



Bosgroepen

Nijmolense Beek

LESA + maatregelenadvies

Bosgroepen

Colofon

Opdrachtgever:	Geldersch Landschap & Kasteelen
Titel:	Nijmolense Beek LESA + inrichtingsmaatregelen
Status:	Definitief
Datum:	9 april 2024
Auteurs:	H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp & M. van Os
Projectteam:	H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp, M. van Os, M. Melman, J. Thielemans, S. van der Vlist en D. van Boven
Kaartmateriaal:	Copyright © 2024, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn Het intellectuele eigendom van deze offerte rust uitsluitend bij de Bosgroep. Niets uit deze offerte mag worden vermenigvuldigd en/of getoond aan derden, zonder voorafgaande toestemming van de Bosgroep.
Projectnummer:	22.33.10111.04

© Coöperatie Bosgroep Midden Nederland u.a., 2024.

Postbus 8135

6710 AC EDE

t (0318) 67 26 26

f (0318) 67 26 27

www.bosgroepen.nl



Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Wat is een LESA?	4
1.2	Aanleiding LESA's Emst-Epe	4
1.3	Opbouw van dit rapport	4
2	Methode	6
2.1	Aarde	6
2.2	Mens	8
2.3	Natuur	9
2.4	Dataverwerking en rapportage	10
3	Regionaal systeem	11
3.1	Geologie en reliëf	11
3.2	Bodem	15
3.3	Hydrologie	18
3.4	Te verwachten vegetatie	25
3.5	Historische ontwikkelingen	28
3.6	Synthese regionale systeem	32
4	Resultaten Nijmolense Beek	34
4.1	Inleiding en onderzoeksvragen	34
4.2	Historische ontwikkelingen	35
4.3	Geologie en bodem	36
4.4	Hydrologie	44
4.5	Vegetatie, flora en fauna	53
4.6	Dwarsdoorsneden	62
4.7	Synthese	67
5	Knelpunten en potenties	68
5.1	Verdroging en verzuring	68
5.2	Vermesting, maar gunstige ijzerconcentraties	68
5.3	Grote kansen voor herstel doorstroomveen	69
6	Maatregelenadvies	70
6.1	Afwegingskader	70
6.2	Afgraven	70
6.3	Hydrologische maatregelen	72
6.4	Effecten van de maatregelen	74
6.5	Aandachtspunten	74
7	Perspectief lange termijn voor de venen op de oost-Veluwe	75
7.1	Ambities vanuit Natura 2000	75
7.2	Klimaatverandering	75
7.3	De oost-Veluwse venen	76
7.4	Ecosysteemdiensten van de oost-Veluwse venen	77



Literatuur	84
Bijlagen	86



1 Inleiding

1.1 Wat is een LESA?

De Nederlandse landschappen hebben een lange geschiedenis achter de rug. Dat wat we nu buiten zien, is slechts een bladzijde uit een dik boek met zowel natuurlijke als menselijke processen in de hoofdrol. Nederland is druk bezig met het behouden en verbeteren van de kwaliteit van onze natuur. Hoewel het verleidelijk is om vooruit te kijken, is het van belang om ook achterom te kijken. Waar komt het huidige landschap vandaan?

Een Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) is een uitstekend middel om inzicht te krijgen in waar het landschap vandaan komt én wat de perspectieven en potenties zijn voor de toekomst. Door veranderingen in de omgeving, zoals stikstofdepositie, klimaatverandering en daarmee gepaard gaande droogte, overstromingen en piekbuien, zijn er soms immers ingrepen nodig in een gebied om de bijzondere waarden van een gebied te behouden en versterken. Begrip over de totstandkoming van het huidige landschap en de bijbehorende potenties voor de toekomst is dan nodig om passende en duurzame keuzes voor inrichting en beheer te maken.

Bij een LESA worden diverse factoren van een landschap en de samenhang daartussen onderzocht. Het model van Bakker et al. (1981) laat die verschillende (geo)factoren zien, waarbij ze uitgaan dat abiotiek vooral sturend is en de vegetatie en mens volgend. Echter lopen deze geofactoren vaak kriskras door elkaar, doordat er al eeuwenlang sprake is van een wisselwerking tussen de aarde, de mens en de natuur. Daarom onderzoeken we het landschap vanuit die driehoeksbenadering (Figuur 1).¹ Door bestudering van een zo groot mogelijk deel van de geofactoren wordt via een LESA een zo compleet mogelijk beeld geschetst over de landschapsvorming over lange termijn, met bijbehorende kenmerken en keerpunten. Met deze basis kunnen knelpunten en oplossingsrichtingen worden aangedragen, die rechtdoen aan de complexiteit van gebieden. Hiermee wordt zo goed mogelijk recht gedaan aan de lokale identiteit. Afhankelijk van de vraag en achterliggende problematiek zijn verschillende kennisvelden uit deze driehoekbenadering nodig.

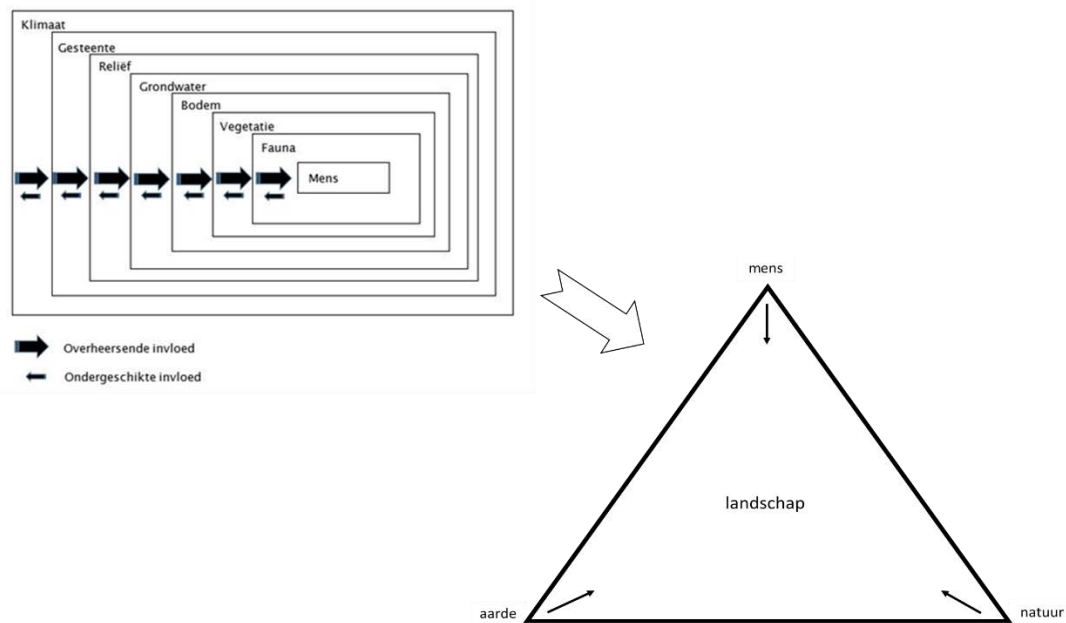
1.2 Aanleiding LESA's Emst-Epe

Geldersch Landschap & Kasteelen (hierna GLK) is eigenaar van een aantal terreinen op de oostflank van de Veluwe, ten westen van Epe en Emst. GLK wil met een LESA inzichtelijk te krijgen wat de bestaande kwaliteiten en de potenties zijn van deze terreinen. Daarnaast is de vraag wat nodig is om die waarden en potenties te behouden, versterken en verzilveren.

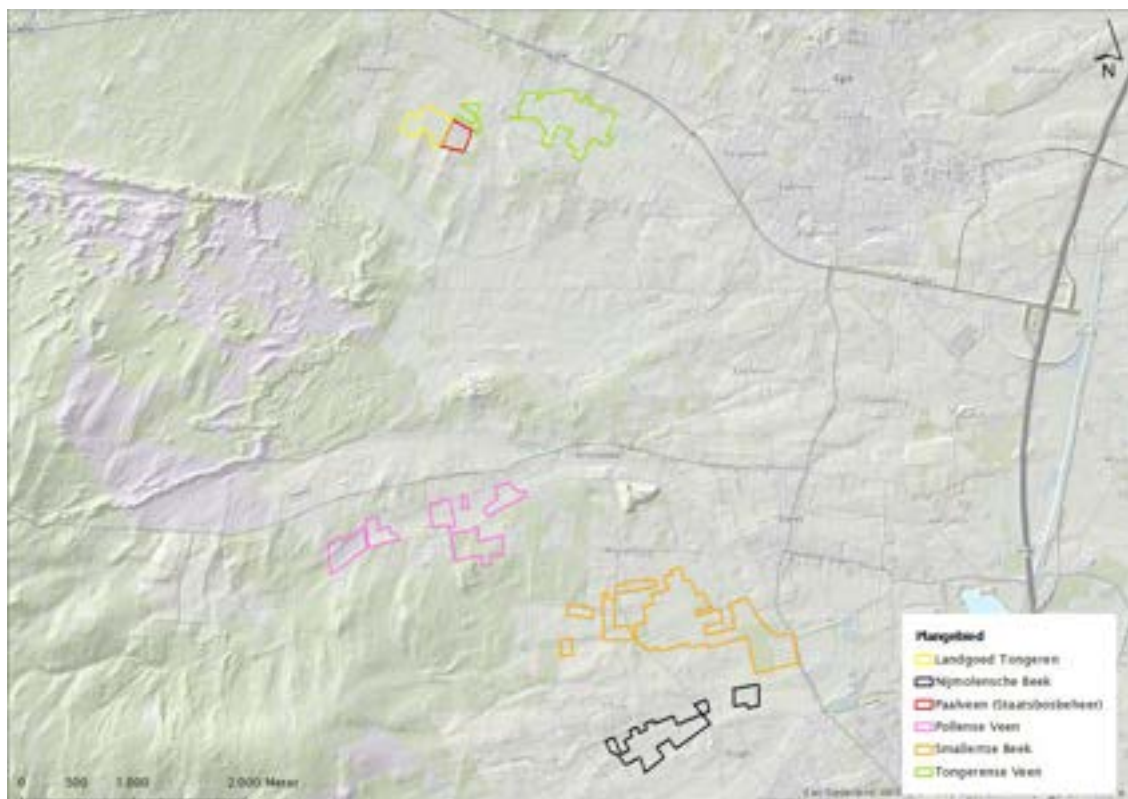
1.3 Opbouw van dit rapport

Het rapport bestaat uit twee delen. Nadat de onderzoeksmethode is beschreven in **hoofdstuk 2**, gaat **hoofdstuk 3** in op het regionale systeem met de vier gebieden Tongerense Veen, Pollense Veen, Smallertse Beek en Nijmolense Beek. Dit hoofdstuk is identiek in de rapportages over de vier gebieden. **Hoofdstuk 4** gaat vervolgens specifiek in op de LESA en maatregelenadvies voor de Nijmolense Beek. Op basis van de LESA zijn in **hoofdstuk 5** de knelpunten en potenties beschreven. Tot slot gaat **hoofdstuk 6** in op het maatregelenadvies om de natuurwaarden in het gebied te verhogen.

¹ Smeenge, 2020.



Figuur 1: Factoren die het landschap vormen (linksboven, Bakker et al., 1981). Het landschap wordt als het ware gevormd door de mens, aarde en natuur, hetgeen te vatten is in een driehoek (Smeenge, 2020).



Figuur 2: Ligging van de vier gebieden ten westen van Epe en Emst, op de oostflank van de Veluwe. Bij de LESA voor het Tongerense Veen is ook het Paalveen van Staatsbosbeheer betrokken, en een landbouwperceel van Landgoed Tongeren, om de relatie tussen deze gronden inzichtelijk te krijgen.



2 Methode

De LESA is uitgevoerd vanuit de verschillende 'hoekpunten' aarde, mens en natuur (Figuur 1). Dit hoofdstuk beschrijft hoe de onderzoeken vanuit deze hoekpunten zijn uitgevoerd.

2.1 Aarde

2.1.1 Geologie en bodem

De bodem ontstaat door een wisselwerking tussen geologisch substraat (zoals rivierzand of klei), reliëf, hydrologie (grondwater, inundaties), vegetatie en landgebruik. Informatie over de bodem geeft daarmee inzicht in de oorspronkelijke processen die het landschap hebben gevormd. De verschillende bodems zijn in Nederland geclassificeerd in bodemtypen.² Er is een landelijke 1:50.000-bodemkaart, deze is slechts op grote schaal bruikbaar, de daadwerkelijke variatie in een gebied is groter dan deze bodemkaart weergeeft. Ook de bodemkarteringen van 1:10.000 uit 1955 zijn gedetailleerder, maar missen op sommige delen informatie zoals de ligging van moerige of veengronden.

Daarom zijn op representatieve locaties in het gebied grondboringen uitgevoerd. De boringen zijn uitgevoerd langs transecten, zodat de data verwerkt kon worden tot dwarsprofielen. De locaties zijn weergegeven in Figuur 2 waarbij getracht is de variatie in reliëf en bodemtype te vatten. De boringen zijn uitgevoerd in februari en maart 2023 waarbij geboord is tot de waterstand, maximaal tot 2,2 m-mv. De volgende kenmerken zijn beschreven:

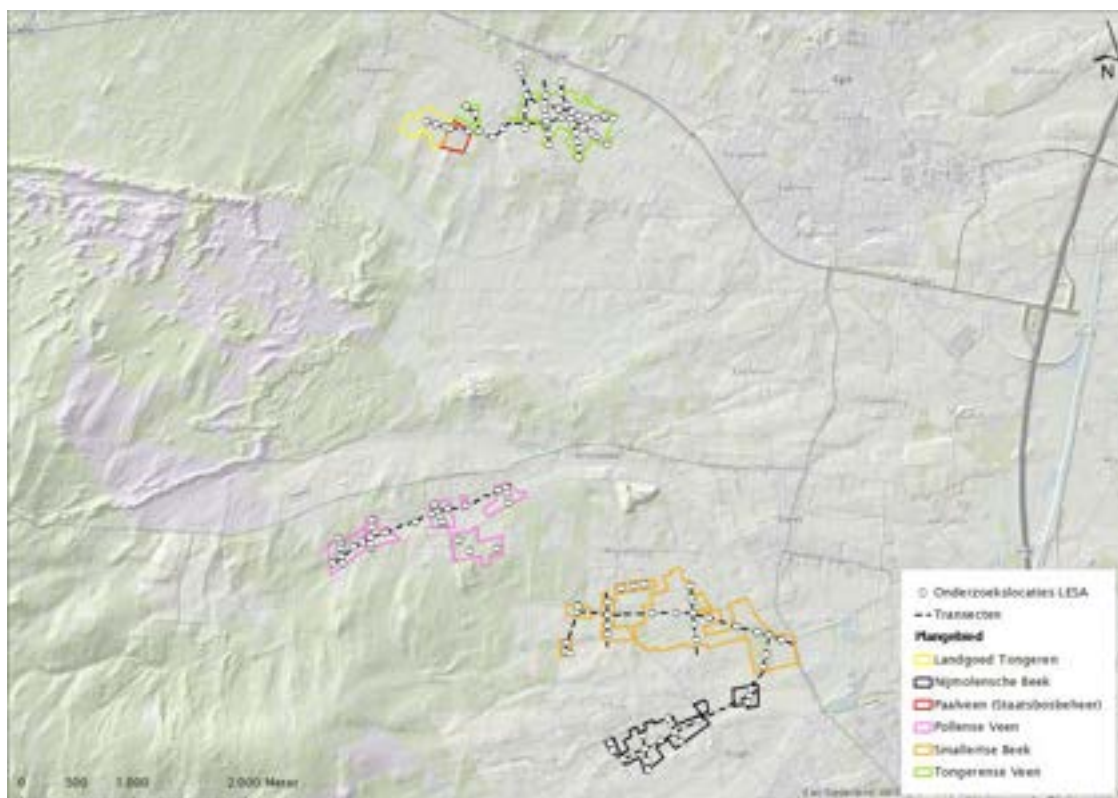
- Bodemtype³
- Horizonten en textuurkenmerken⁴
- pH van de bodem op verschillende diepten middels pH-strips
- Aanwezigheid van vrije kalk in de bodem, aangetoond met verdund zoutzuur

In combinatie met geologische gegevens (DINO-loket en ondergrondmodel REGIS II) konden de beschreven lagen later geologisch worden geduid. Zo kon er bijvoorbeeld onderscheid worden gemaakt tussen dekzand met een homogene korrelgrootte en ronde korrels, ten opzichte van ongesorteerde smeltwaterafzettingen. Geologische boringen zijn geraadpleegd om te beoordelen in welke fase deze zanden zijn afgezet. Zo is er bij de vier gebieden deels sprake van gestuwde zanden, maar ook van jongere rivierafzettingen.

² De Bakker, H. & J. Schelling, 1981.

³ De Bakker & Schelling, 1981.

⁴ Ten Cate et al., 1995.



Figuur 3: Onderzoeklocaties langs transecten in de vier gebieden.

Aanvullend op de uitgebreide beschrijvingen langs de transecten, is in de in te richten percelen een ruimtelijke bodemkartering uitgevoerd. Daarmee is de variatie in de bodem in beeld gebracht en daarmee de potenties en maatregelenadvies (bijv. verwijderen opgebrachte grond). De kartering bestaat uit ondiepe boringen (<80 cm) op relatief korte afstand van elkaar, afhankelijk van de variatie in bodemtypen, verstoring en reliëf die zich voordoen in het veld. Het bodemtype, de dikte van de opgebrachte en geploegde grond zijn beschreven, er zijn geen volledige bodembeschrijvingen gemaakt. De boorlocaties zijn weergegeven in het rapport.

2.1.2 Hydrologie

In de boorgaten is einde zomer 2022 (oktober) en einde winter 2023 (februari/maart) de waterstanden gemeten. Dit geeft een beeld van de waterstanden in het gebied na een droge en natte periode. De zomer van 2022 was zeer droog met 151 mm neerslag tegen een langjarig gemiddelde (1991–2020) van 260 mm. In de winter van 2022–2023 viel er relatief veel neerslag, 296 mm, vergeleken met het langjarig gemiddelde van 240 mm.⁵

Ook in de sloten langs de transecten zijn de waterstanden gemeten. Aanvullend zijn peilbuismeetreeksen geraadpleegd uit het DINO-loket om meer inzicht te krijgen in het waterstandsverloop over meerdere jaren. De gegevens zijn geanalyseerd met het programma Menyanthes (KWR).

⁵ Neerslaggegevens weerstation Epe, KNMI. De zomer omvat de maanden juni t/m augustus, de winter omvat de maanden december t/m februari.



2.1.3 Waterkwaliteit

Om een beeld te krijgen van de watertypen in het gebied (regen- of juist grondwater) zijn in de boorgaten (grondwater) en sloten in oktober 2022 en februari/maart 2023 ook de pH en het EGV gemeten. Lage pH en EGV-waarden duiden meer op regenwaterinvloed, terwijl hogere waarden duiden op grondwater en/of voedselrijk water. Aanvullend is door onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater bemonsterd in april 2023. De locaties zijn verdeeld over het gebied. Onder andere de pH, het EGV en concentraties van diverse elementen zijn onderzocht. Voor een volledige beschrijving van de methode, wordt verwezen naar de rapportage van onderzoekcentrum B-WARE, Bijlage 1.

2.1.4 Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit is eveneens door onderzoekcentrum B-WARE geanalyseerd om grip te krijgen op de natuurpotenties, knelpunten en het maatregelenadvies. Deze gegevens vormden samen met de ruimtelijke bodemkartering (zie onderaan 2.1.1) de basis voor het maatregelenadvies. Globaal is op vier dieptes bemonsterd, namelijk de toplaag (0–20 cm–mv), 20–30, 30–40 en 40–50 cm–mv. De exacte bemonsteringsdieptes werden afgestemd op de bodemhorizonten. Wanneer er sprake was van opgebrachte grond is tot minimaal het oude maaiveld bemonsterd. Van de bodemmonsters zijn onder andere het voor planten beschikbare fosfaatgehalte (Olsen–P) bepaald, de pH en diverse vrij beschikbare en totale hoeveelheid elementen. Voor een volledige beschrijving van de methode, wordt verwezen naar de rapportage van onderzoekcentrum B-WARE, Bijlage 1.

2.1.5 Datering ouderdom veen

Op diverse plaatsen is in de diepere ondergrond veen aangetroffen. Dit veen is in een bepaalde fase begraven met zand, grind, löss en soms later weer opnieuw gaan groeien. De landschapsvormende factoren/keerpunten in de landschapontwikkeling zijn in de tijd geplaatst, dankzij het uitvoeren koolstofdateringsonderzoek. Veenmonsters zijn verstuurd naar het Vilnius Radiocarbon laboratorium in Litouwen, die het veen hebben gedateerd middels de ¹⁴C-datering.

2.2 Mens

De LESA bevat een korte beschrijving van cultuurhistorische elementen en ontwikkelingen in het plangebied. Uitgebreidere beschrijvingen zijn te vinden in onder andere:

- Landschapsbiografie van de Veluwe⁶
- Cultuurhistorische kansenkaart Wisselse Poort⁷
- Archeologisch, landschappelijk en historisch–geografisch onderzoek onderzoekgebied Groot Soerel⁸

⁶ Neefjes, 2018.

⁷ Vista landschapsarchitectuur en stedenbouw i.s.m. Lantschap, 2011.

⁸ Willemse et al., 2009.



Naast deze literatuur is een aantal kaarten geraadpleegd om een beeld te krijgen van de ontwikkelingen in het landschap en het landgebruik:

- 1570 van Sgrooten⁹
- Prekadastrale kaart met landgebruik en belastingwaarde via HISGIS¹⁰
- Historische kaarten van de Beeldbank van het Geldersch Archief
- 1827–1830 van De Man uit het archief van Wageningen University & Research
- Diverse kaarten van 1815 tot heden via webapplicatie Topotijdreis
- Oorspronkelijk Aanwijzende Tafels (OAT) via het archief van Wageningen University & Research
- Website van de Bekenstichting (bekenatlas)

2.3 Natuur

2.3.1 Vegetatie en flora

Voorbereiding

Voor de flora zijn per gebied alle waarnemingen van plantensoorten van de laatste 10 jaar uit de NDFF gehaald. Daaruit is per gebied een karteersoortenlijst met doel- en storingssoorten samengesteld. Deze bevat alle zeldzame soorten en Rode Lijstsoorten en de soorten die indicatief zijn voor milieumomstandigheden als vocht, voedselrijkdom, zuurgraad, kwel, verstoring en verrijking. Per karteersoort is de indicatie aangegeven.

Ook is per gebied een vergelijking gemaakt met de soorten in de NDFF die langer dan 10 jaar geleden zijn waargenomen. Hieruit volgt een lijst van “verdwenen” soorten per gebied. Met als kanttekening dat het niet zeker is dat deze soorten werkelijk verdwenen zijn; het kan ook zijn dat er sindsdien niet (goed) is gekeken of dat de soort over het hoofd is gezien.

Voor de aanwezige vegetatietypen zijn de door GLK aangeleverde gegevens uit de SNL monitoring bekeken. Er bleken nog weinig gegevens bekend te zijn. De gebieden bevatten veel natuurbeheertypen waarvoor in de SNL monitoring geen vegetatiekartering wordt uitgevoerd. De gegevens die wel aanwezig waren zijn gebruikt bij de toekenning van de vegetatietypen tijdens het veldwerk.

Ook is de Landelijke vegetatiedatabank geraadpleegd om te zien welke vegetatieopnamen van het gebied bekend zijn en welke vegetatietypen hieraan zijn toegekend. Dit geeft weliswaar een onvolledig beeld, maar geeft wel enige indicatie van aanwezige vegetatietypen. Ook dit is, voor zover van toepassing, gebruikt bij de toekenning van de vegetatietypen tijdens het veldwerk.

Verder is een module aangemaakt om in Fieldmaps in het terrein de gegevens van de vegetatie en de flora te kunnen opnemen.

⁹ Kaart van de Veluwe 1570, Christiaan Sgrooten. Bron: Koninklijke Bibliotheek Brussel, geraadpleegd via <https://www.elspeethistorie.nl/luchtfotos/topografische-kaarten/veluwe-1570>

¹⁰ <https://hisgis.nl/kaartviewer/gelderland>



Veldwerk

Langs de transecten zijn in de mei/juni 2023 de vegetatietypen gekarteerd. Daarbij is een breedte van 2,5 m aan weerszijden van het transect aangehouden. Waar het vegetatietype veranderde, werd een nieuw traject gestart. Een traject bestaat dus uit één vegetatietype (met aan de randen vaak smalle zones met andere typen of overgangstypen). Per vegetatietraject is het vegetatietype benoemd volgens de indeling van de Revisie Vegetatie van Nederland (een inschatting op basis van expert judgement). Ook is per traject een korte karakteristiek gegeven met kenmerken als structuur, openheid, kruidenrijkdom, meest voorkomende soorten en bijzondere soorten.

Langs de transecten waar de boringen zijn uitgevoerd zijn puntwaarnemingen vastgelegd van de locaties van indicatorsoorten (voor o.a. kwel, voedselrijkdom). Voor soorten die veel voorkomen is om de 25 meter een punt gezet. Soorten die buiten de 2,5 meter breedte aan weerszijden van de raai staan zijn wel ingevoerd, evenals soorten op andere interessante plekken in het gebied (bijvoorbeeld in kwel sloten of plekken met natte bossen buiten de raai). Per soort is het voorkomen vastgelegd volgens de Floron-aantalscode. Tijdens het veldwerk zijn soms nog enkele karteersoorten toegevoegd die relevant bleken.

Uitwerking

De vegetatietypen zijn op kaart weergegeven en in de dwarsdoorsneden met de boringen geplaatst. Met behulp daarvan zijn patronen in het voorkomen van de typen en relaties met de abiotiek benoemd. De vegetatietypen zijn beschreven met behulp van de korte karakteristiek per vegetatietraject en er is een oordeel gegeven over de kwaliteit, de volledigheid en in hoeverre ze voldoen aan de te verwachten typen voor dit gebied.

De gekarteerde soorten zijn op kaart weergegeven, samen met de waarnemingen van diezelfde soorten uit de NDFF. Er is een kaart gemaakt per type indicatie, zoals vochtig, voedselarm, kwel en verstoring. Per gebied kunnen andere typen indicaties relevant zijn. Patronen in het voorkomen van de soorten en relaties met de abiotiek zijn benoemd. Voor de langer dan tien jaar geleden verdwenen soorten is bepaald wat deze indiceren en of hiermee een mogelijke ontwikkeling zichtbaar is.

2.3.2 Fauna

Op fauna is niet gericht geïnventariseerd. Toevallige waarnemingen van relevante fauna zijn wel opgenomen evenals relevante informatie (zoals over beekprik in de Nijmolense en Smallertse Beek). Aangegeven is in hoeverre deze informatie ondersteunend is voor de conclusies of juist aanleiding geeft voor een aanscherping hiervan.

2.4 Dataverwerking en rapportage

De onderzoeksdata zijn uitgewerkt tot kaarten met ArcMap (ESRI). Van de data langs transecten zijn dwarsprofielen uitgewerkt waarvoor de bodembeschrijvingen zijn vereenvoudigd tot een aantal relevante eenheden (zoals zand, leem, veen). Maaiveldprofielen zijn afgeleid van het AHN3. De dwarsprofielen geven inzicht in de wisselwerking tussen geologisch substraat, bodem, water en vegetatie.

Op basis van de verschillende onderzoeken is een LESA opgesteld waarbij zowel naar het regionale systeem met de vier gebieden is gekeken, als specifiek naar elk gebied. De verschillende geofactoren zijn uitgewerkt, uitmondend in een synthese: hoe functioneert

het gebied van nature, wat zijn de veranderingen geweest, welke potenties en knelpunten spelen er? Vervolgens is een inrichtingsadvies opgesteld gebaseerd op de potenties van het gebied op basis van de LESA en de knelpunten die er spelen.

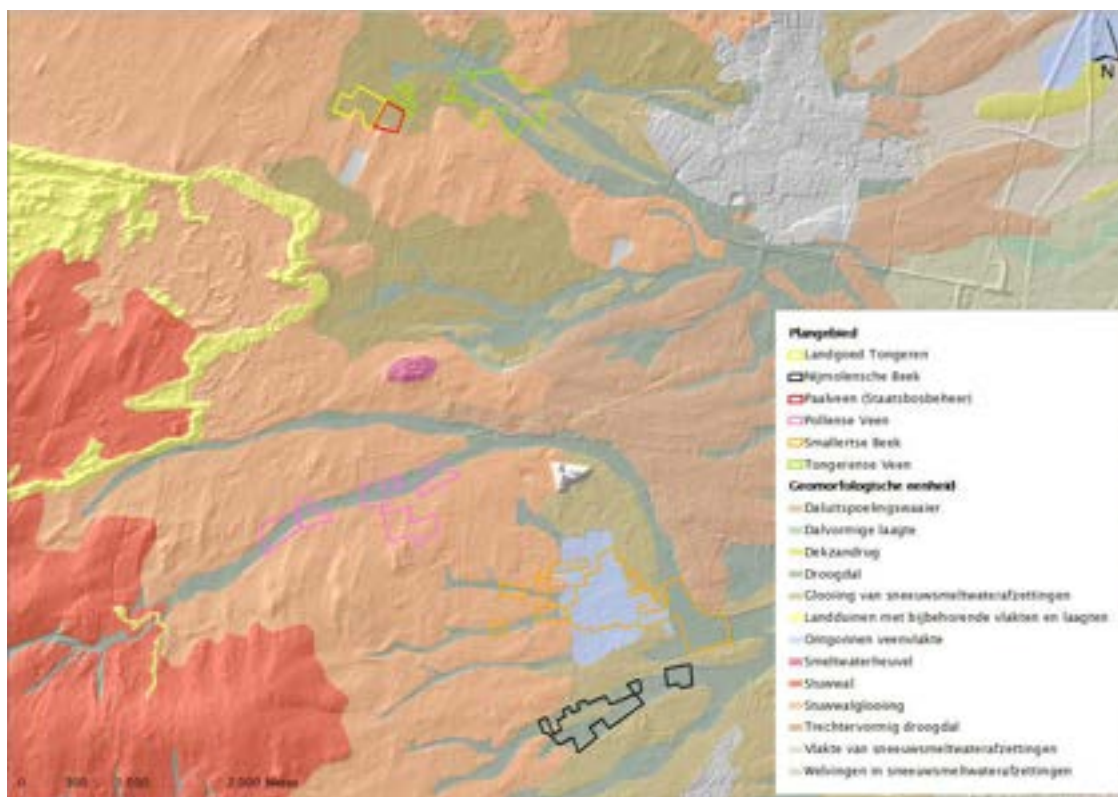
3 Regionaal systeem

3.1 Geologie en reliëf

3.1.1 Smeltwaterdalen

De deelgebieden Tongerense veen, Pollense Veen, Smallerse Beek en Nijmolense beek liggen op de oostflank van de Veluwe, in smeltwaterdalen die in de laatste ijstijd, het Weichselien, zijn ontstaan (circa 116.000–12.000 jaar geleden) (Figuur 4).

De afwisseling tussen zeer koude en warme fases in het Weichselien, leidde tot hellingafspoelingen en dalvorming op de stuwwallen door smeltwaterprocessen. Hoewel de meeste dalen west-oost liggen, buigt die vanuit het dal van de Smallerse Beek benedenstrooms van het Pollense Veen af naar het zuiden. Dat komt doordat Emst op een daluitspoelingswaaier ligt, die even daarvoor is ontstaan in dezelfde ijstijd. Deze puinwaaier werkt samen met andere smeltwaterdalen verdragend op de afvoer van water door de droogdalen die als het ware worden omklemd door de daluitspoelingswaaier (Figuur 4).

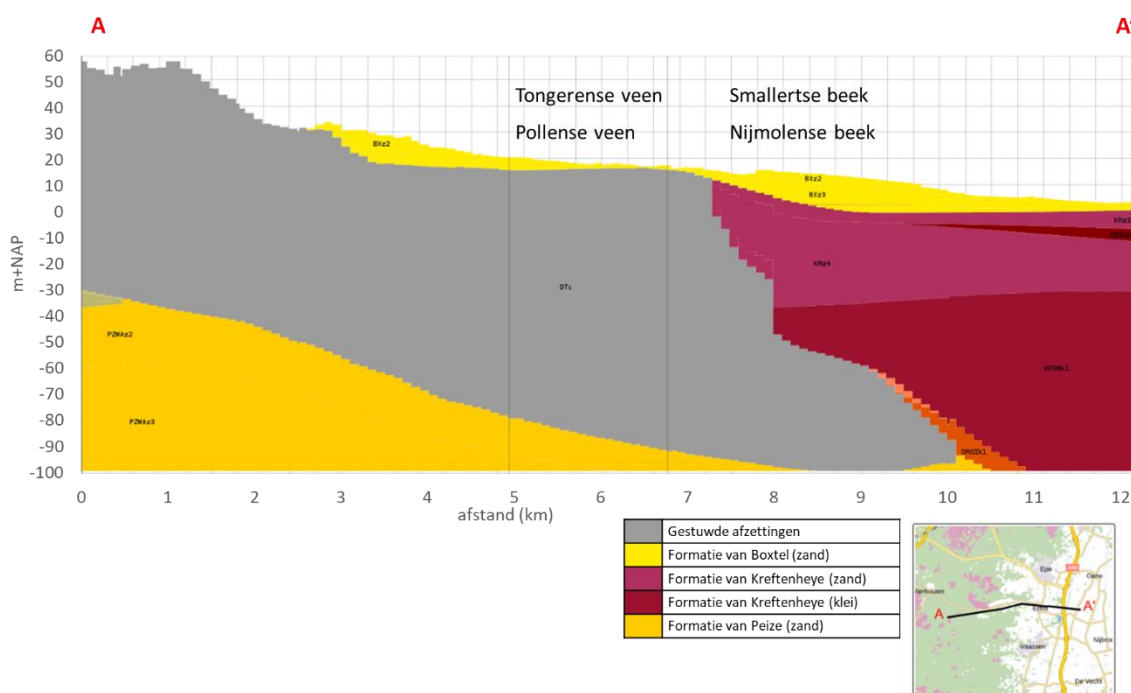


Figuur 4. De vier gebieden liggen vrijwel geheel in de lange, smalle smeltwaterdalen (grijs) op de oostflank van de Veluwe.

3.1.2 Stuwwal versus tongbekken

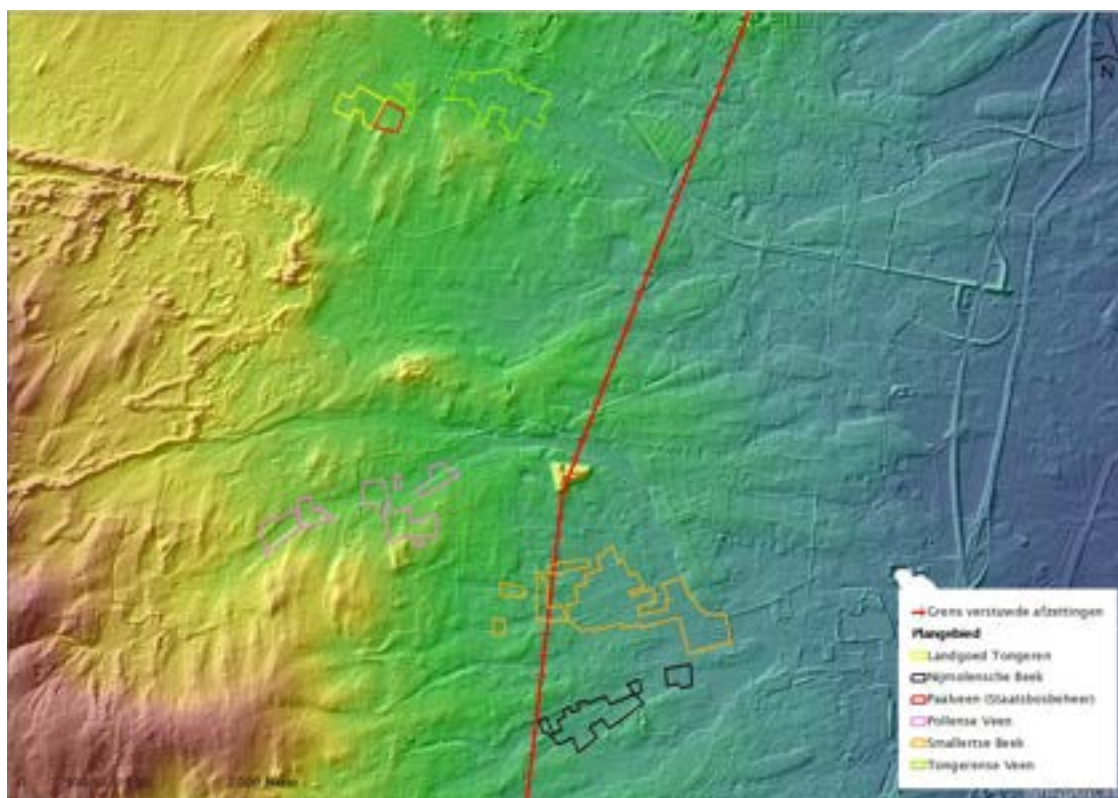
De vier gebieden liggen op verschillende posities op de Veluweflank. De meest westelijke gebieden, het Tongerense Veen en Pollense Veen, liggen op gestuwde oude rivierafzettingen uit de voorlaatste ijstijd, het Saalien (238.000–126.000 jaar geleden) (grijs in Figuur 5). De gebieden Nijmolense Beek en Smallertse Beek liggen niet op de stuwwal maar in het diep uitgesleten tongbekken dat is net als de stuwwal is ontstaan in het Saalien. Na het Saalien is dit bekken opgevuld met zeer kalkrijke smeltwatermeerafzettingen uit het Rijnsysteem (formatie van Kreftenheye). Vooral tijdens het warmere Eemien (126.000–116.000 jaar geleden) zijn kleilagen afgezet en vond ook veenvorming plaats. In de diverse geologische boringen zijn de Kreftenheye-afzettingen ook in de omgeving van Epe en Vaassen in de ondergrond aanwezig. De grens tussen verstuwde afzettingen en Kreftenheye-afzettingen ligt op basis van deze geologische gegevens net ten westen van Epe en Vaassen (Figuur 6).¹¹

Tijdens het Weichselien (116.000–12.000 jaar geleden) heeft zich een afwisseling van permafrost en de opdooi daarvan plaatsgevonden. Dit leidde ertoe dat zich bovenop de kalkrijke rivierafzettingen een dik pakket van grind, zand en löss- en siltlagen is afgezet (behorend tot de formatie van Boxtel).



Figuur 5. Geologische dwarsdoorsnede van de Veluwe richting het oosten, met de positionering van de deelgebieden. REGIS II, TNO-DINO-loket, bewerking.

¹¹ Diepe boringen uit www.dinoloket.nl



Figuur 6. Geologische grens tussen verstuwde (links) en dalopvullingsafzettingen met Rijnmateriaal gevolgd door smeltwater- en windafzettingen (rechts).

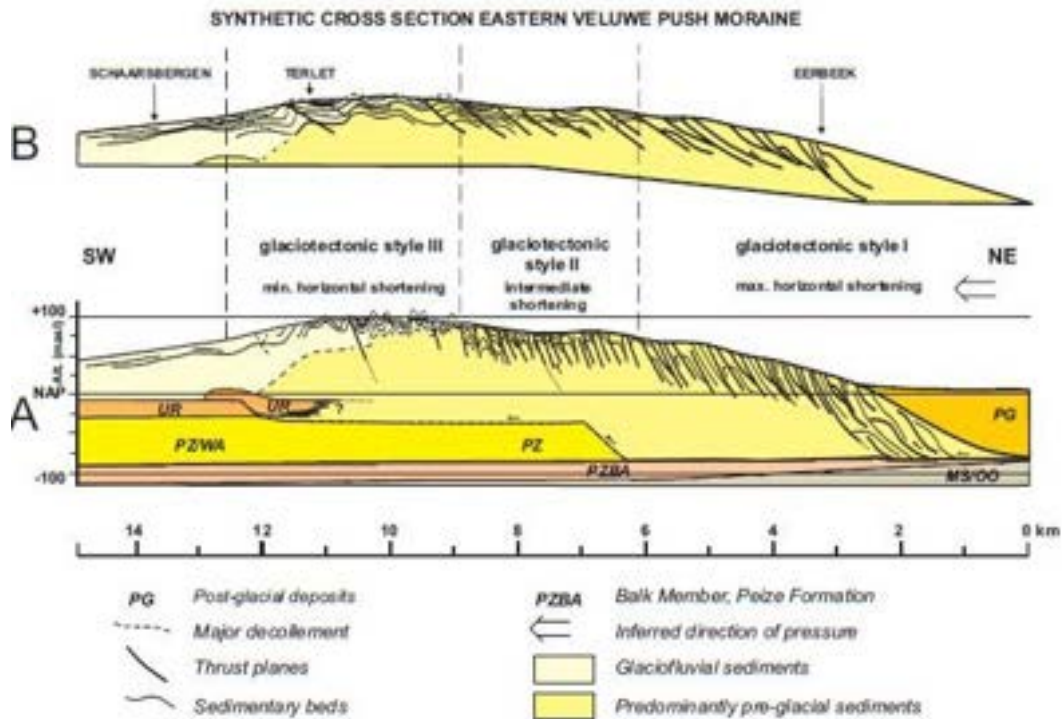
3.1.3 Kleischotten

Op de stuwwal zijn noord-zuid-georiënteerde ribbelstructuren te zien (Figuur 6). Deze zijn ontstaan door verstuwning van verschillende grondlagen door het landijs in het Saalien (Figuur 7). Op basis van de geologische grens tussen gestuwde en niet gestuwde afzettingen zijn alleen in de omgeving van het Paalveen, Tongerense veen en Pollense Veen scheefgestelde lagen te verwachten (style I in Figuur 7). De structuren worden in diverse literatuur geassocieerd met de ligging van kleilagen, ook wel kleischotten genoemd. Een 'kleischot' klinkt wellicht als een massief kleipakket, terwijl het in de praktijk kan gaan om dunne banden zoals aangetroffen in een sloottalud bij het Wisselse Veen (Figuur 8) en met geofysisch onderzoek bij de Motketel (Apeldoorn).¹² De noord-zuid-georiënteerde ruggen bevatten ook niet per definitie kleischotten: ze kunnen ook bestaan uit zwaarder materiaal (grof zand en grind) wat maar beperkt onderhevig is aan erosie, waardoor het materiaal nu als rug in het landschap te zien is.¹³ In elk geval leiden de gestuwde kleilagen tot plaatselijk grote waterstandsverschillen, zoals aangetoond in eerdere studies op basis van peilbuizen op de oost-Veluwe.¹⁴

¹² LESA Motketel (Kroondomein het Loo), Bosgroepen in voorbereiding.

¹³ Mondelinge mededeling J. Candel & V. Bense (WUR) en geofysisch onderzoek in de Motketel bij Apeldoorn (Bosgroepen in voorbereiding).

¹⁴ Van Engelenburg et al., 2012; Tjiedeman et al., 2023.



Figuur 7. Vorming van plooien (style III, vervolgens scheefstelling (style I) en bedekking (style II) tijdens verstuwing vanuit oostelijke richting. Alleen in het Paalveen, Tongerense veen en Pollense veen komen deze glaciotectionische verstuwingen voor. In dit onderzoek zijn siltlagen

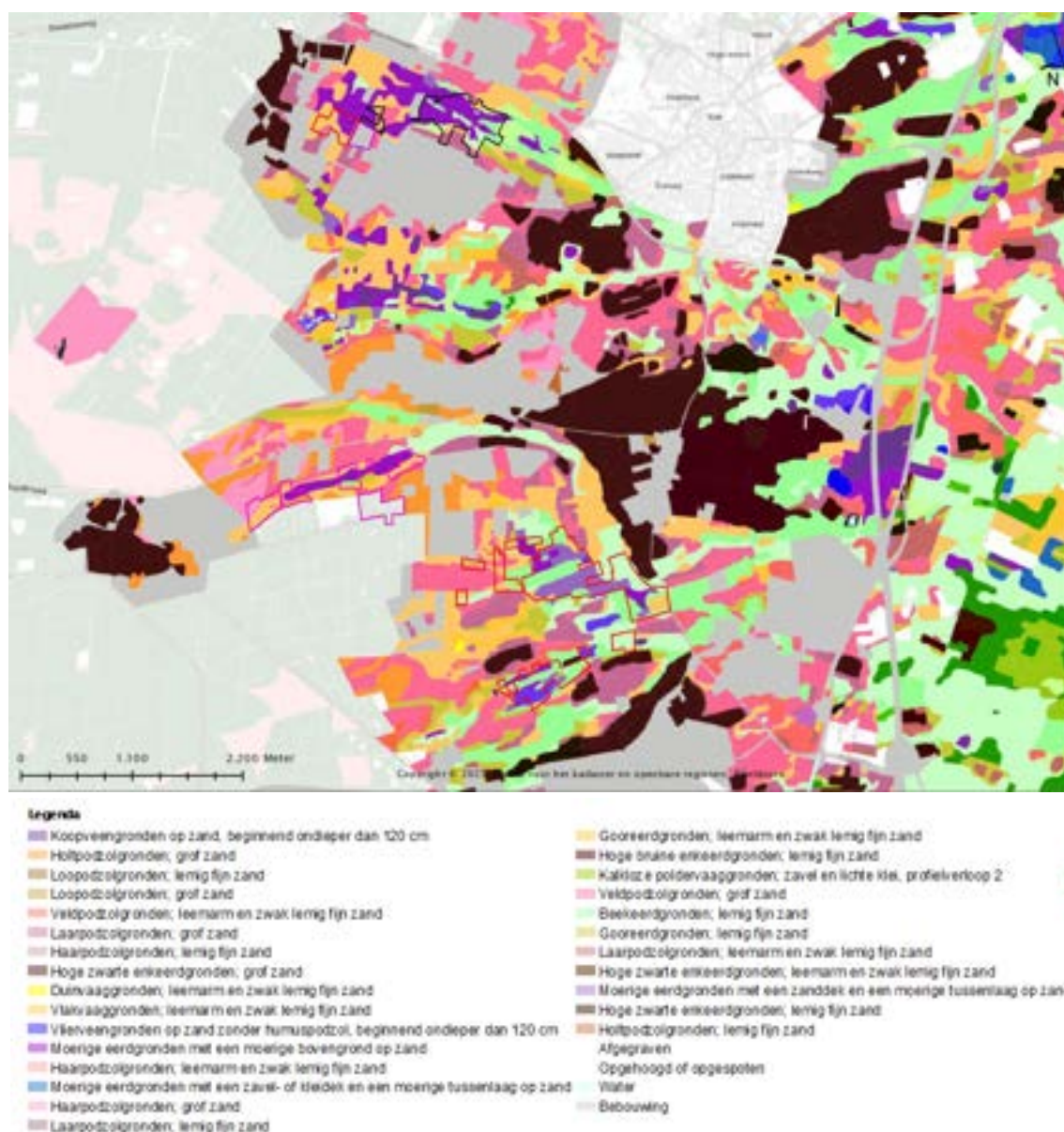


Figuur 8. Subtiële siltbanden (kleischotten genoemd) die leiden tot stijghoogteverschillen van grondwater. Links gefotografeerd in een ontwateringssloot op landgoed Tongeren, rechts op Oud Groevenbeek (Ermelo). De gleyverschijnselen markeren de invloed van ijzerhoudend grondwater. Foto's: Karel Hanhart, Eelerwoude.

3.2 Bodem

3.2.1 Bodemtypen

De landelijke bodemkaart geeft een beeld van de bodem ter hoogte van de plangebieden in de huidige tijd. Voor deze gebieden is een 1:10.000 bodemkaart aanwezig die op lokaal niveau meer inzicht geeft in plekken waar historisch gezien infiltratie, het uittreden van grondwater of stagnatie van water heeft plaatsgevonden. De kaart toont nog veengronden (blauwe zones) in de Nijmolense Beek, de overige gebieden bevatten geen veen meer maar moerige eerdgronden (paarse zones), deze hebben een veenpakket dunner dan 40 cm waarschijnlijk als gevolg van ontvening en ontwatering. De resultaten van het veldonderzoek in het kader van de LESA's van de vier gebieden bevestigt dit beeld.



Figuur 9. De bodemkaart, schaal 1:10.000 toont een grillig beeld van droge (roze, oranje en bruine) en natte gebieden (groene, paarse en blauwe).



De infiltratiezones (roze en oranje zones) zijn podzolgronden of enkeerdgronden (oude bouwlandcomplexen met een plaggendeek) en bevinden zich in gebieden met een neergaande waterbeweging. De groene terreindelen zijn zogenaamde beekeerdgronden, gevormd onder invloed van ijzerhoudend grondwater. Door droogval in de zomer komt hier geen veen of een moerige bovengrond voor.

In de niet gestuwde zone wat verdere oostelijk vormt het reliëf van dalspoelingswaaiers en glooiingen van smeltwaterafzettingen blokkades in smeltwaterdalen. Hierdoor zijn als het ware semi-geïsoleerde laagten ontstaan waar het grondwater moeilijk uit weg kon stromen en veenmoerassen ontstonden.

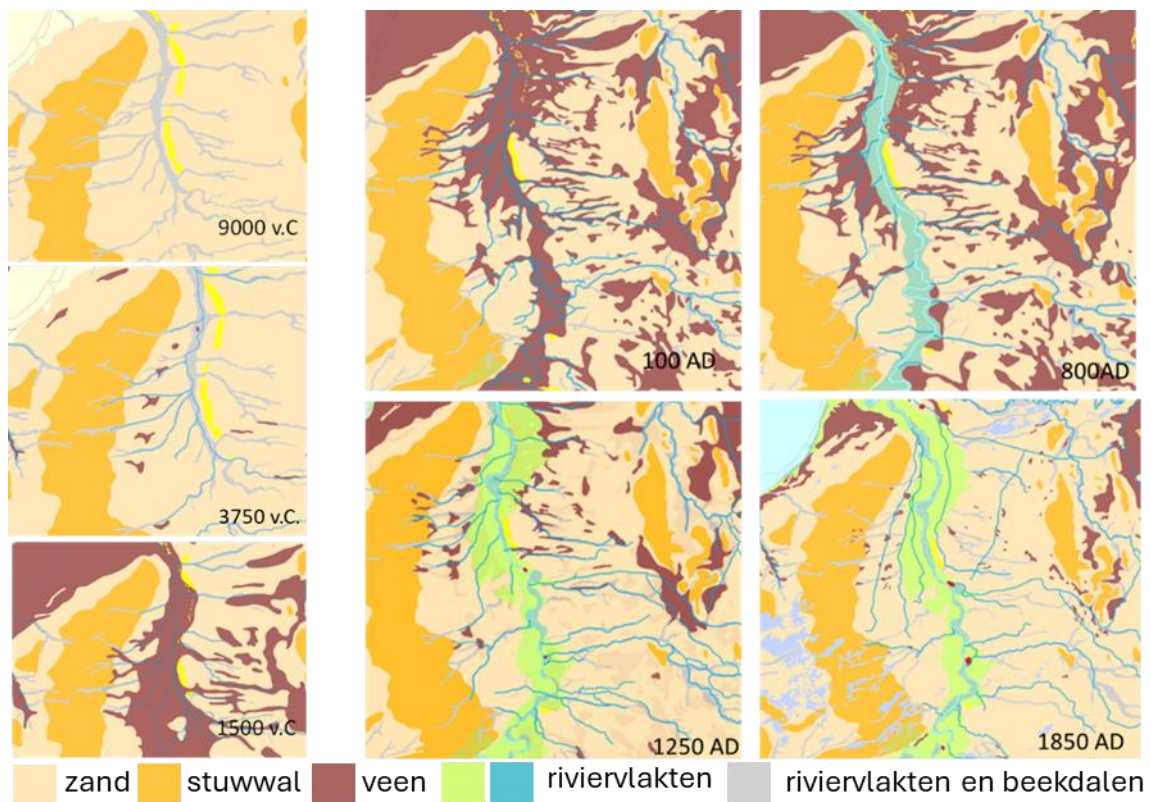
3.2.2 Veenvorming op de Oost-Veluwe

De ouderdom van veen in het Nederlandse landschap is door Vos (2015) bepaald op basis van beschikbare koolstofdateringen. Figuur 10 toont deze (paleografische) kaarten voor verschillende tijdsperioden op de Veluwe en het IJsseldal. Op de Noord-Veluwe zijn op de kaart van 9000 v.C. de smeltwaterdalen te zien waarin in de huidige tijd de gebieden van GLK liggen. Door opwarming en stijging van de waterstanden, begonnen zich venen te vormen, die vanaf 3750 v.C. op de paleografische kaart verschijnen. De venen breiden zich in de loop der jaren uit. Vanaf 800 n.C. ontstaat de IJssel die het veen bij de rivier bedekt met klei. In de tijd die volgt neemt het veenareaal af als gevolg van ontvening door de mens en verdroging (Figuur 10).

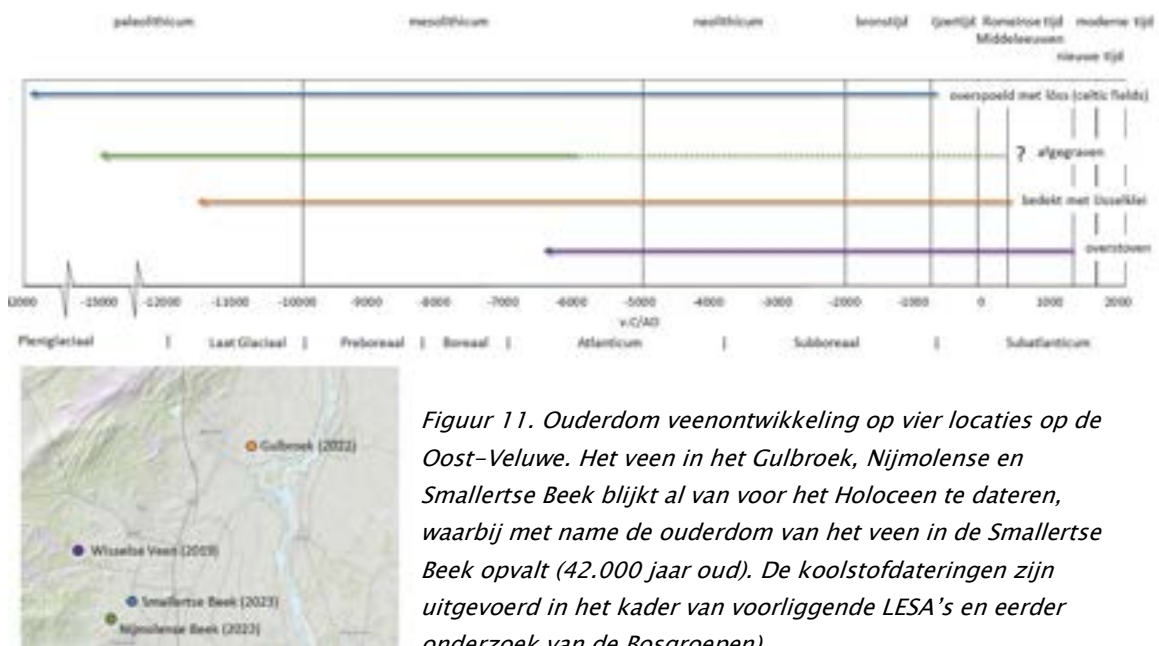
In het kader van de LESA's Nijmolense en Smallertse Beek is in beide gebieden op een locatie de basis van het veen bemonsterd en gedateerd. De veenvorming blijkt op basis daarvan al (veel) eerder op gang te zijn gekomen: 15.000 tot zelfs 42.000 jaar geleden, in het Pleniglaciaal. Ook van de nabije gebieden Wisselse Veen en Gulbroek is bekend dat de veenvorming eerder op gang kwam (Figuur 11).¹⁵ Op dezelfde vier plekken zijn ook de toplagen van het veen bemonsterd. In het Gulbroek en het Wisselse Veen is het veen bedekt met respectievelijk IJsselklei en stuifzand.

Bij de Nijmolense en Smallertse Beek is de toplaag van het intacte veen 751–411 v. Chr., een datering uit de midden ijzertijd. Hierboven is een laag colluvium van verspoelde löss aanwezig. Er zijn sterke aanwijzingen dat dit verspoelde materiaal afkomstig is vanaf de grootschalige ontbossingen die toen plaatsvonden door de aanleg van Celtic Fields. Bovenop het colluvium is een bandering van niet te dateren organische afzetting met löss. Het is aannemelijk dat de toplaag is ontgraven door de latere plaggenwinning/steken van turf/verdroging door ontwatering.

¹⁵ Jansen et al, 2019; Kieskamp et al., 2022.



Figuur 10. Ontwikkeling van bodem van de Veluwe en in het IJsseldal vanaf 9000 v.C. tot 1850 AD. Volgens deze kaarten begint de veenvorming in de smeltwatergeulen pas rond 3750 v.C. (bron: Vos, 2015, geraadpleegd via rce.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Paleogeografischekaarten).



Figuur 11. Ouderdom veenontwikkeling op vier locaties op de Oost-Veluwe. Het veen in het Gulbroek, Nijmolense en Smallerlse Beek blijkt al van voor het Holoceen te dateren, waarbij met name de ouderdom van het veen in de Smallerlse Beek opvalt (42.000 jaar oud). De koolstofdateringen zijn uitgevoerd in het kader van voorliggende LESA's en eerder onderzoek van de Bosgroepen).

3.3 Hydrologie

3.3.1 Regionaal hydrologisch systeem

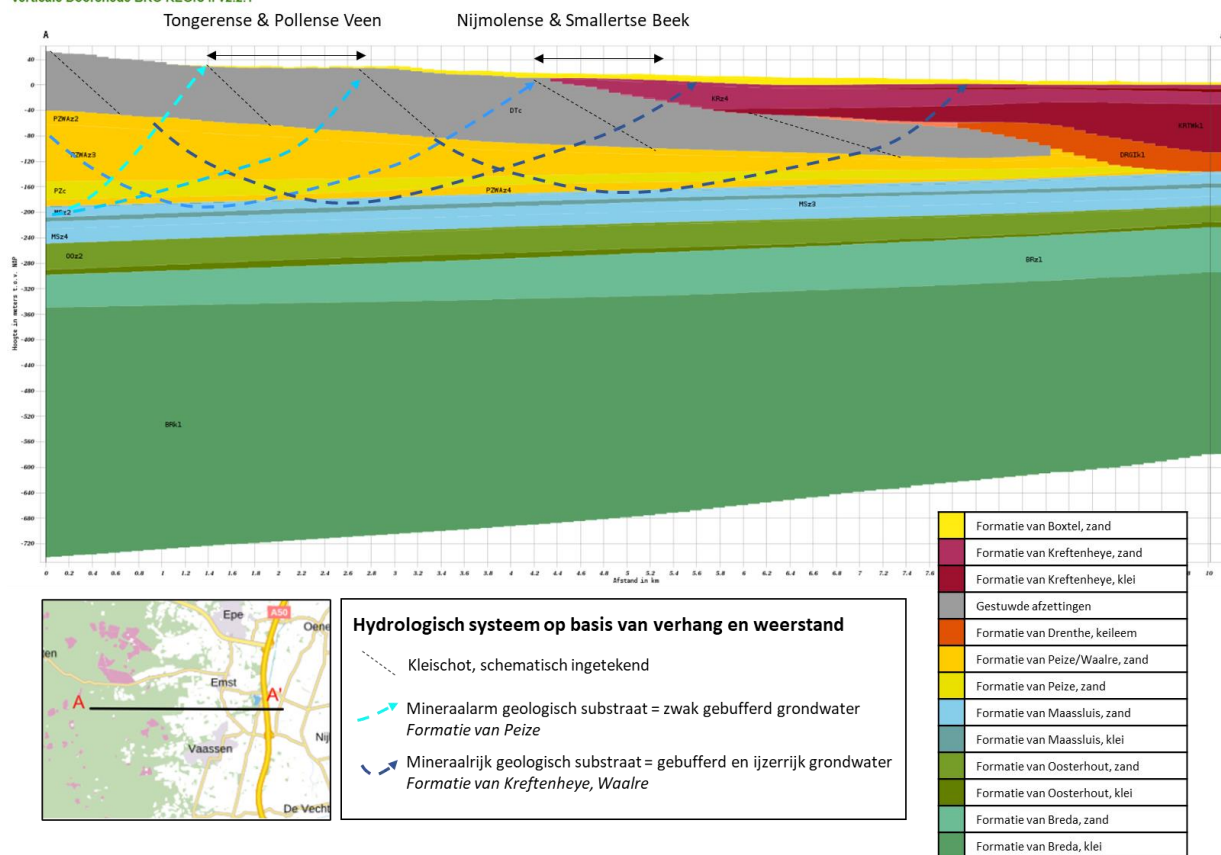
De hydrologie op de Oost-Veluwe wordt gevormd door het reliëfverschil tussen de stuwwal en de IJsselvallei en diverse storingszones in de ondergrond. Het watervoerendpakket vernauwt zich van circa 50m NAP op de top van de stuwwal tot circa 2 m NAP in de IJsselvallei (Figuur 12). Dit betekent dat het grondwater van west naar oost door de ondergrond stroomt. De grootste weerstand, de hydrologische systeembasis (klei) begint vanaf circa 200m onder NAP, maar loopt richting het oosten op naar circa 140m onder NAP. Dit betekent dat het watervoerendstelsel zich vernauwt, wanneer er vanaf de stuwwal druk via infiltrerend grondwater op het hydrologisch systeem wordt uitgeoefend.

Het tongbekken uit het Saalien vormt eigenlijk de grens tussen doorlatende mineraal arme en slecht doorlatende mineraalrijke afzettingen, waartussen doorlatende mineraalrijke zandlagen voorkomen. De basis van dit tongbekken is opgevuld met slechtdoorlatende keileem (Formatie van Drenthe, laagpakket van Gieten), gevolgd door Rijnklei uit de (formatie van Kreftenheye, laagpakket van Twello). Hoger in het tongbekken ligt ook een dunner kleilaag van deze zelfde formatie (laagpakket van Zutphen). De Holocene IJsselklei, speelt geen rol van betekenis in dit geheel.

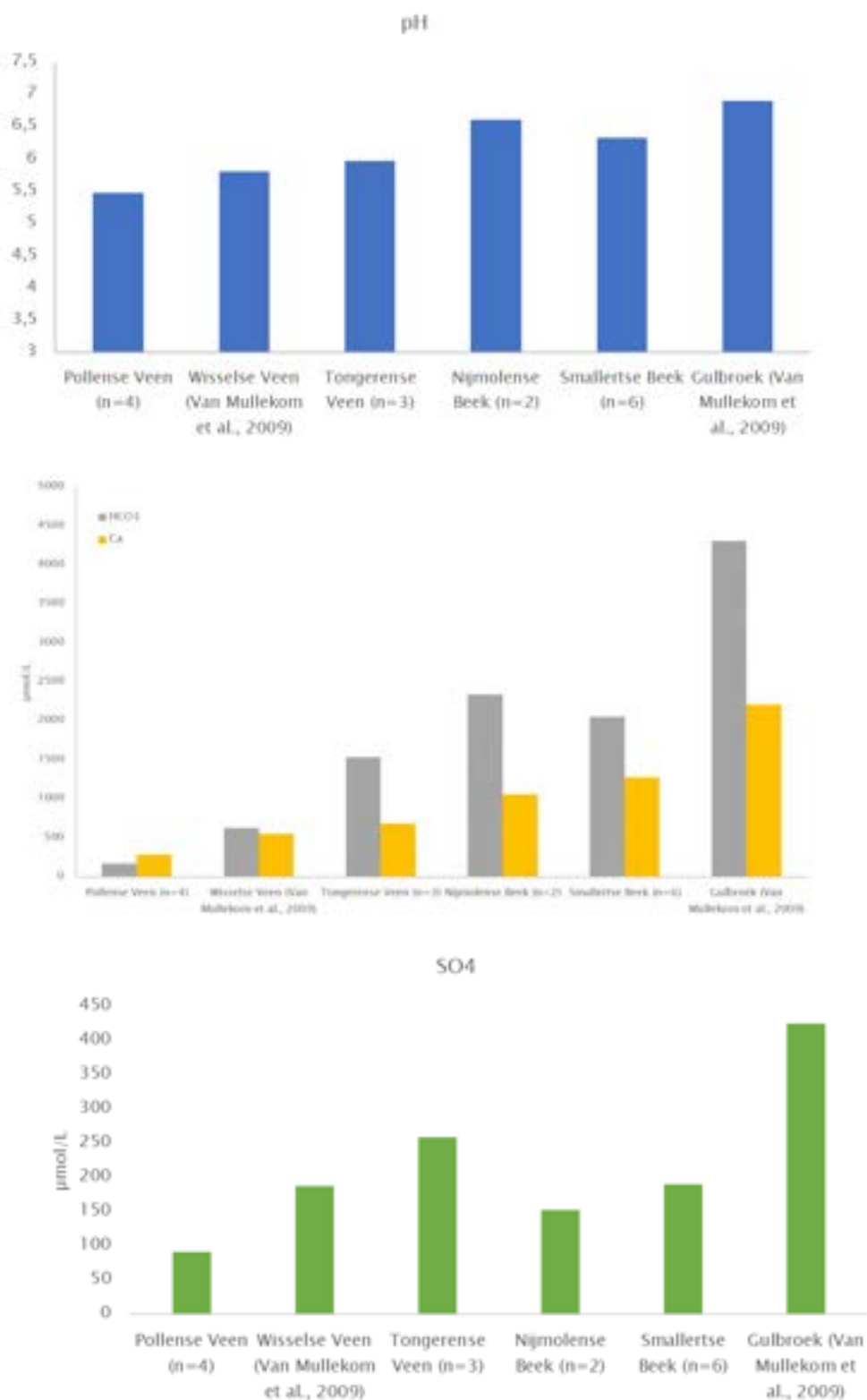
Het gestuwde pakket ten westen van dit tongbekken (DTc) bevat dunne, vermoedelijk onderbroken silt- of kleilagen, die zijn scheefgesteld. Dit betekent dat er ook in het bovenliggende gestuwde pakket, vanaf de Veluwe richting het oosten, steeds meer weerstand in de ondergrond wordt opgebouwd. De onderliggende zandpakketten van de formatie van Peize/Waalre zijn doorlatend, maar vernauwen zich richting het oosten door boven- en onderliggende klei.

De conclusie luidt dat het watervoerendpakket van het Veluwesysteem richting het oosten steeds verder onder druk komt te staan en er een sterke grondwaterdruk in laaggelegen gebieden voorkomt (Figuur 12). Er is een heel duidelijk gradiënt te zien in buffering (zuurgraad, alkaliniteit en calcium) vanaf de Veluwe richting de IJsselvallei (Figuur 13). Dit gradiënt is ook enigszins zichtbaar in de hoeveelheid sulfaat dat waarschijnlijk vanuit diep onderliggende Tertiaire formaties (F.v. Maassluis, Oosterhout, Breda) afkomstig is en vanuit richting het oosten sterk toenemende bodemweerstand wordt opgeperst (Figuur 13).

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



Figuur 12. Geologische doorsnede van doorlatende (zand) en slechtdoorlatende (klei) afzettingen. Doordat het gebied naar het oosten afhelt en richting het oosten vernauwing van kleipakketten in de ondergrond aanwezig is zal het grondwater vanuit het westen onder druk komen te staan. Door verstoringen van silt/klei in de gestuwde afzettingen van de Veluwe zal het onder druk gestelde grondwater zich een weg naar boven zoeken. Alle laaggelegen gebieden op de oostflank van de Veluwe zijn daardoor sterk grondwatergevoed.



Figuur 13. Overzicht van de zuurbuffering van Veluwe richting de IJsselvallei. De verschillen tussen arm stuwalmateriaal en rijk rivierzand in het tongbekken komt fraai tot uiting in de alkaliniteit en hoeveelheid calcium. De aanwezigheid van sulfaat heeft vermoedelijk een relatie met diep grondwater dat in contact komt met Tertiaire zeeafzettingen in de ondergrond.

3.3.2 Watergangen en grondwaterstromingsrichting

Het isohypsenpatroon, is gebaseerd op gelijke waterstandshoogten in peilbuizen. Wanneer haaks op het patroon wordt gekeken blijkt de regionale stromingsrichting het reliëf te volgen en is globaal west-oost. De smeltwaterdalen hebben op een kleiner schaalniveau ook effect op de stromingsrichting zoals te zien bij het Tongerense Veen. Daar is de voeding meer vanuit het zuidwesten. Op een meer lokaal schaalniveau zijn de watergangen in het gebied van invloed op de stromingsrichting. Deze liggen veelal haaks op het isohypsenpatroon, in de smeltwaterdalen (Figuur 14). De hoofdwatergangen in de deelgebieden zijn van noord naar zuid de Vlasbeek en Paalbeek (Tongerense Veen), de Smallertse Beek met diverse zijwatergangen en de Nijmolense Beek met diverse zijwatergangen. De Smallertse Beek maakt een knik naar het zuiden, hij is hier langs de westflank van de smeltwaterwaaier gegraven, de verhoging waarop Emst gelegen is (Figuur 14).

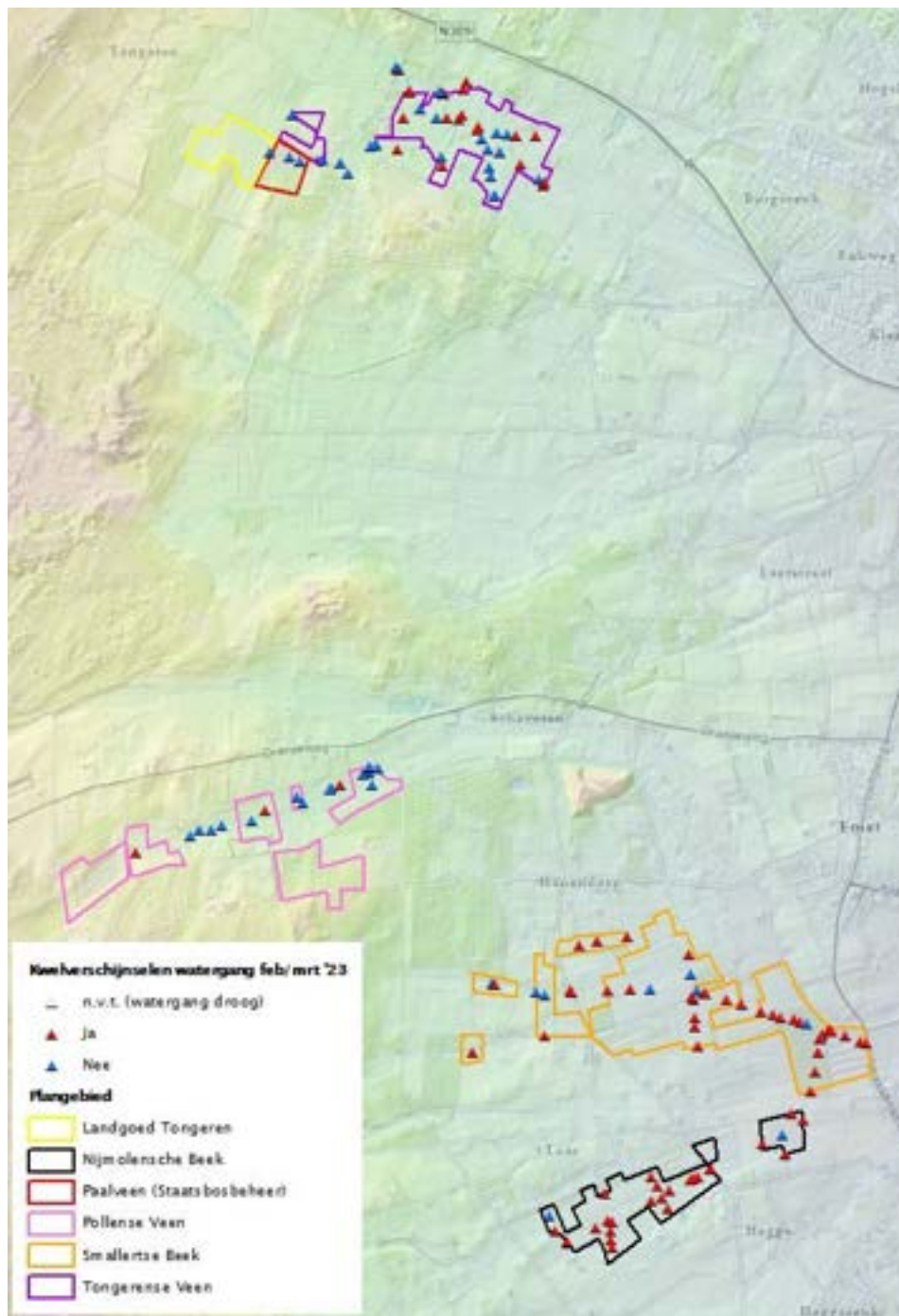


Figuur 14. Watergangen (A- en B-wateren, Legger Waterschap Valleij & Veluwe) en isohypsen (bron isohypsen: grondwatertools).



3.3.3 Lokaal watersysteem in relatie tot regionaal hydrologisch systeem

De grens van het Veluwesysteem en het tongbekken van het IJsseldal komt tot uiting in het voorkomen van ijzerrijk grondwater, een indicatie voor dieper grondwater. Vooral het landgoed Tongeren, Paalveen en Pollense Veer bevatten grotendeels ijzerarm freatisch grondwater. In de Nijmolense en Smallertse beek, die dichterbij het tongbekken liggen, overheerst ijzerrijk grondwater. Dit water is in aanraking geweest met de rijke afzettingen van de formatie van Kreftenheye, in het tongbekken (Paragraaf 3.1.2). In het Tongerense veen komt zowel ijzerarm als ijzerrijk grondwater voor. Die ijzerrijkdom is niet het gevolg van aanrijking door afzettingen in het tongbekken, want het Tongerense Veer ligt te ver naar het westen, op de stuwwal. Een mogelijke verklaring voor de ijzerrijkdom is dat dat dieper grondwater betreft dat in aanraking is geweest met diep gelegen, rijke afzettingen uit de formatie van Maassluis (Figuur 12). De verhoogde sulfaatconcentraties zijn hier een ook aanwijzing voor, want het betreffen zee-afzettingen die rijk zijn aan pyriet (FeS_2).

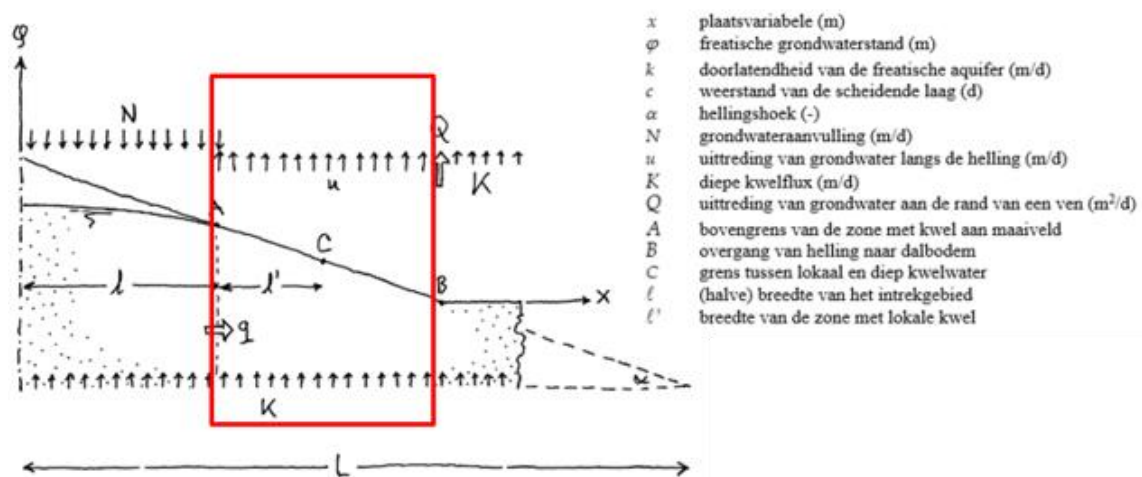


Figuur 15. Kwelverschijnselen in de watergangen in de vier gebieden einde winter 2023.

De kwelverschijnselen die zichtbaar zijn, liggen vooral op sterke terreintreden in het landschap. Op de flanken van de smeltwaterdalen vindt een preferentie toestroming van grondwater uit de diepere ondergrond plaats. Deze zone wordt de kwelhelling genoemd, beschreven door Jansen & Maas (2000) (Figuur 16). Infiltrerend regenwater (N) in omliggende zandruggen komt in de ondiepe ondergrond het freatisch grondwater tegen (K). Hierdoor zal een deel van het grondwater horizontaal richting de smeltwaterdalen stromen (q). Stroming van grondwater vindt plaats op hellende terreindelen. Onderin de dalen staat in de winter het water op maaiveld, waardoor in plassen geen sprake is van helling (B). Op het knippunt van de helling naar de plassen zal daarom het grondwater

uittreden (l'). De kweldruk in combinatie met het niveau van de plas (of sloot) bepaald de hoogte en zone waar het grondwater uittreedt. In een natuurlijke situatie zal het grondwater in een brede zone uittreden (C).

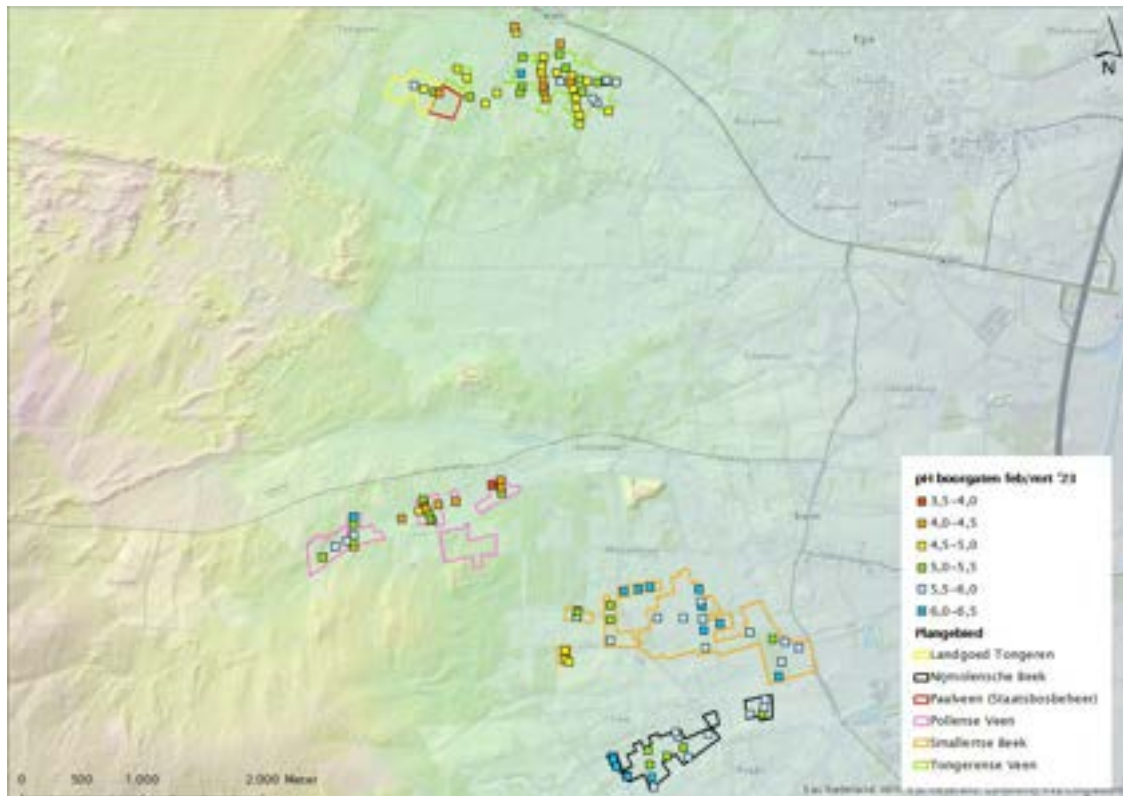
De kwelhelling is op grote schaal aanwezig langs alle randen van de smeltwaterdalen (knikpunt beekerdgronden en veengronden).



Figuur 16. Wiskundige benadering van de relatie tussen het lokale grondwatersysteem dat wordt gevormd door infiltrerend regenwater (N) in omliggende zandruigen en het regionale hydrologische systeem dat vooral uittreedt (K) in hellende gebieden waar geen regenwater stagneert (C). Stagnerend regenwater leidt tot remming van uit de hoger gelegen hellingen toetredend grondwater (B en x). Het grondwater zal daarom vooral uittreden op het grensvlak van helling naar plas (u en l'). Jansen & Maas, 2000.

pH

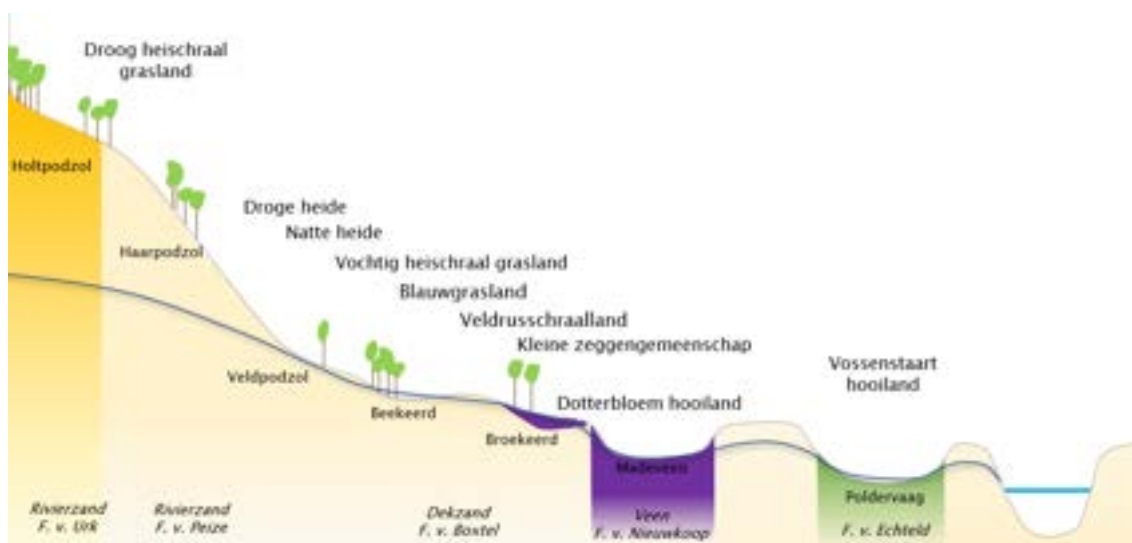
Figuur 17 toont de pH van het grondwater in boorgaten einde winter 2023 ter illustratie van de verschillen in waterkwaliteit tussen de vier gebieden. De pH-waarden van het grondwater in het iets hoger gelegen Pollense Veen en Tongerense Veen is relatief laag ten opzichte van de Nijmolense en Smallertse Beek, namelijk 3,5–5,5 (zuur tot matig zuur). In de Smallertse en Nijmolense Beek zijn veelal pH-waarden van 5,5–6,5 gemeten (zwak zuur tot zwak gebufferd). Het lijkt er dus op dat de laatste twee gebieden in de winter invloed hebben van gebufferd grondwater, met hogere pH-waarden als gevolg.



Figuur 17. pH van het grondwater in boorgaten (ca. 1-2 m diepte) einde winter 2023.

3.4 Te verwachten vegetatie

Op basis van de landschapsvormende factoren, bodem en water en aangetroffen indicatorsoorten zijn op hoofdlijnen de volgende potenties voor de vegetatie af te leiden. In Figuur 18 is globaal de opeenvolging van te verwachten vegetatiegemeenschappen aangegeven in de plangebieden. Hierbij is uitgegaan van een beheer van maaien en afvoeren, zoals dit van oudsher in dergelijke gebieden is gevoerd en waarbij de halfnatuurlijke graslanden en heiden zijn ontstaan. Deze gemeenschappen zijn vaak rijk aan zeldzame en bedreigde soorten. Tot halverwege de twintigste eeuw kwamen deze typen graslanden in Nederland veel en met grote oppervlakten voor. Door ontwatering en bemesting zijn deze gemeenschappen op de meeste plaatsen verarmd. Figuur 18 geeft een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, dus in grote lijnen een gradiënt van droog en zuur naar nat en meer basisch. In de werkelijke situatie ontstaat er ook op kleinere schaal een mozaïek van deze vegetatiegemeenschappen, door een variatie in microreliëf en milieuomstandigheden. Zo zullen bijvoorbeeld door veenvorming zure neerslaglenzen met kleine zeggenvegetatie worden gevormd in het kwelmoeras met dotterbloemhooiland.



Figuur 18. Overzicht van de vegetatiekundige gradiënt die in potentie aanwezig is. Landgoed Tongeren, het Pollense Veen liggen vooral links in de gradiënt. Het Tongerense veen, Nijmolense beek en Smallerse beek hebben hun zwaartepunt verder rechts in het schema.

Wanneer er niet wordt gemaaid en afgevoerd zal er na verloop van tijd struweel en bos ontstaan. Van nat naar droger zijn dit Wilgenbroekstruweel, Elzenbroekbos, Vogelkers–Essenbos, Berkenbroekbos, Berken–Eikenbos en Beuken–Eikenbos. Tabel 1 geeft een overzicht van de te verwachten vegetaties per bodemtype bij een extensief (maai)beheer (korte vegetatie) en bij achterwege laten van actief beheer (“climaxvegetatie”). Wanneer de abiotische condities op orde zijn, heeft bos hoge natuurwaarden. Overigens zijn goed functionerende venen zo nat dat er vrijwel geen bomen groeien.

Een kanttekening van bos is dat het een effect heeft op het bodemvocht. Dit speelt vooral op de infiltratiezones (podzolgronden) of plekken met wisselende waterstanden (gooreerdgronden, ondiepe leemgronden). In kwelgebieden lijkt ontwatering dominant over verdamping en interceptie door bomen, maar kan bos wel voor extra verdroging zorgen.

Tabel 1. Overzicht van standplaats- en vegetatiekenmerken

Bodemtype	Korte vegetatie	Climaxvegetatie
Holtpodzolgrond	Droog heischraal grasland	Beuken–Eikenbos
Haarpodzolgrond	Droge heide	Berken–Eikenbos
Veldpodzolgrond	Natte heide	Berken–Eikenbos
Beekeerdgrond	Blauwgrasland/ Kleine zeggengemeenschap/veldrusschraalland	Vogelkers–Essenbos
Broekeerdgrond	Kleine zeggengemeenschap/kalkmoeras/veldrusschraalland Dotterbloemhooiland	Berkenbroek, Elzenbroek ¹
Veengrond	Dotterbloemhooiland	Elzenbroek ¹
Waardveengrond Poldervaaggrond	Dotterbloemhooiland, Vossenstaart hooiland	Elzenbroek, Wilgenbroek

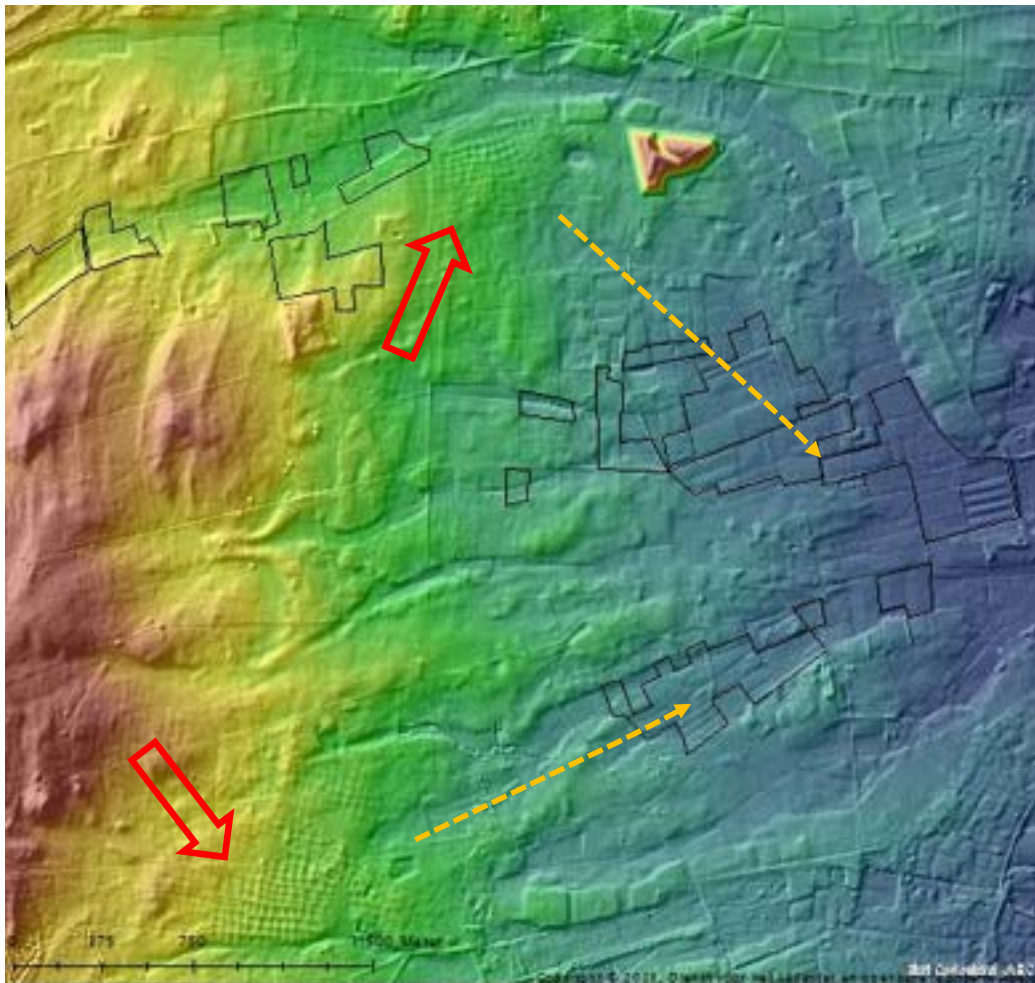
¹ Intacte venen zijn zo nat dat er weinig (en lage) bomen groeien.



In de desbetreffende deelrapporten wordt dieper ingegaan op de daadwerkelijk aangetroffen vegetaties per deelgebied, die in hoofdzaak bestaan uit rompgemeenschappen. Door ontwatering en bemesting is een vooral zuur en voedselrijk systeem ontstaan, waarbij de natte, basenrijke component in maaiveld ontbreekt. Storingsoorten als pitrus kregen hierdoor een kans. De percelen zijn relatief kortgeleden uit landbouwkundig gebruik genomen. Dankzij een verschrallingsbeheer bevatten zij een aantal indicatoren die de beschreven potenties bevestigen. Ook de vegetaties in de bestaande oudere natuurreservaten zoals het Wisselse veen, Paalveen en Nijmolense beek geven deze potentie aan. De indicatorsoorten en bestaande reservaten geven de indruk dat er ooit een complex mozaïek was van drogere en nattere plekken, waarin onder zowel zure als basische omstandigheden veenvorming plaatsvond.

3.5 Historische ontwikkelingen

Eerder is beschreven dat al in de Midden IJzertijd (751–411 voor Christus) onomkeerbare veranderingen plaatsvonden (paragraaf 3.2.2). Aan de veenvorming in het gebied met de Smallertse beek bleek een abrupt een einde te komen door regionale ontbossing, de aanleg van Celtic Fields (Figuur 19).¹⁶ Löss spoelde weg richting de smeltwaterdalen lager in het systeem. Dit leidde in de ijzertijd al tot een eind aan de veengroei. Hiermee zijn sterke aanwijzingen dat de mens het landschap al stevig beïnvloedde.



Figuur 19. Overzicht van restanten van Celtic Fields (rode blokpijlen) en de herkomst van colluviale afzettingen in de dalbodems. In deelgebied Smallertse beek past de eindatering van het veen (751–411 v.C.) en daarmee de basis van deze verspoelde afzettingen (oranje stippelpijl) bij de aanlegfase van de Celtic Fields in de Late Prehistorie.

¹⁶ Zie LESA Smallertse Beek, Kieskamp et al., 2024.

Vanaf de 7^e en 8^e eeuw begon de bevolking op de Veluwe flink te groeien. Bossen werden gebruikt voor akkers en het weiden van vee. De halfopen boslandschappen die daardoor ontstonden, zijn te herkennen aan het toponiem 'loo', in plaatsnamen verkort tot -el, zoals Wissel ten zuiden van het Tongerense Veen. Al vanaf de vroege middeleeuwen lukte het de omwonenden om de veengebieden op de Veluweflank te ontginnen.¹⁷ Aan de soorten die toen voorkwamen is te zien dat het landgebruik intensiverde (opener bos, landbouwgewassen).¹⁸ Aan het eind van de middeleeuwen is de noord-Veluwe grotendeels boomloos volgens de oudst beschikbare kaart van de Veluwe uit 1573 (Figuur 20). Deze figuratieve kaart laat de venen zien op de oostflank van de Veluwe tussen Epe en Vaassen.



Figuur 20. Fragment van de kaart van Christian Sgrooten uit 1570 (geraadpleegd via <https://www.elspeethistorie.nl/luchtfotos/topografische-kaarten/veluwe-1570>).

In de 16^e en 17^e eeuw zijn diverse watermolens bij de gebieden aangelegd (Figuur 21; Tekstkader 1). De ligging van de Veluwse molens wijkt af van die van andere molens in Nederland, waarbij de beek werd afgedamd om voldoende hoogteverschil te krijgen. Vanwege de natuurlijke hoogteverschillen op de Veluwe kon het beekwater langs de beekdalflank worden geleid, waardoor de beken dus boven de grondwaterspiegel liggen.¹⁹ De beken in het Tongerense Veen, Nijmolense beek en Smallerlse beekgebied zijn over grote delen opgeleid, wat betekent dat ze hoger in het landschap liggen (Figuur 21). Dat betekent dat ze niet draineren, of zelfs water kunnen afgeven aan omgeving. Delen zijn echter niet opgeleid en draineren wel degelijk, Dit kunnen soms korte tracés zijn die niet zijn aangeduid in Figuur 21. De watergang door het Pollense Veen is geen hoofdwatgang en staat niet op deze kaart.²⁰ Op basis van de kaart van De Man is van de bestaande

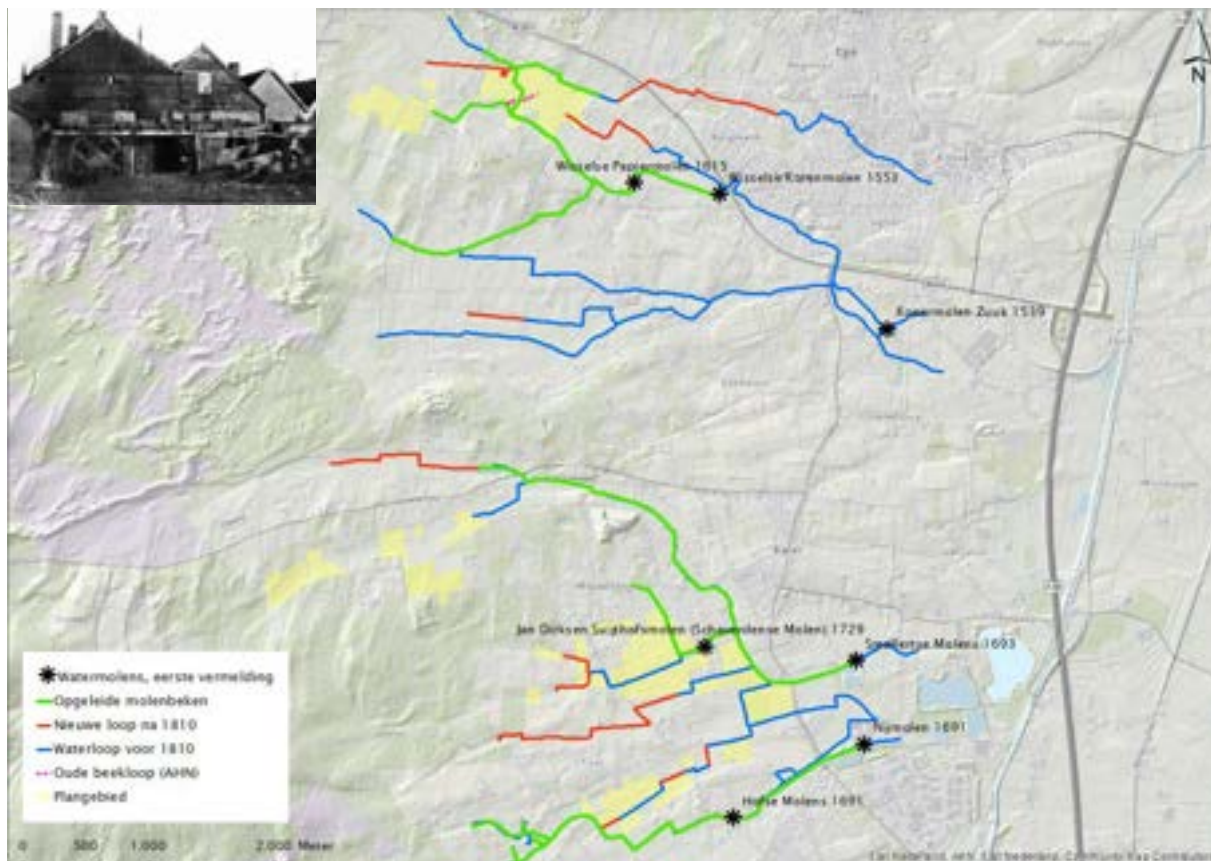
¹⁷ Neefjes, 2018.

¹⁸ Jansen et al., 2019.

¹⁹ Neefjes, 2018.

²⁰ A-water volgens legger waterschap Vallei & Veluwe.

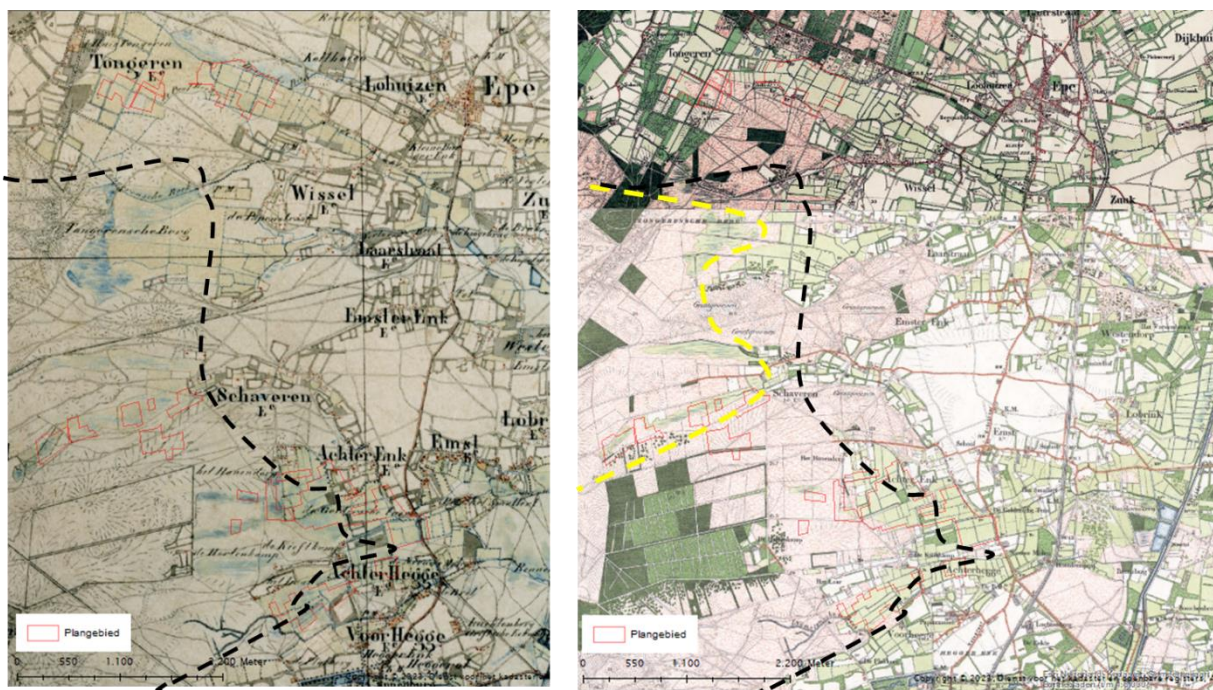
hoofdwatgangen de ouderdom aangegeven (ouder of jonger dan 1810) (Figuur 21). Dat laat zien dat na 1810 een aantal watgangen verlengd hoger op de helling, zoals bij deelgebied Smallertse Beek en ten noorden van het Pollense Veen.



Figuur 21. Ligging van watermolens 16e en 17e eeuw (databron: Bekenstichting), ligging opgeleide molenbeken (op basis van het AHN) en ouderdom overige watgangen op basis van De Man (1807). Inzetfoto: Wisselse papiermolen anno 1896 (bron: www.sprengbeken.nl/wisselse-papiermolen)

Buiten de opgeleide beken en enkele startende ontginningen is rond 1807 het gebied nog vrijwel onontgonnen.²¹ Tussen 1807 en 1850 gaat de ontginning verder de helling op en is het Tongerense Veen en een deel van de gebieden Nijmolense en Smallertse Beek in cultuur gebracht. Tussen 1850 en 1900 wordt die grens nog verder opgeschoven naar het westen (Figuur 22).

²¹ Kaarten De Man (1807), hier niet opgenomen, zie gebiedsspecifieke rapportages.



Figuur 22. Ontginningsgrens in 1850 (links) en 1900 (rechts). Met zwart is de grens tussen wel en niet ontgonnen aangegeven rond 1850, met geel de grens in 1900.

Tekstkader 1. informatie over de watermolens nabij de onderzoeksgebieden (bron: Bekenstichting).

In de gebieden van GLK zelf hebben geen watermolens gestaan. Vlak naast het gebied Smallerlse Beek stond de Jan Dirksen Suijthofsmolen (Schaverdense Molen), voor het eerst genoemd in 1729. Ten oosten van deze molen in het bekensysteem stonden de Smallerlse molens. Dit waren papiermolens, die rond 1693 gebouwd zijn. In 1854 is de zuidelijke molen tot korenmolen verbouwd. De noordelijke molen is omstreeks 1860 afgebrand. In 1910 werd de molenplaats verkocht aan de Nederlandsche Heide Maatschappij die hier een forellenkwekerij begon en een groot complex visvijvers aanlegde. Het oude molengebouw is al gauw daarna afgebroken. Naast het huidige molengebouw is de gemetselde waterval enkele jaren geleden hersteld door het Waterschap.

Langs de Nijmolense Beek stonden ook diverse molens. De Hofse molens bestonden uit twee papiermolens, gebouwd rond 1691. In 1982 zijn beide molengebouwen afgebroken. De Nijmolen ten oosten van de Hofse molens is bekend sinds 1691. Een tweede molen is gebouwd, maar beide molens zijn afgebrand in 1745 en daarna herbouwd. De molens zijn tegenwoordig niet meer aanwezig.

Ten zuiden van het Tongerense Veen langs de Tongerense Beek stonden ook enkele molens. De Achterste Molen is gebouwd in 1710. De Wisselse Papiermolens stonden ten oosten hiervan, waarvan de eerste gebouwd is in 1615. Weer ten oosten hiervan stond de Wisselse Korenmolen, voor het eerst bekend in 1553. Al deze molens zijn tegenwoordig niet meer aanwezig. Op de plek van de Wisselse Korenmolen geeft een waterval over een keistenen glooiing de locatie aan.

Ten oosten van deze molens in het bekencomplex, ten zuiden van Epe, stonden meer korenmolens, de Zuiker Molens, waarvan de oudste voor het eerst bekend was in 1539.



Rond 1930 zijn de gebieden heel fijnmazig verkaveld en voorzien van detailontwatering. De voorheen grootschalige open landschappen zijn dan veranderd in een zeer kleinschalig cultuurlandschap. Geleidelijke overgangen van droog, arm naar nat rijk zijn dan verdwenen. Vanaf de jaren '60 van de vorige eeuw werden ook hoofdontwateringen gegraven zoals in het Pollense Veen en verdrogen en verzuren de broekgebieden. Door mineralisatie en mestoverschotten is de bodem sterk voedselrijk geworden in vergelijking met de periode voor 1900. Desondanks zijn er binnen reservaten, met lokale herstelmaatregelen toch natuurwaarden over gebleven of op zeer beperkte schaal weer tot ontwikkeling gekomen door natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond.

3.6 Synthese regionale systeem

De vier gebieden Tongerense Veen, Pollense Veen, Nijmolense en Smallertse Beek liggen in smeltwaterdalen op de Veluweflank. Ze zijn ontstaan in de laatste ijstijd en op tal van plekken was sprake van veenvorming. Dit wijst op historisch gezien permanent natte omstandigheden door een continue aanvoer van grondwater.

Er is qua milieukeurmerken een tweedeling te zien, waarbij het Tongerense en Pollense Veen westelijker en hoger in het landschap liggen. Ze liggen weliswaar op de stuwwal, maar ook in smeltwaterdalen met verstuwde en door zijn ouderdom ook armere rivierzanden. De Nijmolense en Smallertse Beek liggen lager op de stuwwalflank, eigenlijk al boven het tongbekken van de IJssel. Dit diepe bekken is na de voorlaatste ijstijd opgevuld met een dikke basis van kalkhoudende rivierklei gevolgd door kalkrijke rivierzanden en klei uit het Oerrijs-systeem. Tenslotte liggen hierboven smeltwaterafzettingen en in mindere mate windafzettingen uit de laatste ijstijd. Door het reliëf van ruggen en laagten kon het grondwater en oppervlaktewater lastig wegstromen. Hierdoor zijn al in de laatste ijstijd in alle gebieden venen ontstaan, die richting het oosten steeds meer basenhoudend worden.

Het ontstaan van veenvorming hoog in het landschap komt door vernauwing van het watervoerende pakket richting het oosten. Hierdoor wordt diep grondwater opgeperst. In het westen is dit relatief arm aan basen vanwege armere geologisch afzettingen (Formatie van Peize/Waalre). In het oosten komt is dit grondwater veel mineraalrijker door aanrijking vanuit de Formatie van Kreftenheye. Door de lagere ligging treedt hier ouder en mineraalrijker grondwater uit. In combinatie van de mineralogisch rijkere ondergrond (jongere rivierzanden) zijn deze gebieden sterker gebufferd dan het Tongerense en Pollense Veen. Doordat het grondwater vanuit het Veluwesysteem tegen de slecht doorlatende kleiopvulling in het Tongbekken van de IJssel botst en het Veluwesysteem aan zowel de bovenzijde als onderzijde door slecht doorlatende lagen wordt begrensd, is er sprake van diep uittredend grondwater. Dit water is zelfs aangerijkt met sulfaathoudende afzettingen de Tertiaire ondergrond. Door de aanwezigheid van ijzer ontstaat op sommige plekken pyriet in de bodem. Zolang de bodem waterverzadigd blijft en niet wordt bemest met nitraat blijft pyriet stabiel. Wanneer pyriet oxideert door ontwatering of bemesting leidt dat tot veenafbraak en ernstige bodemverzuring. In de deelgebieden waar dat speelt wordt hier nader op ingegaan.

Tussen 1800 en 1960 zijn de deelgebieden vooral voorzien van een fijnmazige detailontwatering en daardoor is de bodem verdroogd en verzuurd. Bijzondere planten staan wel in de slootkanten maar niet meer in de percelen. Het goede nieuws is dat door de sterke grondwaterdruk en overwegend goede waterkwaliteit het gebied eenvoudig kan



worden hersteld door interne watergangen te dempen en de doorgaande te verondiepen. Door het sterk aflopende verhang en lage ligging kan dit op tal van plekken zonder al te veel omgevingseffecten. In de uitwerkingen is per deelgebied een voorstel gemaakt welke herstelmaatregelen waar wenselijk zijn.

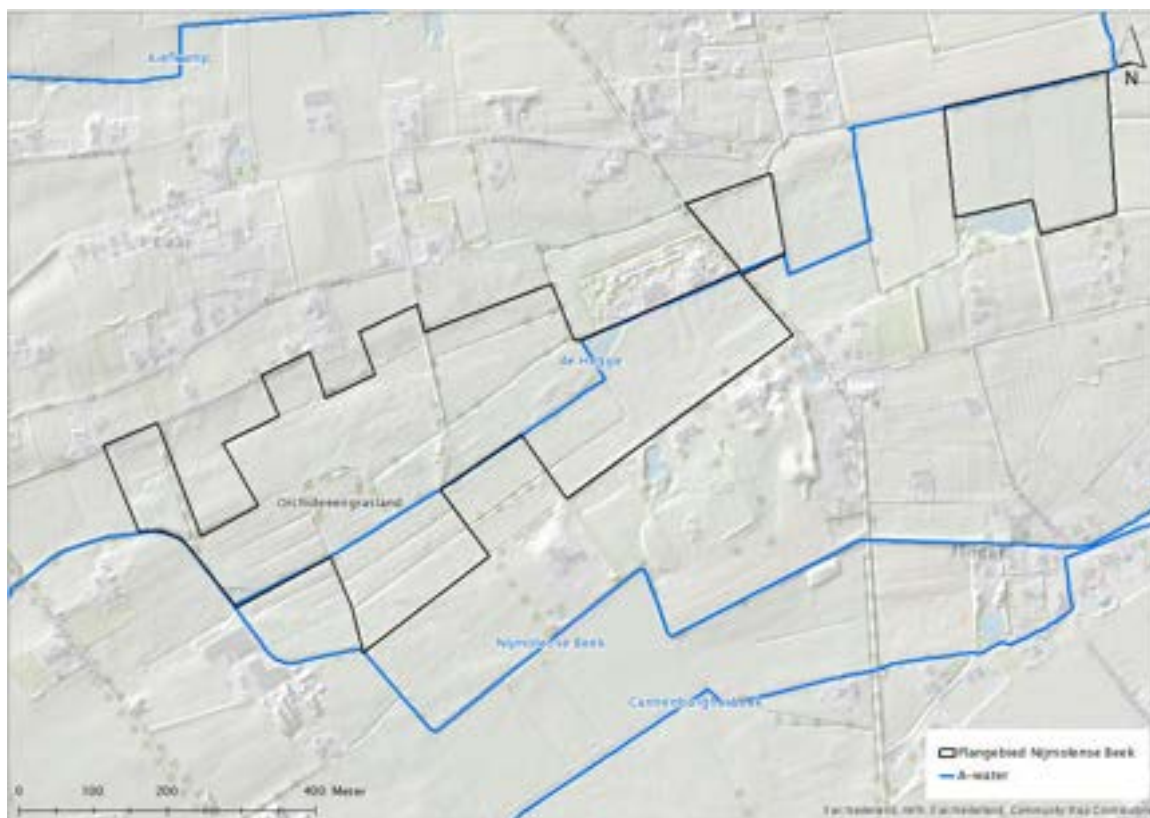
4 Resultaten Nijmolense Beek

4.1 Inleiding en onderzoeksvragen

Na de beschrijving van het regionale systeem van de noordoost-Veluwe met daarin het Tongerense Veen, Pollense Veen, Smallertse en Nijmolense Beek, gaat dit hoofdstuk specifiek over het gebied Nijmolense Beek. Onderzoeksvragen zijn:

- Hoe ziet het natuurlijke watersysteem eruit?
- Wat is het effect van de beek en andere watergangen op de actuele hydrologische situatie?
- Welke flora en vegetatie zijn aanwezig?
- Wat zijn natuurpotenties?
- Welke cultuurhistorische waarden kunnen worden versterkt?
- Welke maatregelen zijn mogelijk en nodig om de potentiële natuurtypen tot ontwikkeling te laten komen?

De begrenzing van het onderzoeksgebied met toponiemen is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23: Begrenzing onderzoeksgebied Nijmolense Beek (24 ha) met hoofdwatergangen en de ligging van het al ingerichte perceel, in deze LESA het 'orchideeëngrasland' genoemd.

4.2 Historische ontwikkelingen

Het gebied wordt geflankeerd door de Nijmolense Beek, een opgeleide beek met sprengen. Op de kaart van De Man uit 1807 zijn deze watergangen goed zichtbaar (Figuur 24). De watergang en sprengen zijn in de 17^{de} eeuw gegraven ten behoeve van de watermolens Hofse Molen en Nijmolen.²² Het bovenstroomse gebied van het onderzoeksgebied is in deze periode nog grotendeels in collectief gebruik. De blauwe zone in de heide wijst op natte omstandigheden in een verder nog vrijwel onontgonnen gebied. Ten noorden is 'Het Laar' te zien, een toponiem dat duidt op een bosachtig moerassig terrein.²³ Het toponiem voert terug de periode ver voor 1807, toen het gebied nog niet was ontgonnen tot bouwland.



Figuur 24: Nijmolense Beek en sprengen op de kaart van De Man uit 1807. Het gebied van GLK is globaal aangegeven met rode cirkel.

Tussen 1807 en 1850 is de ontwatering geïntensiveerd om het gebied te kunnen ontginnen, er verschijnen meer watergangen op kaart (Figuur 25). De omgeving was nog vrijwel boomloos en bestond uit heide. In 1900 is het plangebied zelf al grotendeels in gebruik als grasland. In de omgeving verschijnen bossen op de kaart. Het bovenstroomse gebied bestaat nog vooral uit heide en wordt in de jaren daarna verkaveld (zie 1925 en 1950 op Figuur 25). De kleinschalige percelen zijn dus relatief recent ontstaan.

²² Bekenstichting.

²³ Geïntegreerde Taalbank Nederland.

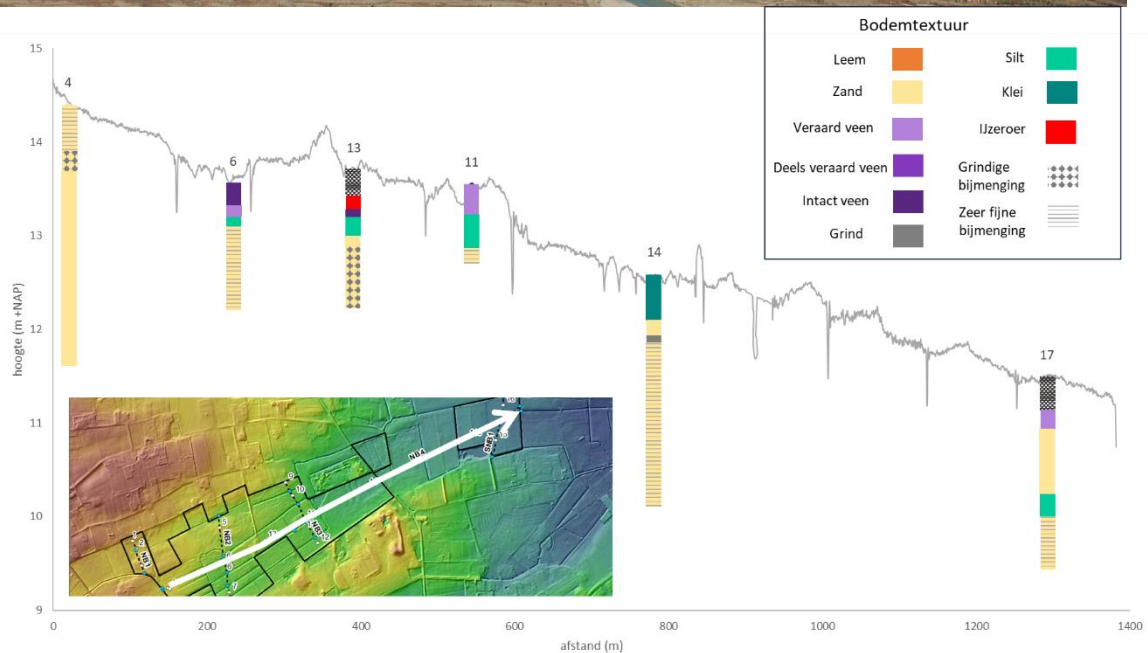


Figuur 25: Veranderingen in het gebied door de jaren heen. De globale ligging van het gebied is rood omcirkeld.

4.3 Geologie en bodem

4.3.1 Geologische afzettingen

De ondergrond in de Nijmolense Beek bestaat vrijwel geheel uit smeltwaterafzettingen (gerekend tot de formatie van Boxtel). Afhankelijk van de positie in het smeltwaterdal met vlechtende geulen (hogere of lagere dynamiek) is fijner of grover materiaal afgezet. Figuur 26 toont de variatie in ondergrond aan de hand van een doorsnede van west naar oost door het gebied. Op deze minerale ondergrond van zand, silt en grind, heeft zich veen gevormd (formatie van Boxtel). Opvallend is het kleidek dat op een aantal locaties is aangetroffen (zoals boring 14 in Figuur 26). Aannemelijk is dat deze is afgezet door de IJssel (formatie van Echteld). Hier wordt in de volgende paragraaf verder op ingegaan.



Figuur 26: De ondergrond in het gebied bestaat uit smeltwaterafzettingen (allemaal gerekend tot de formatie van Boxtel), geïllustreerd aan de hand van een profiel van west naar oost door het gebied met per boorlocatie de verschillende bodemlagen. De foto's tonen een siltlaag (linksboven), veen op zand en grind (rechtsboven) en de Lasa-rivier in Tibet als illustratie voor de wisselende afzettingen in smeltwatersystemen.

4.3.2 Bodemtypen en –opbouw

Bodemtypen geven inzicht in de opbouw van de ondiepere ondergrond (<80 cm diepte). Binnen de smeltwaterdalen, waarin de onderzochte percelen liggen, zijn bodems gevormd die hoofdzakelijk onder invloed van grondwater zijn gevormd. Het grootste deel van het gebied bestaat uit moerige eerdgronden en madeveengronden. Madeveengronden hebben een veenpakket van dikker dan 40 cm, waarvan de toplaag is verdroogd. De veenlaag bij moerige eerdgronden is dunner dan 40 cm. Het veen in het gebied is ooit dikker geweest, maar door ontvening in het verleden en verdroging (en daardoor mineralisatie) is een deel

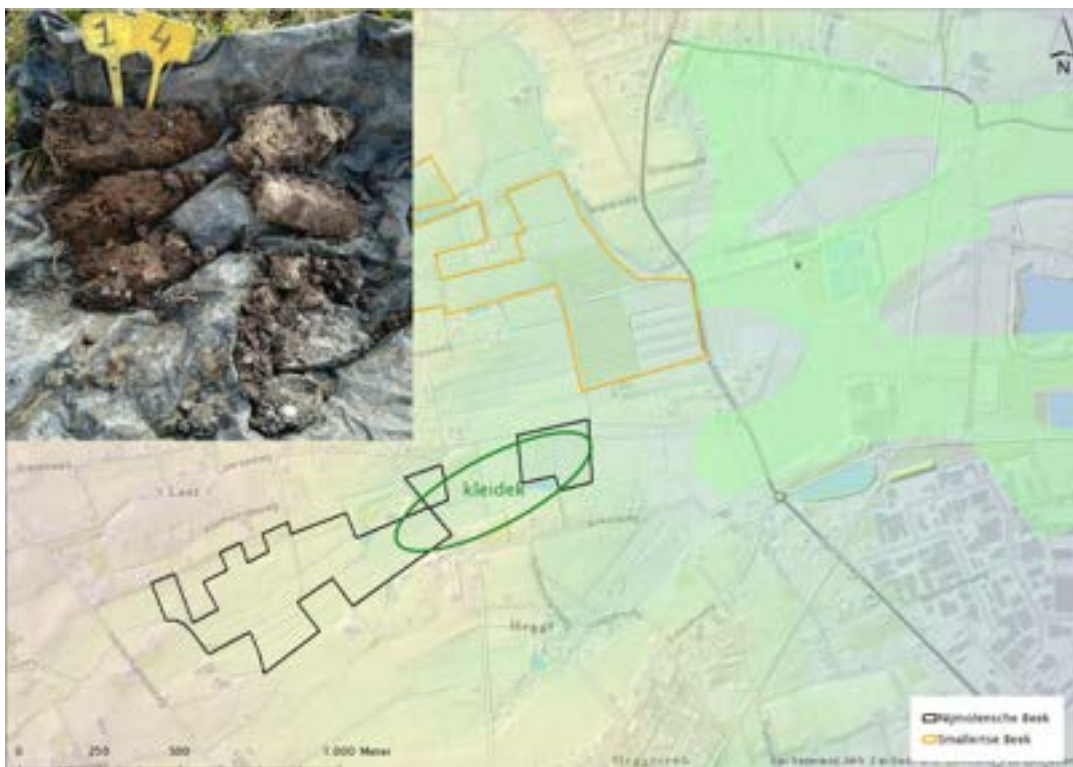
van het pakket verdwenen. Het resterende veen is veelal gemineraliseerd (veraard), op enkele plekken is het nog redelijk intact (Figuur 29).

Binnen het areaal van veengronden liggen enkele hoger gelegen minerale (zand)gronden. Er zijn in deze opduikingen gooreerd- en beekoordgronden onderscheiden. Beekoordgronden zijn gevormd onder invloed van ijzerrijk grondwater, dat 's winters aan maaiveld staat. Roest (gleyverschijnselen), ontstaan door oxidatie bij wisselende grondwaterstanden, is zichtbaar tot bovenin het profiel. Soms zijn zelfs ijzeroerlagen aangetroffen (Figuur 27): verharde ijzerconcentraties die ontstaan door langdurige invloed van zeer ijzerrijk grondwater. Gooreerdgronden zijn iets droger en liggen vooral op de flanken, waar water 'lateraal' door de bodem stroomt. Beide bodemtypen drogen uit in de zomer (waterstanden van nature tot 60–80 cm diepte). De zandgronden vormen, hoewel ze kwelgevoed zijn, relatieve ruggen in het gebied. Op een aantal plekken op de rand van de smeltwaterdalen zijn veldpodzolgronden aangetroffen. Dit zijn bodems gevormd door infiltrerend regenwater, waardoor er een inspoelingshorizont aanwezig is.



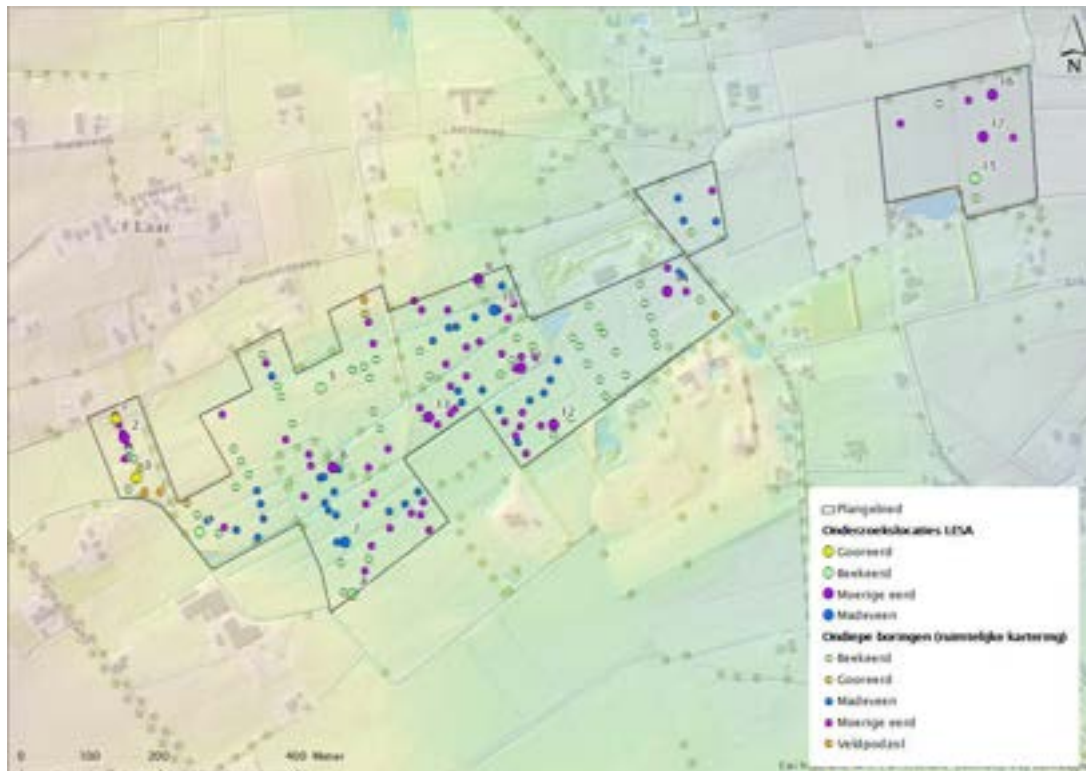
Figuur 27: Ijzeroer (oranje laag).

Aan de oostzijde van het gebied is op een aantal plekken de zandgrond bedekt door klei. Waarschijnlijk is dit kleidek van zo'n 30 cm dik afgezet door de IJssel. De landelijke bodemkaart heeft deze kleilaag niet als zodanig opgemerkt of geclassificeerd, de dichtstbijzijnde gronden met een kleidek liggend zo'n 500 meter oostelijk (Figuur 28).



Figuur 28: Zone waar een kleidek is aangetroffen (groene cirkel). Vermoedelijk gaat het om IJsselklei. Met groen is het vlak aangegeven waar op de landelijke 1:50.000-bodemkaart een kleidek is gekarteerd (toevoeging letter 'k').



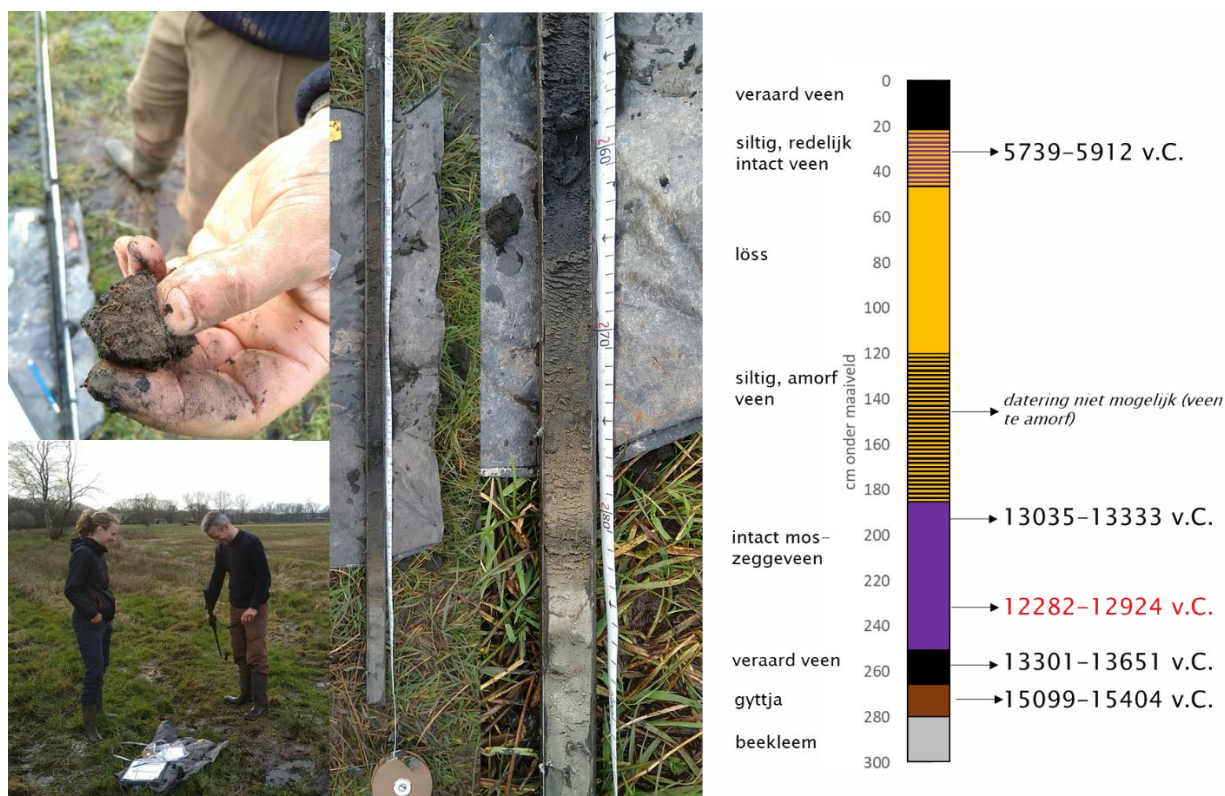


Figuur 29: Bodemtypen op de boorlocaties. De grote cirkels zijn van de diepe boringen t.b.v. de LESA (genummerd), de kleine van de ruimtelijke detailbodemkartering t.b.v. inrichtingsadvies. Foto's: beekerdgrond (linksboven), moerige eerdgrond (linksonder) en madeveengrond met een veenlaag van 1,5 m dik (met zandige tussenlaag).

4.3.3 Ouderdom veen

Opvallend was het relatief dikke veenpakket bij locatie 7 van bijna 3 m dik. Het veenpakket bij de overige veengronden (rondom boring 10 en tussen 11, 12 en 13) is zo'n 50–60 cm dik en is meer veraard. De rest van het gebied bevat veelal dunnere restveenpakketten. Om de landschapsvormende factoren/keerpunten in de landschapsontwikkeling in de tijd te kunnen plaatsen is dankzij de provincie Gelderland de ouderdom van het veen gedateerd (Figuur 30).

De basis van het veen bestaat uit beekleem/silt. Hierop heeft zich al in de warme fases van de laatste ijstijd (Laat Glaciaal) veen gevormd. In de basis bevindt zich een kalkrijke gyttja, die dateert van ruim 15.000 jaar v.C. (14124 ± 51 BP).²⁴ Dat betrof een warmere fase, het Bølling-interstadiaal en getuigt van een meerbodemaafzetting. Vervolgens is het meertje verland/opgedroogd en heeft zich een mos-zeggeveenlaag gevormd. Veenvorming vond vermoedelijk in het Allerød-interstadiaal plaats, de periode voor 13.000 jaar v.C. (12898 ± 50). Het veenpakket daarboven is amorf en siltig en kon niet worden gedateerd. Het pakket is overspoeld met löss, vermoedelijk door erosie als gevolg van ontbossing. Daarop is rond 5800 v.C. (6956 ± 34 BP) opnieuw veen gaan vormen. Aannemelijk is dat het veenpakket dikker moet zijn geweest, maar dat deze deels is afgegraven, of vergaan door verdroging. De bovenste 25 cm is volledig verdroogd en daarom niet dateerbaar.



Figuur 30: Ouderdom van de verschillende bemonsterde veenlagen nabij boring 7. De rode datering lijkt niet te kloppen vanwege de jongere leeftijd dan het bovenliggende pakket. Vermoedelijk een gevolg van bodemverstoring tijdens het koude Oude Dryas-stadiaal.

²⁴ De term 'gyttja' komt uit het Zweeds. Het is een organisch sediment dat vaak uit resten van micro-organismen bestaat. Er kunnen ook kalkafzettingen in zitten (calciumbicarbonaat) zoals in de Nijmolense Beek het geval (aangetoond met verdund zoutzuur).

4.3.4 Bodemchemie

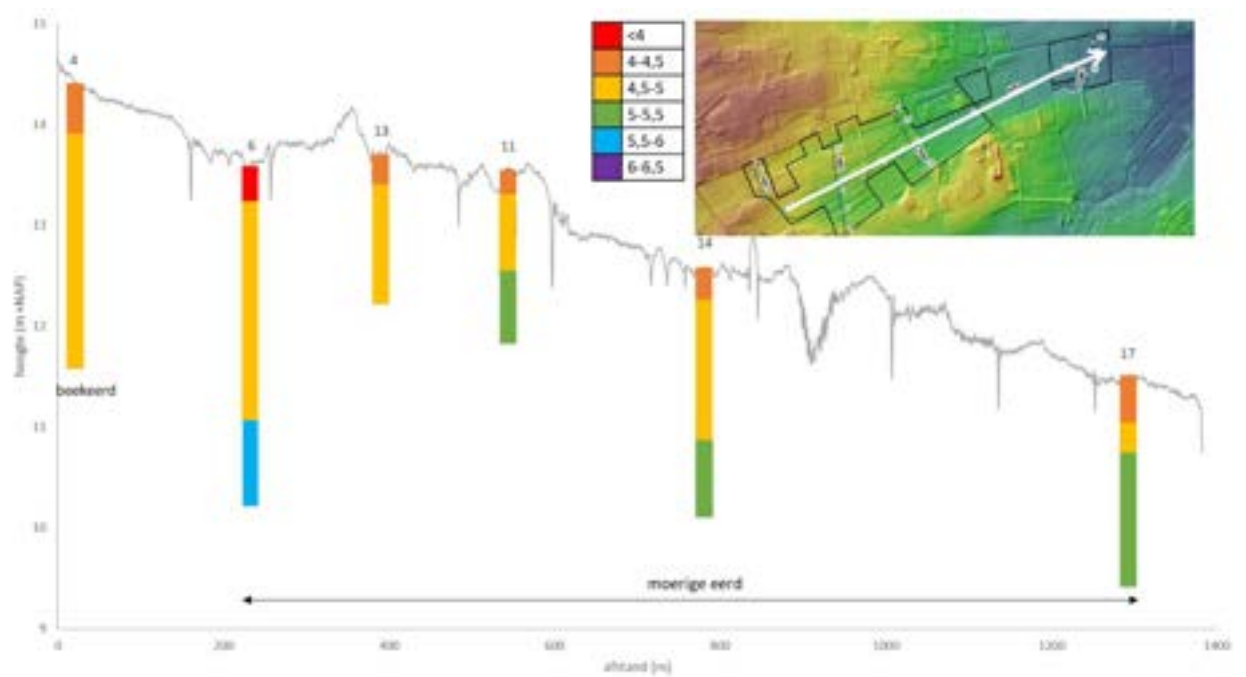
Onderzoekcentrum B-WARE heeft de bodemchemie op een aantal plekken in het plangebied onderzocht. Voor de volledige resultaten wordt verwezen naar hun rapportage (Bijlage 1).

Opvallend is dat de bodems in het plangebied (zeer) ijzerrijk zijn. Dit is het resultaat van ijzerrijke kwel, waardoor het ijzer ophoopt in de bodem. Er is een gradiënt te zien van west naar oost (Figuur 31). De bodems zijn verder voedselrijk (hoog Olsen-P). Hier wordt verder op ingegaan bij de knelpunten en het maatregelenadvies.



Figuur 31: IJzerconcentraties in de bodem (Koning et al., 2023; Bijlage 1).

Om inzicht te krijgen in de mate van buffering van de bodem en verzuring, is de pH-H₂O gemeten op verschillende diepten. De pH van de ondergrond is op de 17 boorlocaties meestal tussen de 4,5 en 5,5. Op enkele locaties zijn er rijkere, diepere bodemlagen aanwezig. De toplaag (0-40 cm) is echter overal zuurder wat wijst op verzuring, waarschijnlijk als gevolg van te droge omstandigheden, waardoor grondwater de toplaag onvoldoende kan bufferen. Ter illustratie is de pH van de bodem op verschillende diepten weergegeven in een dwarsprofiel van west naar oost door het gebied (Figuur 32).



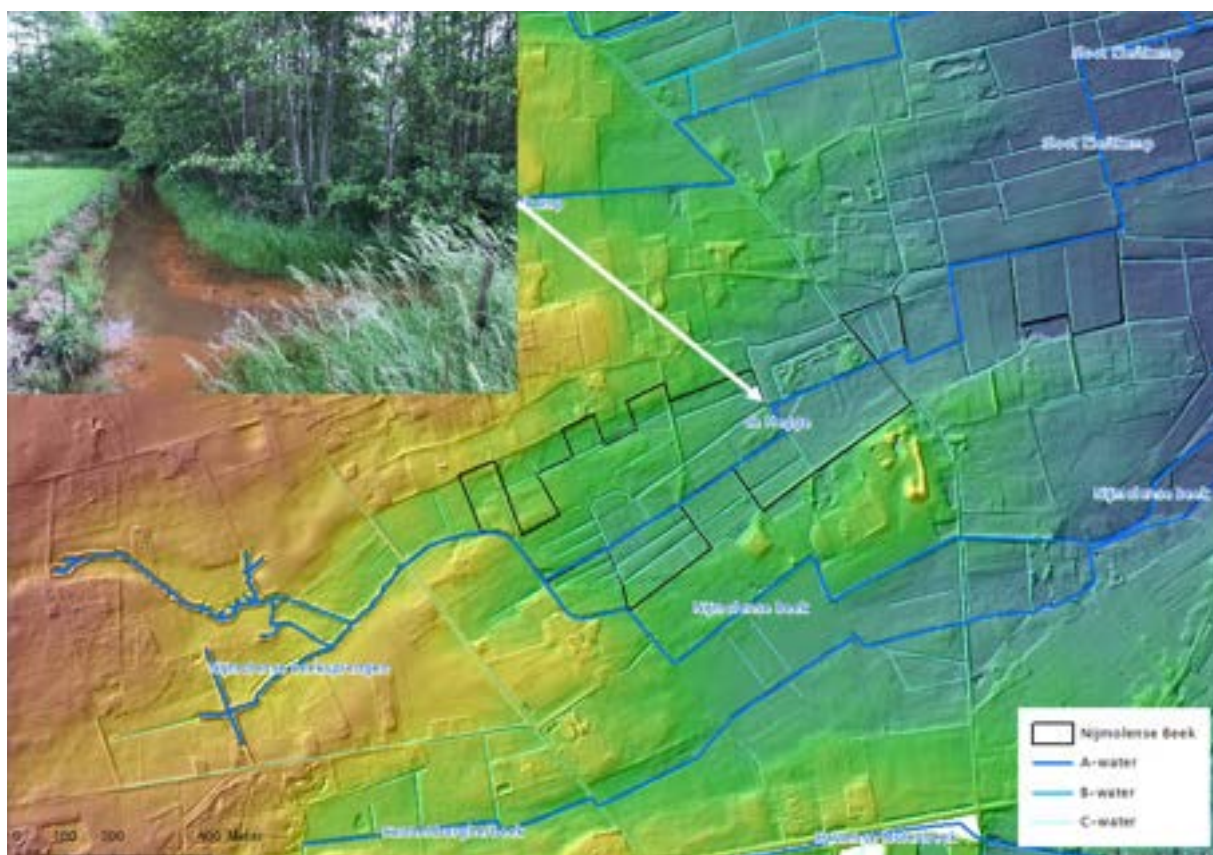
Figuur 32: pH-H₂O van de bodem op verschillende diepten langs het west-oost-transect in de Nijmolense Beek. De pH van de bodem is op grotere diepte hoog (5-6), terwijl de toplaag zuurder is tot zelfs <4 bij boring 6.

4.4 Hydrologie

4.4.1 Watersysteem

De watergangen in en rondom het gebied zijn weergegeven in Figuur 33. De watergang Nijmolense beek wordt gevoed door de Nijmolense sprengen en loopt langs de westgrens van het onderzoeksgebied. De legger doet vermoeden dat 'de Hegge' een afsplitsing is van de Nijmolense Beek, maar in werkelijkheid is deze er niet. Het water van de Nijmolense Beek komt dus niet in De Hegge.²⁵ Ter hoogte van de foto stroomt de beek door een aangelegde vijver waar in 2023 een stuwput is aangelegd door het waterschap. Hiermee kan het peil van De Hegge worden gestuurd.

In het gebied zijn diverse detailontwateringen aanwezig. De watergangen bevatten vrijwel overal water met kwelverschijnselen en het water stroomde plaatselijk sterk.



Figuur 33: Watergangen in het gebied (bron: legger Waterschap Vallei & Veluwe). Inzetfoto: centrale watergang 'De Hegge' die zeer ijzerrijk water afvoert, in juni 2022.

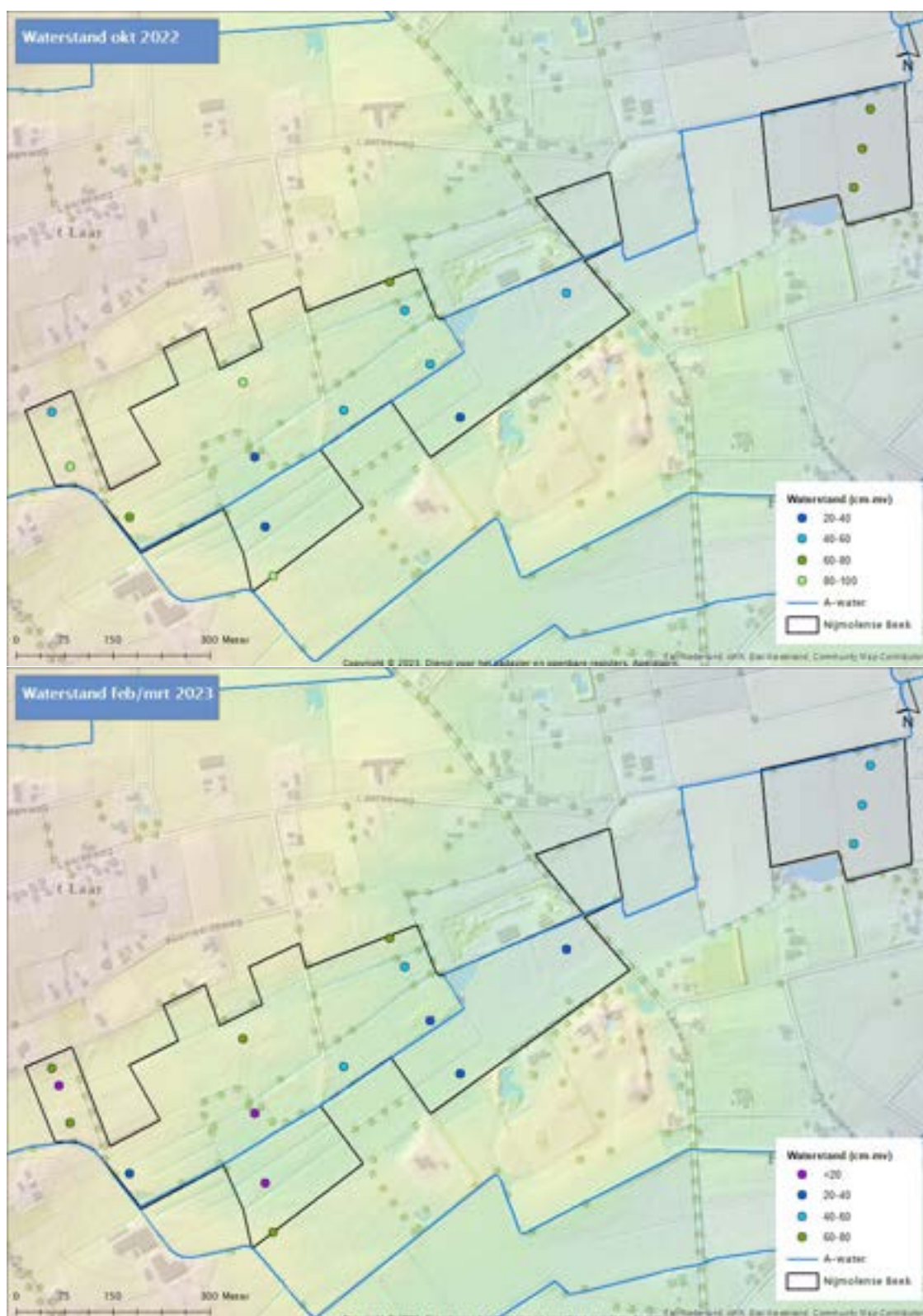
²⁵ Mondelinge mededeling A. Keizer, Waterschap Vallei & Veluwe.



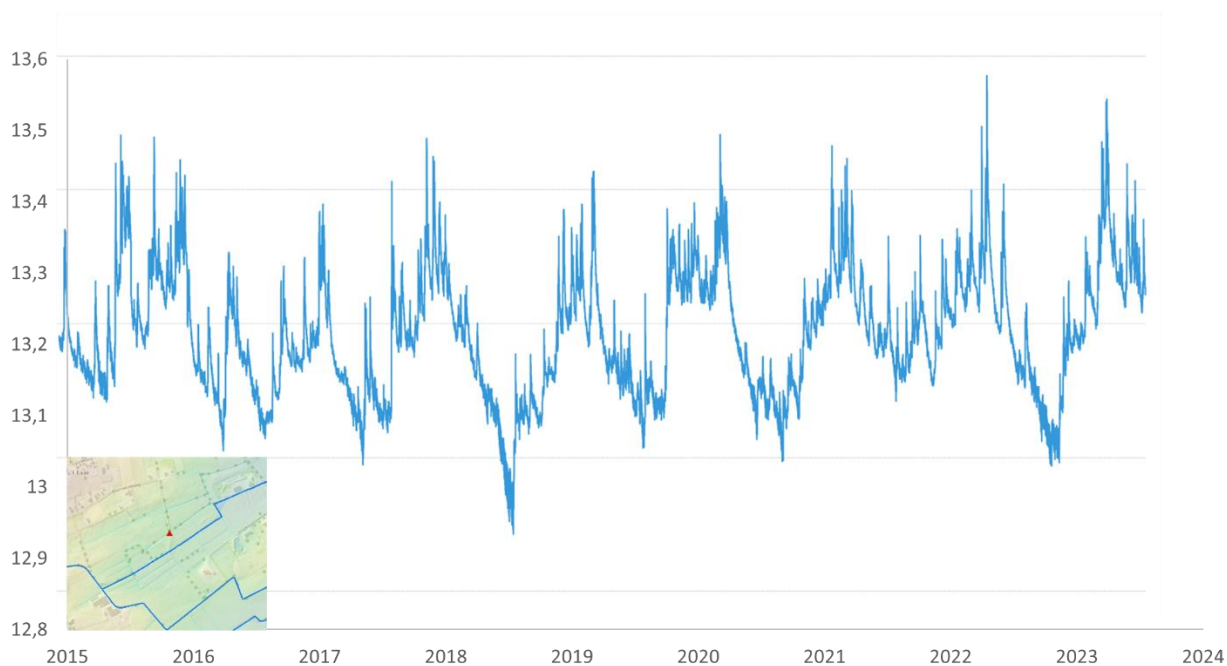
4.4.2 Waterstanden

Ondanks de zeer droge zomer van 2022 waren de grondwaterstanden in de boorgaten slechts 20–60 cm onder maaiveld (Figuur 34).²⁶ Op de flank (noordrand plangebied) zakten de waterstanden tot 60–100 cm weg. Na de relatief natte winter van 2022–2023 waren de grondwaterstanden in de boorgaten slechts zo'n 20 cm hoger. Het grondwater fluctueert dus beperkt, wat duidt op een constante aanvoer van grondwater. Deze beperkte fluctuatie is ook te zien aan de peilbuizen in het gebied. Figuur 35 toont het verloop van de waterstanden in de peilbuis bij de watergang De Hegge van 2015 tot 2022. In het oosten van het gebied bij het geïsoleerd liggende perceel zijn er ook twee meetreeksen, van een voormalige peilbuis tot 1997 en van een recente peilbuis vanaf 1997. De noordelijke peilbuis laat minder fluctuaties zien dan de zuidelijke, die op een rug staat waar water in de winterperiode opbult tot bijna aan maaiveld (12,4 m+NAP). Bij de noordelijke peilbuis die meer in het smeltwaterdal staat, valt wederom de beperkte fluctuatie op (50 cm verschil tussen GHG en GLG).

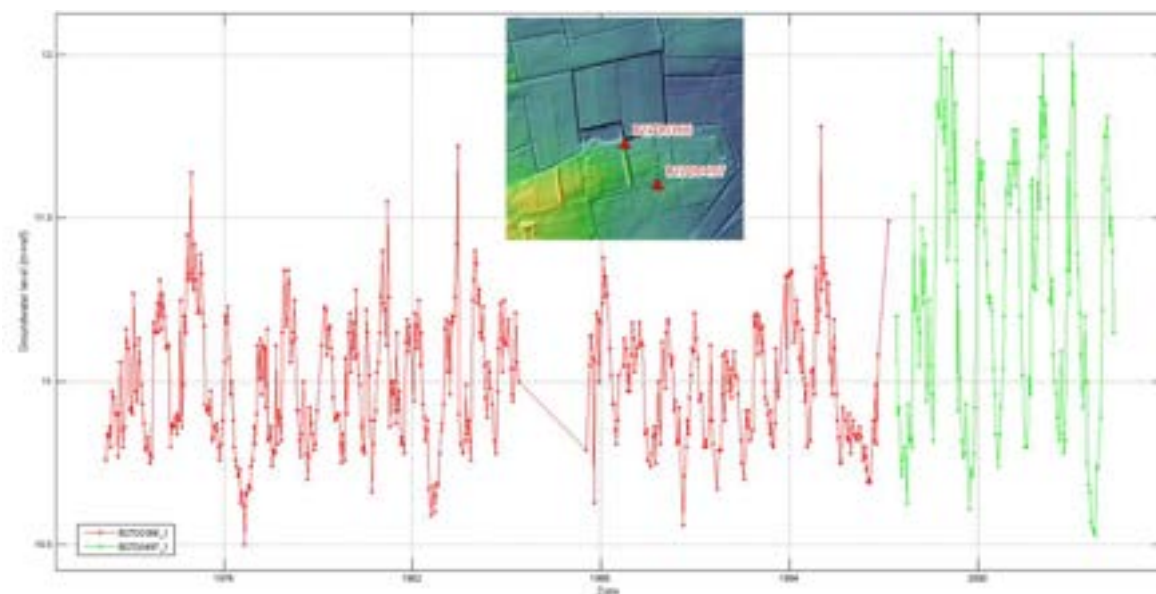
²⁶ De zomer van 2022 was zeer droog met 151 mm neerslag tegen een langjarig gemiddelde (1991–2020) van 260 mm. In de winter van 2022–2023 viel er relatief veel neerslag, 296 mm, vergeleken met het langjarig gemiddelde van 240 mm.



Figuur 34: Waterstanden in de boorgaten einde zomer (boven) en einde winter (onder).



Figuur 35: Meetreeks peilbuis B27D0545 in de watergang ten noorden van de hoofdwatgang De Hegge. De maaiveldhoogte van het aanliggende perceel is 13,9m +NAP. Bron: webapplicatie grondwatertools, bewerkt.



Figuur 36: Peilbuizen ten zuiden van oostelijke perceel: B27D0366 (rood) en B27D0497 (groen) (bron: DINO-loket).

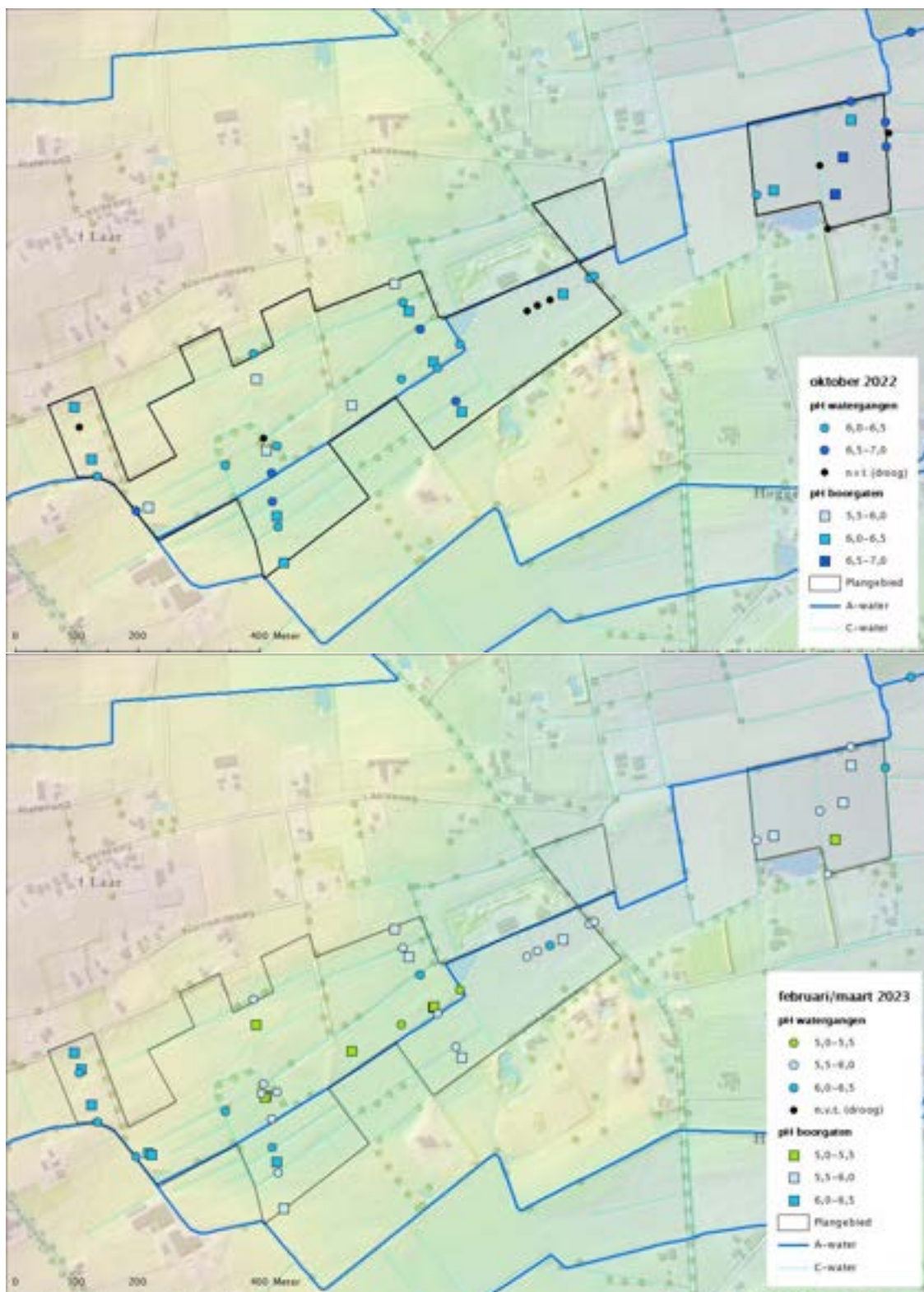


4.4.3 Kwaliteit

pH

Einde zomer 2022 en einde winter 2023 is in de boorgaten en watergangen de pH-H₂O van het water gemeten langs de onderzoekstransecten (Figuur 37). Opvallend zijn de hoge pH-waarden van het water, namelijk einde zomer overal veelal tussen de 5,5–6,5. Het hoogst zijn de metingen in de watergangen en op twee boorlocaties in het oosten (pH 6–7). Een aantal greppels in het gebied staat droog, de rest van de watergangen was (ondanks de droge zomer) watervoerend.

Einde winter bevatten wel alle watergangen water. De pH is dan in het geheel iets lager (5–5,5), waarschijnlijk duidt dit op vermenging met regenwater. In het centrale deel, in en ten noorden van het orchideeëngrasland, valt de lagere pH in de boorgaten op in vergelijking met de watergangen.



Figuur 37: pH van het water in boorgaten (ca 1-2 m diepte) en watergangen einde zomer 2022 (boven) en einde winter 2023 (onder).



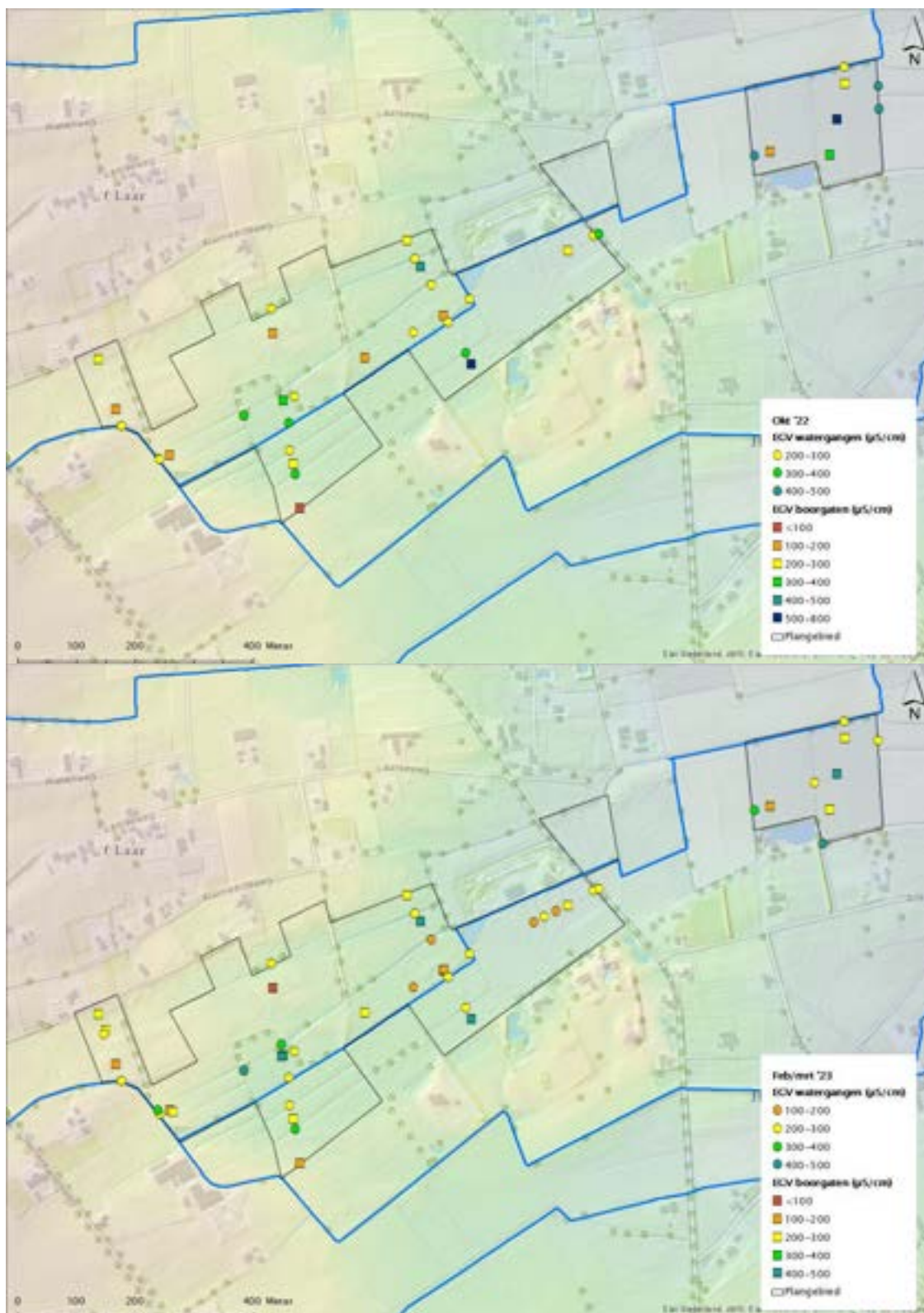
EGV

Het EGV (Elektrisch Geleidingsvermogen) is een maat voor hoeveelheid opgeloste stoffen. Regenwater bevat relatief weinig opgeloste stoffen (laag EGV, $<100 \mu\text{S}/\text{cm}$), mineraalrijk water of voedselrijk water heeft een hoog EGV.

Figuur 38 laat de gemeten EGV-waarden in het grondwater en watergangen zien. Ten eerste valt op dat de waarden einde zomer en winter erg vergelijkbaar zijn (Figuur 38). Enkele plekken zijn hoger in de winter: dat duidt op meer grondwaterinvloed. Maar andere plekken zijn juist wat lager, wat veroorzaakt kan worden doordat er meer regenval is in de winter waardoor het grondwater wordt verdund.

In de boorgaten is veelal een EGV van $100\text{--}300 \mu\text{S}/\text{cm}$ gemeten, wat duidt op zwak gebufferd grondwater. In het laagste deel van het gebied, met name het orchideeëngrasland, zijn de EGV-waarden relatief hoog ($400 \mu\text{S}/\text{cm}$). Waarschijnlijk treedt hier meer of rijker grondwater uit dan op de randen. Wat verder opvalt is dat de watergangen water afvoeren met een hoger EGV. Ze voeren dus ionenrijker water af dan in de boorgaten wordt gemeten, met ook een hogere pH (zie vorige paragraaf).

Op twee boorlocaties is de EGV veel hoger dan in de omgeving. De reden hiervoor is onbekend. De westelijke locatie is mogelijk het gevolg van uittredend grondwater uit de noord-zuid-georiënteerde rug.



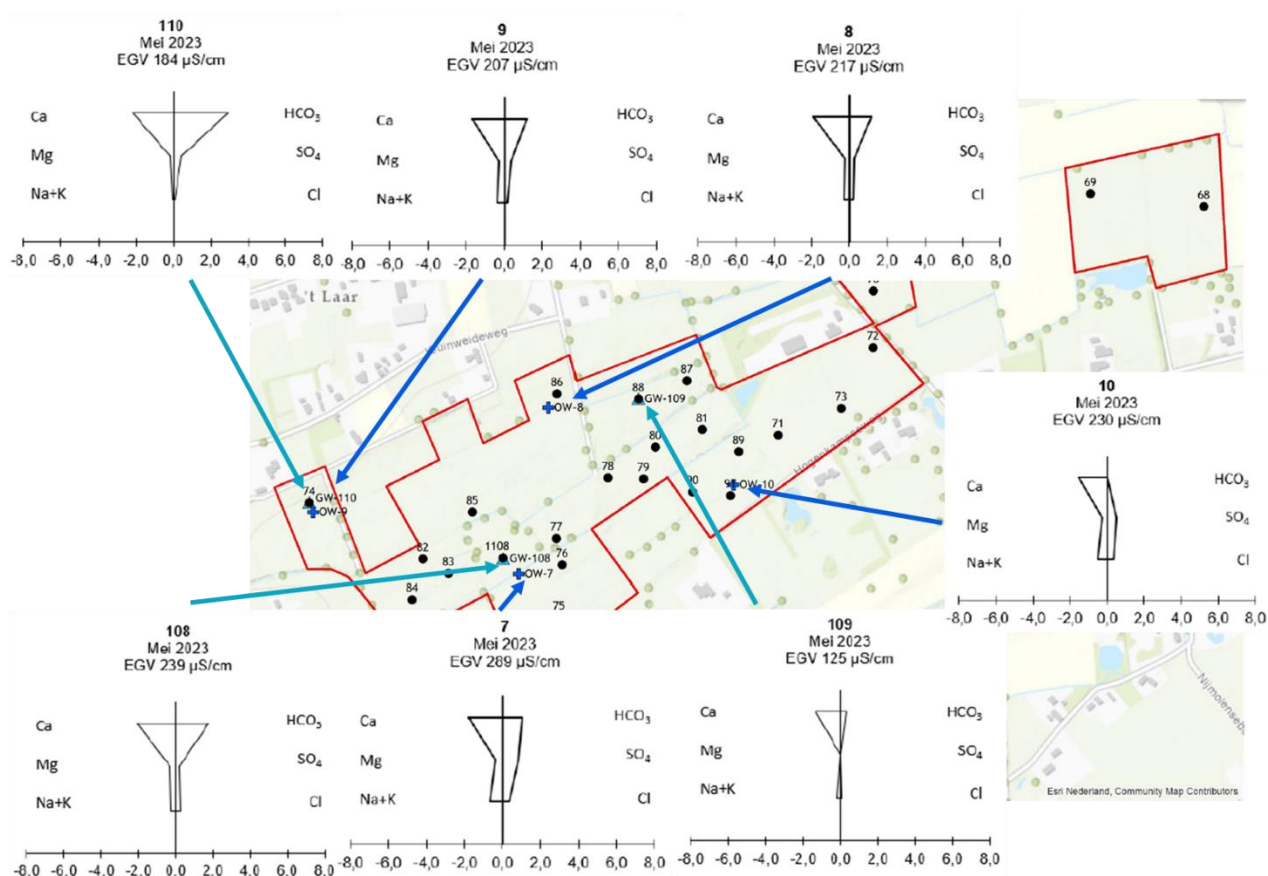
Figuur 38: EGV van het water in boorgaten (ca 1-2 m diepte) en watergangen einde zomer 2022 (boven) en einde winter 2023 (onder).

Buffering, voedselrijkdom (B-WARE)

Aanvullend op de pH- en EGV-metingen heeft onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties grond- en oppervlaktewater geanalyseerd. Voor uitgebreide beschrijving van de waterkwaliteit wordt verwezen naar hun rapportage (Bijlage 1).²⁷ Deze paragraaf toont enkele belangrijke resultaten. De data zijn door B-WARE verwerkt tot Stiff-diagrammen en ruimtelijk weergegeven in Figuur 39. De diagrammen laten zien dat:

- Het grondwater relatief veel Ca en HCO₃ bevat (de figuren zijn aambeeldvormig). Dit duidt op schoon, zwak tot sterk gebufferd grondwater.
- Het oppervlaktewater is in de regel ook matig tot goed gebufferd, maar wat meer verdund met regenwater. Hierdoor is locatie OW10 zuur.
- In de hoofdwatergang langs het orchideeëngrasland (OW7) is de sulfaatconcentratie verhoogd, vermoedelijk een gevolg van diep grondwater dat is aangerijkt vanuit Tertiaire afzettingen. Sulfaathoudende afzettingen kunnen bij verdroging leiden tot veenafbraak.

Aanvullend op de Stiffdiagrammen valt op in de data dat het water in het gebied ijzerrijk is en veelal voedselarm. Op GW109 en 110 is de fosforconcentratie iets verhoogd, maar door het ijzerrijke grondwater is er weinig kans op vervuiling door die verhoogde fosforwaarden. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn overal laag.



Figuur 39: Stiffdiagrammen van het grondwater (GW; lichtblauw) en oppervlaktewater (OW; donkerblauw) (bron Stiffdiagrammen: Koning et al., 2023).

²⁷ Koning et al., 2023; Bijlage 1.

4.5 Vegetatie, flora en fauna

4.5.1 Vegetatie

Het gebied bestaat vrijwel geheel uit grasland (Figuur 40, alle groene kleuren). Er is geen bos en heel weinig ruigte (rode kleur; het verhoogde pad). Vrijwel alle vegetaties zijn hoog opgaand, gesloten en vaak matig voedselrijk en matig soortenrijk.

Bij één gebiedje (het orchideeëngrasland) is een associatie vastgesteld: r16Aa2 Associatie van Veldrus en Gevlekte orchis (Figuur 41). Alle andere graslanden zijn minder goed ontwikkeld en bestaan uit rompgemeenschappen. De meest voorkomende typen zijn twee rompgemeenschappen van matig voedselrijk grasland: 16RG07 RG Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem en 416RG24 RG Gewoon reukgras. De rompgemeenschap r16RG08 RG Pitrus komt alleen met kleine stukjes voor in het middendeel. De overige rompgemeenschappen komen alleen voor in (zeer) smalle overgangszones: r16RG28 RG Glanshaver, r16RG19 Zachte dravik en r34RG05 Ridderzuring. In de volgende paragrafen zijn de vegetatietypen verder toegelicht.

In bijlage 3 is per vegetatietraject het vegetatietype, meest voorkomende soorten, bijzondere soorten, hoogte van de vegetatie, openheid, soortenrijkdom, kruidenrijkdom, voedselrijkdom en vocht opgenomen.



Figuur 40: Vegetatietypen langs de transecten.



Figuur 41: Boven: Orchideeëngrasland met r16Aa2 Associatie van Veldrus en Gevlekte orchis. Onder: Rietorchis, moeraskartelblad en gewoon veenmos.

r16Aa2: Associatie van Veldrus en Gevlekte orchis

Dit mooie orchideeëngrasland ligt aan de westkant van het gebied (Figuur 40; Figuur 41). Het is ontstaan na herinrichting door verwijderen van de bovenlaag. Dit vegetatietype komt doorgaans voor op niet bemeste, natte, humeuze tot venige zandgrond of veengrond, liefst op plekken waar ondiep grondwater lateraal afstroomt. De vegetatie is soortenrijk. Verschillende kenmerkende en begeleidende soorten van de klasse en de orde komen voor: gevlekte orchis (waarneming NDFF), veldrus, rietorchis, grote ratelaar, kale jonker, moerasrolklaver, pinksterbloem, kruipend zenegroen, zwarte zegge en echte koekoeksbloem. De vegetatie heeft een inslag van soorten van Kleine zeggengemeenschappen (r09), met soorten als gewoon veenmos, moerasviooltje en moeraskartelblad.

**r16RG07: RG Gestreepte witbol en echte koekoeksbloem**

Dit type komt hier veel voor, met grote oppervlakten, met name in de oostelijke, lager gelegen helft van het gebied (Figuur 42 en B in Figuur 40). Het type komt doorgaans voor op vochtige standplaatsen. De vegetatie is matig soortenrijk, met vooral algemene soorten. Gestreepte witbol is dominant. In de Nijmolense Beek is meestal geen echte koekoeksbloem aanwezig in dit type. Veel voorkomende soorten zijn veldzuring, pinksterbloem, moerasrolklaver, scherpe boterbloem en kruipende boterbloem. Op de nattere plaatsen komen mannagras, veldrus en pitrus voor.





Figuur 42: r16RG07 RG Gestreepte witbol en echte koekoeksbloem.



Figuur 43: Links: r16RG24 RG Gewoon reukgras, rechts: r16RG08 RG Pitrus.

r16RG24 RG Gewoon reukgras

Ook dit type komt hier veel voor, met grotere oppervlakten, vooral op de wat hoger gelegen delen. Het type komt doorgaans voor op matig voedselrijke standplaatsen, wat droger dan het vorige type. De vegetatie is matig soortenrijk, met vooral algemene soorten. Gewoon reukgras is dominant. Veel voorkomende soorten zijn gestreepte witbol, veldzuring, smalle weegbree en scherpe boterbloem. Ook soorten van wisselende waterstanden komen regelmatig voor, zoals kruipende boterbloem, pitrus en zwarte zegge.

**r16RG08 RG Pitrus**

Dit type komt alleen met kleine stukjes voor in het middendeel. Het is een type van vochtige plekken met een wisselende waterstand, of waar stagnatie van water plaatsvindt, bijvoorbeeld door verslemping. Pitrus is dominant. Andere voorkomende soorten zijn gestreepte witbol, fioringras, ruw beemdgras, kruipende boterbloem, veldzuring en moerasrolklaver. In de overige vegetatietypen is meestal ook wel pitrus aanwezig, maar niet dominant.





4.5.2 Flora

De soorten van kwel komen voornamelijk voor in de sloten en rond het orchideeëngrasland (Figuur 45). Het betreft gewone dotterbloem, holpijp en kleine egelskop. In de NDFF waren ook waarnemingen aanwezig van rossig fonteinkruid in een sloot aan de noordoostkant van het gebied.

De soorten van vochtig-nat en voedselarme standplaatsen (niet specifiek zuur- of basenminnend) komen vooral voor in en rond het orchideeëngrasland (Figuur 44). Het betreft veel, veelal minder algemene, soorten. Aanvullend zijn in NDFF enkele waarnemingen aanwezig van gevlekte orchis en schildereprijs in het orchideeëngrasland en van gevleugeld hertshooi in de oostelijke helft van het gebied.

De soorten van vochtig-nat, voedselarm en zwak gebufferd tot basenrijke standplaatsen komen alleen voor in en rond het orchideeëngrasland (Figuur 47). Het betreft een beperkt aantal soorten: duizendknoopfonteinkruid, sterrenkroos²⁸, rietorchis, moeraskartelblad en waterdrieblad.

Ook de soorten van vochtig-nat, voedselarm en zure standplaatsen komen alleen voor in en rond het orchideeëngrasland (Figuur 46). Het betreft alleen de soorten gewoon veenmos en zompzegge.

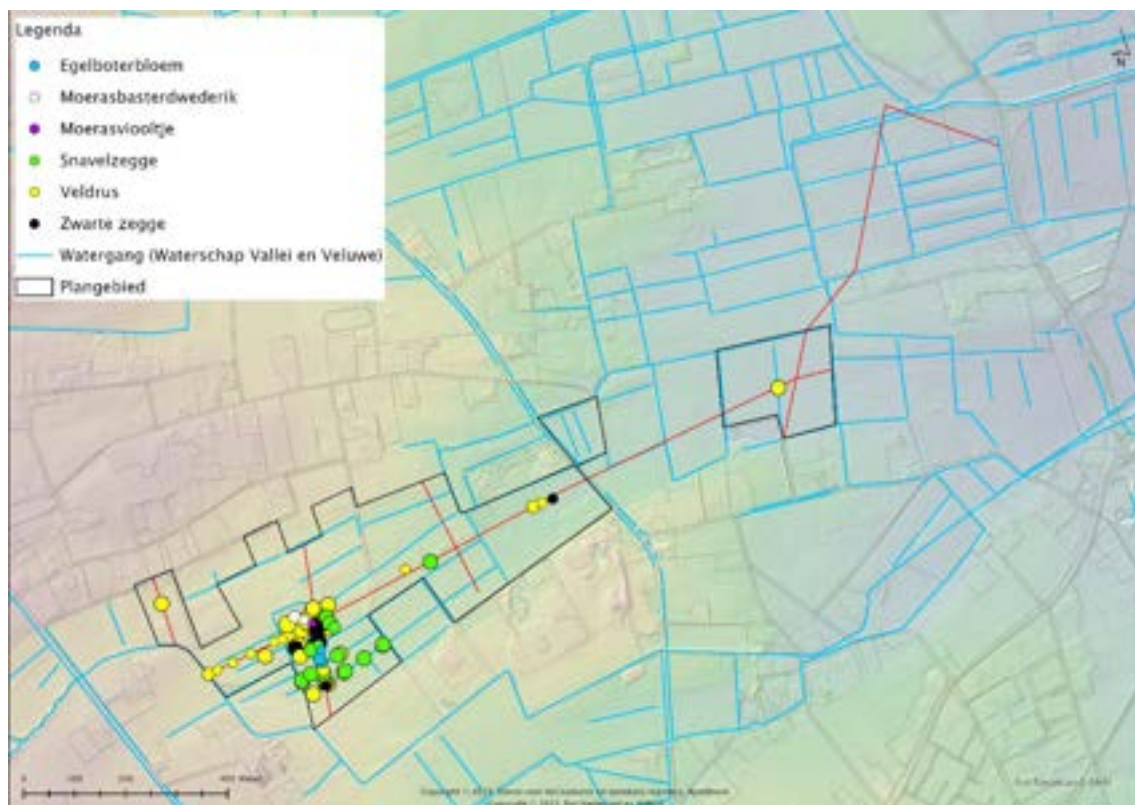
Soorten van vochtig-nat en voedselrijke standplaatsen komen wel verspreid voor (Figuur 48). Dit zijn vrij algemene vochtindicatoren die beter bestand zijn tegen voedselrijkdom, maar die in intensiever beheerde agrarische graslanden meestal niet voorkomen, zoals pinksterbloem en geknikte vossenstaart. Zij geven dus wel een ontwikkeling aan naar natuurlijker graslanden.

Soorten die duiden op verstoring (verrijking met mest/voedingsstoffen, mineralisatie, verdroging, roering van de bodem) komen wel voor, maar met uitzondering van de rompgemeenschap Pitrus en de rompgemeenschap Ridderzuring komen zij in het algemeen niet overheersend voor. Er is daarom geen kaart van opgenomen.

²⁸ Er kon in het veld geen onderscheid worden gemaakt tussen gewoon, gevleugeld en stomphoekig sterrenkroos. Daarvoor zijn de vruchten nodig. In de regel komen ze alle drie voor in zwak gebufferd water van goede kwaliteit, al kan gewoon sterrenkroos ook in water van mindere kwaliteit voorkomen. De soort is waargenomen in de watergang.



Figuur 45: Soorten die duiden op kwel.



Figuur 44: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm, niet specifiek zuur- of basenminnende standplaatsen.



Figuur 47: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm, zwak gebufferd – basische standplaatsen.



Figuur 46: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm en zure standplaatsen.



Figuur 48: Soorten van vochtig tot nat en voedselrijke standplaatsen.

4.5.3 Historische gegevens

Na 2013 zijn in de NDFF geen waarnemingen meer gedaan van sterzegge, die daarvoor wel was waargenomen. Dit is een soort van Kleine zeggengemeenschappen (Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge). Verder zijn er geen waarnemingen van bijzondere soorten bekend uit het verleden.

4.5.4 Fauna

In dit gebied zijn tijdens de kartering van vegetatie en flora weinig relevante soorten gezien. Er is een waarneming van icarusblauwtje (dagvlinder) gedaan. Uit eerder onderzoek blijkt de beekprik voor te komen in de Nijmolense Beek en komt de ringslang in het gebi

4.5.5 Conclusies

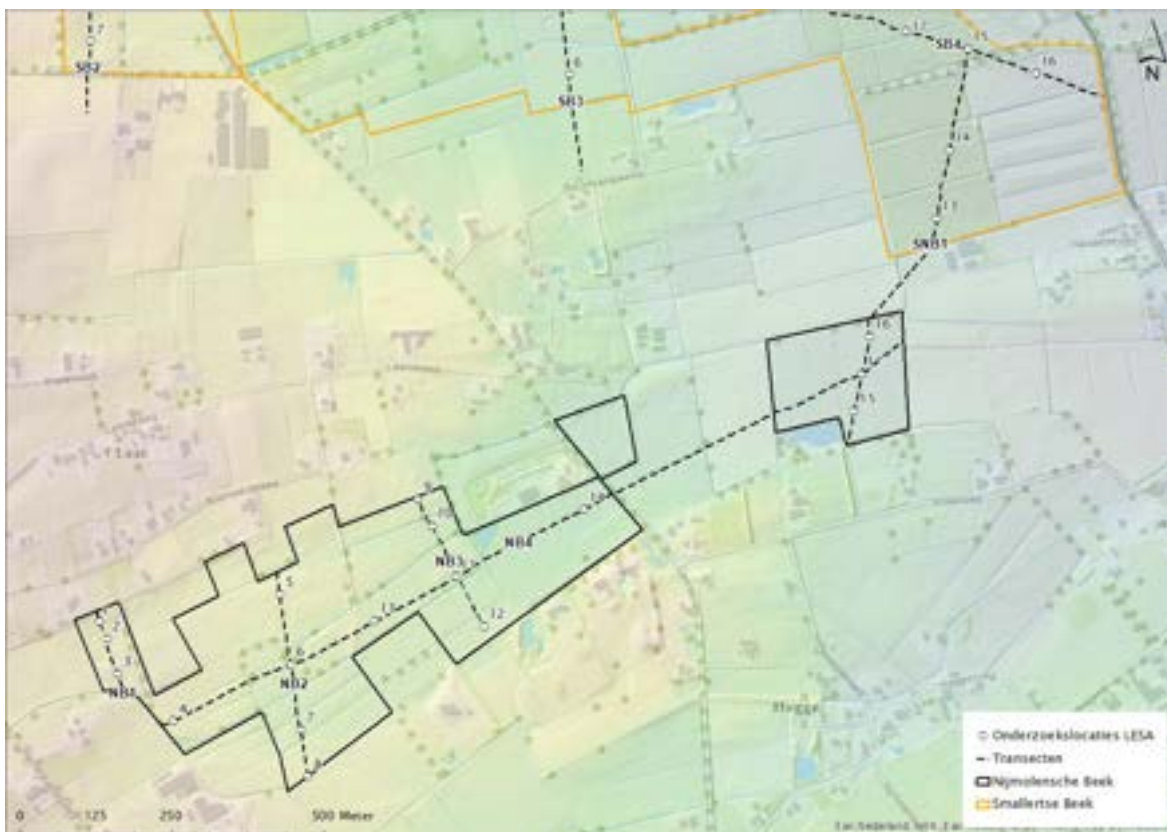
Qua beter ontwikkelde vegetaties is alleen veldrusschraalland aanwezig, op één plek waar herinrichting heeft plaatsgevonden. De rest bestaat uit extensieve, halfnatuurlijke graslanden met rompgemeenschappen van vochtig en matig voedselrijk grasland. Minder kritische vochtindicatoren komen verspreid voor en geven aan dat er wel al een ontwikkeling in gang is gezet van agrarisch naar natuurlijker grasland.

Er zijn veel soorten aanwezig van vochtige tot natte, voedselarme standplaatsen, vooral in en rond het orchideeëngrasland, maar ook wel op enkele plekken elders. Dit geeft de potentie aan van het gebied. Er is een klein aantal basenminnende soorten, die allemaal in het orchideeëngrasland staan. Daar komen ook enkele soorten van zure standplaatsen voor. Dit laat zien dat in dat grasland een mozaïek van regenwaterinvloed en grondwaterinvloed aanwezig is. Er zijn kwelsoorten aanwezig in en rond het

orchideeëngrasland, maar ook elders in de sloten. Dit geeft aan dat het grondwater wordt afgevangen door de sloten.

4.6 Dwarsdoorsneden

De verzamelde gegevens langs de transecten zijn uitgewerkt tot dwarsdoorsneden. Deze geven inzicht in de relatie tussen de opbouw van de bodem, hydrologie en vegetatie. In deze paragraaf worden de meest relevante dwarsdoorsneden beschreven (Figuur 49). De rest van de doorsneden zijn opgenomen in Bijlage 2.



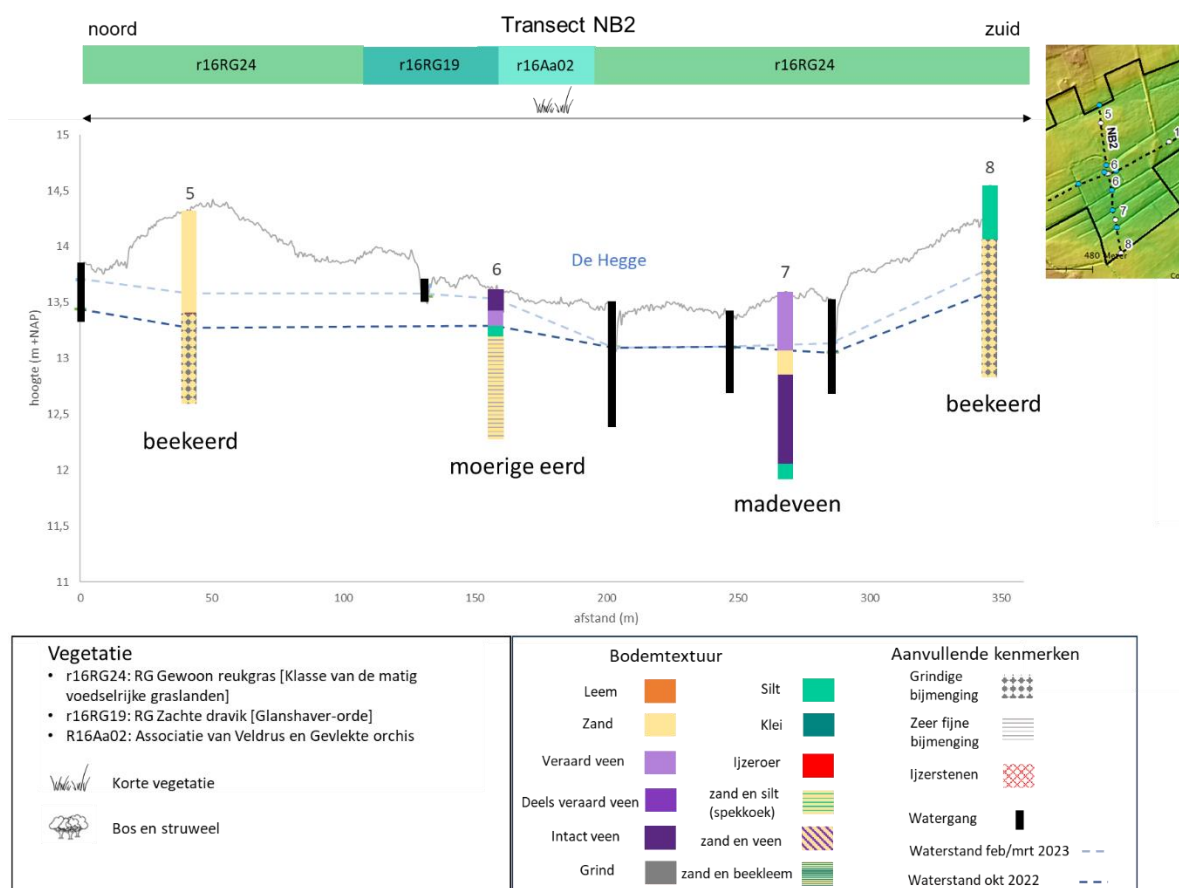
Figuur 49: Locatie dwarsdoorsneden Nijmolense Beek (en deels zijn die van de Smallerse Beek ook in beeld). NB1 is opgenomen als Bijlage 2.

NB2 (noord-zuid, orchideeëngrasland)

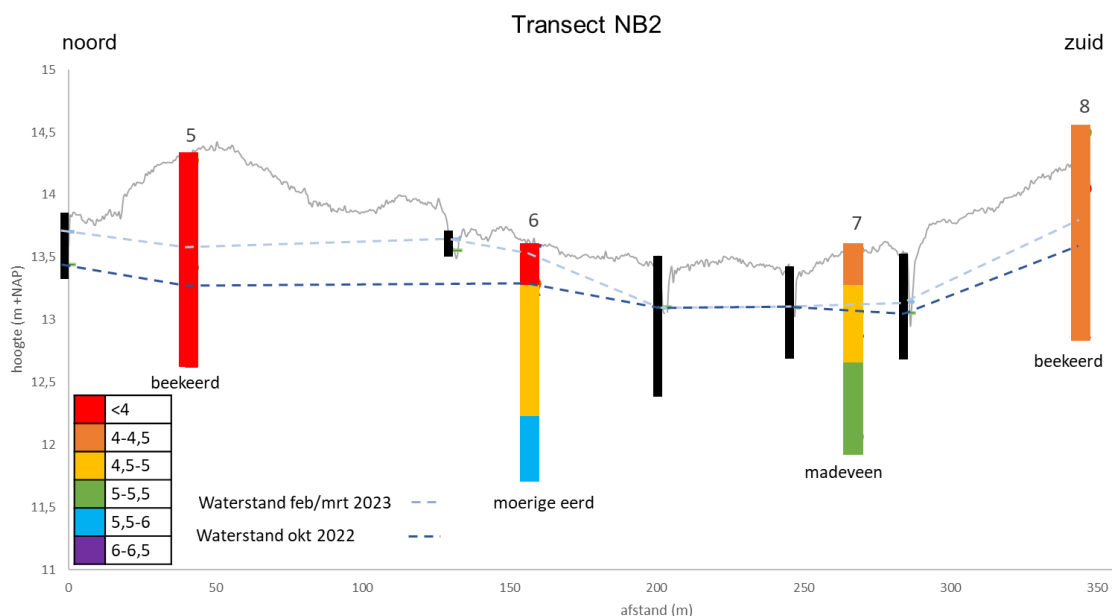
Dit profiel loopt van noord naar zuid door het orchideeëngrasland (locatie 6) (Figuur 50). De noord- en zuidrand bestaan uit van nature grondwatergevoede zandgronden (beekeerdgronden). In het centrale, lage deel zijn veengronden te zien, waarbij het veenpakket bij het orchideeëngrasland (locatie 6) dun is. Het veenpakket bij boring 7 is met 2 m veel dikker. Hier heeft vermoedelijk na de laatste ijstijd een geul gelegen die in de loop van het Holoceen is opgevuld met veen.

De toplaag van het veen is verdroogd. Bij het orchideeëngrasland is het onderste deel van het veen verdroogd (het bovenste deel redelijk intact). Dit duidt op verdroging van onderaf door ontwatering langs de randen van het graslandje. De toplaag is redelijk intact, mogelijk zorgt stagnerend regenwater ervoor dat dit minder verdroogt.

De winter- en zomerwaterstand zitten dicht bij elkaar wat duidt op een continue grondwateraanvoer. Ze zijn echter te laag: het veen staat droog waardoor het mineraliseert. Zompzegge bij boring 7 duidt op stagnatie van regenwater. Bij boring 5 en 8 zijn beekeerdgronden aanwezig, gekenmerkt door grondwater aan maaiveld in de winter. De winterwaterstand was hier echter veel lager. Dit heeft geleid tot verzuring (Figuur 51). De watergangen in het gebied hebben een verdrogend effect, vooral watergang De Hegge die pal langs het orchideeëngrasland loopt. Ook in dit graslandje leidt dit tot verzuring, te zien aan de pH die 0,5 punt lager is dan in de diepere bodem (Figuur 51). De pH van <4 bij het orchideeëngrasland is zorgwekkend.



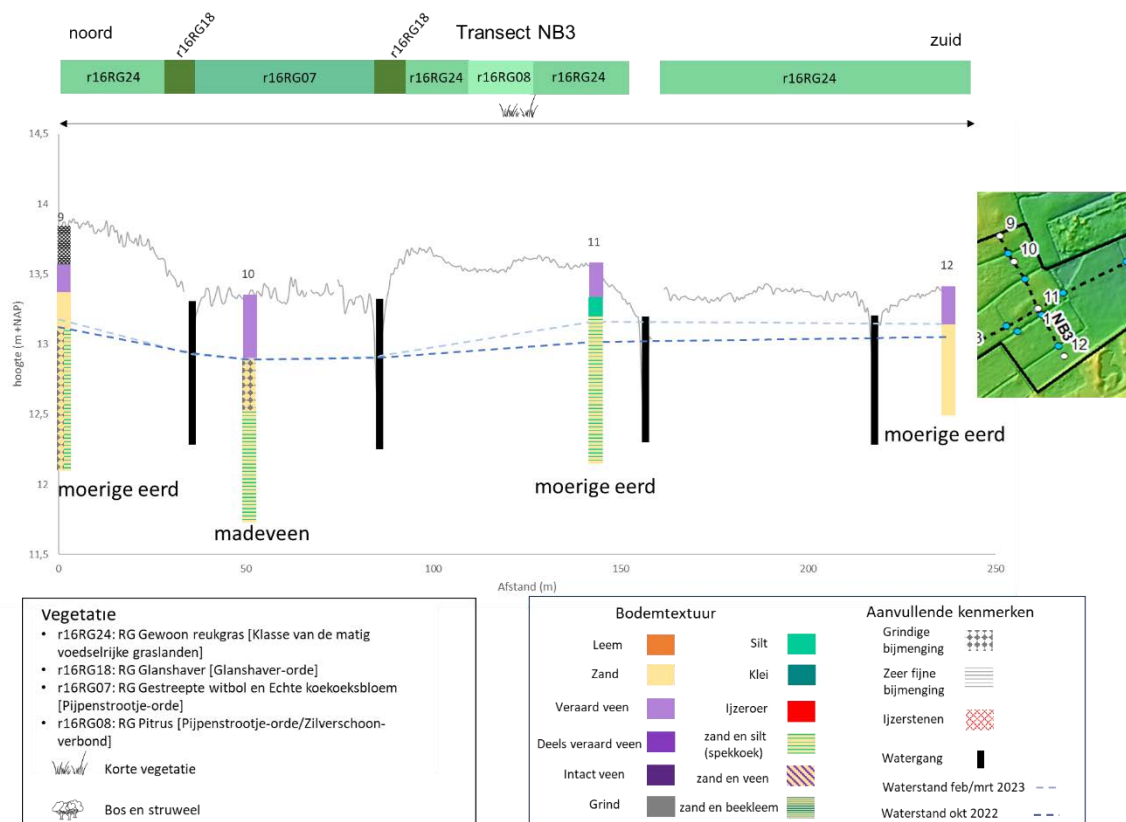
Figuur 50: Dwarsdoorsnede NB2 met bodemopbouw, waterstanden, watergangen en vegetatie.



Figuur 51: Dwarsdoorsnede NB2 met de pH van de bodem op verschillende diepten en de waterstanden en watergangen.

NB3 (noord–zuid)

Deze doorsnede ligt volledig in het dal waar veenvorming heeft plaatsgevonden (Figuur 52). Wat opvalt zijn de wisselende maaiveldhoogtes, dit is waarschijnlijk het gevolg van ontvening en grond opbrengen (locatie 9). Het veen staat te droog (zie waterstanden) waardoor het is gemineraliseerd. Het is duidelijk zichtbaar dat de watergangen een drainerend effect hebben, met name direct ten noorden en zuiden van locatie 10. Dit uit zich net als bij NB2 in een verzuurde toplaag (0–40 cm) (Bijlage 2).

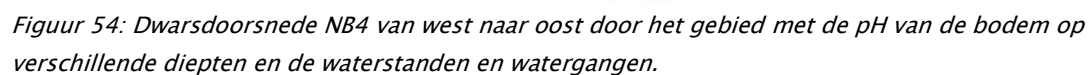


Figuur 52: Dwarsdoorsnede NB3 met bodemopbouw, waterstanden, watergangen en vegetatie.

NB4 (west-oost)

NB4 loopt van west naar oost door het hele gebied (Figuur 53). In het westen is een beekerdgrond aanwezig (grondwatergevoede zandgrond). Bij boring 14 is een beekvaaggrond gekarteerd met een kleidek, waarschijnlijk afkomstig van de IJssel (zie 4.3). Verder bestaan alle gronden uit moerige gronden. Dat laat zien dat dit van origine een doorstroomveen is geweest. In de huidige situatie is er geen sprake meer van veenvorming. Het veen staat jaarrond te droog en is daardoor gemineraliseerd. Opvallend is de hoge dichtheid aan watergangen die (een sterke) invloed hebben op de waterstanden. Het grondwater wordt bij het orchideeëngrasland (Associatie van veldrus en gevlekte orchis) vakkundig afgevangen door de 1 m diepe watergangen rondom het gebiedje. De ijzeroer bij locatie 13 duidt op historisch zeer ijzerrijke kwel, dat vermoedelijk hier gemakkelijk omhoog kan komen in verband met de doorlatende ondergrond (grind). De Nijmolense Beek, helemaal in het westen, is opgeleid en beïnvloedt de grondwaterstand niet negatief.

De diepere ondergrond is sterk gebufferd met pH-waarden van 5–6 (Figuur 54). Echter zijn de afzettingen daarboven zuurder (pH 4,5–5) en met name de toplaag van 40 cm is in verhouding zuur, met pH-waarden van 4–4,5 of zelfs <4. De dikte van de zure toplaag lijkt samen te hangen met de lage grondwaterstanden.





4.7 Synthese

Het gebied de Nijmolense Beek ligt in een smeltwatergeul uit het Weichselien, waarin tijdens het Pleniglaciaal (ouder dan 15.000 jaar geleden) door smeltwaterprocessen zowel fijner en grover materiaal is afgezet. Doordat er in deze smeltwatergeul zandruggen zijn ontstaan, was de afvoer van smeltwater gebrekkig. Tijdens de laatste fase van het Weichselien, de overgang van het Pleniglaciaal naar Laat Glaciaal, was er al sprake van grondwatervoeding en ontstonden in het meest westelijke deel (orchideeëngrasland) een kalkmeertje (kalkgyttja). Vanaf de warmere fase Bølling groeiden deze meertjes dicht met kleine zeggen. Hierna werd het afwisselende kouder en warmer en lijkt er nog een klein beetje veenvorming in de Allerød te hebben plaatsgevonden. Helaas kon het organisch materiaal boven de veenlaag niet worden gedateerd. Wat wel bekend is, is dat het aan het eind van laatste ijstijd kouder en droger werd en de veentjes dicht zijn gestoven met silt en löss. Pas in het Holoceen (Atlanticum) is de veenvorming weer op gang gekomen.

Bijzonder is dat de afzettingen uit de ijstijd de basis vormden voor de natuurwaarden die daarop zijn ontstaan. Er was gedurende het Holoceen sprake van een basenrijk doorstroomveen. De eerste aanwijzingen voor aantastingen van de veengroei dateren uit de IJzertijd.²⁹ Onze dateringen geven aanwijzingen voor sedimentatie in de smeltwaterdalen door laat Prehistorische ontbossingen, vanuit de aanleg van Celtic Fields. Pas na de middeleeuwen zijn aanwijsbare aanwijzingen voor het beïnvloeden van het watersysteem door de aanleg van sprengen en beken. Opgeleide beken zijn in de 16^e en 17^e eeuw aangelegd ten behoeve van watermolens benedenstrooms van het gebied. Deze hadden vermoedelijk weinig invloed op de hydrologie in het gebied. Van veel grotere impact was het steken van turf en plaggen. Vermoedelijk is het maaiveld in het gebied met enkele meters gedaald. Desondanks is het gebied verder relatief laat ontgonnen (veelal vanaf 1850 en met name vanaf 1900). Het resterende veenpakket is veelal dun (<40 cm) en verdroogd, als gevolg van onder andere de stevige interne ontwatering. Daardoor is de bodem bovendien verzuurd en vermest, ondanks dat er al jaren een verschrallingsbeheer wordt gevoerd.

Alleen in het ingerichte perceel in het westen van het gebied is een bijzondere vegetatie aanwezig (Associatie van veldrus en gevlekte orchis) en geeft daarmee ook direct de potentie aan wanneer de abiotische randvoorwaarden op orde zijn. Door bemesting, verzuring en verdroging bestaat de vegetatie veelal uit rompgemeenschappen (niet goed ontwikkelde vegetaties). Indicatorsoorten voor kwel in sloten en taluds van greppels en sloten duiden wel op potenties voor ontwikkeling van matig voedselrijke, basenrijke vegetaties.

²⁹ Zie LESA Smallertse Beek, Kieskamp et al., 2024.

5 Knelpunten en potenties

5.1 Verdroging en verzuring

De grondwaterdruk is groot, te zien aan de waterstanden die wellicht te laag zijn voor veenvorming, maar jaarrond weinig fluctueren. Dat maakt de kansen voor hydrologisch herstel groot. Het gebied wordt intern stevig ontwaterd door de hoofdwatgang maar ook de kleinere watergangen, die allemaal ijzerrijk, gebufferd grondwater afvoeren, dat daardoor niet in de toplaag van de bodem terecht komt. Het gevolg is verzuring van de toplaag en plaatselijk stagnatie van regenwater.

5.2 Vermesting, maar gunstige ijzerconcentraties

Naast dat de grondwaterstanden te laag zijn voor veenvorming, is de bodem te voedselrijk als gevolg van de bemesting in het verleden. Hoewel GLK al jarenlang een beheer voert van maaien en afvoeren, zijn de fosfaatconcentraties te hoog (Figuur 55). Gunstig is echter dat de ijzerconcentraties (zeer) hoog zijn, wat de verschrallingsduur positief beïnvloedt.



Figuur 55: Olsen-P-concentraties (voor planten beschikbaar fosfaat) van de toplaag.

5.3 Grote kansen voor herstel doorstroomveen

Ondanks de knelpunten, is de Nijmolense Beek een zeer kansrijk gebied voor het herstel van het basenrijk doorstroomveen. Dit komt doordat de grondwaterdruk in het gebied hoog is. Herstellen van het doorstroomveen draagt bij aan de biodiversiteit, doordat het gradiënt van zwak gebufferd (westen) naar basenrijk (oosten) wordt hersteld. Het orchideeëngrasland heeft er baat bij als geschikt milieu voor deze vegetatie wordt uitgebreid, en verdroging met verzuring worden verminderd. Herstel van veenvorming draagt bovendien bij aan het vastleggen van CO₂, in tegenstelling tot de huidige situatie waarbij CO₂ vrijkomt door het mineraliseren van het veen. Herstel van het veenpakket zorgt bovendien op termijn voor het langer vasthouden van water.

Qua vegetaties zijn na herstelmaatregelen ontwikkeling van kleine-zeggenvegetaties met veenmosbulten te verwachten op de zwakgebufferde, voedselarme delen. Dit zijn veelal de bovenlopen van het veen. Verder richting het oosten zijn wat voedselrijkere, basenminnende vegetaties te verwachten zoals blauwgrasland op de zandgronden en dotterbloemhooilanden op het veen (Figuur 56).



Figuur 56: Voorbeelden van kleine-zeggenvegetaties (linksboven), overgangen naar blauwgrasland (linksonder) en dotterbloemhooiland (rechtsboven).



6 Maatregelenadvies

6.1 Afwegingskader

Op basis van de LESA is een maatregelenadvies opgesteld om de natuurwaarden van het gebied te verhogen. Het advies is gebaseerd op het uitgangspunt dat het doorstroomveen wordt hersteld. Daarvoor is het nodig om:

- Watergangen zoveel mogelijk te dempen en beken te verondiepen
- Daarbij garanderen dat het water voldoende doorstroomt om regenwaterstagnatie en interne eutrofiëring te voorkomen. Onderzoekcentrum B-WARE geeft als richtlijn aan dat de bodem van oktober tot april onder water kan staan en in de zomer beperkt (10–20 cm bij veenbodems) droog moet vallen. Dan wordt binding van resterend fosfaat (P) gegarandeerd en verzuiming van de vegetatie voorkomen.³⁰
- De voedselrijke toplaag waar nodig af te graven

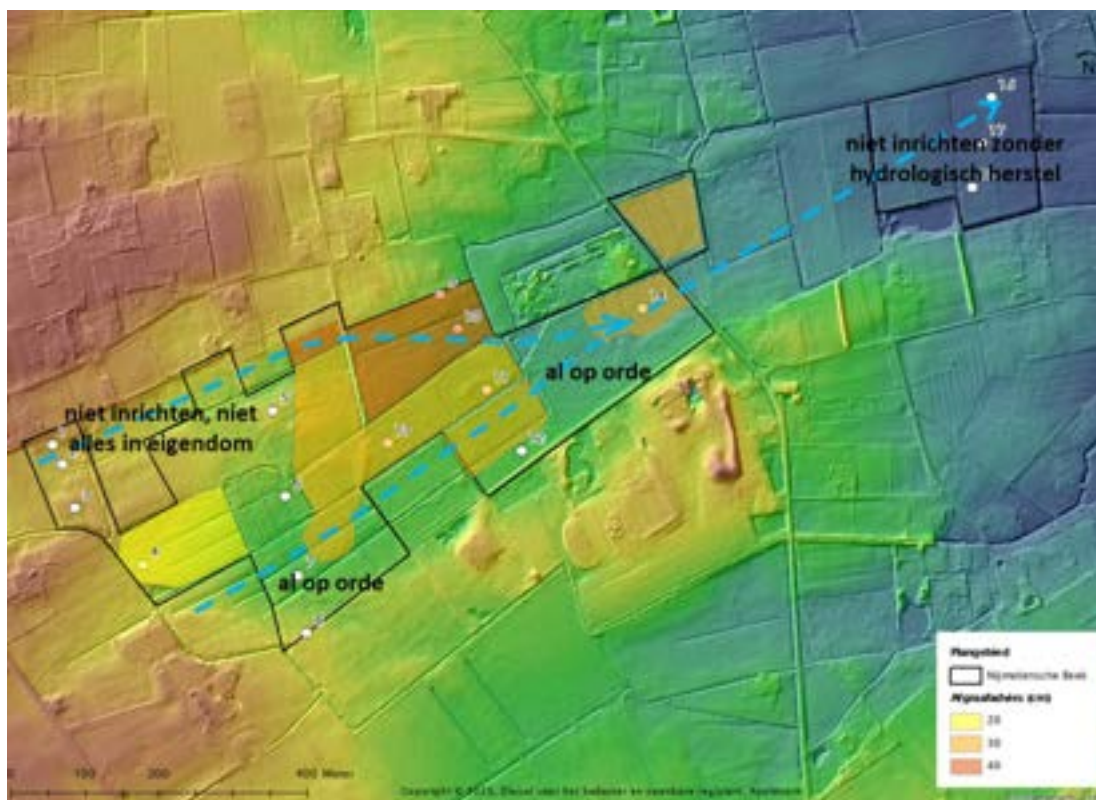
6.2 Afgraven

In Figuur 57 is op basis van het afwegingskader het afgraafadvies opgenomen. Een aantal percelen in de geul waarin het gebied ligt, is niet in eigendom van GLK. Het advies is die zones niet in te richten zonder verwerving van de tussenliggende gronden (Figuur 57). Het perceel in het oosten ligt geïsoleerd en is omringd door ontwatering. Afgraven van de bovengrond wordt niet geadviseerd zonder hydrologisch herstel.

Twee zones zijn bodemchemisch gezien al op orde. Ontgraven is daar niet nodig. B-WARE adviseert te chopperen om de dichte, soortenarme graszode te verwijderen en ruimte te maken voor kieming van doelsoorten uit maaisel van referentieterreinen.

In Figuur 58 is het nieuwe maaiveldverloop aangegeven gebaseerd op het afgraafadvies. Dit geeft inzicht in aandachtszones, zoals te plotselinge overgangen, of te grote afgraafdieptes waardoor aanliggend terrein risico loopt op verdroging. De aandachtszones zijn met rood aangegeven. De westelijke cirkel betreft de overgang van het orchideeëngrasland naar het oosten. De overgang in maaiveldverloop is te groot met risico op verdroging van het orchideeëngrasland. Bij de uitvoering dient er aandacht voor te zijn dat de overgang geleidelijk wordt afgegraven. Hetzelfde geldt voor het oostelijke gebied bij de Laarseweg.

³⁰ Koning et al., 2023; Bijlage 1.



Figuur 57: Afgraafadvies t.b.v. terugdringen voedselrijkdom. In een aantal zones is ontgroning niet nodig omdat de bodemchemie op orde is. In het noordwesten en oosten wordt ontgronden niet geadviseerd zonder volledig hydrologisch herstel (oosten) of vanwege een particulier perceel dat in het gebied ligt (noordwesten). Blauwe gestippelde pijlen laten de natuurlijke afwateringsrichting zien van het grondwater.

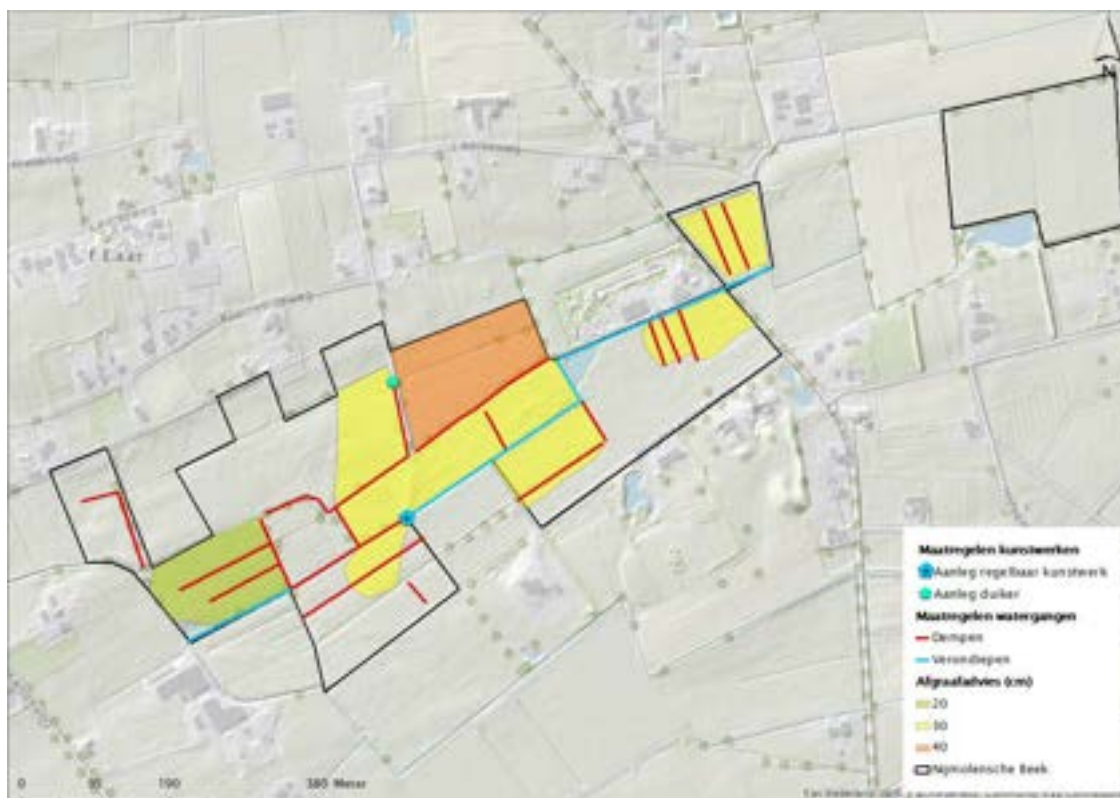


Figuur 58: Huidig maaiveldverloop (grijs) en nieuwe na afgraven (oranje), langs het transect NB4. Aandachtspunten zijn rood omcirkeld, een plotse overgang naar de afgegraven laagte. Deze overgangen dienen in de praktijk wat geleidelijker te worden gemaakt, om te voorkomen dat

grondwater straks in een hele smalle zone uittreedt in plaats van over een groter areaal. Voor ligging van het transect, zie 4.6.

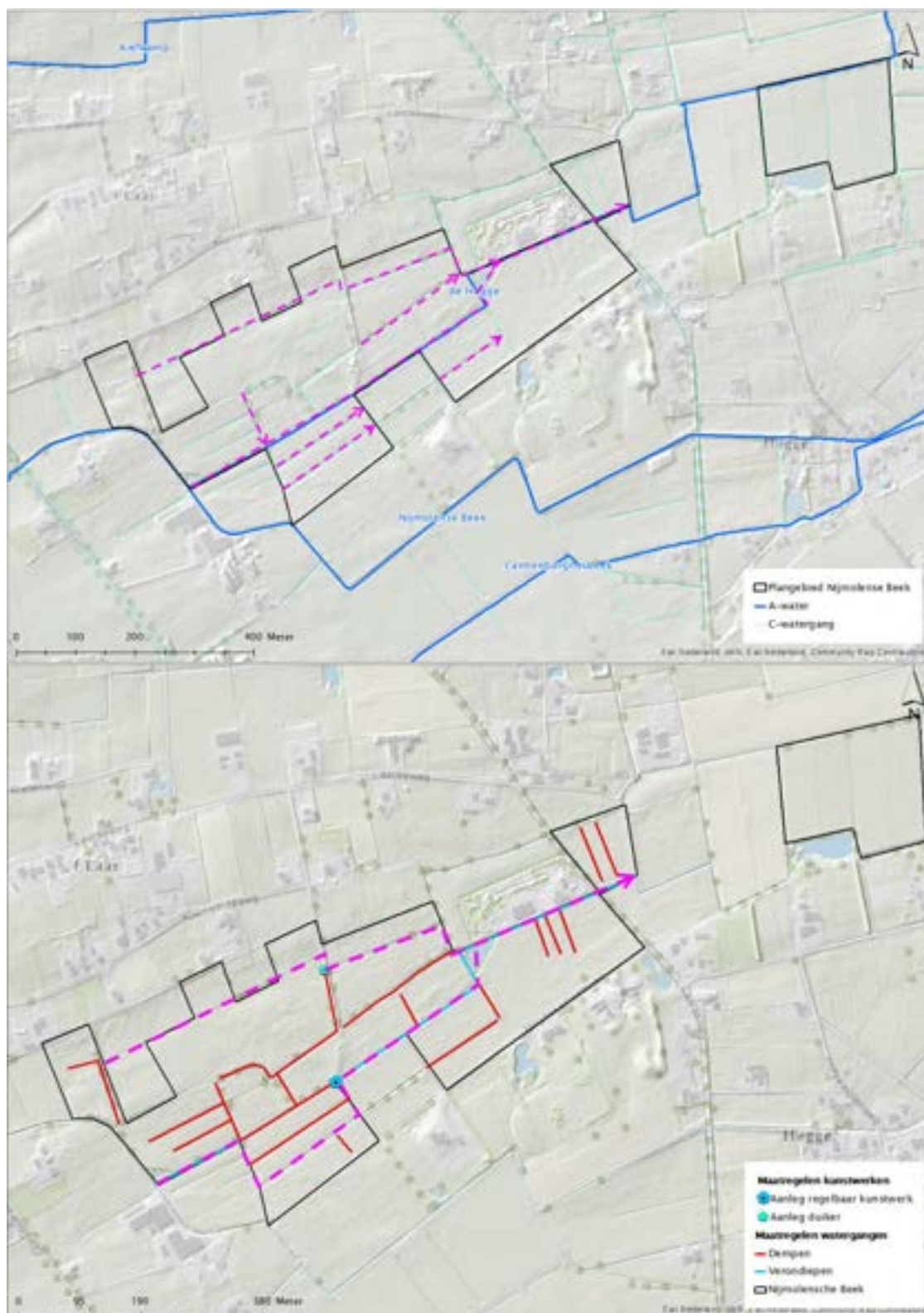
6.3 Hydrologische maatregelen

De geadviseerde maatregelen zijn opgenomen in Figuur 59. Het aanleggen van de duiker is nodig om het water uit de watergang ten noordwesten te kunnen afvoeren richting het oosten onder de zandweg door. De bedoeling van het regelbare kunstwerk in het zuiden is om water te kunnen afvoeren wanneer het te lang te hoog blijft staan (zie vorige paragraaf). Het water heeft anders namelijk het risico te veel op te stuwen, vanwege de ligging van het particuliere perceel (dat na afgraven van het terrein van GLK hoger ligt) en het verhoogde zandpad in het terrein van GLK.



Figuur 59: Maatregelenadvies voor herstel en ontwikkeling van een doorstroomveen.

Wanneer het maatregelenadvies wordt opgevolgd, zal de afwatering van de andere functies dan natuur op sommige plekken anders zijn (Figuur 60). De hoofdwatgang stroomt niet meer direct langs het orchideeëngrasland, maar wordt omgeleid via het zuiden. De ontwatering in het noorden buigt bij het zandpad af naar het oosten in plaats van richting het zuiden. Op deze manier kan de ontwatering in het dal worden gedempt.



Figuur 60: Afwateringsrichting voor (boven) en na hydrologische maatregelen (onder).



6.4 Effecten van de maatregelen

Hydrologische effecten van de maatregelen zijn niet uitgezocht in het kader van deze LESA. De particuliere percelen in het zuidwesten en in het midden van het gebied liggen relatief laag en worden waarschijnlijk beïnvloed bij hydrologische ingrepen. Ophogen van deze percelen kan een oplossing zijn voor hydrologische problemen. De woningen behorend bij deze percelen liggen hoger.

6.5 Aandachtspunten

Het is bekend dat beekprik voorkomt in de watergang Nijmolense beek, dus die ten westen en zuiden van het onderzoeksgebied ligt. Deze komt uitsluitend voor in de hoofdbeek. Van nature is er in dit veengebied te weinig stromend water aanwezig dat een geschikt leefgebied biedt voor deze soort. Door de historische aanleg van ontwatering in het veen is er in de hoofdafvoersloot een geschikt leefgebied voor deze soort ontstaan. Bij het systeemherstel dient er rekening te worden gehouden met het voorkomen van deze soort, maar ook toe te werken aan herstel van de hydrologie. Het extensiveren van het onderhoud draagt bij aan geleidelijke slootverondieping met behoud van aanwezig habitat.

Van belang is dat met name in de niet af te graven gebieden het beheer wordt geïntensiveerd, middels jaarlijkse maaien en afvoeren met voor natte terreinen geschikt materieel. Beweiding wordt in natte gebieden niet geadviseerd omdat dit leidt tot verslemping, mineralisatie van veen en tijdens droogval tot eutrofiering vanwege afbraakprocessen. Op plekken waar regenwater stagneert leidt dit tot oppervlakkige verzuring en daarmee pitrus.

Het is van groot belang dat pas wordt afgegraven op het moment dat de hydrologie hersteld wordt. Na afgraven zal namelijk het deels veraarde restveenpakket aan maaiveld komen te liggen, daar bovenop kan zich een nieuwe veenlaag ontwikkelen bij optimale hydrologische omstandigheden.



7 Perspectief lange termijn voor de venen op de oost-Veluwe

7.1 Ambities vanuit Natura 2000

De onderzoeksgebieden liggen op de overgang van het Natura 2000-gebied Veluwe naar het IJsseldal. Zij liggen deels binnen het Natura 2000-gebied Veluwe maar voor het grootste deel er buiten. Volgens het Natura 2000 beheerplan Veluwe is de kernopgave voor de Veluwe onder meer: versterking van overgangen van droge naar natte gebieden, en ook: herstel van de ruimtelijke samenhang met de omgeving. Onze onderzoeksgebieden zouden kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van het habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140A) en wellicht ook aan de habitatypen Blauwgrasland (H6410) en Kalkmoerassen (H7230). Kansen voor uitbreiding binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied Veluwe zijn nihil.

In het Herstelprogramma Vennen en venen (Provincie Gelderland, 2023) zijn ambities aangegeven voor het nabij gelegen Wisselse Veen: de vennen daar hebben de potentie voor overgangs- en trilveen (H7140A). Stroomafwaarts daarvan kan volgens het herstelprogramma op den duur dotterbloemhooiland en wellicht kalkmoeras ontwikkelen. Er zijn maatregelen benoemd voor onder meer vernatting van het gebied, naar aanleiding van de uitgevoerde LESA. Het Tongerense Veen, Pollense Veen, Nijmolense en Smallertse Beek worden weliswaar niet genoemd in het herstelprogramma, maar hebben een vergelijkbare potentie.

In het Herstelprogramma Beken (Provincie Gelderland, 2023) is voor de beken in het Tongerense Veen aangegeven dat de betekenis voor het habitatype Beken en rivieren met waterplanten (H3260A) en voor de doelsoorten beekprik en rivierdonderpad beperkt is en dat de kans op herstel klein is. Hierop ligt in het Tongerense Veen dus niet de focus. De Smallertse Beek levert wel een bijdrage aan het doelbereik voor de beekprik en voor rivierdonderpad. Knelpunten zijn de aanwezigheid van barrières en risico's voor de waterkwaliteit.

Vanuit het Natura 2000 beleid lijkt een focus op het vernatten van het gebied, om ambities vergelijkbaar met het Wisselse Veen te realiseren, dus het meest voor de hand te liggen.

7.2 Klimaatverandering

Klimaatverandering dwingt ons om het hoofd te bieden aan temperatuurstijging, lange perioden van droogte en neerslagextremen. De CO₂-uitstoot van verdrogende veengebieden is in Nederland maar liefst twee keer zo hoog als de totale vastlegging.³¹ Het herstel van veenmosveen zorgt voor een beperking van de CO₂-uitstoot.³² Dat benadrukt de grote rol die veengebieden spelen in het mitigeren van klimaatverandering. Bij veenlandschappen denkt men al snel aan de grote veengebieden van west-Nederland, de kop van Overijssel en Friesland. Maar ook de hogere zandgronden kennen een geschiedenis van veengebieden, die door ontginning en ontwatering verdwenen of aangetast zijn. De **oost-Veluwse venen spelen vanwege de grote herstelkansen een belangrijke rol in de ontwikkeling van een klimaatrobuuster landschap**. Ecosysteemdiensten zijn niet alleen het

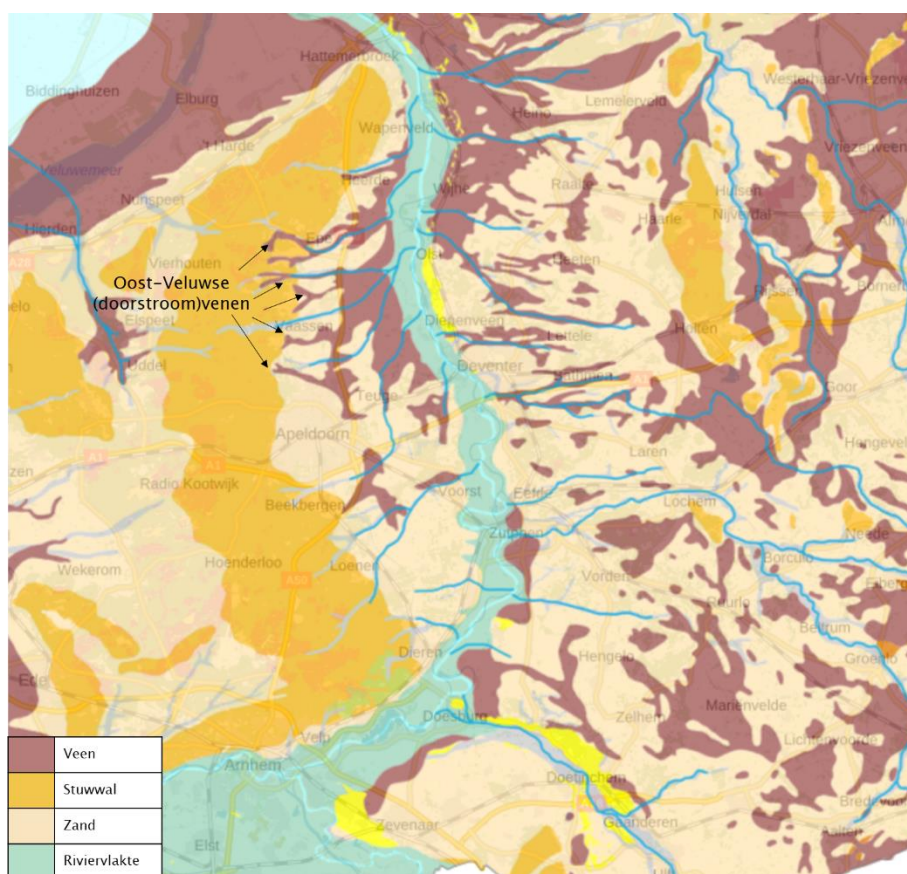
³¹ Lof et al., 2017.

³² Pacheco-Cancino et al., 2023.

opslaan van CO₂ (en het stoppen van de uitstoot), er zijn ruime mogelijkheden voor vasthouden van water en het verhogen van de biodiversiteit en leefbaarheid.

7.3 De oost-Veluwse venen

Tussen de oost-Veluwe en de IJssel speelde veenvorming een belangrijke rol. Het water kan hier van nature moeilijk weg. De grondwaterdruk is door het steile verhang van de stuwwal namelijk groot en de slechtdoorlatende geologische afzettingen in het tongbekken van de IJssel zorgen voor tegendruk. Daardoor was hier sprake van stabiel natte condities waardoor hier grote laagveenmoerassen of broekgebieden, zoals het Vossenbroek, Vemderbroek en Gulbroek, ontstonden. Door gestuwde kleischotten op de stuwwal waren ook hoog op de helling venen aanwezig (Figuur 61). Voorbeelden zijn het Wisselse Veen, Tongerense Veen, het Pollense Veen en in het Nijmolense en Smallertse beekdal (Figuur 62). Door de helling ontstond het veen onder invloed van continu stromend grondwater, maar met verschillende eigenschappen (zuur tot basenhoudend) en bijbehorende gradiënten in vegetatie. Wanneer de diverse venen zich verder ontwikkelen ontstaat er een zogenaamd ‘doorstroomveen’.



Figuur 61: Schematische weergave van de veengebieden tussen de Veluwe en IJsselvallei, rond 1500 (paleografische kaart van Vos).



Figuur 62: Doorstroomvenen op de oostflank van de Veluwe bij Epe en Emst. Op de voorgrond de overgang naar de broekgebieden (laagveenmoerassen): het Vossenbroek is nog net zichtbaar (kaart ondergrond: Google Earth).

7.4 Ecosysteemdiensten van de oost-Veluwse venen

De oost-Veluwse venen spelen een belangrijke rol in het creëren van een robuust landschap. Het herstellen van de venen op de oost-Veluwe draagt bij aan het behalen van de Natura 2000-beleidsdoelen, het mitigeren van klimaatveranderingen en actieve venen leveren vele ecosysteemdiensten.

7.4.1 Koolstofdioxide (CO₂)

Broeikasgassen, vooral CO₂, zorgen ervoor dat warmte wordt vastgehouden op de aarde waardoor de temperatuur stijgt. Om de omvang en snelheid van opwarming van de aarde te verminderen, is het van belang om de CO₂-uitstoot te verminderen en de opslag te vergroten.

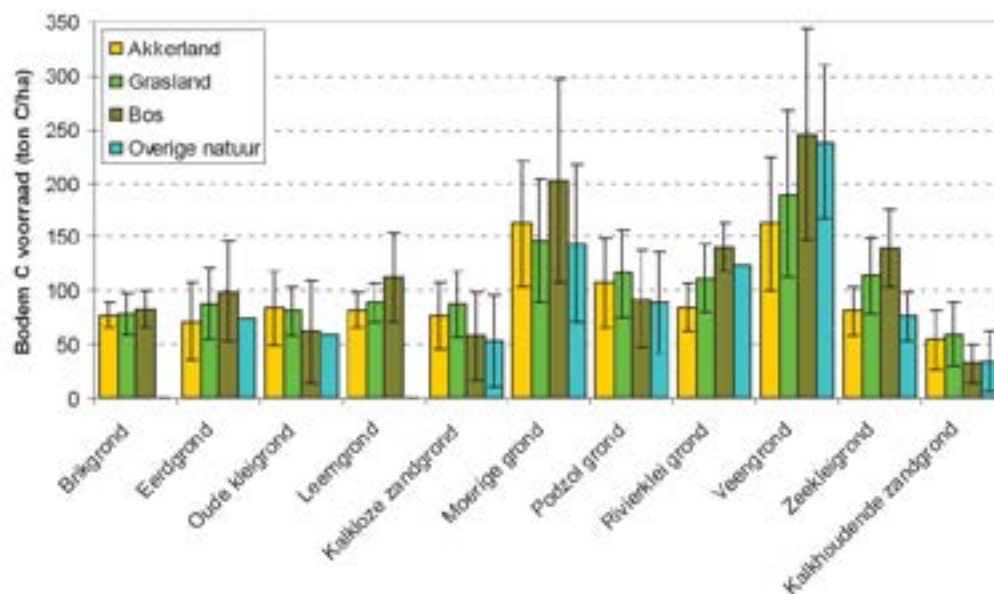
Veengebieden zijn bij uitstek geschikt voor het vastleggen van CO₂. Aan de hand van de data uit de Landelijke Steekproef Kartering (LSK)³³ zijn koolstofvoorraden berekend voor verschillende soorten landgebruik. **In moerige en veenbodems is de koolstofvoorraad ruim twee keer (!) zo hoog als op vergelijkbare droge bodems** (Figuur 63 en Figuur 64). Daarbij komt dat in venen de CO₂-vastlegging 7 tot 10 keer sneller gaat dan op zandgronden. Ze zijn daarmee de grootste CO₂-vastleggers van de wereld.³⁴

Veengebieden worden daarentegen juist een bron van CO₂-uitstoot wanneer ze ontwaterd worden en het veen gaat oxideren.³⁵ Zoals eerder gezegd, is de CO₂-uitstoot van veengebieden in Nederland maar liefst twee keer zo hoog als de totale vastlegging.

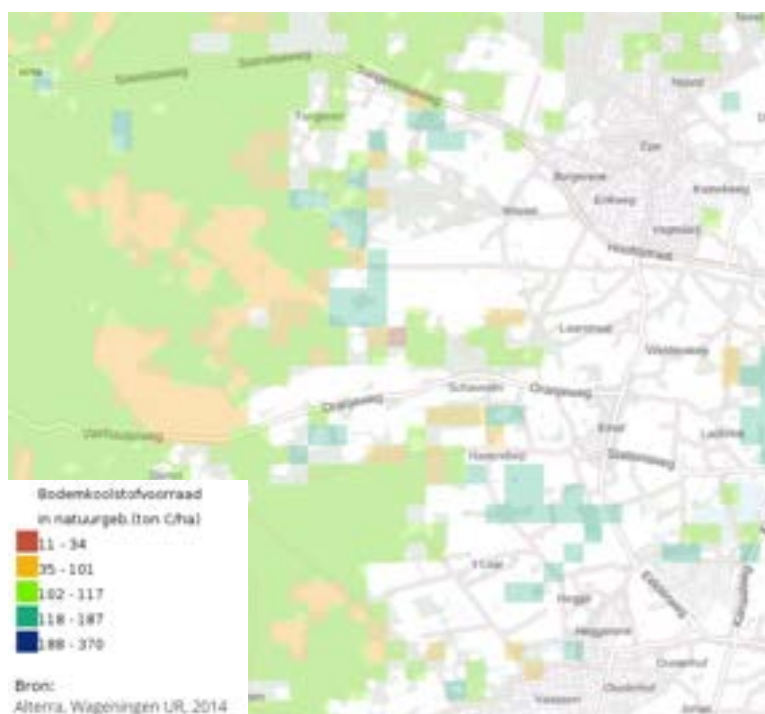
³³ De LSK is een gestratificeerde nationale steekproef, die is uitgevoerd in de periode 1990–2000 waarbij op ongeveer 1400 locaties bodemonsters op vijf verschillende diepten zijn geanalyseerd.

³⁴ Joosten et al., 2016.

³⁵ Pacheco-Cancina et al., 2023.



Figuur 63: Koolstofopslag in verschillende bodems in ton C/ha. Moerige en veengronden bevatten twee keer zoveel koolstof als droge bodems (kalkloze zand- en leemgronden) (Uit Lesschen et al 2012).



Figuur 64: Bodemkoolstofvoorraad op de oost-Veluwe bij Epe (bron: Alterra, 2014; gebaseerd op Lesschen et al., 2012).

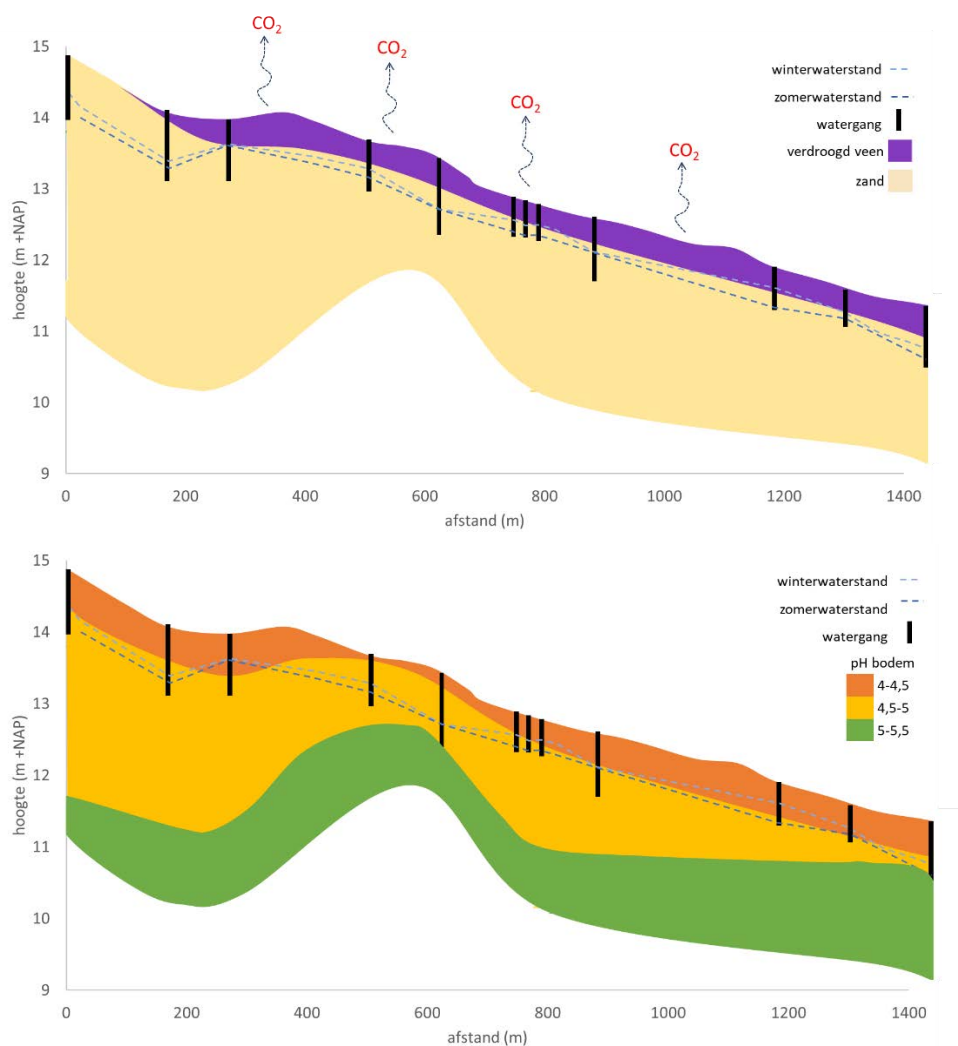
7.4.2 Water vasthouden

De oost-Veluwse venen zijn van groot belang voor de CO₂-opslag van de hogere zandgronden. Dat zit hem met name in de grote herstelkansen van deze, momenteel degraderende, venen. De waterstanden zijn in deze venen namelijk nog steeds relatief hoog en stabiel. De venen liggen bovendien in de laagste delen van het landschap (beekdalen), waar de bewoningsdichtheid vrij laag is. Daardoor zijn de uitstralingseffecten van watermaatregelen naar verwachting beperkt.

Het huidige watersysteem is erop gericht om water zo snel mogelijk af te voeren. Het watersysteem moet beter bestand worden tegen extreme weersomstandigheden. Veengebieden zijn erg geschikt om water langer vast te houden. Vaak wordt gesproken over 'sponswerking', te danken aan veenmossen die tot 20 keer hun eigen gewicht aan water vasthouden. Een belangrijk deel van de sponswerking van de oost-Veluwse venen is verloren gegaan door ontginning en verdroging. Het resterende veen staat dezelfde toekomst te wachten als niet wordt ingegrepen in de hydrologie. De beken hebben een grote omvang, en er is een uitgebreid stelsel van detailontwateringen. Het veen ligt droog en oxideert, waardoor steeds meer van de sponswerking verloren gaat, de bodem verzuurt en bovendien CO₂ vrijkomt.

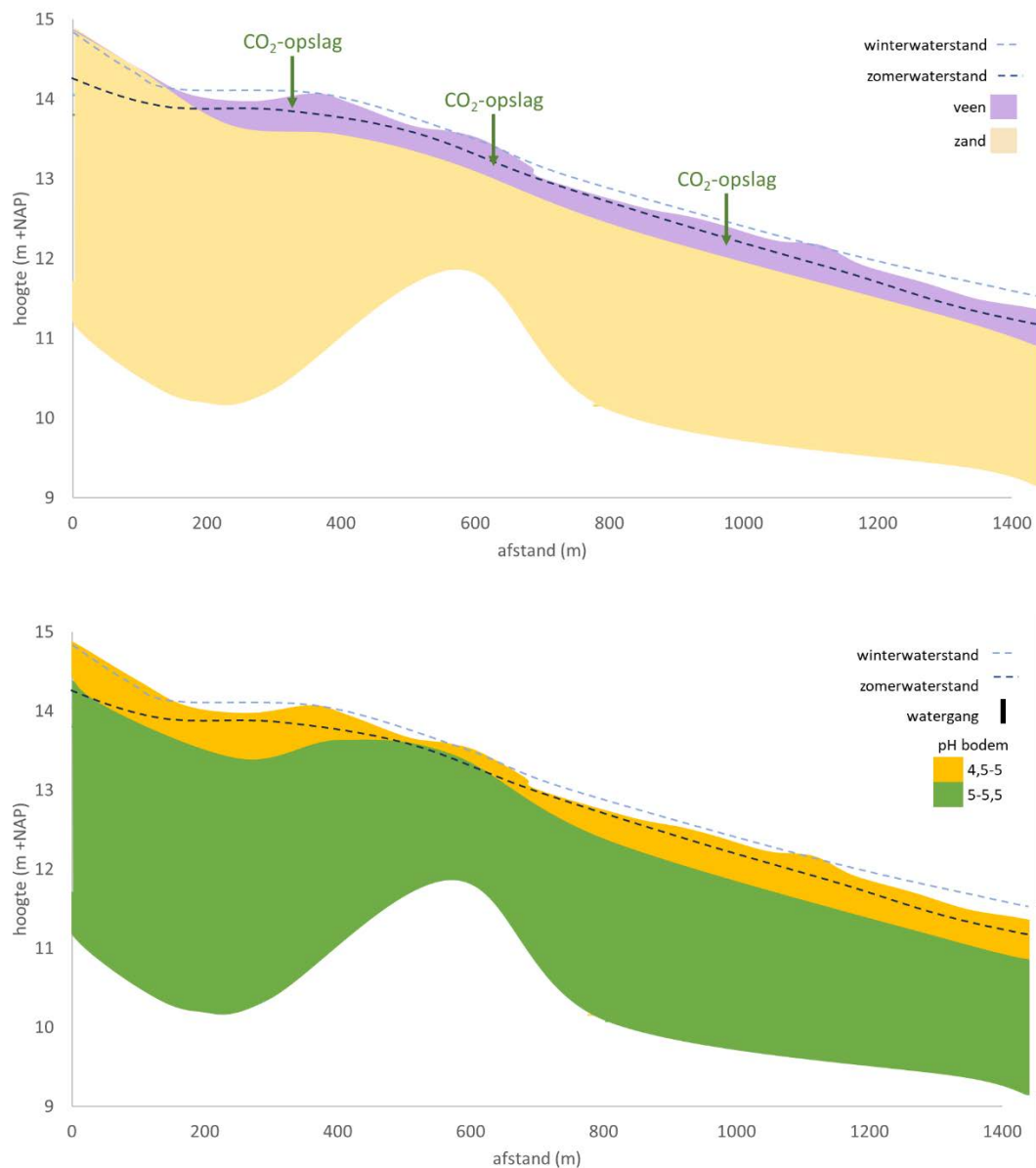


Figuur 65: Veenmosontwikkeling op in 2004 ingerichte natuur. Duidelijk zichtbaar is de sponswerking door ca 20 cm dikke veenmosontwikkeling.



Figuur 66: Door greppels en beken staat het water lager dan het restveen. Daardoor oxideert het veen en komt CO₂ vrij (boven). Bovendien verzuurt de bodem doordat mineraalrijk grondwater niet voldoende aan het oppervlak komt (onder) (gebaseerd op data uit LESA Nijmolense Beek).

In goed ontwikkelde veengebieden staat 's winters het grondwater aan maaiveld. Vanaf april zakt het water maximaal 30 cm weg. Ook de minerale gronden in de beekdalen zijn geschikt voor waterberging. 's Winters staan deze gebieden onder water tot pakweg april. Door de invloed van dit mineraalrijke grondwater stopt de verzuring en neemt de pH weer toe. In het voorjaar zakt het water in de grond.



Figuur 67: Bij een goede waterhuishouding staat het veen tot april onder water, waarna het maximaal enkele decimeters wegzakt. Daardoor kan het veen weer groeien en wordt CO₂ opgeslagen. Daarnaast stopt de bodemverzuring (onder) doordat mineraalrijk grondwater weer langer aan maaiveld staat.

7.4.3 Biodiversiteit

De oost-Veluwse venen vormen een mineraalrijke, natte oase in het verder droge landschap van de Veluwe stuwwal. Ze zijn eveneens een schakel tussen de stuwwal en de rijke IJsselvallei, waardoor een waardevol gradiënt ontstaat. Abiotische diversiteit (bodem, water) bepaalt in grote mate de biotische diversiteit, van planten en dieren. Herstel van de abiotische variatie is dus de belangrijkste motor achter het vergroten van de biodiversiteit.

In de huidige situatie is de biodiversiteit in de oost-Veluwse venen matig. Het Tongerense en Pollense Veen en de venen in de Nijmolense en Smallerse Beek zijn verdroogd, verzuurd en te rijk aan voedingsstoffen door bemesting in het verleden. Bij herstel zijn op de lange termijnen vegetaties van doorstroom- en kwelvenen te verwachten. Denk aan

blauwgraslanden, slenken met kleine zeggen, en kwelgevoede dotterbloemhooilanden en elzenbroekbossen.

Door het grote wateraanbod is de verwachting dat het veen relatief snel kan groeien. Een kijkje bij het Wisselse Veen geeft een beeld van de hoge potenties. Met relatief weinig inspanning zijn hier in een zeer korte tijd (vanaf 1995) grote resultaten behaald. Het veen is weer in ontwikkeling en het gebied is een biodiversiteitshotspot voor bijzondere vegetaties en fauna. Het gebied vormt een ware oase voor mineralen en vocht voor het systeem van de Veluwe als geheel. Het herstellen van de overgang van de droge arme Veluwe naar deze rijke flanken leidt daarmee tot systeemherstel en een gezond biodivers landschap.



Figuur 68: Het Wisselse Veen, een rijke oase te midden van een droog en arm zandlandschap van de Veluwe.



Figuur 70. Elzenbroekbos (Tongerense Veen)



Figuur 69. Voorbeeld van een bloemrijk veldrushooiland (Schildbroek, bij Groesbeek)

7.4.4 Recreatieve waarde

De oost-Veluwse venen zijn in beperkte mate beleefbaar, omdat ze vanwege hun nattigheid voor normaal schoeisel slecht toegankelijk zijn. Desondanks zijn ze prima vanaf bestaande openbare wegen te aanschouwen, omdat dit vrij open landschappen zijn (Figuur 72). Voor de fijnproever zijn op Landgoed Tongeren vlonderpaden aangelegd. Dit gebied grenst aan het Wisselse Veen en biedt een mooi voorbeeld van de ontsluiting van een mooi ontwikkelend veengebied voor recreatie. Wandelaars kunnen hier zonder natte voeten te krijgen, genieten van dit bijzondere open landschap vanaf het vlonderpad (Figuur 71).



*Figuur 72. Vlonderpad op Landgoed Tongeren.
Foto: Gemeente Epe.*



*Figuur 71. Voorbeeld van beleving van een
broekgebied (Soerense Broek) vanaf de weg (Broekdijk)*



Literatuur

Bakker, M.A. & J.J. Van Der Meer, 2003. Structure of a Pleistocene push moraine revealed by GPR: the eastern Veluwe Ridge, The Netherlands. Geological Society, London, Special Publications, 211(1), 143–151.

De Bakker, H. & J. Schelling, 1981. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland : de hogere niveaus en codering van bodemtypen overeenkomstig de legenda van de bodemkaart van Nederland 1:50.000.

Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer & J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik. Technisch document / DLO–Staring Centrum; No. 19–D). SC–DLO.

Van Engelenburg, J., 2012. Uitbreiding infiltratieproject Epe: Aanvraag onderbouwend rapport Waterwetvergunning. Vitens.

Van Engelenburg, J., T. Spek & A. Van Doorn, 2012. Is een stuwwal modelleerbaar? H₂O, 9–2012.

Hagens, 1998. Negen eeuwen Watermolens op de Veluwe. Op kracht van stromend water. NV Uitgeverij Smit van 1876. Hengelo.

Jansen, A., K. Hanhart, G. Maljaars & J. Vrielink, 2013. Aanvullend bodemonderzoek plagdiepte landgoed Tongeren. Hanhart Consult, Lochem.

Jansen, A.J.M., H. Smeenge, A.A.M. Kieskamp, M. Van Der Linden, T. Termaat, M. Van Os & G.H. Bulten, 2019. Wisselse Veen: systeemanalyse en inrichtingsplan. Bosgroepen, Ede.

Menke H, H. Renes, G. Smid, P. Stork, J. Meijer., 2007. Veluwe beken en sprengen. Cultuurhistorisch overzicht van het sprengengebied van de Veluwe. Uitgeverij Matrijs i.s.m. Stichting tot Behoud van de Veluwe Sprengen en Beken.

Neefjes, J.W.P.M., 2018. Landschapsbiografie van de Veluwe: historisch–landschappelijke karakteristieken en hun ontstaan. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.

Smeenge, H., 2020. Historische landschapsecologie van Noordoost–Twente Acht interdisciplinaire studies op het snijvlak van aardkunde, ecologie en cultuurhistorie (ca. 13.000 BP – heden). Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Schaminée, J., R. Haveman, S. Hennekens, M. Horsthuis, J. Janssen, I. de Ronde, N. Smits & K. Sýkora, 2019. Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland. KNNV Uitgeverij, Zeist.

Schaminée, J., J. Janssen, E. Weeda, P. Hommel, R. Haveman, P. Schipper & D. Bal, 2015. Veldgids Rompgemeenschappen. KNNV Uitgeverij, Zeist.



Tijdeman, E., L. Avis & A. Krikken, 2023. Actualisatie tijdreeksanalyse waterwinning Epe. RoyalHaskoningDHV, rapport BI6879-RHD-RP-0001.

Vista landschapsarchitectuur en stedenbouw i.s.m. Lantschap, 2011. Cultuurhistorische Kansenskaarten Wisselse Poort. Kansen voor meekoppeling van cultuurhistorie in de integrale opgaven voor de Wisselse Poort, in het bijzonder deelgebieden Tongeren-Wissel en Zuuk-Grift. Provincie Gelderland.

Vos, P., 2015. Origin of the Dutch coastal landscape. Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series. Proefschrift, Utrecht University



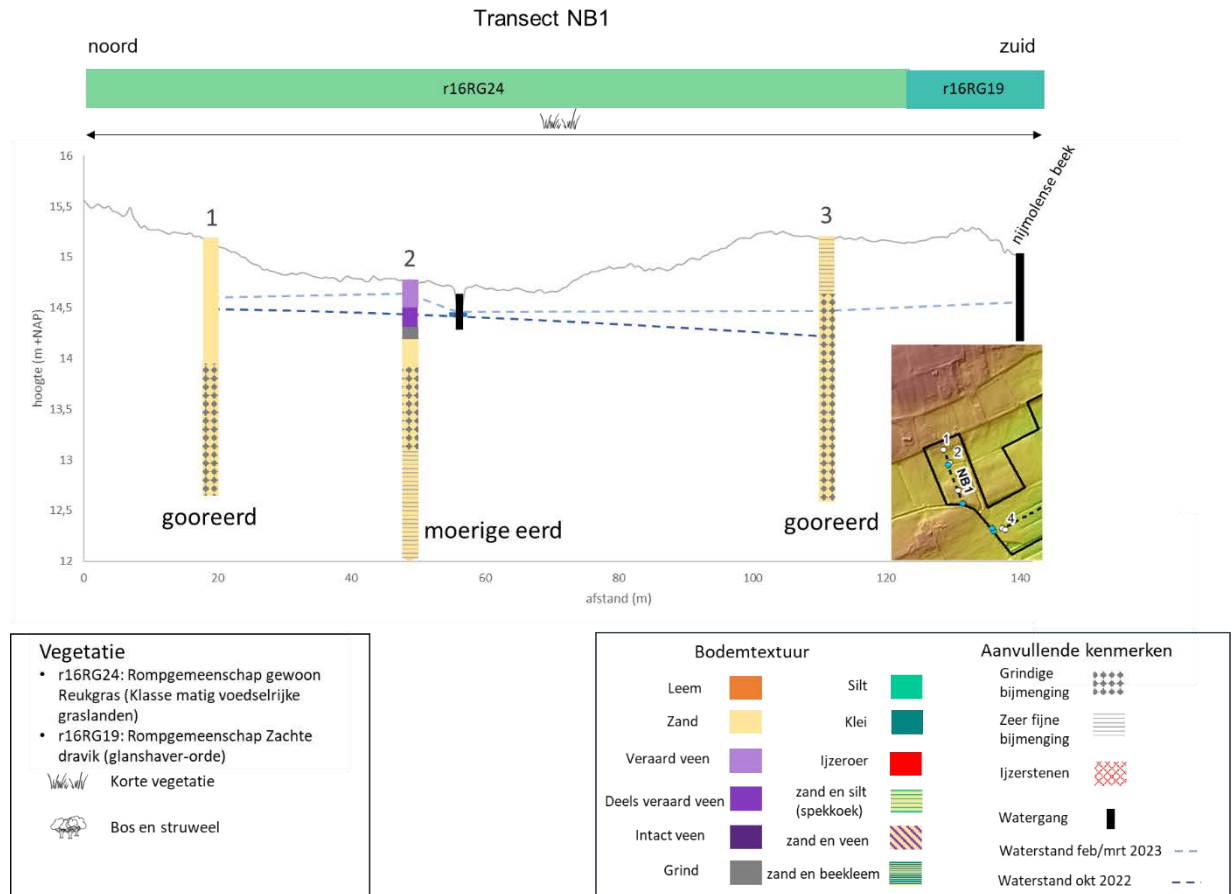
Bijlagen

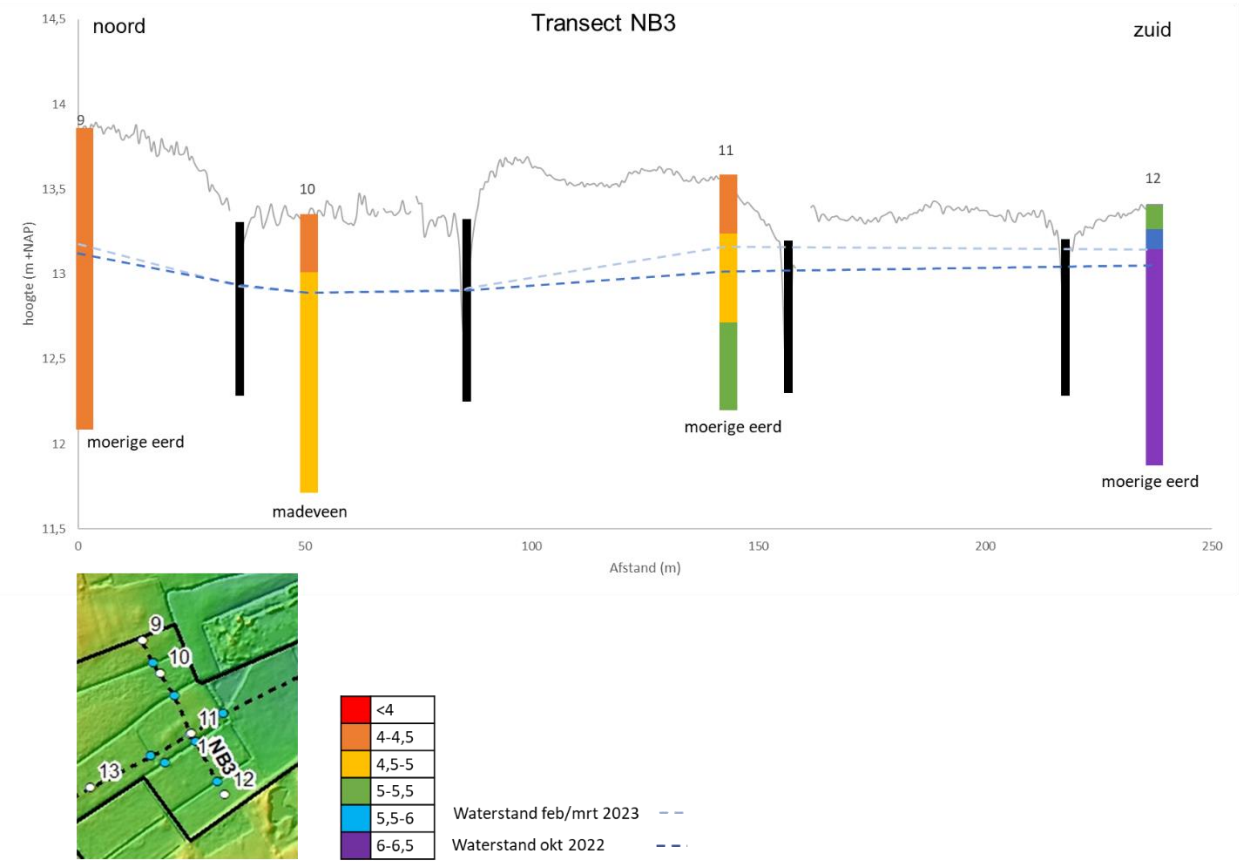
Bijlage 1	Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties Nijmolense Beek (Onderzoekcentrum B-WARE)
Bijlage 2	Overige dwarsdoorsneden
Bijlage 3	Vegetatie

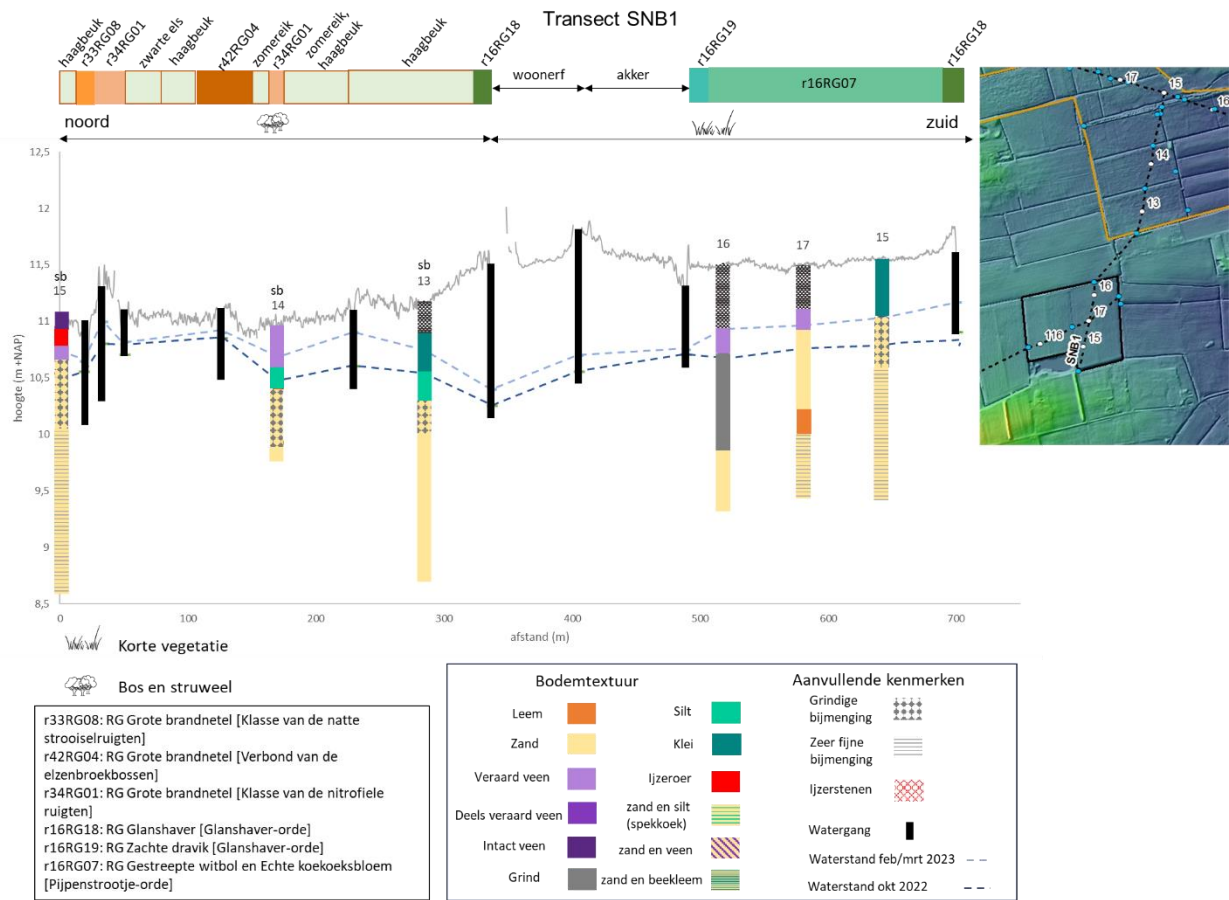


Bijlage 1 **Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties
Nijmolense Beek (Onderzoekcentrum B-WARE)**

Bijlage 2 Overige dwarsdoorsneden









Bijlage 3 **Vegetatiegegevens per traject**