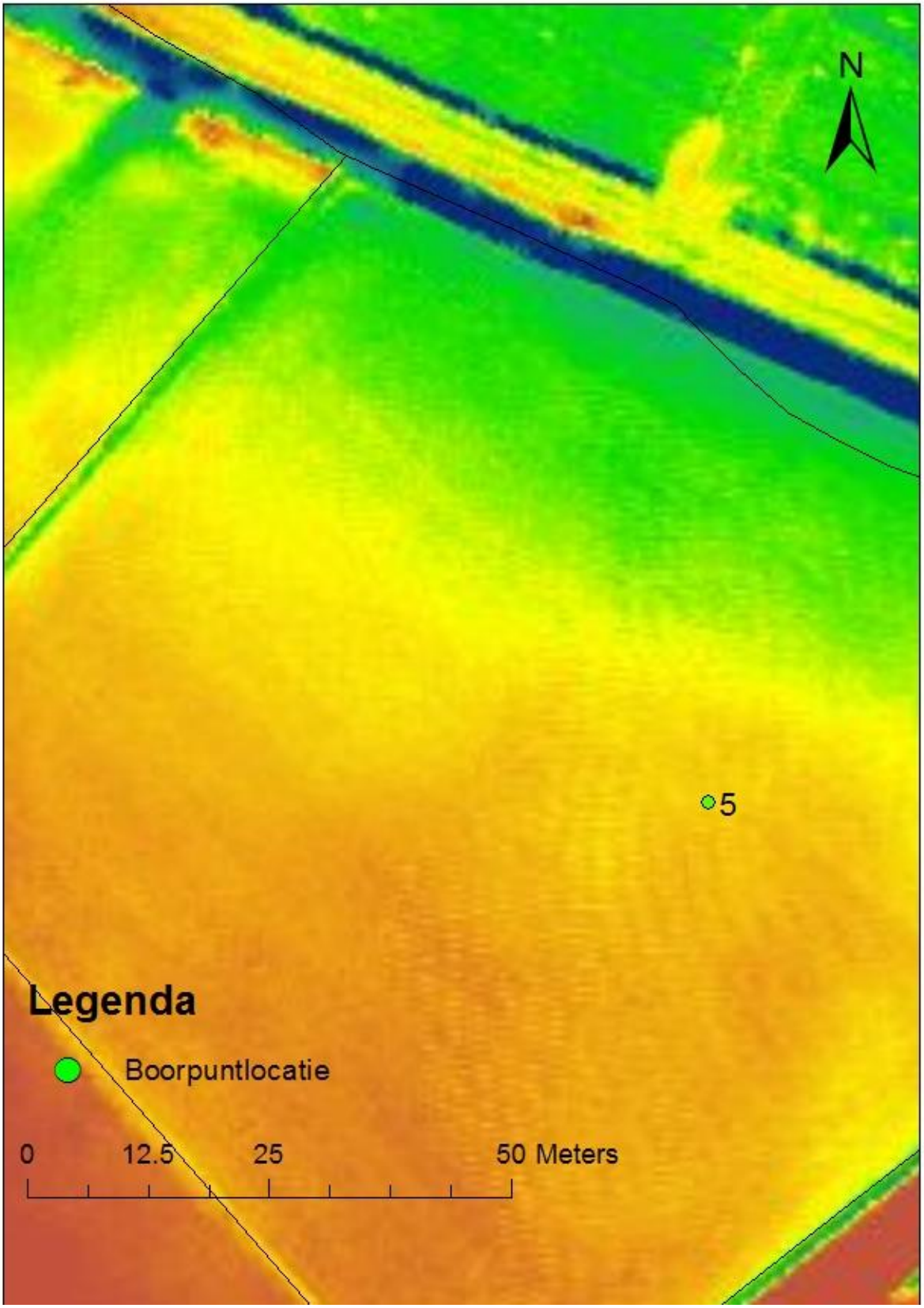


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 20: Boorpunt 5 – gegevens

Boorstaat				Datum 09-02-2018	Boring 5				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-15	Aap		Bruingrijzige MFZ, opgebracht	3	10	180	4.3	20
	15-35	Ap		Bruingrijzige MFZ			180	4.3	20
	35-70	Ce		Bruingrijs grindhoudend, maar grind ontbreekt tussen de 50 en 60 cm.			250	4.8	55
	70-120	Cr		Grijs MFZ.			180	4.9	70
Geschatte GHG	30								
Geschatte GLG	70								
Actuele grondwaterstand	35								
Egv µS/cm	136								

Bijlage 21: Boorpunt 5 – reliëf



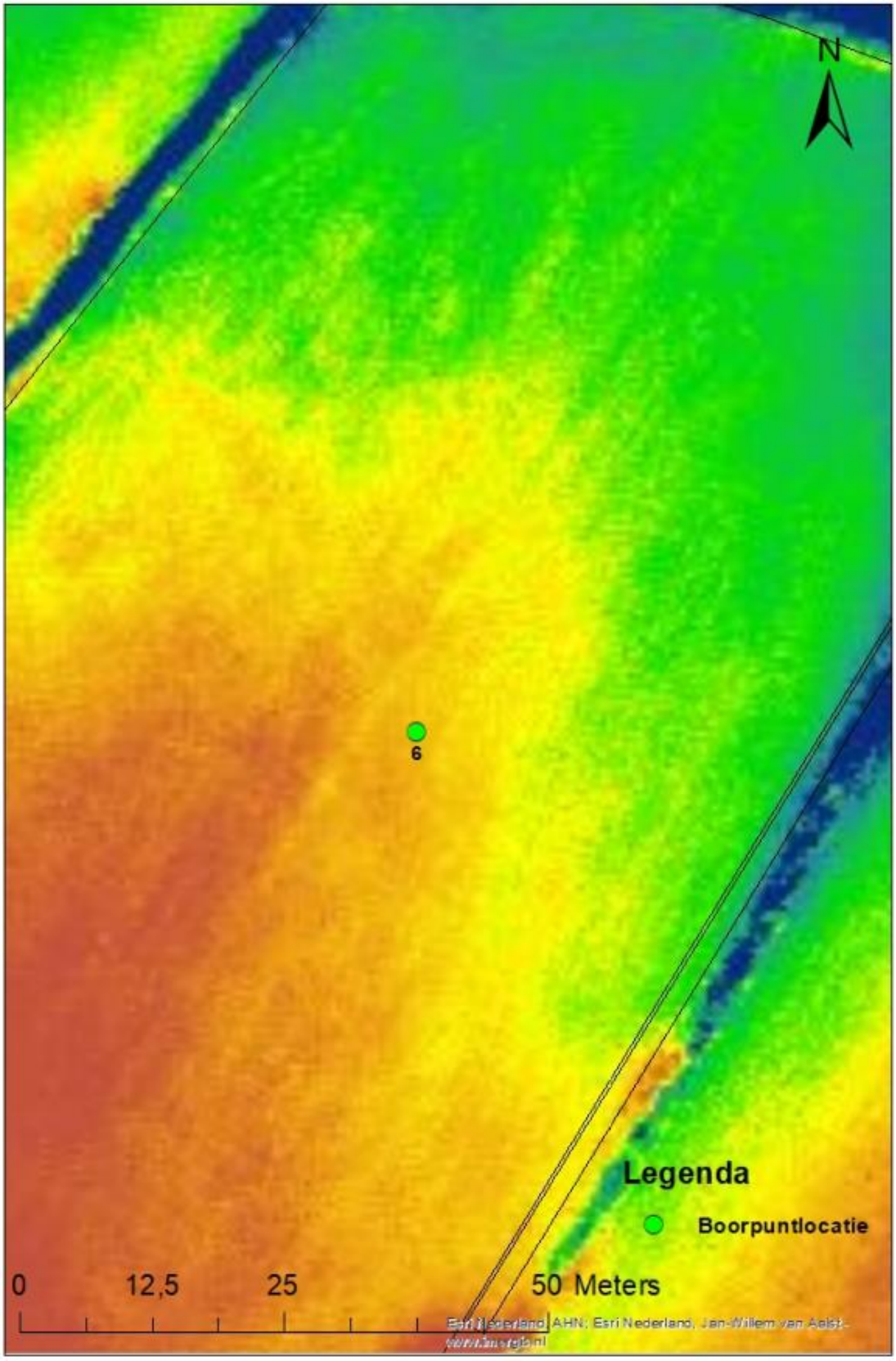
(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 22: Boorpunt 6 – gegevens

Boorstaat				Datum 09-02-2018	Boring 6				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-40	Ap		Zwart MFZ	4	10	180	4.6	25
	40-65	Ce		Geelgrijs MFZ			180	4.9	55
	65-120	Cr		Grijs MFZ met veel grind			250	5.5	90
Geschatte GHG	50								
Geschatte GLG	80								
Actuele grondwaterstand	58								
Egv µS/cm	204								

(Geen foto beschikbaar)

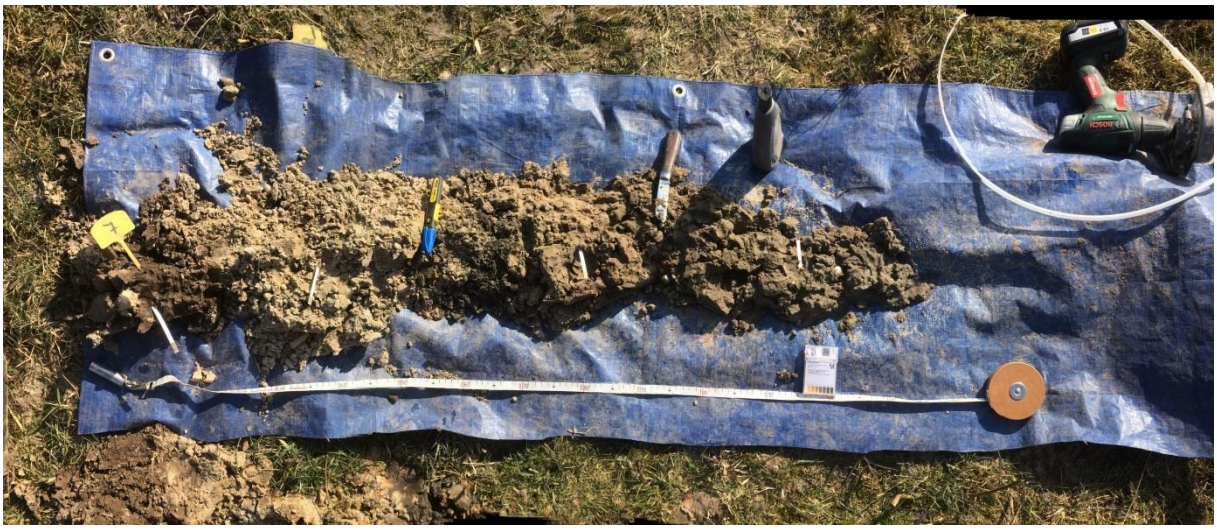
Bijlage 23: Boorpunt 6 – reliëf



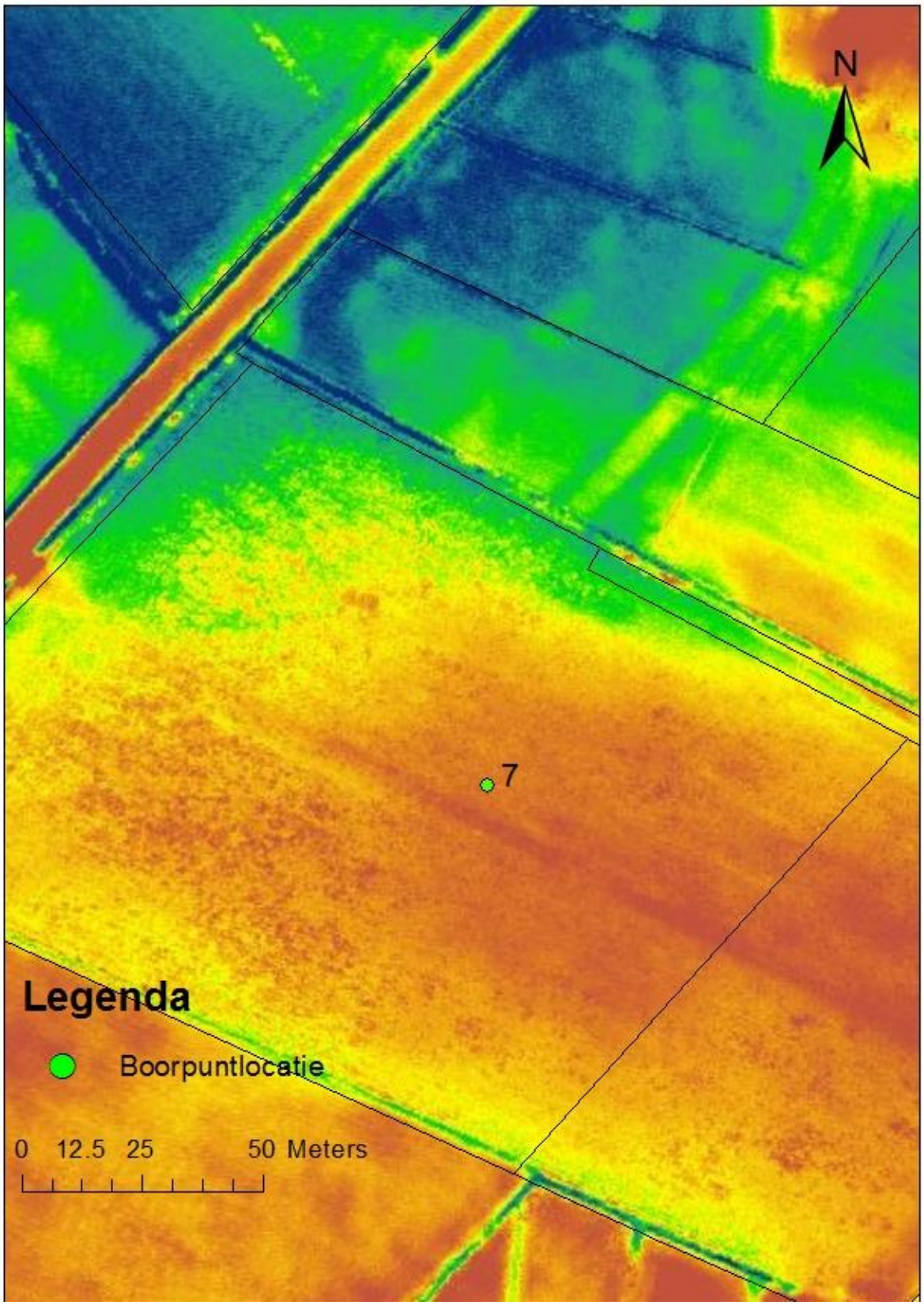
(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 24: Boorpunt 7 – gegevens

Boorstaat				Datum 03-02-2018	Boring 7				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-20	Ap		Zwartbruin, sterk lemig MFZ	6	20	180	5.2	10
	20-50	Ce		Grijsbruin (roest) MFZ			180	5.1	35
	50-70	Chgr		Zwart vergraven veenlaag met grind en houtresten	6	25	180		
	70-95	Cer		Grijs			180	4.9	80
	95-120	Cr		Grijs met grind			250	5.5	115
Geschatte GHG	50								
Geschatte GLG	95								
Actuele grondwaterstand	65								
Egv µS/cm	152								



Bijlage 25: Boorpunt 7 – reliëf

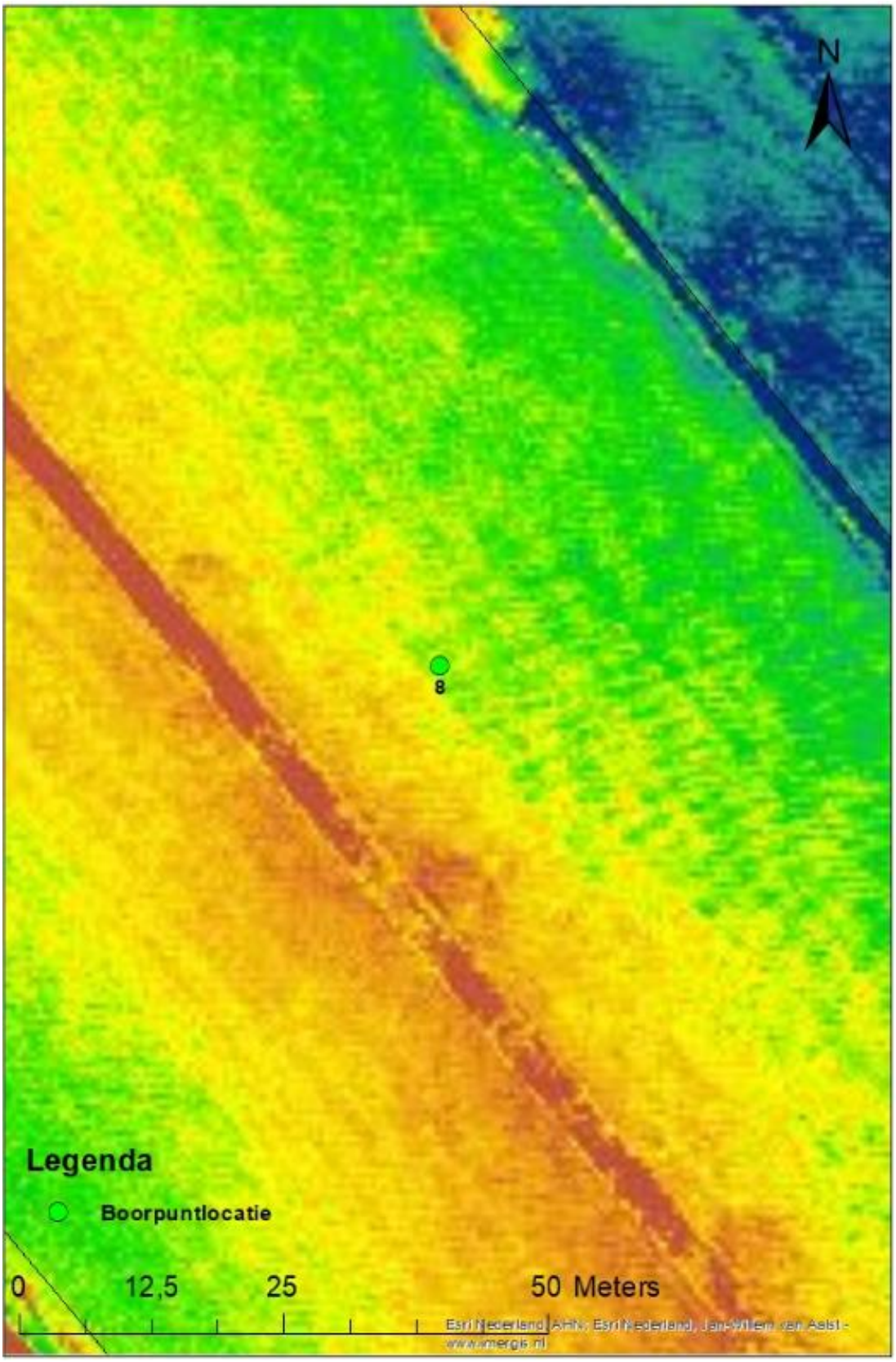


(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 26: Boorpunt 8 – gegevens

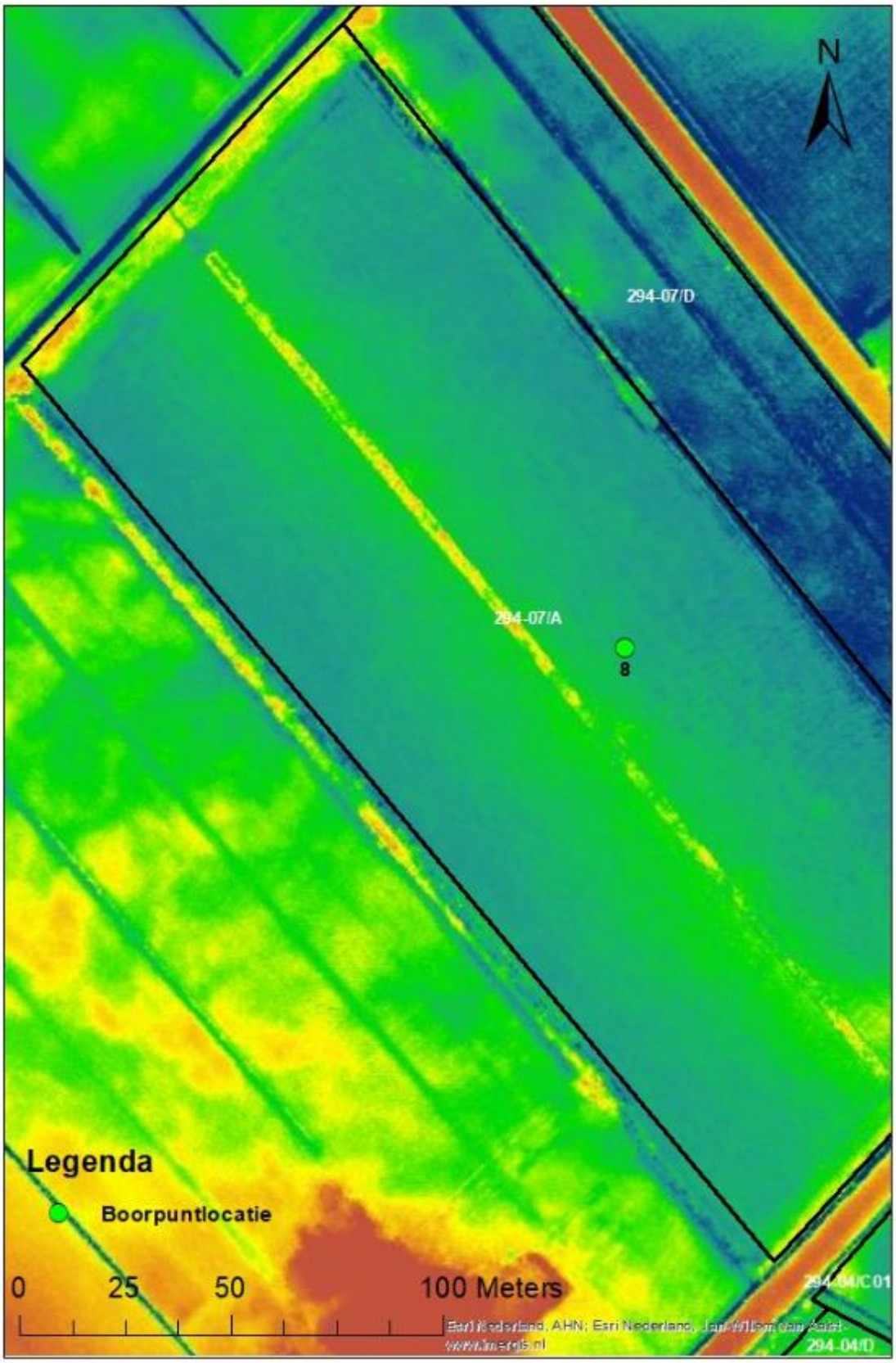
Boorstaat				Datum 03-02-2018	Boring 8				
Namen karteeerders	Paul Gortworst, Rogier Hoften								
Gebied	Beekbergerwoud								
Bodemtype	Gooreerdgrond								
	Diepte in cm	Hor. symbool	Roest	Textuur	Org. stof	%<50	M50	pH	Diepte pH
	0-50	Ap			5	10	180	5.2	10
	50-70	Chr					180	5.2	60
	70-120	Cr					250	6.8	110
Geschatte GHG	45								
Geschatte GLG	85								
Actuele grondwaterstand	50								
Egv µS/cm	647								

Bijlage 27: Boorpunt 8 – reliëf



(Esri Content Nederland, 2017)

Bijlage 28: Geëgaliseerd perceel naast een perceel met natuurlijk reliëf



(Esri Content Nederland, 2017)

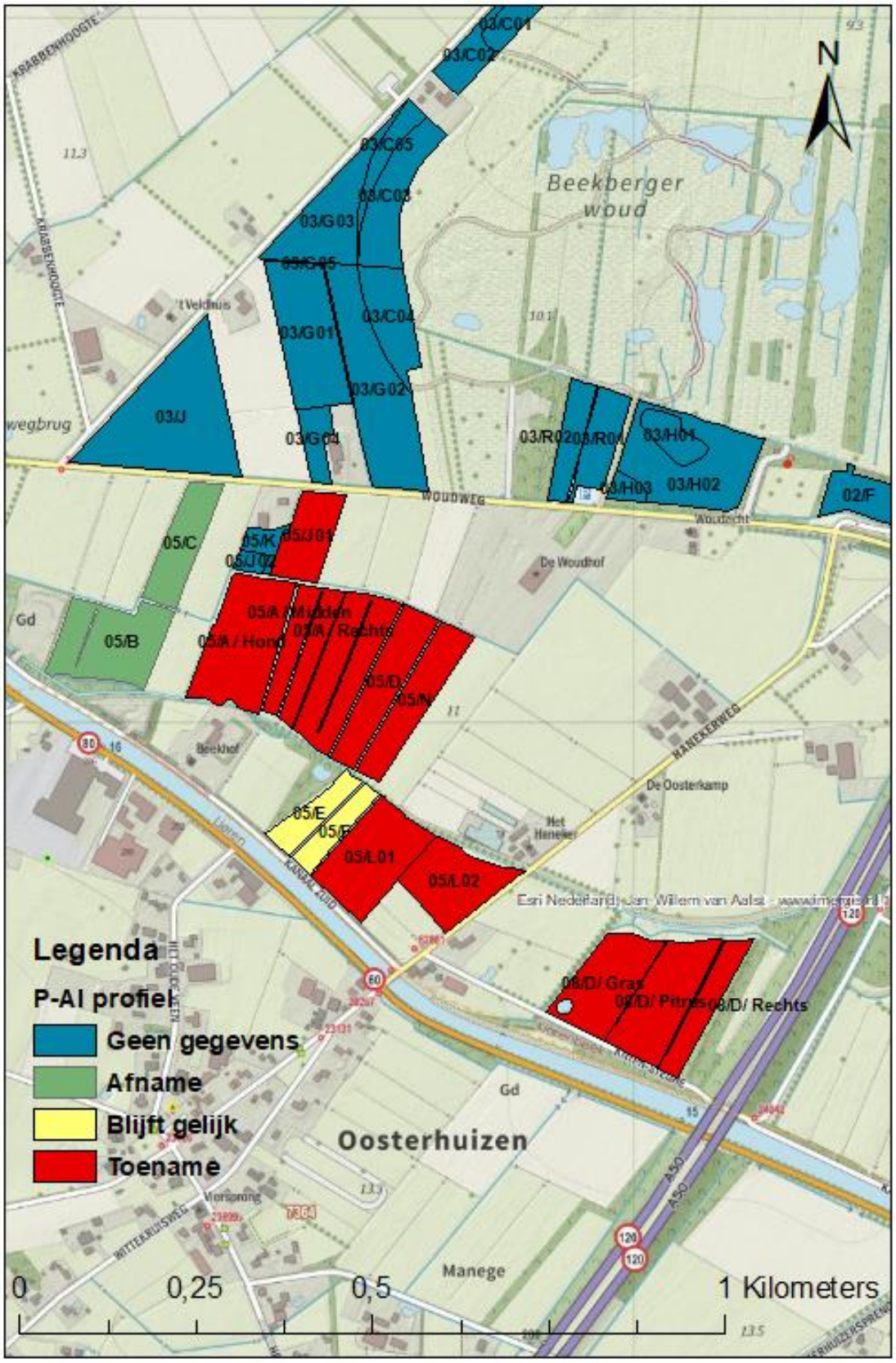
Bijlage 29: Meetwaarden per perceel

Perceel	Specificatie	pH (H_2O)	Grondwatertrap	P-AL (mmol/kg)	FVG (%)	P-ox (mmol/kg)	P-ox (mg/kg)
637-294-02/F		5,4	IV	26	28,0	11	340,7
637-294-03/C01		5,9	II	6	17,8	5,7	176,6
637-294-03/C02		5,9	II	6	17,8	5,7	176,6
637-294-03/C03		5,7	II	9	N/B	N/B	N/B
637-294-03/C04		5,7	II	9	N/B	N/B	N/B
637-294-03/C05		5,7	II	9	N/B	N/B	N/B
637-294-03/G01		5,3	III	22	46,7	9,8	303,5
637-294-03/G02		5,3	III	22	46,7	9,8	303,5
637-294-03/G03		5,5	III	10	41,1	7,5	232,3
637-294-03/G04		5,3	III	22	46,7	9,8	303,5
637-294-03/G05		5,3	III	22	46,7	9,8	303,5
637-294-03/H01		5,5	IV	18	45,0	7,2	223,0
637-294-03/H02		5,5	IV	18	45,0	7,2	223,0
637-294-03/H03		5,5	III	18	45,0	7,2	223,0
637-294-03A01		6,8	II	13	17,6	1,6	49,6
637-294-05/A	Hond 0-10	5,3	II	18	30,6	10,3	319,0
637-294-05/A	Hond 10-25	5,8	II	27	28,5	6,8	210,6
637-294-05/A	Midden 0-10	5,2	II	26	35,4	11,2	346,9
637-294-05/A	Midden 10-25	5,7	II	31	26,7	11,5	356,2
637-294-05/A	Rechts 0-10	5,9	II	19	22,8	11,4	353,1
637-294-05/A	Rechts 10-25	6,5	II	23	23,2	9,2	285,0
637-294-05/B	0-10	5,6	II	20	19,6	17,8	551,3
637-294-05/B	10-25	5,5	II	14	12,7	11,8	365,5
637-294-05/C	0-10	5,4	II	16	29,1	8,2	254,0
637-294-05/C	10-25	5,9	II	13	22,4	8,4	260,2
637-294-05/D	Afgeleid van 5/N 0-10	5,7	II	21	34,7	9,2	285,0
637-294-05/D	Afgeleid van 5/N 10-25	5,6	II	28	30,7	9,5	294,3
637-294-05/E	0-10	5,2	III	32	33,9	16,1	498,7
637-294-05/E	10-25	5,1	III	32	N/B	N/B	N/B
637-294-05/F	Afgeleid van 5/E 0-10	5,2	III	32	33,9	16,1	498,7
637-294-05/F	Afgeleid van 5/E 10-25	5,1	III	32	N/B	N/B	N/B
637-294-05/J01	0-10	5,5	II	19	34,9	10,5	325,2
637-294-05/J01	10-25	5,8	II	31	N/B	N/B	N/B
637-294-05/J02		6	II	11	22,1	11,8	365,5
637-294-05/L01	0-10	5,2	II	25	41,4	11,6	359,3
637-294-05/L01	10-25	5,6	II	30	34,7	14,1	436,7
637-294-05/L02	0-10	5,7	II	15	44,3	9,5	294,3
637-294-05/L02	10-25	5,6	II	24	36,3	9,6	297,3
637-294-05/N	0-10	5,7	II	21	34,7	9,2	285,0
637-294-05/N	10-25	5,6	II	28	30,7	9,5	294,3
637-294-07/A		5,5	IV	23	30,6	8,3	257,1
637-294-07/D	Afgeleid van 7/A	5,5	IV	23	30,6	8,3	257,1
637-294-08/D	Gras 0-10	5,4	IV	42	53,3	19,2	594,7
637-294-08/D	Gras 10-25	5,3	IV	45	45,5	18,3	566,8
637-294-08/D	Pitrus 0-10	5,3	IV	28	36,5	12,3	381,0
637-294-08/D	Pitrus 10-25	5,7	IV	35	40,4	12,2	377,9
637-294-08D	Rechts / Afgeleid van 8D Gras 0-10	5,4	IV	42	53,3	19,2	594,7
637-294-08D	Rechts / Afgeleid van 8D Gras 10-25	5,3	IV	45	45,5	18,3	566,8

Bijlage 30: Kansen voor natuurontwikkeling op basis van P-Al waarden (laag 0-10 cm)

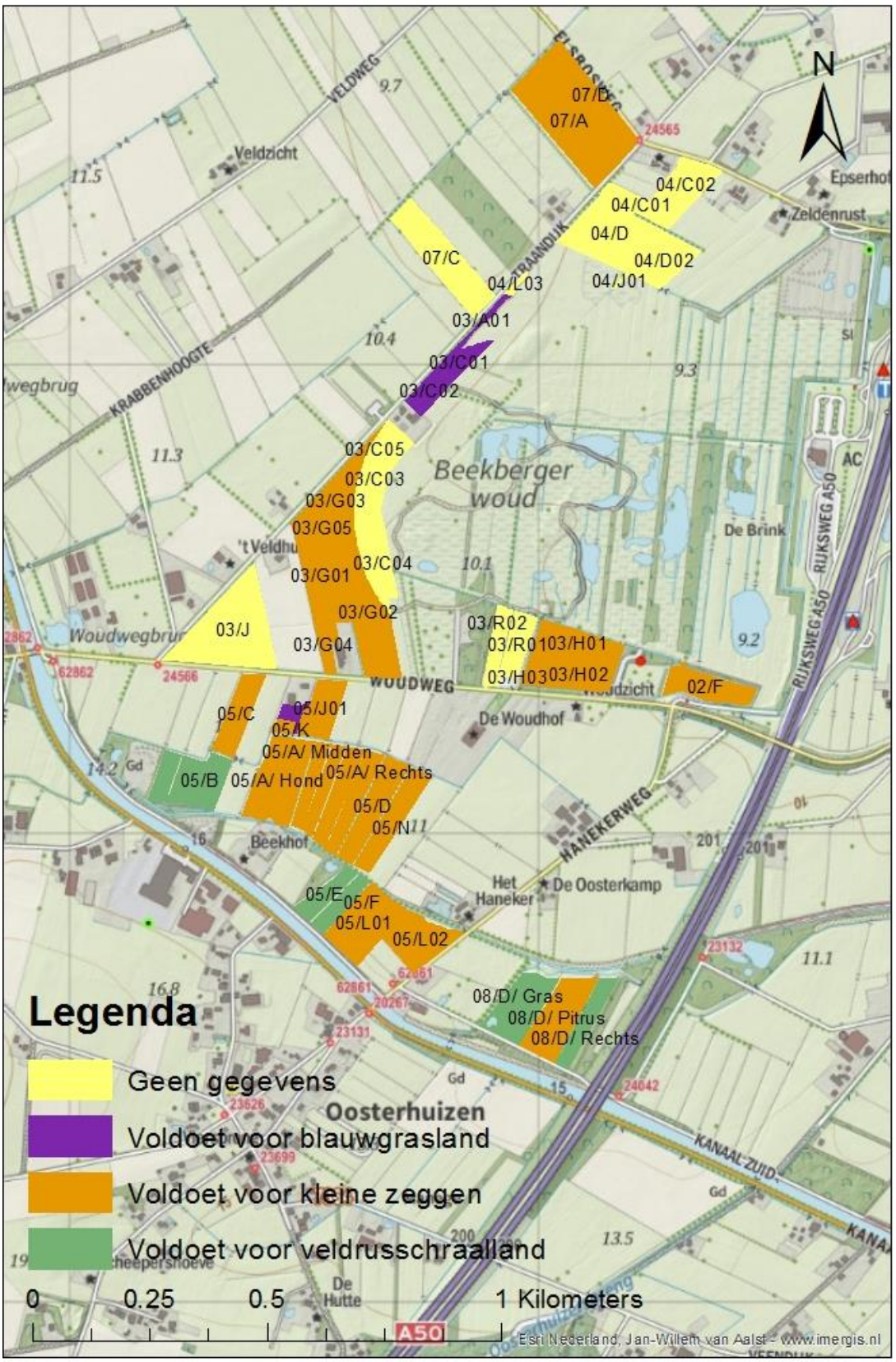
(Esri Content Nederland, 2018) (Van Rotterdam, 2018)

Bijlage 31: Verloop van P-Al in de bodem (0-10 tot 10-25 cm)



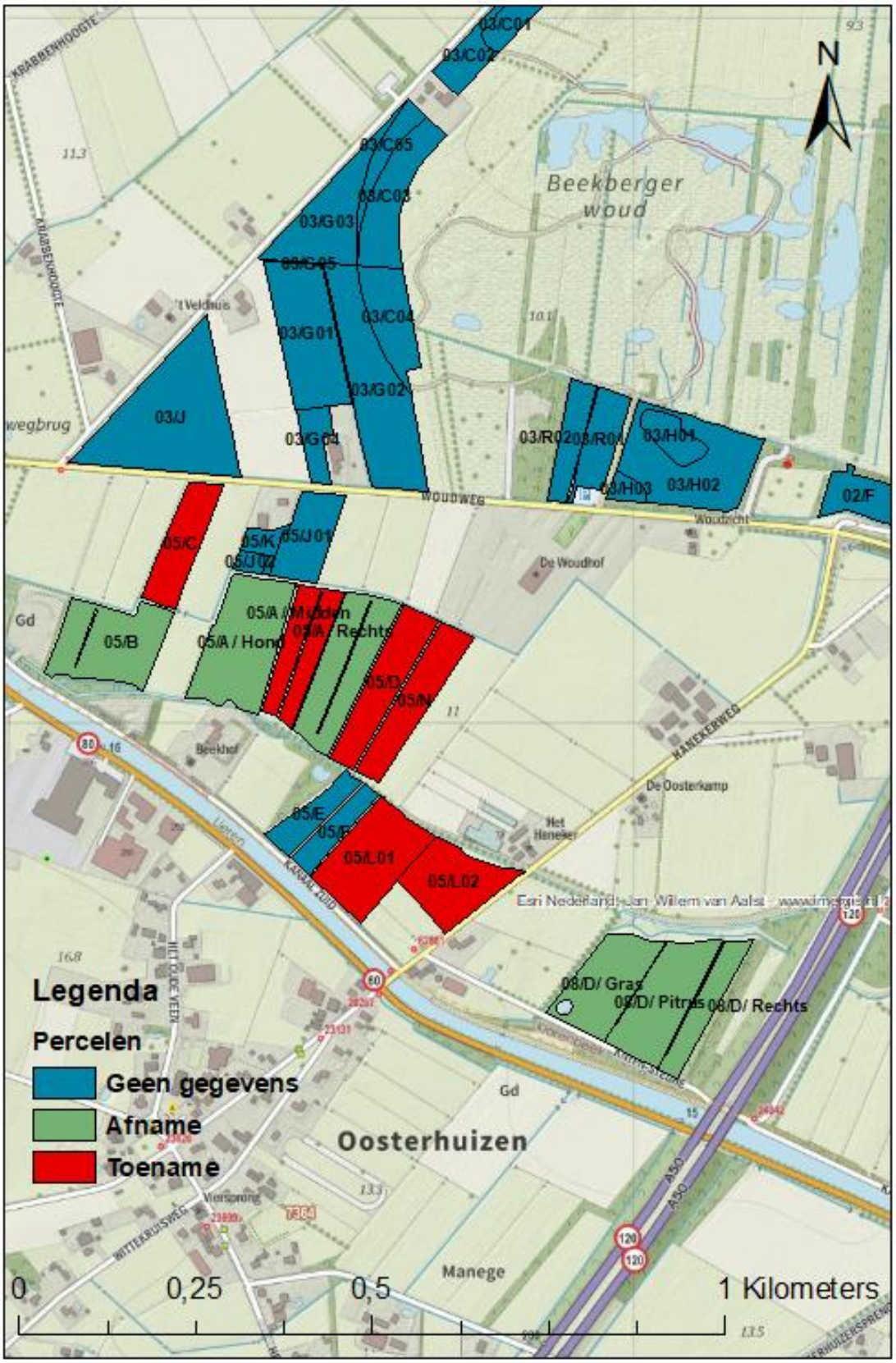
(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 32: Geschiktheid voor 3 vegetatietypen op basis van P-ox (laag 0-10 cm)



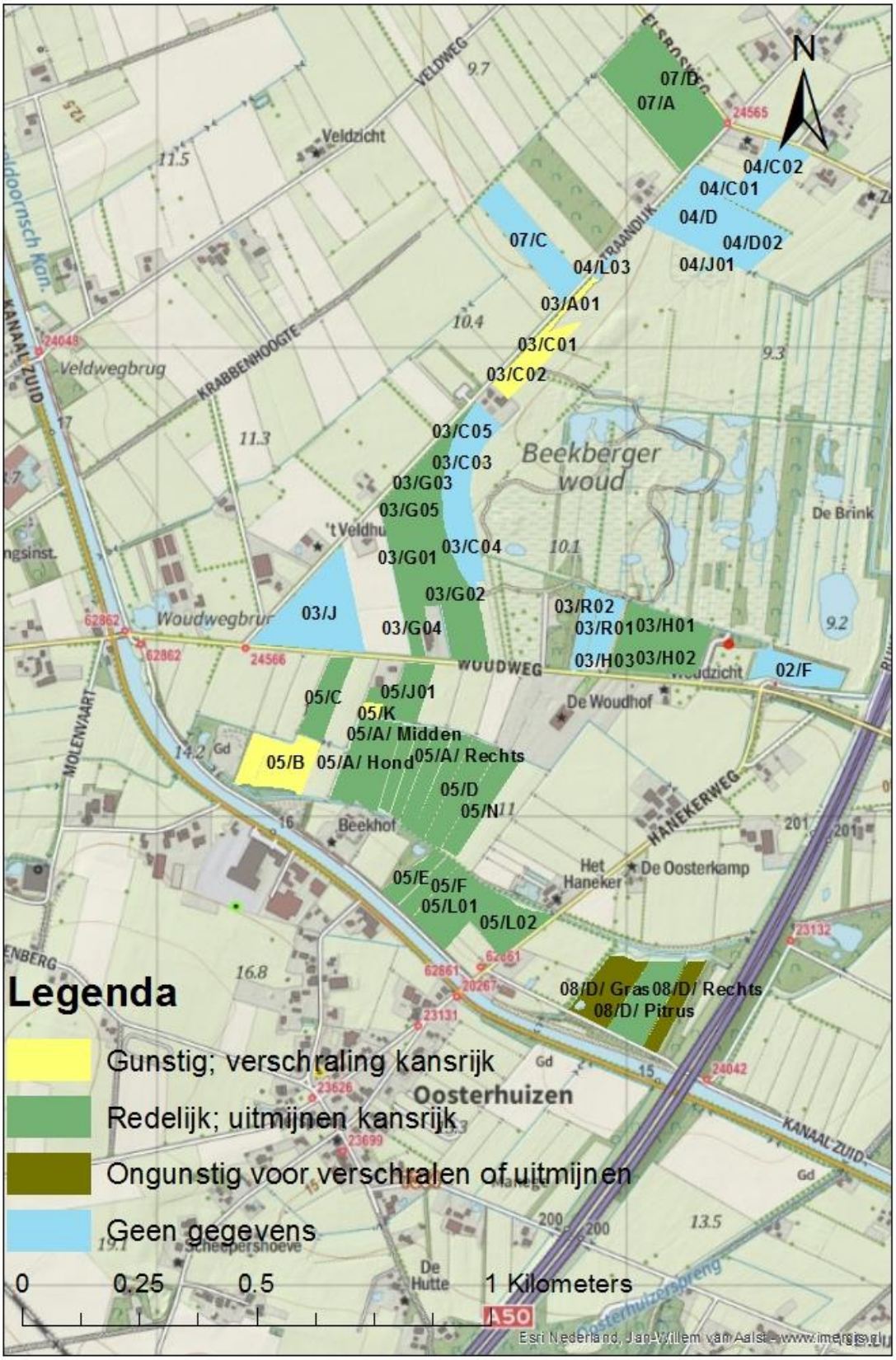
(Esri Content Nederland, 2018) (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007)

Bijlage 33: Verloop van P-ox in de bodem (0-10 tot 10-25 cm)



(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 34: Kansen voor verschralen / uitmijnen op basis van FVG

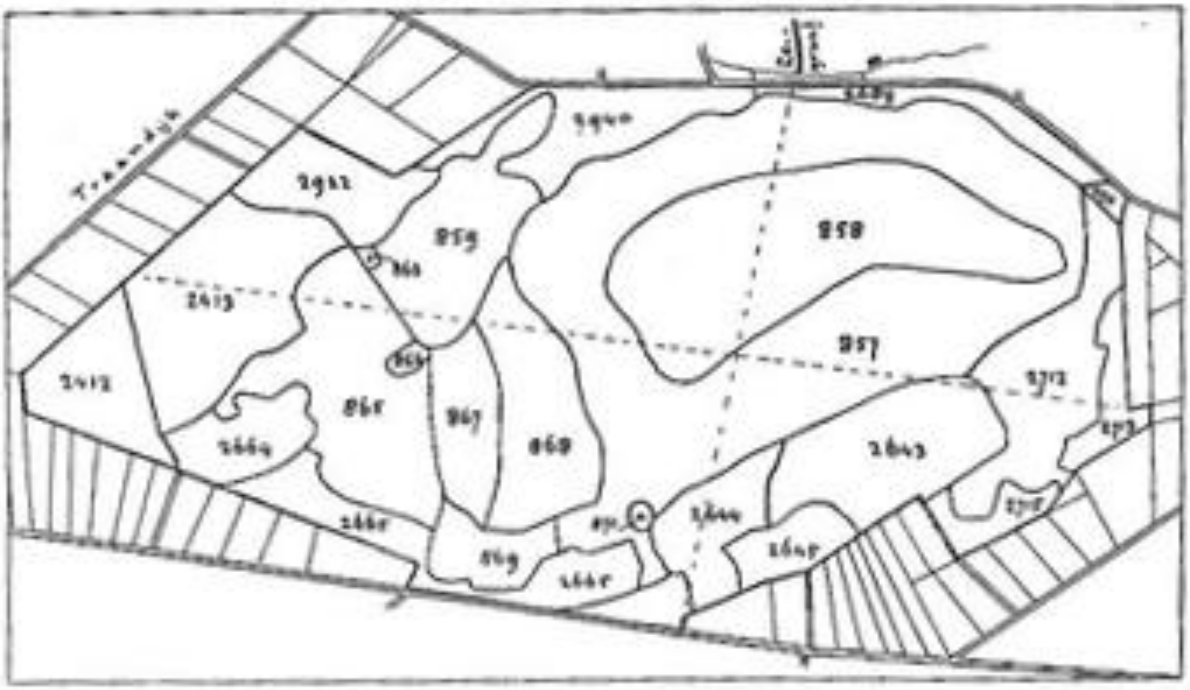


(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 35: Verkoop van bospercelen in 1869

Opgaande bomen				Hakhout				Heide				Weiland			
No.	B.	R.	E.	No.	B.	R.	E.	No.	B.	R.	E.	No.	B.	R.	E.
857	42	06	50	859	9	45	90	2412	6	13	10	2665	6	26	70
858	24	12	30	865	12	99	70	2413	11	93	10				
863	0	02	20	868	8	62	40	2643	9	70	20				
866	0	22	80	869	3	35	40	2645	2	50	30				
867	4	64	50	871	0	05	00	2658	1	38	70				
				2644	3	77	40	2689	3	51	40				
				2664	3	61	60	2711	0	55	10				
				2712	9	81	40	2713	2	29	00				
				2922	5	35	10	2715	1	96	00				
								2940	6	03	40				
Tot.	71	08	30		57	03	90		46	00	30		6	26	70

te zamen groot 180 bunder 39 roede 20 el.



(Hanhart & Maljaars, 2011)

Bijlage 36: Flora in het 19e-eeuwse Beekbergerwoud

bostype	Latijnse naam	Wetenschappelijke naam	RH-nr	bron:	Rode lijst
Goudveil-Essenbos Carici remotae - Fraxinetum				Wttewaal, 1834-1835	
	Bittere veldkers	Cardamine amara	201	Wttewaal, 1834-1835, open moerassige plekken	
	paarbladig goudveil	chrysosplenium oppositifolium	323		
Elzenbroekbos - Caric remotae - Fraxinetum					
	Zwarte els		36	Wttewaal, 1834-1835, zeer grote lengte	
	Gelderse roos	Viburnum opulus	1367	Wttewaal, 1834-1835	
	Zwarte bes	Ribes nigrum	1070	Wttewaal, 1834-1835	
	Elzenzegge	Carex elongata	229	Wttewaal, 1834-1835	
	gele lis	Iris pseudocorus	665	Wttewaal, 1834-1835, overal	
	liesgras	Glyceria maxima	585	Wttewaal, 1834-1835, overal	
	watermunt	Mentha aquatica	813	Wttewaal, 1834-1835, overal	
	moerasvergeet-mij-nietje	Myosotis scorpioides	844	Wttewaal, 1834-1835, overal	
	ijle zegge	carex remota	258	Wttewaal, 1834-1835	
	boswederik	Lysimachia nemorum	781	Wttewaal, 1834-1835, grote menigde op moerassige plaatsen	RL-4
Vogelkers-Essenbos Pruno - Fraxinetum					
	gewone es	Fraxinus excelsior	531	Wttewaal, 1834-1835	
	vogelkers	Prunus padus	1019	Wttewaal, 1834-1835	
	hazelaar	Corylus avellana	366	Wttewaal, 1834-1835	
	rode kornoelje	Cornus Sanguinea	355	Wttewaal, 1834-1835	
	wilde kardinaalsmuts	Euonymus europaeus	489	Wttewaal, 1834-1835	
	wegedoorn	Rhamnus cathartica	1064	Wttewaal, 1834-1835	
	Poa nemoralis	schaduwgras	956	Wttewaal, 1834-1835	
	bosgierstgras	milium effusum	826	Wttewaal, 1834-1835	
	grote keverorchis	Listera ovata	750	Wttewaal, 1834-1835	
	klimop	Hedera helix	598	Wttewaal, 1834-1835	
	gele dovenetel	Lamiastrum galeobdolon	702	Wttewaal, 1834-1835, grote hoeveelheid	
	slanke sleutelbloem	primula elatior	1014	Wttewaal, 1834-1835, grote hoeveelheid	
	groot springzaad	impatiens noli tangere			
	knikkend nagelkruid	geum rivale	578		
	eenbes	paris quadrifolia	920	Wttewaal, 1834-1835, grote hoeveelheid	RL-4
Eiken-Haagbeukenbos Stellario-Fraxinetum					
	zwartblauwe rapunzel	Phyteuma spicatum subsp. nigrum	935	Wttewaal, 1834-1835, zeldzaam	RL-3
Wintereiken-Beukenbos Fago-Quercetum					
	zomereik			Wttewaal, 1834-1835	
	beuk			Wttewaal, 1834-1835	
	hondsroos	Rosa canina	1643		
	hulst	Ilex aquifolium	658		
	jeneverbes	Juniperus communis	691		RL-3
	veelbloemige veldbies	Luzula multiflora	1933	Wttewaal, 1834-1835, zeer groot	
	dalkruid	Maianthemum bifolium	786	Wttewaal, 1834-1835	
Overige soorten					
	waterviolier	Hottonia palustris	638	Wttewaal, door het gansche woud!	
	ronde zegge	carex diandra	221	Wttewaal, 1834-1835	
	bruin cypergras	cyperus fuscus	388	Wttewaal, 1834-1835	RL-4
	dwergbies	scirpus setaceus			
	borstelbies	Isolepis setacea	1159	Wttewaal, 1834-1835	
	naaldwaterbies	eleocharis acicularis	435		
natte heide / heischraal grasland					
	wolverlei			Westhoff, 1973	
	gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata	1616	Wttewaal, 1834-1835	RL-3
	eenarig wollegras	Eriophorum vaginatum	479	Westhoff, 1973	RL-3
	heidekartelblad	Pedicularis sylvatica	924	Westhoff, 1973	RL-3
	draadgentiaan	Cicendia filiformis	324	Westhoff, 1973	RL-1
	parnassia	Parnassia palustris	921	Westhoff, 1973	RL-3
	vetblad	Pinguicula vulgaris	942	Westhoff, 1973	RL-1
	herfstschroeforchis	Spiranthes spiralis	1240	Westhoff, 1973	RL-1
Moeras					
	waterdrieblad	Menyanthes trifoliata	821	Wttewaal, 1834-1835	
	bleke zegge	Carex pallescens	247	Wttewaal, 1834-1835	
	zompzegge	Carex curta	219	Wttewaal, 1834-1835	
	oeverzegge	Carex riparia	259	Wttewaal, 1834-1835	
	scherpe zegge	Carex acuta	211	Wttewaal, 1834-1835	
	noordse zegge	Carex aquatilis	214	Wttewaal, 1834-1835	
	blaaszegge	Carex vesicaria	267	Wttewaal, 1834-1835	

Bijlage 37: Flora in de omgeving van het 19e-eeuwse Beekbergerwoud

Plantennaam	Wetenschappelijke naam	Bron
Moerassen/ SNL N10.01 Nat schraalland		
Parnassia	Parnassia palustris	Westhoff (1973)
Vetblad	Pinguicula vulgaris	Oudemans (1858)
Struwelen/ SNL N14.02 Hoogveen -en laagveenbos		
Wilde gagel	Myrica gagle	Staring (1856)
Hoogvenen en natte heiden/ SNL N06.06 Zuur ven of hoogveenven		
Witte snavelbies	Rhynchospora alba	Staring (1856)
Eenarig Wollegras	Eriophorum vaginatum	Wttewaal (1834
Trekrus	Juncus squarrosus	Suringar (1869)
Matig voedselrijke graslanden/ SNL N12.02 Glanshaverhooiland		
Spits havikskruid	Hieracium lactucella	Suringar (1869)
Voedselarme, gesloten graslanden/ SNL N11.01 Droog schraalland		
Herfstschroeforchis	Spiranthes spiralis	Weeda (2013)
Verbond van heischrale graslanden	Nardo-Galion	Weeda (2013)
Klokjesgentiaan	Gentiana pneumonanthe	Molkenboer (1847)
Liggende vleugeltjesbloem	Polygala serpyllifolia	Suringar (1869)
Associatie van klokjesgentiaan en borstelgras	Gentiano pneumonanthes-Nardetum	Weeda (2013)
Wolverlei of Valkruid	Arnica montana	Westhoff (1973)
Heidekartelblad	Pedicularis sylvatica	Westhoff (1973)
Geelhartje	Linum catharticum	Suringar (1869)
Binnenlandse pioniermilieus en ruderale ruigten/ SNL N06.04 Vochtige heide		
Gestekeld goudkorrelmos	Fossombronia wondraczeki	Molkenboer (1847)
Dwergvlas	Radiola linoides	Schuurmans Stekhoven (1846)
Draadgentiaan	Cicendia filiformis	Oudemans (1858)
Liggend hertshooi	Hypericum humifusum	Schuurmans Stekhoven (1846)

Bijlage 38: Waarnemingen op de onderzoekspercelen 2008-2015

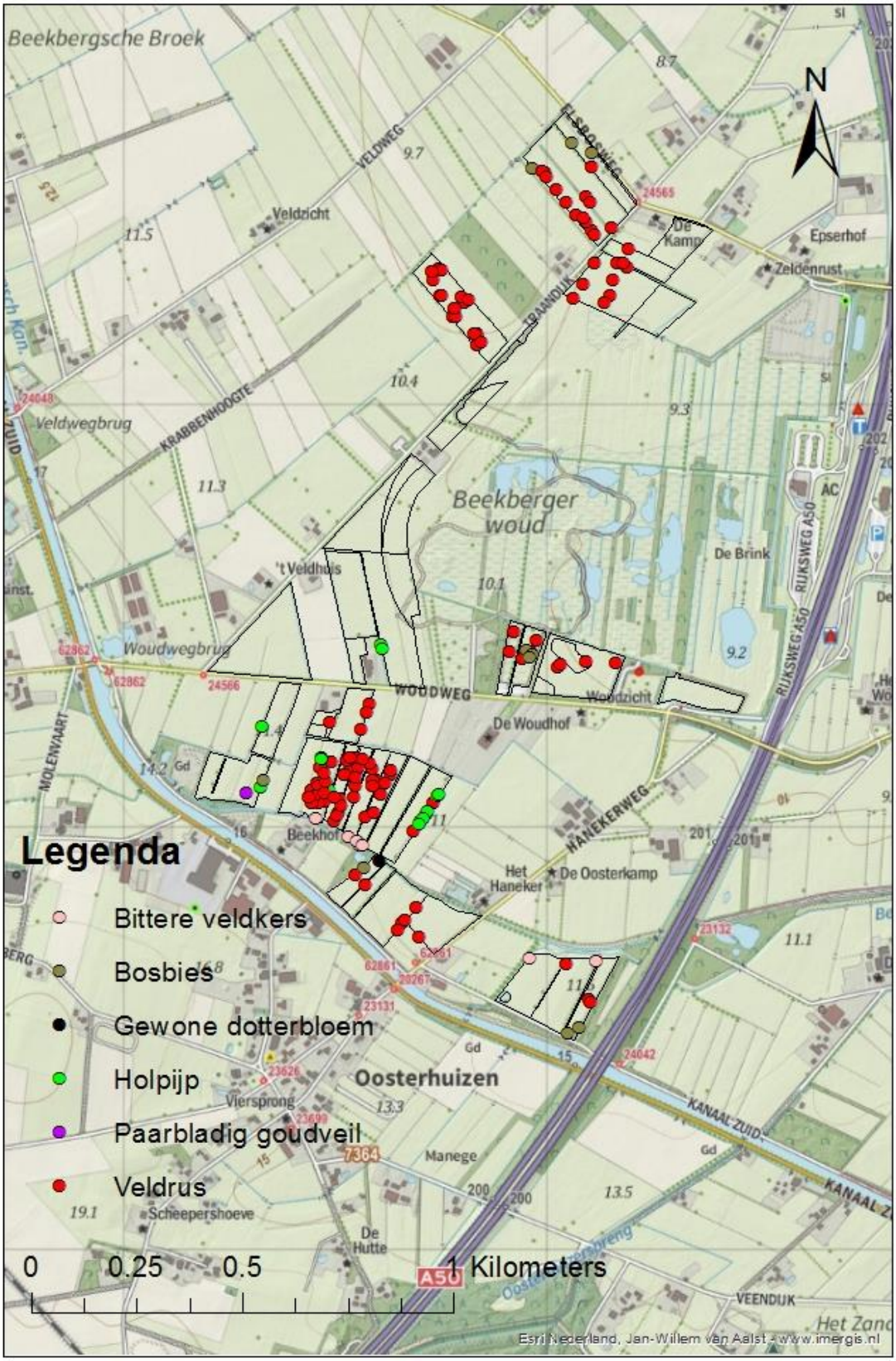
Plantennaam	Wetenschappelijke naam	Status Rode Lijst 2012	Indicator	Bijzonderheden standplaats
Hoge cyperzegge	Carex pseudocyperus	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	Op natuurbouwterreinen en langs de gegraven poelen
Ruige zegge	Carex hirta	Thans niet bedreigd	Matig droge tot natte, matig voedselrijke tot zeer voedselrijke, zwak zure tot kalkrijke bodem	Meest op afgegraven terreinen
Ruwe smele	Deschampsia cespitosa	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem	
Pilzegge	Carex pilulifera	Thans niet bedreigd	Droge, voedselarme, onbemeste, humeuze, zure tot zwak zure bodem	
Knikkend tandzaad	Bidens cernua	Thans niet bedreigd	Indicator van natte, voedselrijke bodem	
Zeegroene zegge	Carex flacca	Thans niet bedreigd	Indicator kalk- en leemhoudende bodem	Meest op afgegraven terreinen
Bosanemoon	Anemone nemorosa	Thans niet bedreigd	Indicator lemige of sterk humeuze bosbodems	Aan de oevers van beken en sloten.
Biezenknoppen	Juncus conglomeratus	Thans niet bedreigd	Indicator natte, zure grond	schrale plaatsen aan slootkanten en bermen
Hennegras	Calamagrostis canescens	Thans niet bedreigd	Indicator van venige plaatsen	
Kruipend zenegroen	Ajuga reptans	Thans niet bedreigd	indicator vocht op (matig) voedselrijke grond	
Zwarte bes	Ribes nigrum	Thans niet bedreigd	Indicator vochtig bos	In elzen- en berkenbroek.
Haaksterrenkroos	Callitriche hamulata	Thans niet bedreigd	Indicator voedselarm water	
Trekrus	Juncus squarrosus	Thans niet bedreigd	Indicator zure verdichte grond	
Bosbies	Scirpus sylvaticus	Thans niet bedreigd	Kwelindicator	Op kwelplekken in loofbos, in vochtig grasland
Holpijp	Equisetum fluviatile	Thans niet bedreigd	Kwelindicator	Groeit op kwelplekken in sloten, beken, poelen en op afgegraven terrein.
Bittere veldkers	Cardamine amara	Thans niet bedreigd	Kwelindicator	
Gewone dotterbloem	Caltha palustris subsp. palustris	Thans niet bedreigd	Kwelindicator	Langs sloten en beken met kwel en in natte graslanden
Veldrus	Juncus acutiflorus	Thans niet bedreigd	Kwelindicator	langs sloten en beken en aan de oevers van poelen
Paarbladig goudveil	Chrysosplenium oppositifolium	Thans niet bedreigd	Kwelindicator, natte, matig voedselarme tot matig voedselrijke, zwak zure grond	Langs oever van de Beekbergsche Beek
Hazenzegge	Carex ovalis	Thans niet bedreigd	Matig vochtige, voedselarme tot matig voedselrijke, zwak zure, kalkarme grond	Extensief beheerde graslanden, op de taluds van watergangen
Trompetnarcis	Narcissus pseudonarcissus	Thans niet bedreigd	Matig voedselarme tot matig voedselrijke, neutrale tot vaak zwak zure bodem	
Oranje havikskruid	Hieracium aurantiacum	Thans niet bedreigd	Matig voedselarme tot matig voedselrijke, zwak zure bodem	Waarschijnlijk een tuinrelict
Muizenstaart	Myosurus minimus	Thans niet bedreigd	Matig voedselarme tot voedselrijke, vrij kalkarme bodem	In grasland langs veepaadjes en op door vee opengetrapte plekken door vee

Kleine watereppe	Berula erecta	Thans niet bedreigd	Matig voedselrijk tot voedselrijk, zwak zuur tot kalkrijk	
Geelgroene zegge	Carex oederi subsp. oedocarpa	Thans niet bedreigd	Matig voedselrijke grond in graslanden	Op afgeplagde terreinen in het voormalige heidegebied
Gewone waterbies	Eleocharis palustris	Thans niet bedreigd	Matig voedselrijke tot voedselrijke, matig zure tot kalkhoudende grond	Poelen, langs sloten en beken in vochtig grasland
Beekpunge	Veronica beccabunga	Thans niet bedreigd	Matig voedselrijke tot voedselrijke, vaak kalkhoudende grond	Groeit op natuurbouwterreinen en langs beken
Klein vlooienkruid	Pulicaria vulgaris	Thans niet bedreigd	Natte tot vochtige, matig voedselarme tot voedselrijke en stikstofrijke bodem	Op drooggevallen vergraven delen
Tweerijige zegge	Carex disticha	Thans niet bedreigd	Natte tot vochtige, matig voedselarme tot matig voedselrijke bodem	Groeit in greppels, langs sloten en beken
Klein bronkruid	Montia minor	Thans niet bedreigd	Natte tot vochtige, matig voedselarme tot matig voedselrijke, kalkarme grond	Groeit in grasland langs veepaadjes en op door vee opengetrapte plekken
Kale jonker	Cirsium palustre	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselarme tot vaak matig voedselrijke, meestal licht bemeste, humeuze, zwak zure tot kalkhoudende grond	
Pilvaren	Pilularia globulifera	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselarme, zwak zure bodem	Oever van plas
Echte koekoeksbloem	Silene flos-cuculi	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselrijke graslanden	
Gevleugeld hertshooi	Hypericum tetrapterum	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselrijke tot voedselrijke, niet sterk zure bodem	langs beken en sloten
Scherpe zegge	Carex acuta	Thans niet bedreigd	Natte, matig voedselrijke tot voedselrijke, vaak kalkhoudende bodem	voedselrijk nat grasland/ Langs beken en sloten
Zwarte zegge	Carex nigra	Thans niet bedreigd	Natte, soms droge, matig voedselarme tot matig voedselrijke, zure tot zwak zure bodem	
Borstelbies	Isolepis setacea	Thans niet bedreigd	Pionier op matig voedselrijke bodem	Veel op natuurbouwterreinen
Moeraszegge	Carex acutiformis	Thans niet bedreigd	Vocht- en verlandingsindicator	In moerassen en in struweel
Beemdlangbloem	Festuca pratensis	Thans niet bedreigd	Vochtige graslanden.	
Bleekgele droogbloem	Gnaphalium luteo-album	Thans niet bedreigd	Vochtige tot natte kalkhoudende bodem	
Waterpostelein	Lythrum portula	Thans niet bedreigd	Vochtige tot natte, matig voedselarme, zwak zure zand- en leemgrond	
Late guldenroede	Solidago gigantea	Thans niet bedreigd	Vochtige tot natte, matig voedselrijke tot voedselrijke bodem	Woekerende exoot
Moerasspirea	Filipendula ulmaria	Thans niet bedreigd	Vochtige tot natte, matig voedselrijke tot voedselrijke, weinig of niet-bemeste, zwak zure tot kalkhoudende bodem	
Grote ratelaar	Rhinanthus angustifolius	Thans niet bedreigd	Vochtige tot natte, soms vrij droge, matig voedselarme tot matig voedselrijke, weinig of niet bemeste, zwak zure grond.	

Gewone salomonszegel	Polygonatum multiflorum	Thans niet bedreigd	Vochtige, matig voedselrijke bodem	
Klein springzaad	Impatiens parviflora	Thans niet bedreigd	Vochtige, matig voedselrijke, zwak zure grond	Verwilderde soort afkomstig uit Zuid- en Midden-Azië
Kamgras	Cynosurus cristatus	Gevoelig	Vochtige, matig voedselrijke, zwak zure tot kalkhoudende grond	
Getand vlotgras	Glyceria declinata	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	Op natte plekken in grasland
Gevleugeld sterrenkroos	Callitriche stagnalis	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	
Moerasmuur	Stellaria uliginosa	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	Komt voor langs veepaadjes, op opengetrapte plekken in grasland
Oeverzegge	Carex riparia	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	In moerassen
Blaaszegge	Carex vesicaria	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	Aan de oever van sloten
Egelboterbloem	Ranunculus flammula	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	in nat grasland, op geplagde bodem langs poelen en aan de oever van sloten en beken.
IJle zegge	Carex remota	Thans niet bedreigd	Vochtindicator	In elzensingels, langs sloten en beken
Kleine ratelaar	Rhinanthus minor	Gevoelig	Droge, matig voedselarme tot matig voedselrijke, weinig of niet bemeste, zwak zure bodem	

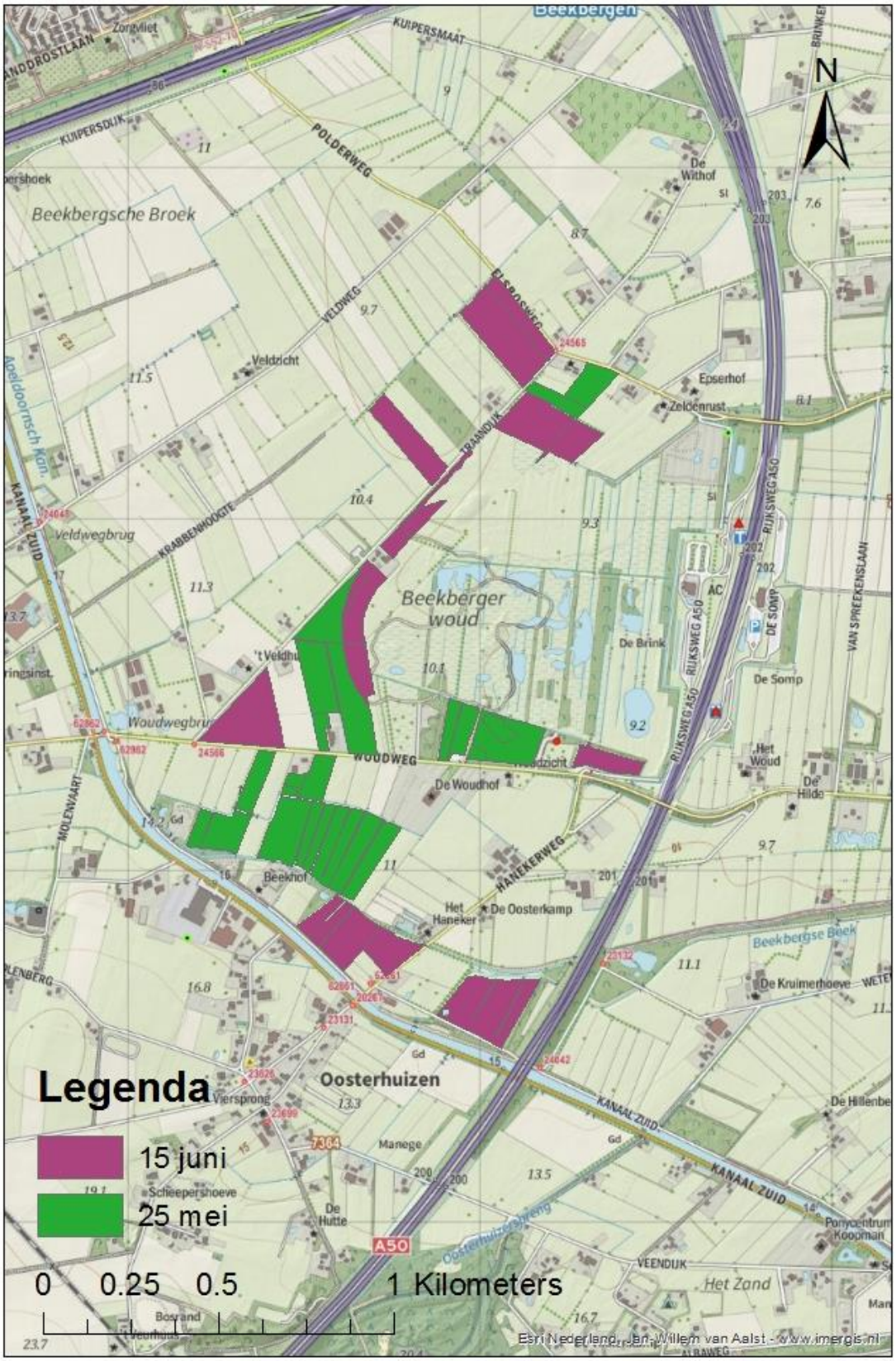
Florakartering Beekbergerwoud 2015 (Te Linde & Van den Berg, 2016),
Flora van Nederland: Wilde planten en hun omgeving online (Martens & Van Wissen, 2018),
Rode Lijst Vaatplanten 2012 (Sparrius, Odé, & Beringen, 2014).

Bijlage 39: Kwelindicatoren op de onderzoekspercelen 2008-2015



(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 40: Maaidatum eerste snede van de onderzoekspercelen



(Esri Content Nederland, 2018)

Bijlage 41: Standplaatscondities van de referentie 1850

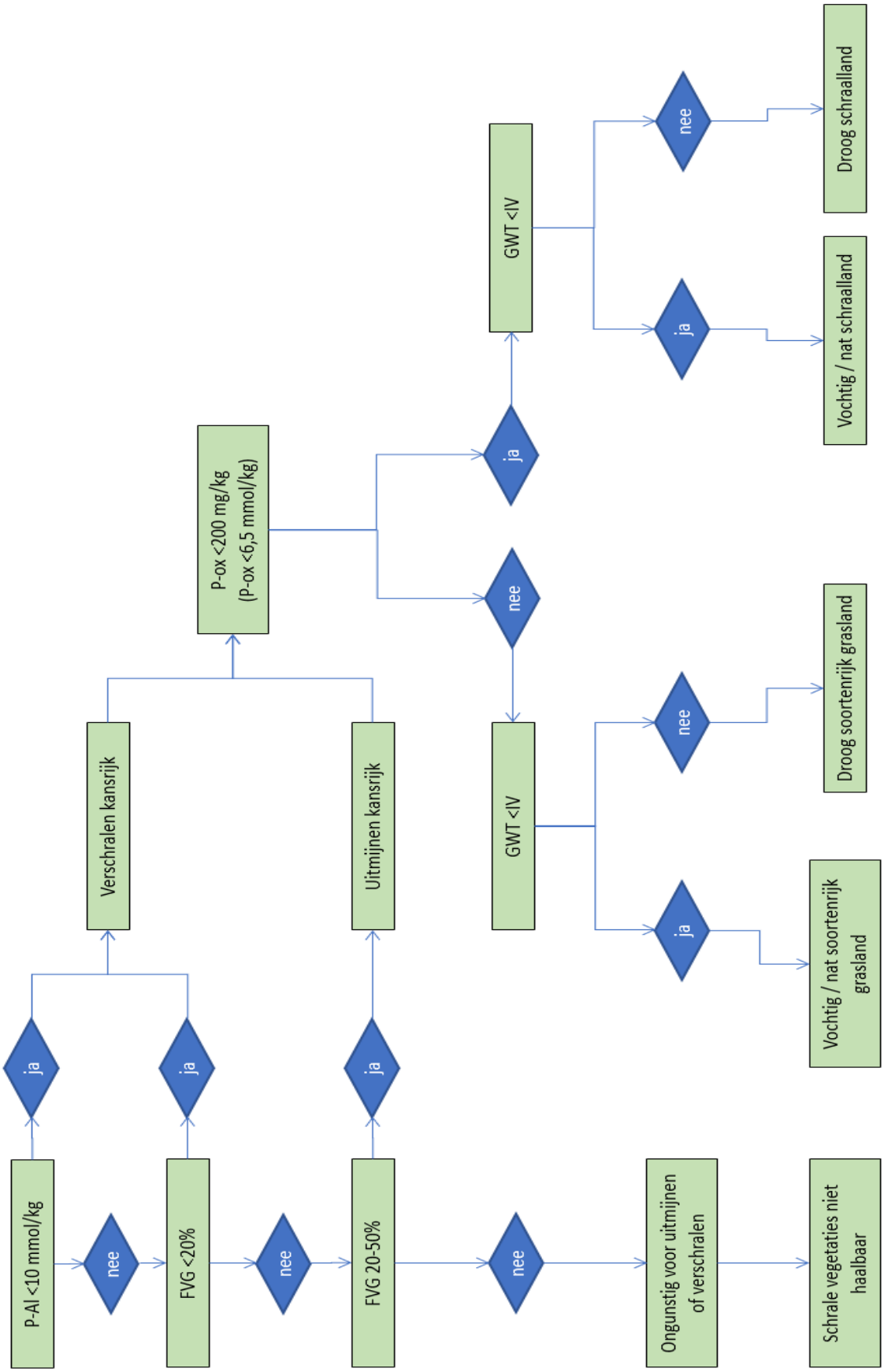
	Blauwgrasland (16Aa1)	Veldrus-associatie (16Ab1)	Associatie van Gewone dophei (11Aa2)	Associatie van Klokjes-gentiaan en Borstelgras (19Aa2)
Voedselrijkdom (P-totaal mg/kg)	315 - 635	360 - 680	190 - 365	225 - 435
Zuurgraad (pH-H_2O)	4,9 - 5,8	5,3 - 6,0	3,8 - 4,7	4,4 - 5,4
GLG (cm tov maaiveld)	-47 tot -75	-54 tot -75	-85 tot -150	-80 tot -122
GVG (cm tov maaiveld)	-5 tot -20	-16 tot -28	-3 tot -21	-16 tot -34
GHG (cm tov maaiveld)	+5 tot -16	-2 tot -18	-25 tot -70	-20 tot -52
Grondwatertrap	II	II	III / **IV**	**III** / IV

(Hennekens, Smits, & Schaminée, 2010)

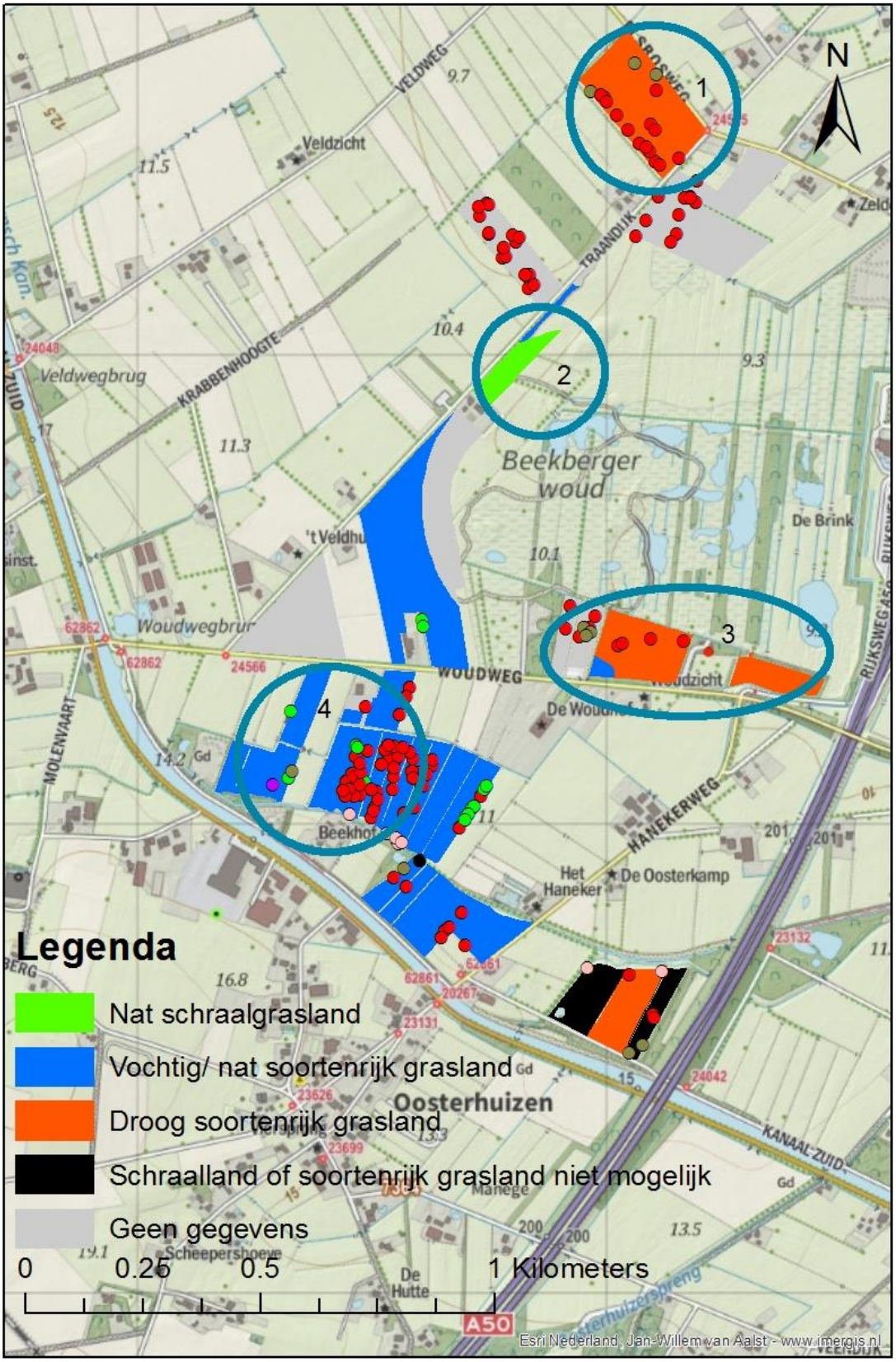
Bijlage 42: Standplaatscondities van de huidige situatie vergeleken met de referentievegetaties

Perceelnummer	P-ox (mg/kg)	P-Al (mmol/kg)	FVG (%)	Zuurgraad (pH H_2O)	Gwt	16Aa1	11Aa2	19Aa2	16Ab1
2/F	340,7	26	28	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/A01	49,6	13	18	6,8	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C01	176,6	6	18	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C02	176,6	6	18	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/C03	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/C04	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/C05	-	9	-	5,7	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/G01	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G02	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G03	232,3	10	41	5,5	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G04	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/G05	303,5	22	47	5,3	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H01	223,0	18	45	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H02	223,0	18	45	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/H03	223,0	18	45	5,5	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
3/J	-	40	-	5,9	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/R01	-	27	-	5,6	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
3/R02	-	27	-	5,6	III	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/C01	-	35	-	5,8	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/C02	-	35	-	5,8	V	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/D	-	35	-	5,8	III* / IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/D02	-	35	-	5,8	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/J01	-	9	-	5,5	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
4/L03	-	9	-	6,5	II	N/B	N/B	N/B	Onbekend
5/A Hond	319,0	18	31	5,3	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/A Midden	346,9	26	35	5,2	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/A Rechts	353,1	19	23	5,9	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/B	551,3	20	20	5,6	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/C	254,0	16	29	5,4	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/D	285,0	21	35	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/E	498,7	32	34	5,2	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/F	498,7	32	34	5,2	III	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/J01	325,2	19	35	5,5	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/J02	365,5	11	22	6	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/K	145,6	-	24	5,5 - 6,0	II	Ja	Nee	Nee	Onbekend
5/L01	359,3	25	41	5,2	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/L02	294,3	15	44	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
5/N	285,0	21	35	5,7	II	Nee	Nee	Nee	Onbekend
7/A	257,1	23	31	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
7/C	-	6	-	5,5	IV	N/B	N/B	N/B	Onbekend
7/D	257,1	23	31	5,5	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8/D Gras	594,7	42	53	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8/D Pitrus	381,0	28	36	5,3	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend
8D Rechts	594,7	42	53	5,4	IV	Nee	Nee	Nee	Onbekend

Bijlage 43: Stappenschema



Bijlage 44: Kansenkaart naar fosfaattoestand en grondwatertrap



(Esri Content Nederland, 2018)

[i] Onder biodiversiteit wordt de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen verstaan (Ministerie van Buitenlandse Zaken, 1992).

[ii] Onder het begrip *natuurwaarde* kunnen verschillende aspecten worden verstaan die bijdragen aan de "kwaliteit van het ecosysteem" (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2011). In dit rapport wordt het begrip gebruikt om botanische soortenrijkdom aan te duiden.