



Smallertse Beek

LESA + inrichtingsmaatregelen

Bosgroepen



Foto voorkant: rechtsboven: veen aan de oostkant van het gebied Smallertse Beek, overspoeld met löss, afkomstig van prehistorische Celtic Fields (links; AHN3). Rechtsonder: watergang die zeer ijzerrijk water afvoert.

Colofon

Opdrachtgever:	Geldersch Landschap & Kasteelen
Titel:	Smallertse Beek LESA en maatregelenadvies
Status:	Definitief
Datum:	10 april 2024
Auteurs:	A.A.M. Kieskamp, H. Smeenge, M. van Os
Projectteam:	A.A.M. Kieskamp, H. Smeenge, 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:	22.30.10111.06

© 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

Inhoud	3
1 Inleiding	5
1.1 Wat is een LESA?	5
1.2 Aanleiding LESA's Emst-Epe	6
1.3 Opbouw van dit rapport	6
2 Methode	7
2.1 Aarde	7
2.2 Mens	9
2.3 Natuur	9
2.4 Dataverwerking en rapportage	11
3 Regionaal systeem	12
3.1 Geologie en reliëf	12
3.2 Bodem	16
3.3 Hydrologie	19
3.4 Te verwachten vegetatie	26
3.5 Historische ontwikkelingen	29
3.6 Synthese regionale systeem	33
4 Resultaten Smallertse Beek	35
4.1 Inleiding en onderzoeksvragen	35
4.2 Historische ontwikkelingen	35
4.3 Geologie en bodem	39
4.4 Hydrologie	48
4.5 Vegetatie en flora	59
4.6 Dwarsdoorsneden	70
4.7 Synthese	75
5 Potenties en knelpunten	76
5.1 Potenties	76
5.2 Knelpunten	79
5.3 Bodemverstoring (opgebrachte grond, diepploegen)	80
6 Maatregelenadvies	83
6.1 Afwegingskader	83
6.2 Maatregelenadvies	84
6.3 Doorstroming na afgraven	85
6.4 Aandachtspunten	85
7 Perspectief lange termijn voor de venen op de oost-Veluwe	86
7.1 Ambities vanuit Natura 2000	86
7.2 Klimaatverandering	86
7.3 De oost-Veluwse venen	87
7.4 Ecosysteemdiensten van de oost-Veluwse venen	88



Literatuur	96
Bijlagen	2

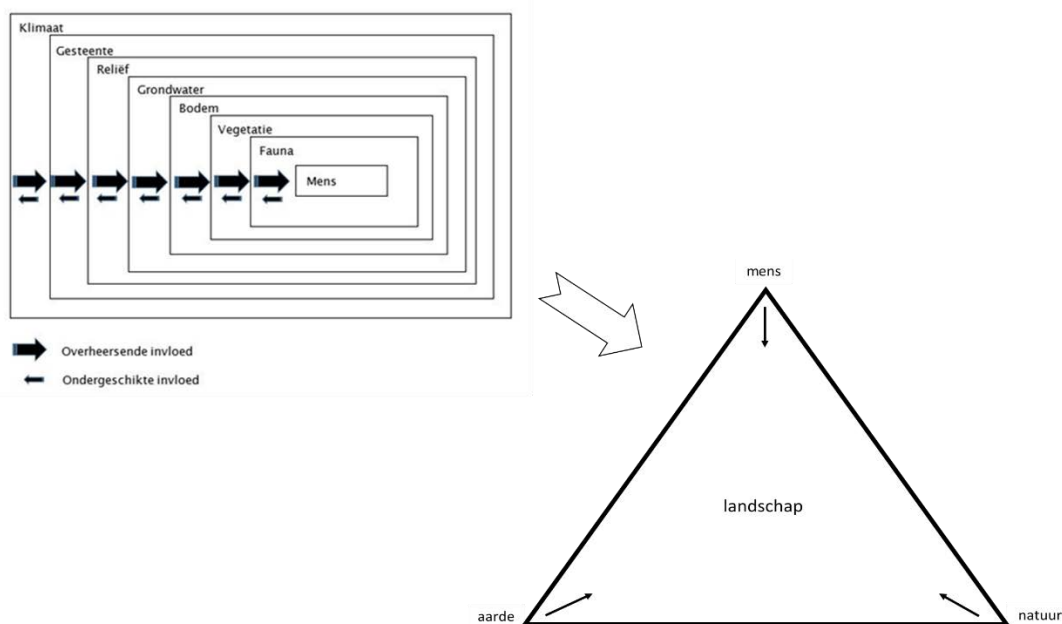
1 Inleiding

1.1 Wat is een LESA?

Onze landschappen hebben een lange geschiedenis achter de rug. Het landschap dat 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 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.

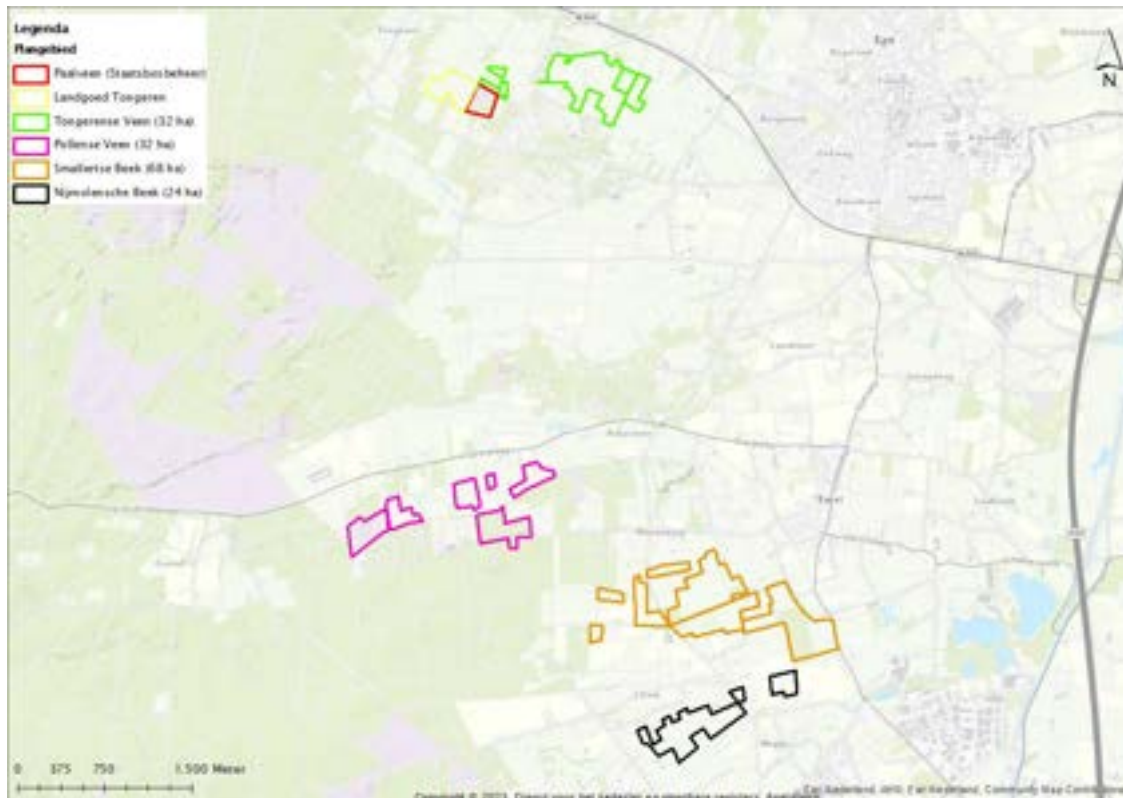
Bij een LESA worden diverse factoren van een landschap en de samenhang daartussen onderzocht. Het model van Bakker et al. (1981) laat de verschillende geofactoren zien. Het landschap is als het ware het resultaat van een wisselwerking tussen de aarde, de mens en de natuur, wat te vatten is als een driehoek. Elk hoekpunt geeft via verschillende vakgebieden aanwijzingen over de landschapsvorming. Afhankelijk van de vraag en achterliggende problematiek zijn kennisvelden uit deze driehoekbenadering nodig.



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).

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. Ten tweede is de vraag wat nodig is om die waarden en potenties te behouden, versterken en verzilveren.



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

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 Tongerse 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 Smallertse Beek.



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.¹ 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. Daarbij is getracht de variatie in reliëf en bodemtypen 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:

- Bodemtype²
- Horizonten en textuurkenmerken³
- 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.

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 hoofdstuk 4.

¹ De Bakker, H. & J. Schelling, 1981.

² De Bakker & Schelling, 1981.

³ Ten Cate et al., 1995.



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.⁴

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).

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. Dit is gedaan om grip te krijgen op de natuurpotenties, knelpunten en het maatregelenadvies om de potenties te kunnen verzilveren. Deze gegevens zijn 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.

⁴ Neerslaggegevens weerstation Epe, KNMI. De zomer omvat de maanden juni t/m augustus, de winter omvat de maanden december t/m februari.



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 Veluwe⁵
- Cultuurhistorische kanskaart Wisselse Poort⁶
- Archeologisch, landschappelijk en historisch-geografisch onderzoek onderzoekgebied Groot Soerel⁷

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

- 1570 van Sgrooten⁸
- Prekadastrale kaart met landgebruik en belastingwaarde via HISGIS⁹
- 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.

⁵ Neefjes, 2018.

⁶ Vista landschapsarchitectuur en stedenbouw i.s.m. Lantschap, 2011.

⁷ Willemse et al., 2009.

⁸ Kaart van de Veluwe 1570, Christiaan Sgrooten. Bron: Koninklijke Bibliotheek Brussel, geraadpleegd via <https://www.elspeethistorie.nl/luchtfotos/topografische-kaarten/veluwe-1570>

⁹ <https://hisgis.nl/kaartviewer/gelderland>



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.

Veldonderzoek

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 maatregelenadvies opgesteld gebaseerd op de potenties van het gebied op basis van de LESA en de knelpunten die er spelen.

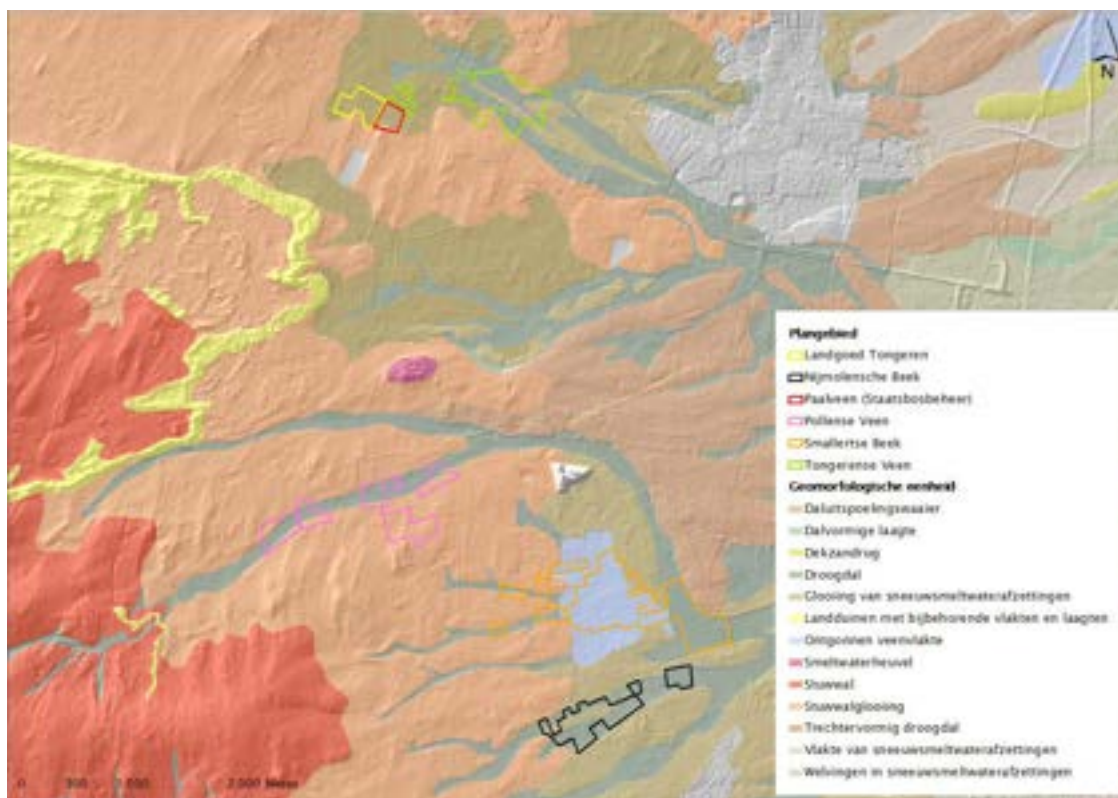
3 Regionaal systeem

3.1 Geologie en reliëf

3.1.1 Smeltwaterdalen

De deelgebieden Tongerense veen, Pollense Veen, Smallertse 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 3).

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 Smallertse 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 smeltwatergullies verdragend op de afvoer van water door de droogdalen die als het ware worden omklemd door de daluitspoelingswaaier (Figuur 3).



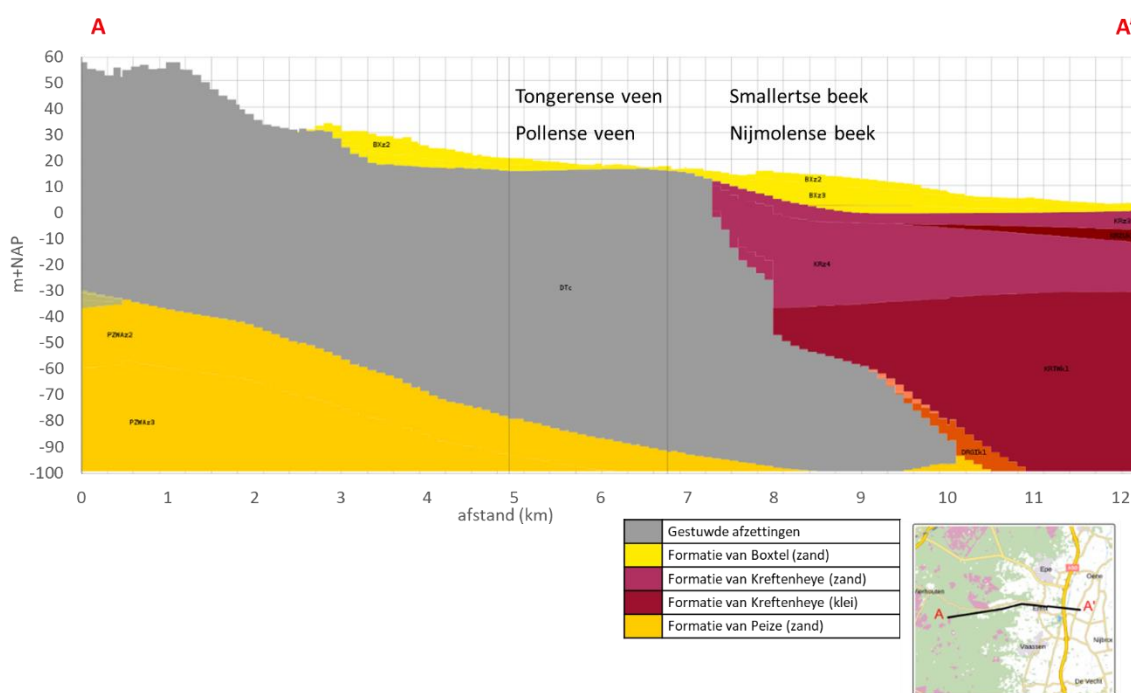
Figuur 3. De vier gebieden liggen vrijwel geheel in de lange, smalle smeltwaterdalen (grijs) op de oostflank van de Veluwe.

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 4). 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

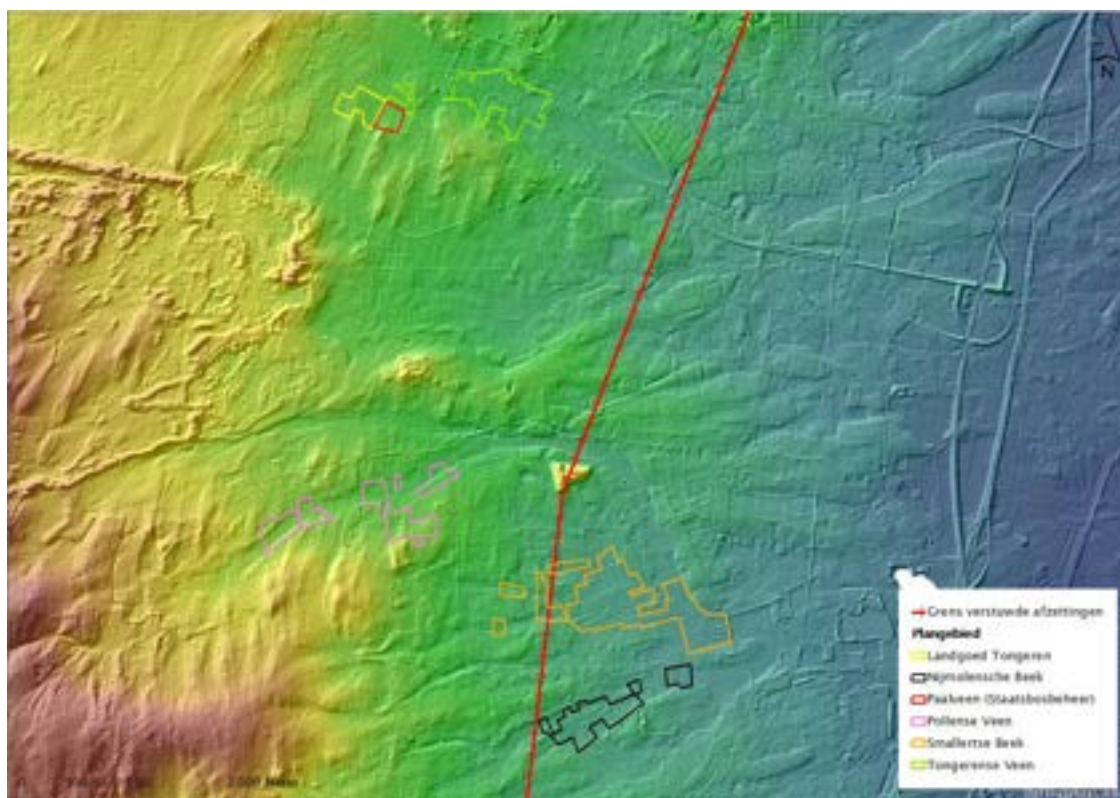
Rijnsysteem (formatie van Kreftenheye). Vooral tijdens het warmere Eemien (126.000–116.000 jaar geleden) zijn kleilagen afgezet en vond ook veenvorming plaats. In de diverse geologische boringen zijn de Kreftenheye–afzettingen ook in de omgeving van Epe en Vaassen in de ondergrond aanwezig. De grens tussen verstuwde afzettingen en Kreftenheye–afzettingen ligt op basis van deze geologische gegevens net ten westen van Epe en Vaassen (Figuur 5).¹⁰

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

¹⁰ Diepe boringen uit www.dinoloket.nl



Figuur 5. Geologische grens tussen verstuwde (links) en dalopvullingsafzettingen met Rijnmateriaal gevolgd door smeltwater- en windafzettingen (rechts).

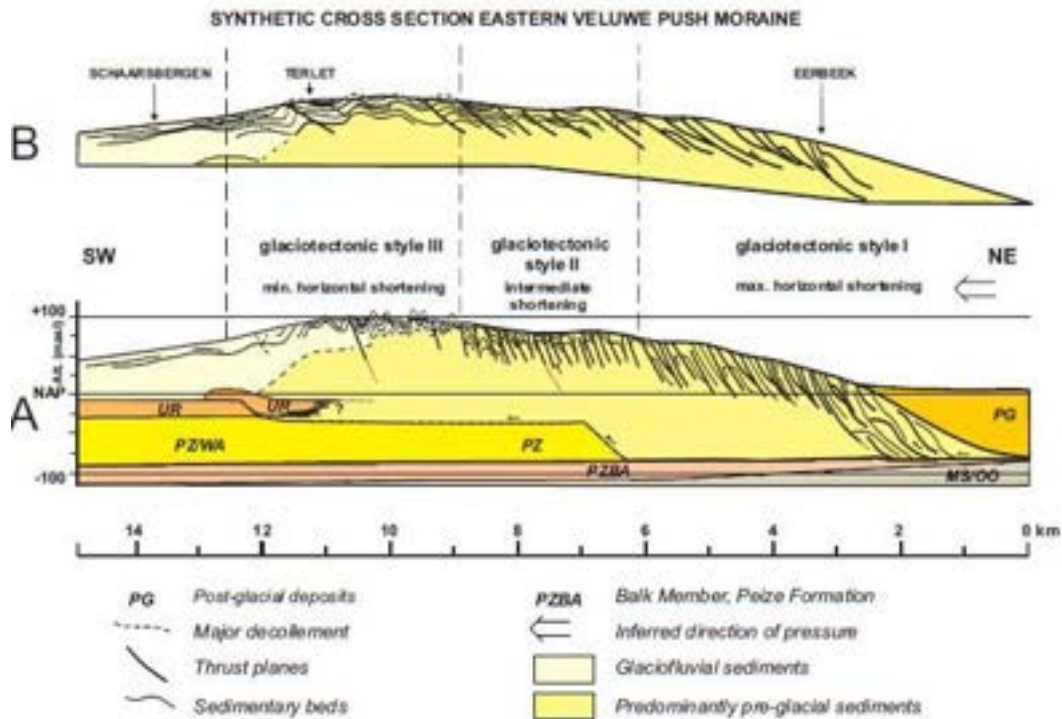
3.1.3 Kleischotten

Op de stuwwal zijn noord-zuid-georiënteerde ribbelstructuren te zien (Figuur 5). Deze zijn ontstaan door verstuwning van verschillende grondlagen door het landijs in het Saalien (Figuur 6). 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 6). 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 slootalud bij het Wisselse Veen (Figuur 7) en met geofysisch onderzoek bij de Motketel (Apeldoorn).¹¹ 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.¹² In elk geval leiden de gestuwde kleilagen tot plaatselijk grote waterstandsverschillen, zoals aangetoond in eerdere studies op basis van peilbuizen op de oost-Veluwe.¹³

¹¹ LESA Motketel (Kroondomein het Loo), Bosgroepen in voorbereiding.

¹² Mondelinge mededeling J. Candel & V. Bense (WUR) en geofysisch onderzoek in de Motketel bij Apeldoorn (Bosgroepen in voorbereiding).

¹³ Van Engelenburg et al., 2012; Tjiedeman et al., 2023.



Figuur 6. Vorming van plooiën (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

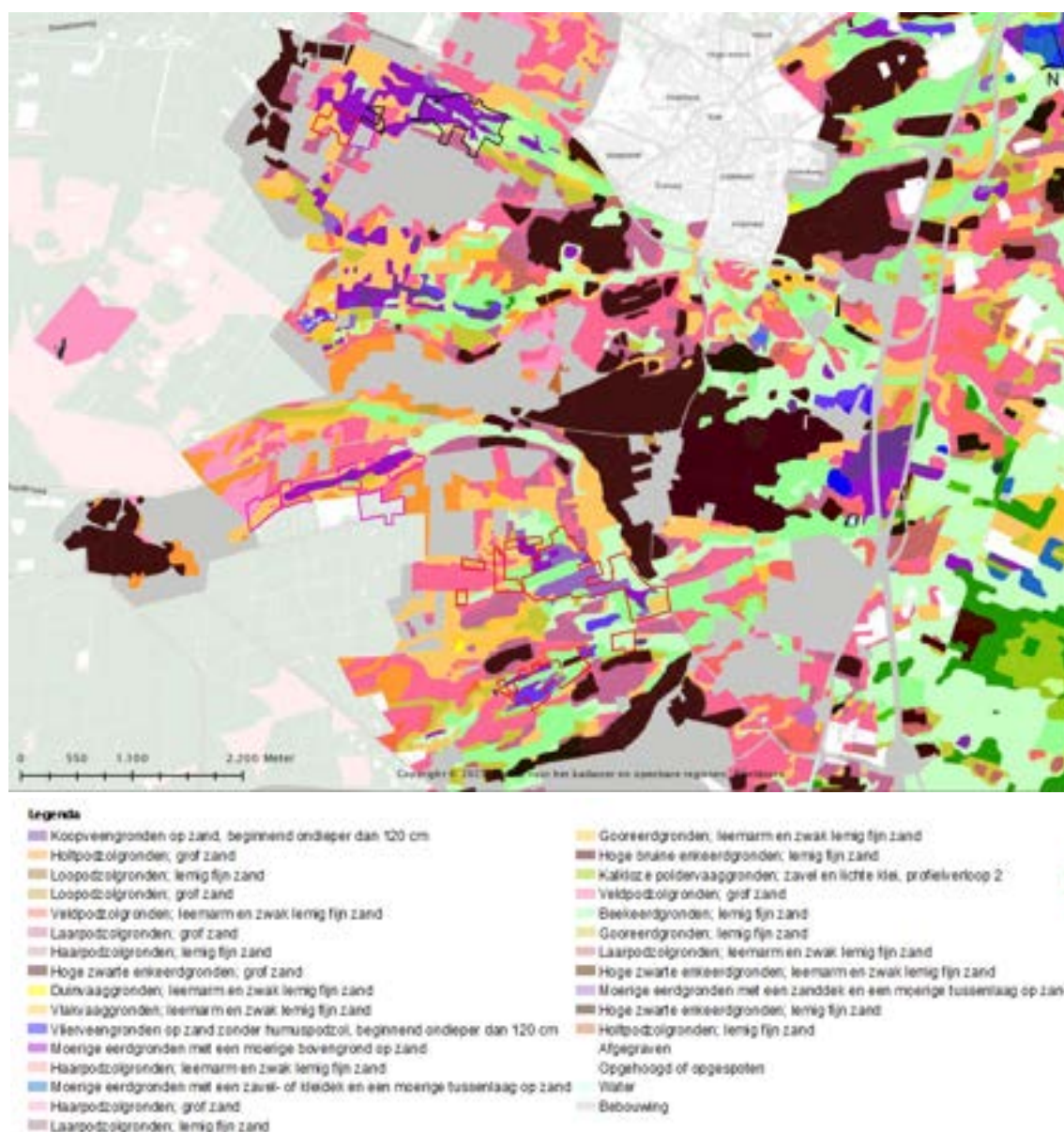


Figuur 7. Subtiële siltbanden (kleischotten genoemd) die leiden tot stijghoogteverschillen van grondwater. Links gefotografeerd in een ontwateringssloot op landgoed Tongeren, rechts op Oud Groevenbeek (Ermelo). De gleyverschijnselen markeren de invloed van ijzerhoudend grondwater. Foto's: Karel Hanhart, 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 8. 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.

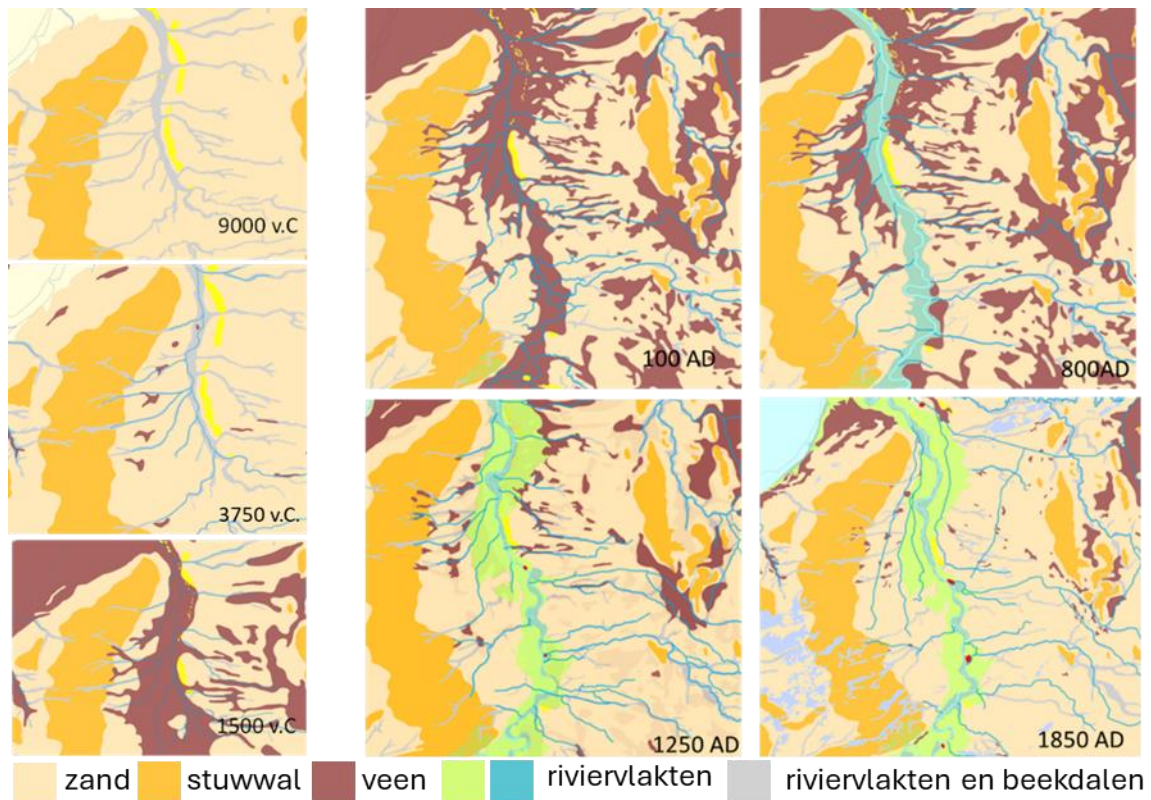
3.2.2 Veenvorming op de Oost-Veluwe

De ouderdom van veen in het Nederlandse landschap is door Vos (2015) bepaald op basis van beschikbare koolstofdateringen. Figuur 9 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 9).

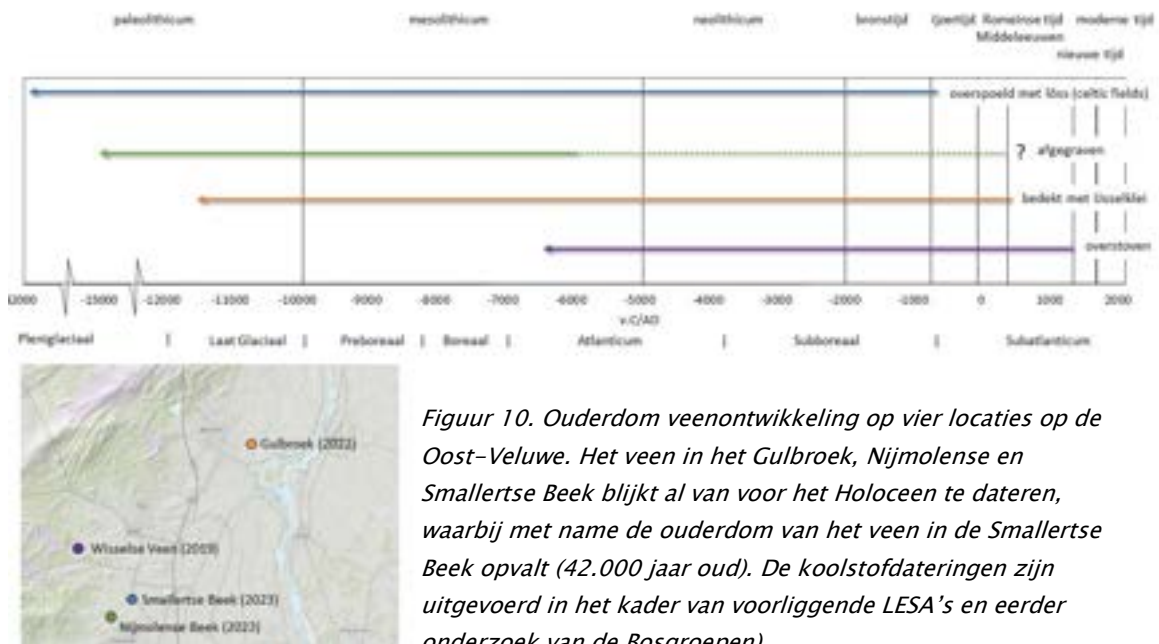
In het kader van de LESA's Nijmolense en Smallertse Beek is in beide gebieden op een locatie de basis van het veen bemonsterd en gedateerd. De veenvorming blijkt op basis daarvan al (veel) eerder op gang te zijn gekomen: 15.000 tot zelfs 42.000 jaar geleden, in het Pleniglaciaal. Ook van de nabije gebieden Wisselse Veen en Gulbroek is bekend dat de veenvorming eerder op gang kwam (Figuur 10).¹⁴ 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.

¹⁴ Jansen et al, 2019; Kieskamp et al., 2022.



Figuur 9. 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 10. Ouderdom veenontwikkeling op vier locaties op de Oost-Veluwe. Het veen in het Gulbroek, Nijmolense en Smallerse Beek blijkt al van voor het Holoceen te dateren, waarbij met name de ouderdom van het veen in de Smallerse 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

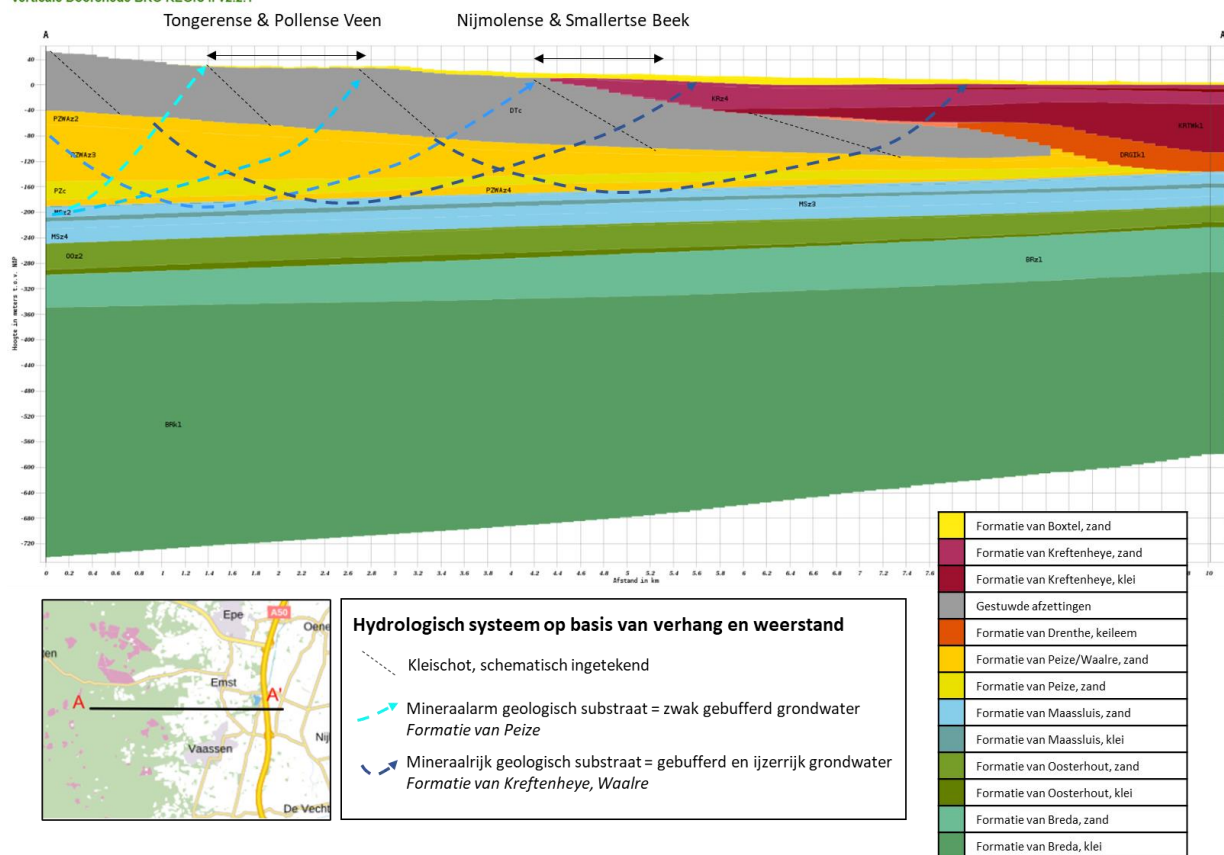
De hydrologie op de Oost-Veluwe wordt gevormd door het reliëfverschil tussen de stuwwal en de IJsselvallei en diverse storingszones in de ondergrond. Het watervoerendpakket vernauwt zich van circa 50m NAP op de top van de stuwwal tot circa 2 m NAP in de IJsselvallei (Figuur 11). Dit betekent dat het 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 dunnere kleilaag van deze zelfde formatie (laagpakket van Zutphen). De Holocene IJsselklei, speelt geen rol van betekenis in dit geheel.

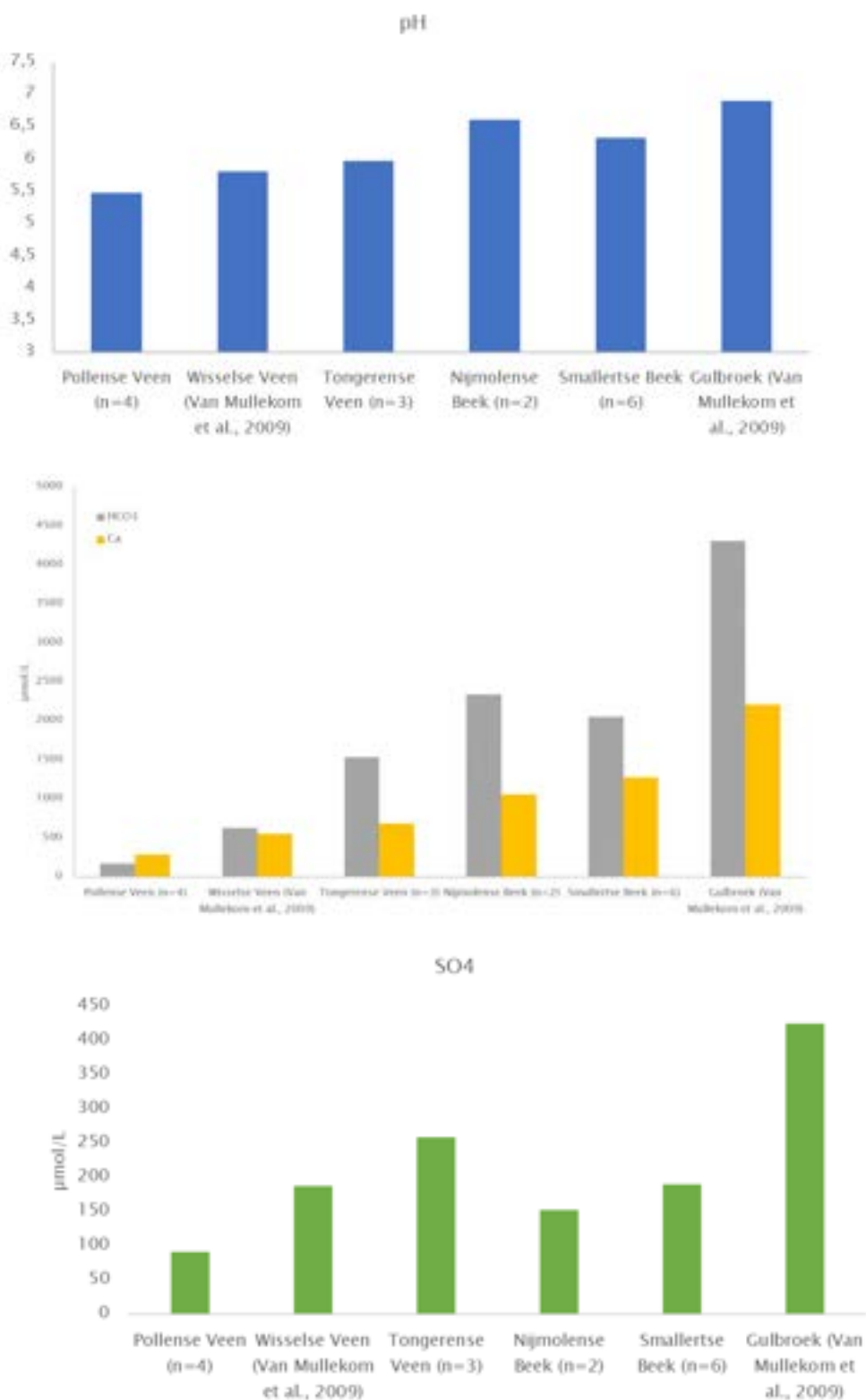
Het gestuwde pakket ten westen van dit tongbekken (DTc) bevat dunne, vermoedelijk onderbroken silt- of kleilagen, die zijn scheefgesteld. Dit betekent dat er ook in het bovenliggende gestuwde pakket, vanaf de Veluwe richting het oosten, steeds meer weerstand in de ondergrond wordt opgebouwd. De onderliggende 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 11). Er is een heel duidelijk gradiënt te zien in buffering (zuurgraad, alkaliniteit en calcium) vanaf de Veluwe richting de IJsselvallei (Figuur 12). 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 12).

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



Figuur 11. 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 12. 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 hoofdwatervgangen in de deelgebieden zijn van noord naar zuid de Vlasbeek en Paalbeek (Tongerense Veen), de Smallerlse Beek met diverse zijwatergangen en de Nijmolense Beek met diverse zijwatergangen. De Smallerlse 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).

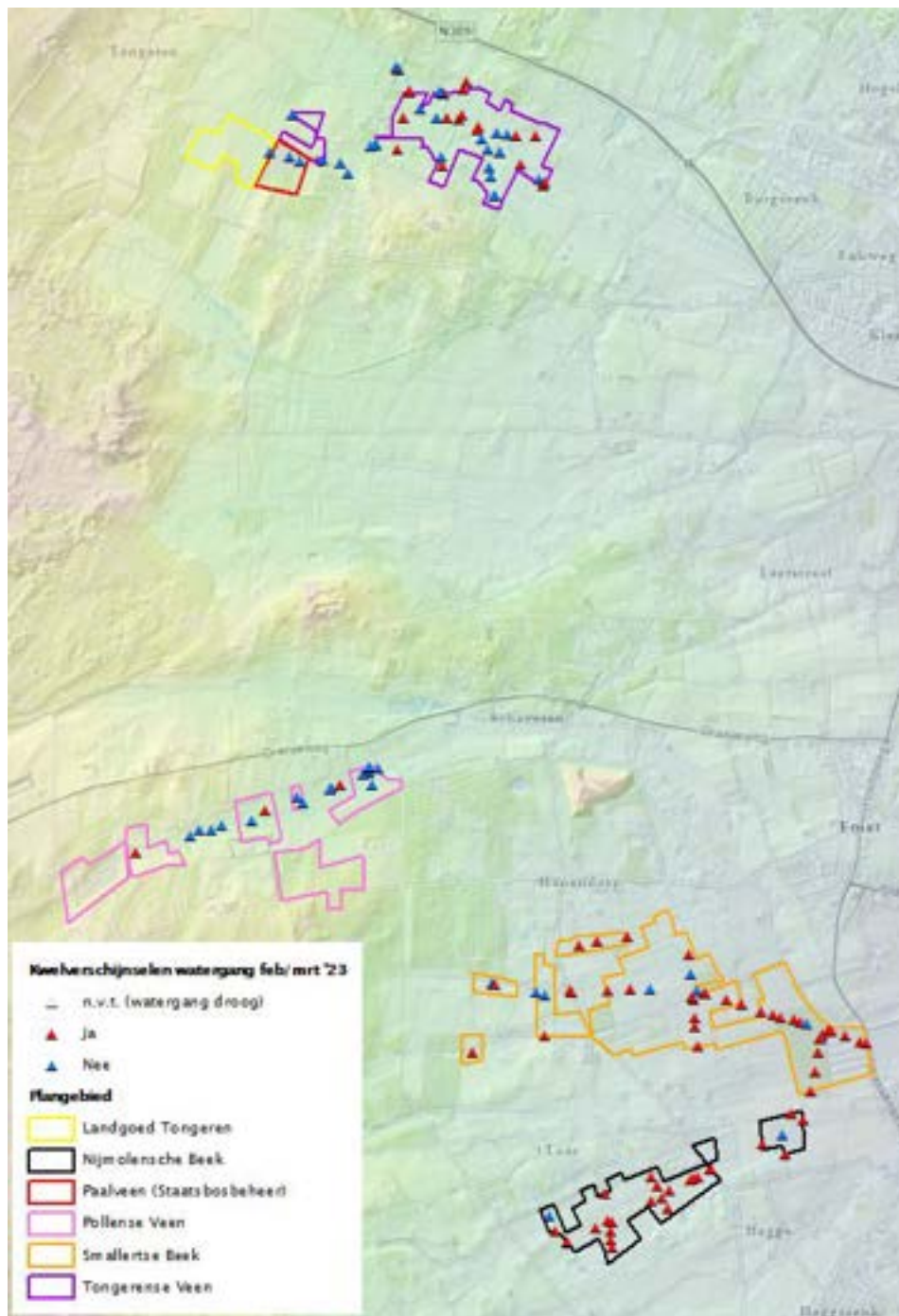


Figuur 13. Watergangen (A- en B-wateren, Legger Waterschap Valleij & Veluwe) en isohypsen (bron isohypsen: grondwatertools).



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 11). De verhoogde sulfaatconcentraties zijn hier een ook aanwijzing voor, want het betreffen zee-afzettingen die rijk zijn aan pyriet (FeS_2).

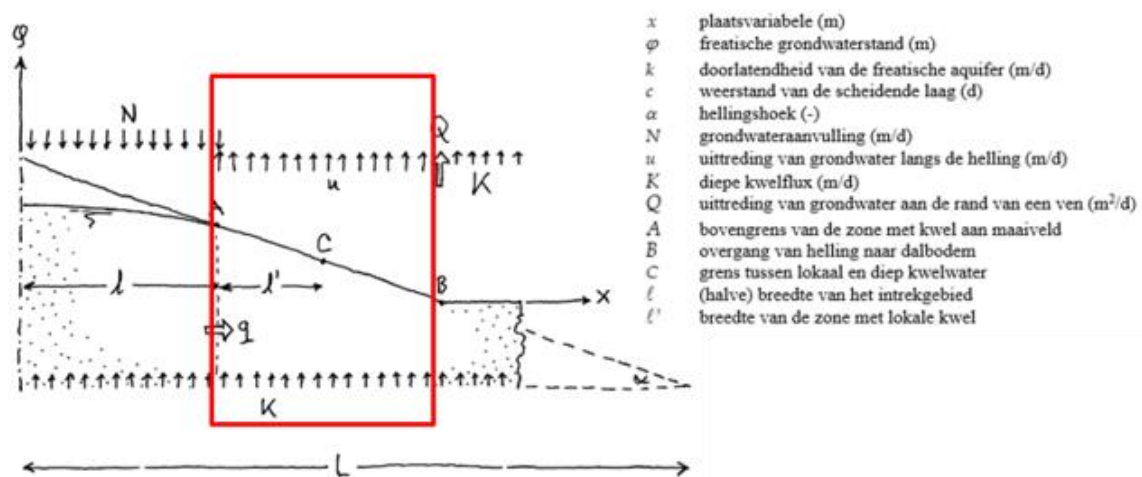


Figuur 14. Kwelverschijnselen in de watergangen in de vier gebieden einde winter 2023.

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 15). 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 knikpunt van de helling naar de plassen zal daarom het grondwater

uittreden (I'). 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).

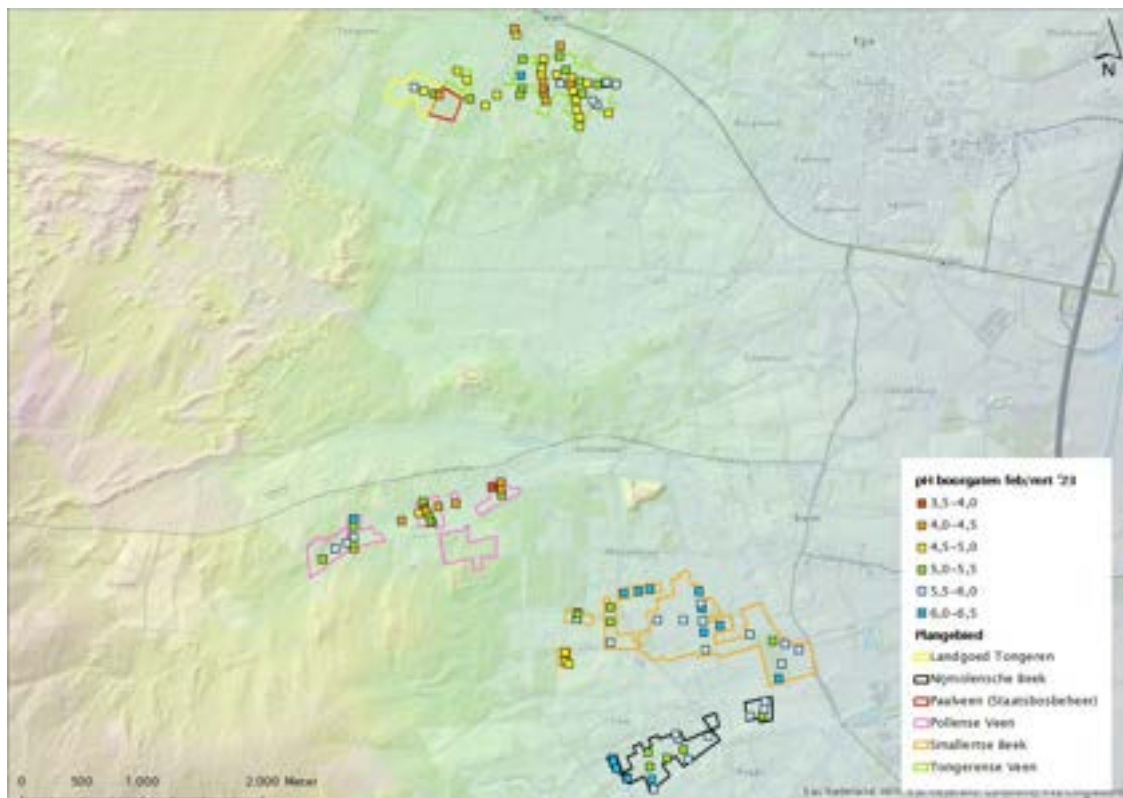
De kwelhelling is op grote schaal aanwezig langs alle randen van de smeltwaterdalen (knikpunt bekeerddgronden en veengronden).



Figuur 15. 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 I'). Jansen & Maas, 2000.

pH

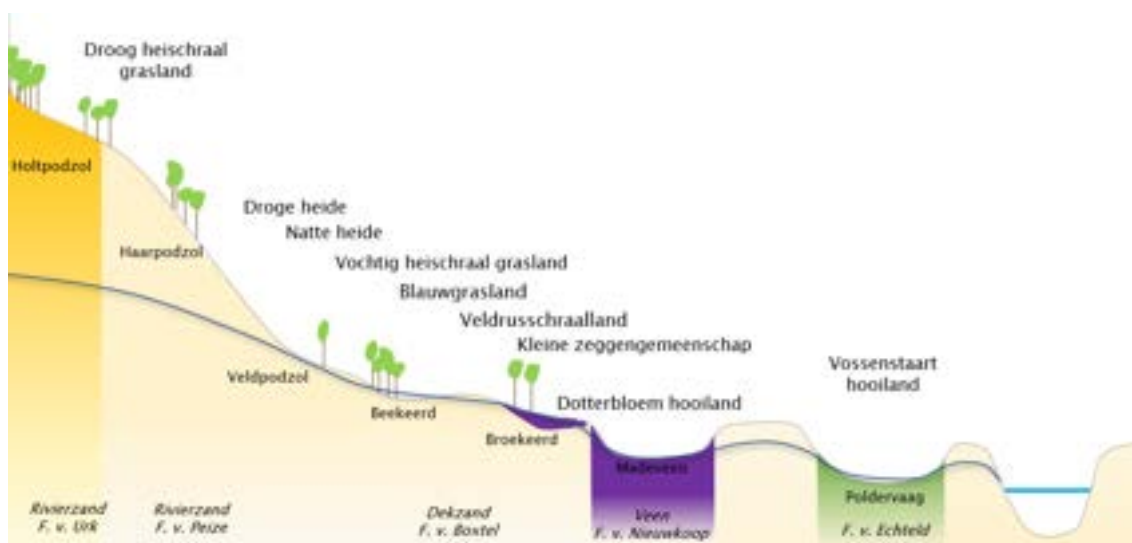
Figuur 16 toont de pH van het grondwater in boorgaten einde winter 2023 ter illustratie van de verschillen in waterkwaliteit tussen de vier gebieden. De pH-waarden van het grondwater in het iets hoger gelegen Pollense Veen en Tongerense Veen is relatief laag ten opzichte van de Nijmolense en Smallertse 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 16. 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 17 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 17 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 17. 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 Smallerlse 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

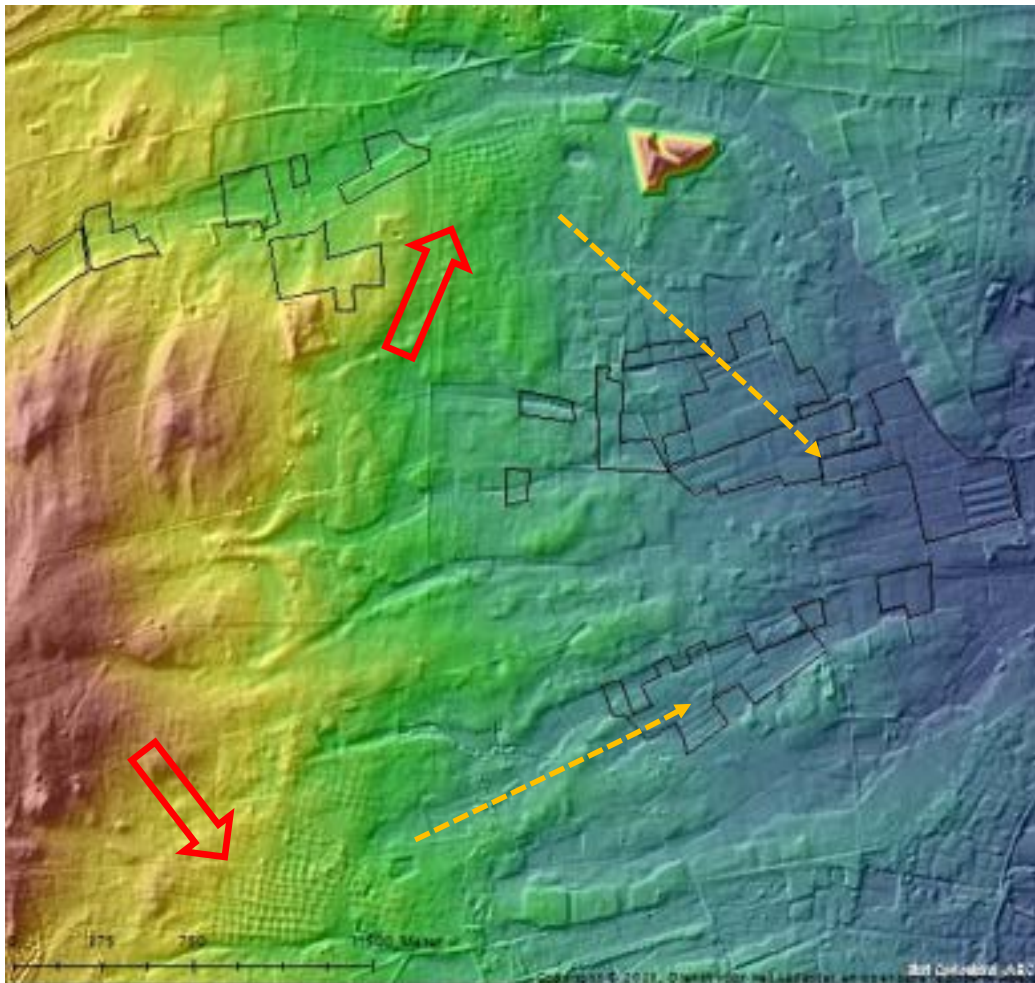
¹ Intacte venen zijn zo nat dat er weinig (en lage) bomen groeien.



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 18).¹⁵ 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 18. 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.

¹⁵ 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.¹⁶ Aan de soorten die toen voorkwamen is te zien dat het landgebruik intensiverde (opener bos, landbouwgewassen).¹⁷ Aan het eind van de middeleeuwen is de noord-Veluwe grotendeels boomloos volgens de oudst beschikbare kaart van de Veluwe uit 1573 (Figuur 19). Deze figuratieve kaart laat de venen zien op de oostflank van de Veluwe tussen Epe en Vaassen.



Figuur 19: 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 20; 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.¹⁸ 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 20). 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 20. De watergang door het Pollense Veen is geen hoofdwatgang en staat niet op deze kaart.¹⁹ Op basis van de kaart van De Man is van de bestaande

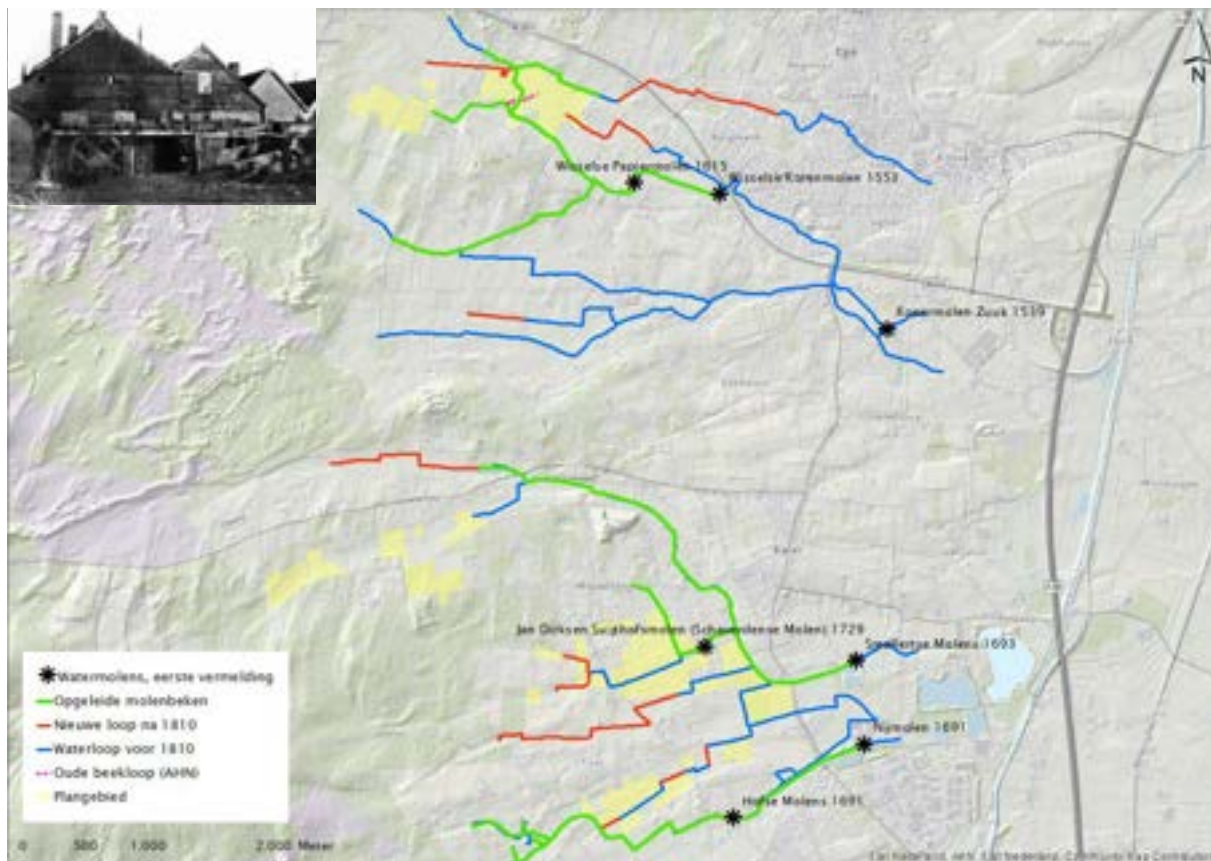
¹⁶ Neefjes, 2018.

¹⁷ Jansen et al., 2019.

¹⁸ Neefjes, 2018.

¹⁹ A-water volgens legger waterschap Vallei & Veluwe.

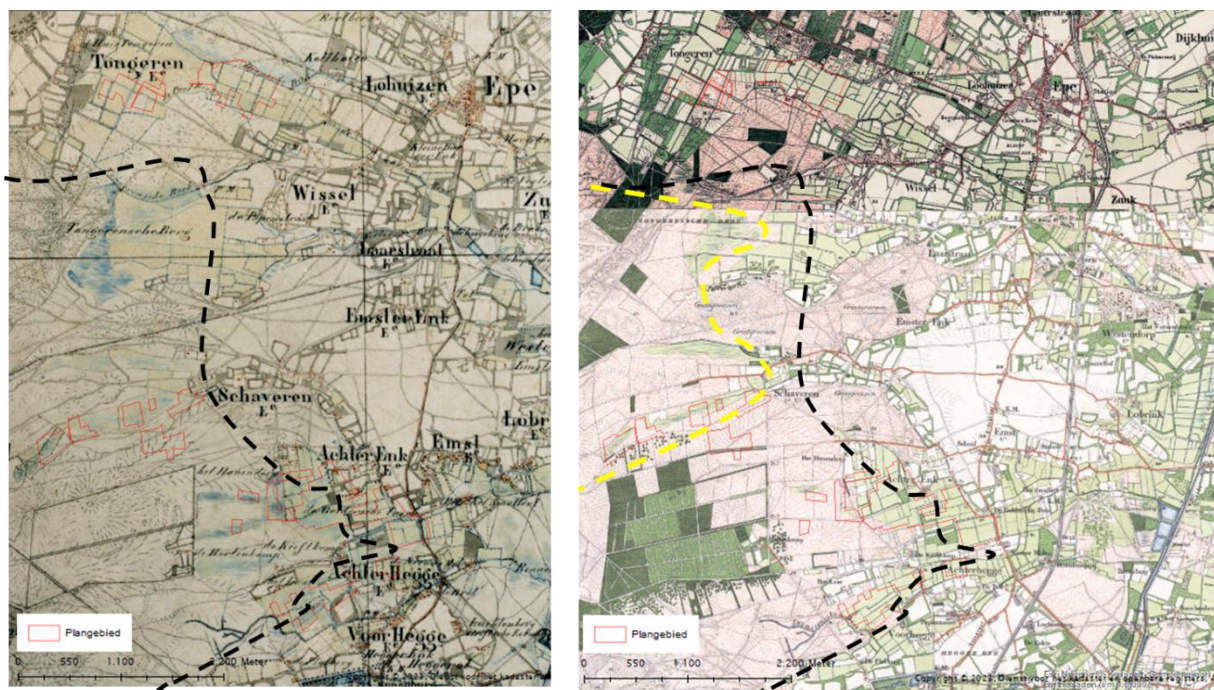
hoofdwatgangen de ouderdom aangegeven (ouder of jonger dan 1810) (Figuur 20). Dat laat zien dat na 1810 een aantal watgangen verlengd hoger op de helling, zoals bij deelgebied Smallertse Beek en ten noorden van het Pollense Veen.



Figuur 20. 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.²⁰ 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 21).

²⁰ Kaarten De Man (1807), hier niet opgenomen, zie gebiedsspecifieke rapportages.



Figuur 21. 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 Smallertse 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 de Smallertse 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?



Figuur 22: Begrenzing plangebied met toponiemen.

4.2 Historische ontwikkelingen

Het gebied Smallertse Beek is onderdeel van de venen die op de oostflank van de Veluwe zijn ontstaan, zoals figuratief weergegeven op de kaart uit 1573 (paragraaf 3.5). In de 16^e en 17^e eeuw zijn op de oost-Veluwe watermolens aangelegd, die een indicatie geven van de ouderdom van het watersysteem (paragraaf 3.5).

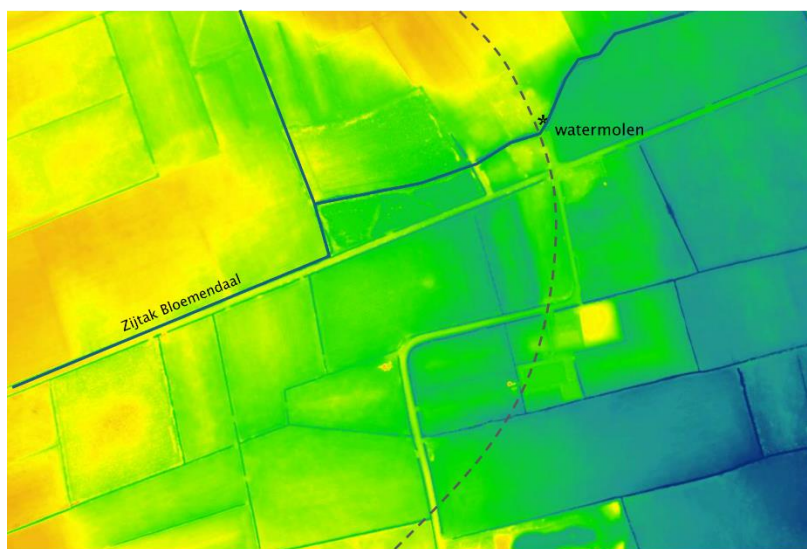
Benedenstrooms van het plangebied zijn rond 1693 aan de Smallertse Beek de Smallertse molens gebouwd. Voor deze papiermolens moet het ijzerhoudende water uit de broekgebieden ongeschikt zijn geweest, vermoedelijk is om onder andere die reden de beek opgeleid. De beek is opgeleid op de overgang van de enk waarop Emst is gebouwd, 'Emstereng' op de kaart van 1807 (Figuur 24), naar het dal.

De Schaverense Molen in het plangebied is pas in 1729 genoemd en was ook een papiermolen.²¹ Ten behoeve van deze molen zijn waarschijnlijk twee watergangen gegraven, die een enclave van graslanden flankeren. Beide watergangen zijn in de huidige situatie nog aanwezig, de noordelijke is geduid met een witte gestippelde pijl in Figuur 24. De westelijke heeft in de huidige tijd de naam Zijtak Bloemendaal. Het lijkt erop dat het water vanuit deze beken in de laagte ten westen van deze natuurlijke drempel (dekzandrug) werd gespaard om de Schaverdense molen van voldoende water te kunnen voorzien (Figuur 23).

De kaart van De Man uit 1807 laat verder zien dat het zuidoosten van het gebied ook al ontgonnen is (Figuur 24). Het bovenstroomse deel van het gebied is nog onverkaveld.

Figuur 25 toont het gebied van 1850 tot heden.²² De twee slenken in het westen van het plangebied zijn nog onverkaveld. Tussen 1850 en 1900 wordt ook dit deel van het gebied ontgonnen en verschijnt de Vaassensebinnenweg op kaart. In 1925 zijn alle gronden binnen het plangebied in cultuur gebracht. De kleinschalige percelering van het gebied is dus in de hogere delen van redelijk recente aard. De watergangen in het gebied zijn grotendeels al voor 1807 aanwezig, maar in de loop der jaren hoger de flank op gegraven (richting het westen).

Tot in de jaren '90 lijkt er weinig te veranderen in het landgebruik en het watersysteem. Daarna zijn er in verschillende perioden bos aangelegd en een retentiebekken nabij de Zijtak Bloemendaal (Figuur 26).



Figuur 23: De watermolen is gebouwd op een dekzandrug, die door lijkt te lopen richting het zuiden/zuidwesten. Mogelijk werd water uit beide watergangen opgespaard in de laagte ten westen van deze dekzandrug om de watermolen van voldoende water te voorzien (ondergrond: AHN4).

²¹ <https:// Gelderland.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/> De Bekenstichting dd, 14-11-2023.

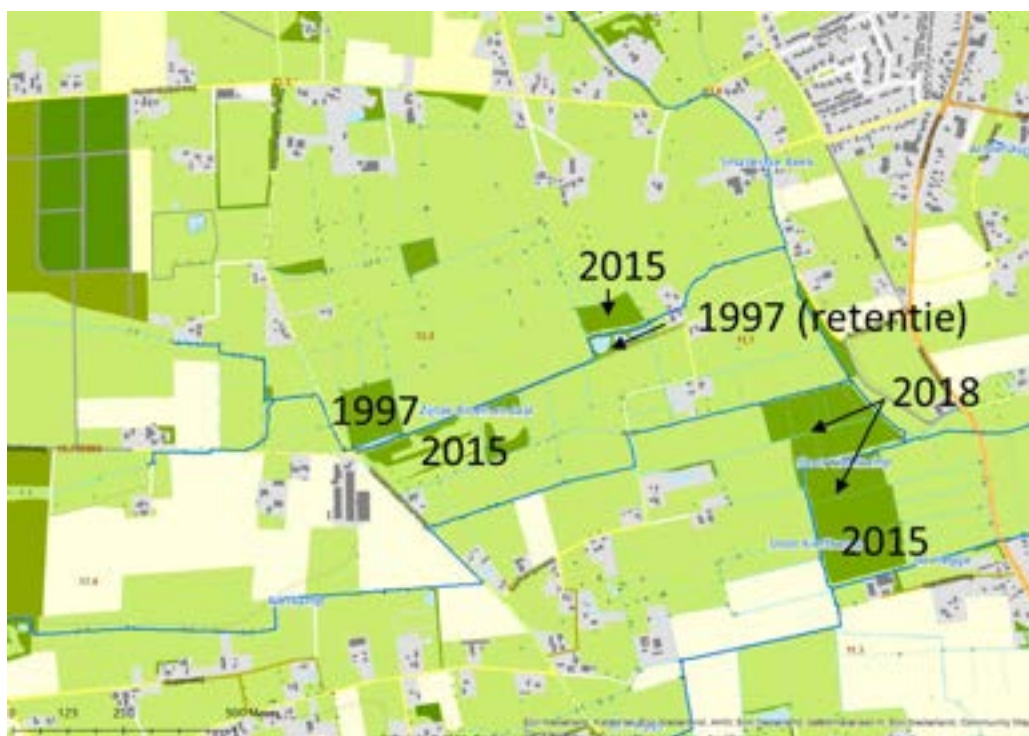
²² TMK Nettekeningen 1850, Bonnebladen +- 1900, Top25NL.



Figuur 24: Enclave van de Schaverdense watermolen op de kaart van De Man uit 1807. De watergang Smallertse Beek is niet duidelijk te onderscheiden op kaart maar moet op de overgang hebben gelegen van de 'Emstereng' naar het beekdal. Rood omcirkeld is de enclave van de Schaverdense watermolen. Deze enclave is geflankeerd door twee watergangen. De noordelijke is opgeleid, de ligging van de oorspronkelijke watergang is aangegeven met witte gestippelde pijl (bron huidige watergangen: legger waterschap Vallei & Veluwe).



Figuur 25: Veranderingen in landgebruik en watersysteem door de jaren heen. Voor de oriëntatie is de enclave van de Schaverdense Watermolen (zie kaart 1807 in Figuur 24) rood omcirkeld.

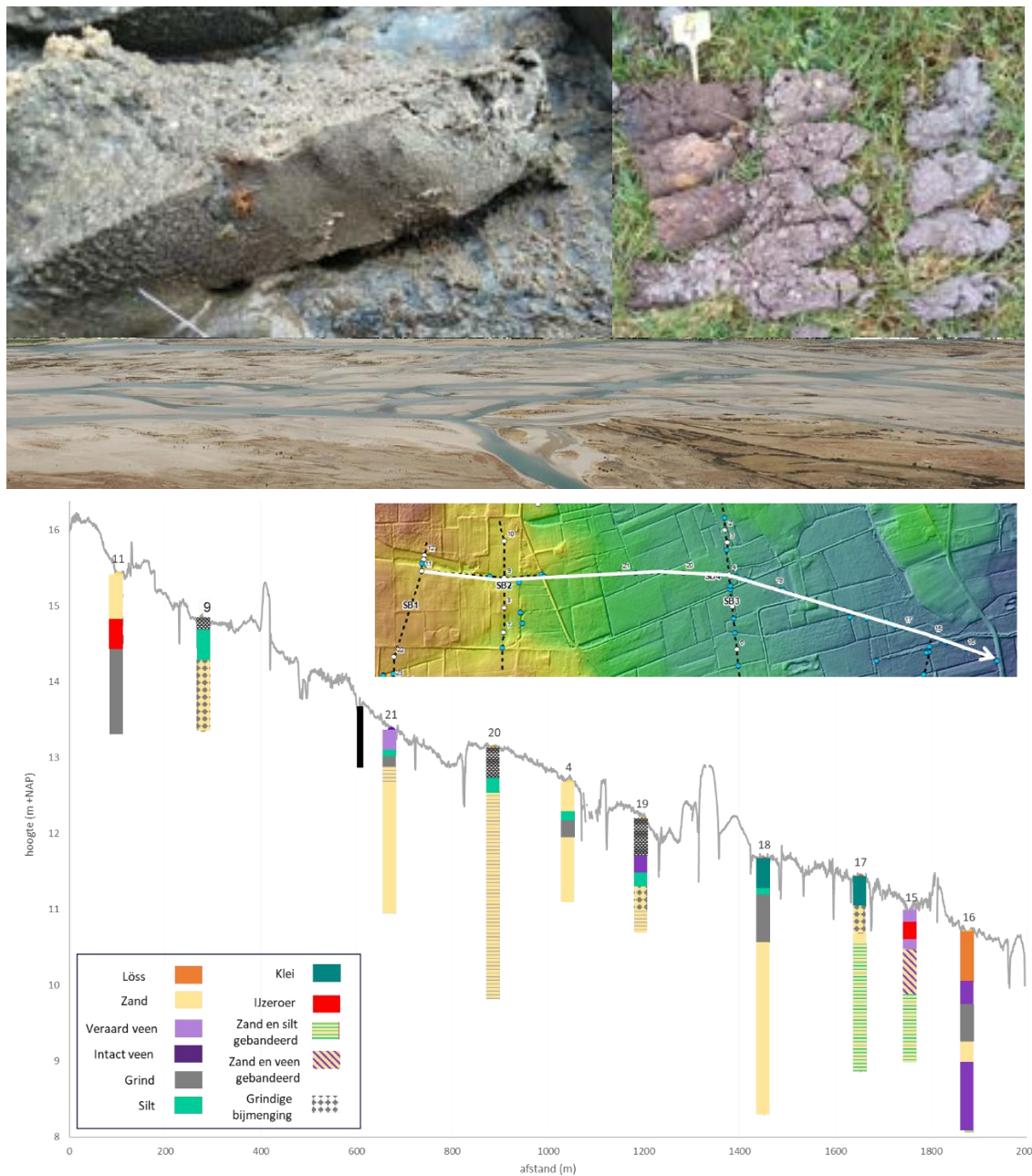


Figuur 26: Perioden van aanleg retentie en bos vanaf 1997 tot heden.

4.3 Geologie en bodem

4.3.1 Geologische afzettingen

De ondergrond in het gebied Smallertse Beek bestaat vrijwel geheel uit smeltwaterafzettingen, die worden 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 27).



Figuur 27: 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) grof zand en grind (rechtsboven) en de Lasa-rivier in Tibet als illustratie voor de wisselende afzettingen in smeltwatersystemen.

4.3.2 Bodemtypen en -opbouw

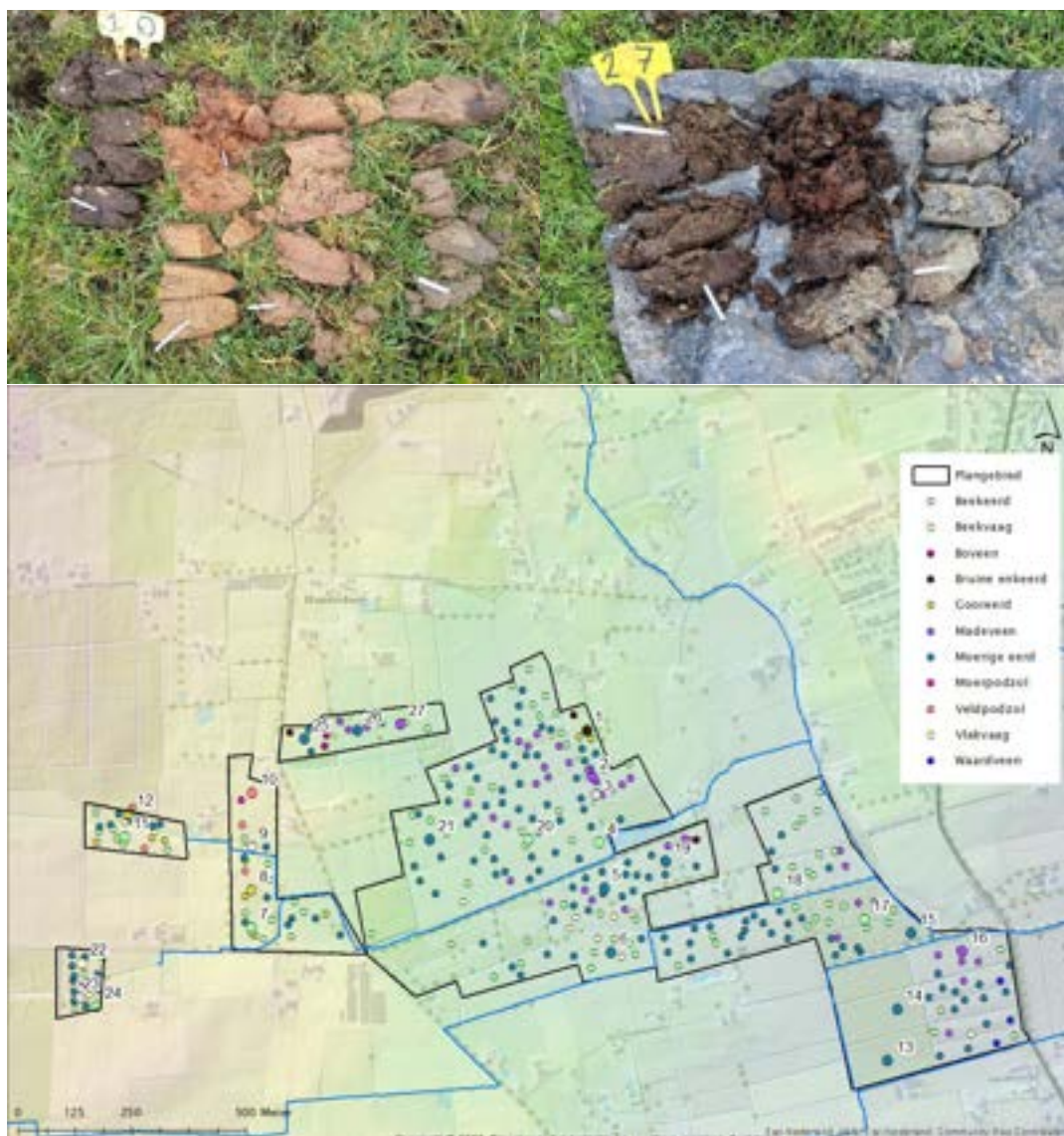
Bodemtypen geven inzicht in de opbouw van de ondiepere ondergrond (<80 cm diepte). Op de hogere delen in het gebied bestaat de bodem uit zand. Op enkele plekken in het westen zijn veldpodzolgronden gevonden die gevormd zijn onder invloed van infiltrerend regenwater. Gooreerdgronden liggen op de overgang naar het beekdal waar het water lateraal door de bodem stroomt. Beekeerdgronden zijn gevormd onder invloed van ijzerrijk grondwater dat in de winter aan maaiveld staat. In het grootste deel van het gebied is echter veen aanwezig. Dit zijn de moerige eerdgronden, madeveen-, boven- en waardveengronden (Figuur 29). Door invloed van ijzerrijk grondwater zijn soms ijzeroerlagen aanwezig (Figuur 28): verharde ijzerconcentraties die ontstaan door langdurige invloed van zeer ijzerrijk grondwater.



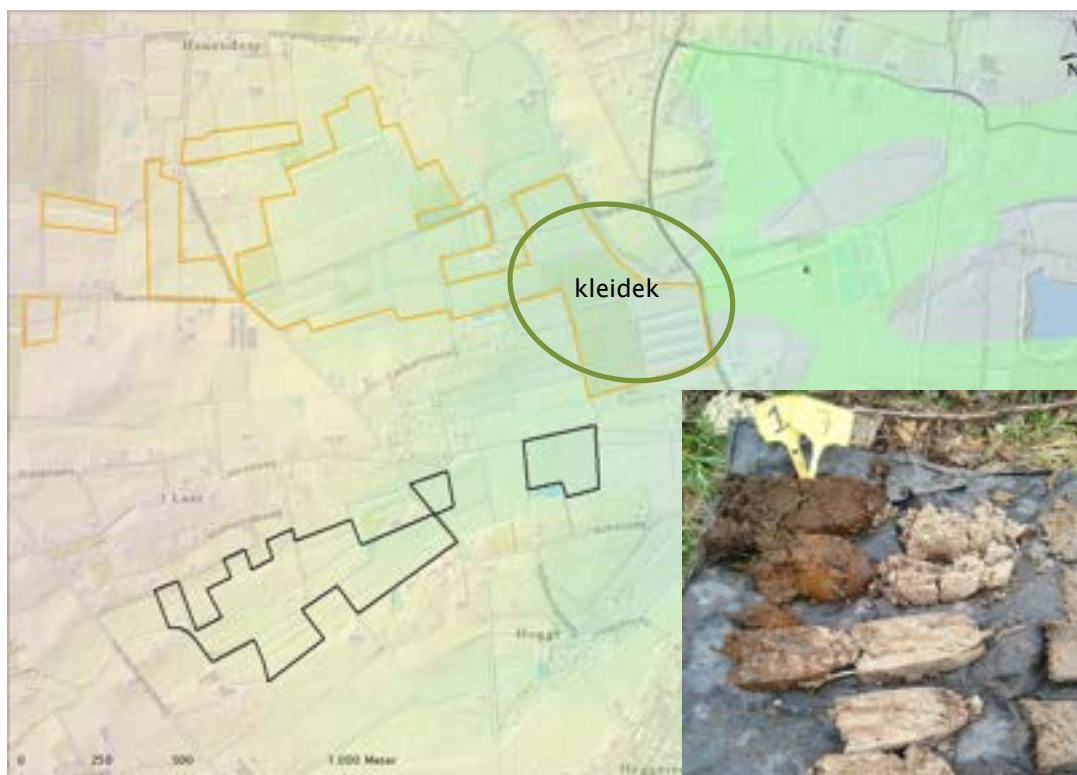
Figuur 28. Ijzeroer (oranje laag).

Het veen in het gebied is veelal veraard, als gevolg van verdroging. Aannemelijk is dat het veenpakket vroeger dikker is geweest, een deel is verdwenen door ontvening en verdroging. Opvallend is dat het (rest)veen op een aantal plekken is onderbroken, het is dan overspoeld met zand, grind en silt. Dit is waarschijnlijk het gevolg van erosie bovenstrooms in het gebied, waardoor het veen is bedekt met afgespoeld materiaal. Hier wordt in de volgende paragraaf nader op ingegaan.

In het oosten van het plangebied is plaatselijk een kleidek aangetroffen (globale zone aangegeven in Figuur 10). Op een aantal locaties zijn die gronden gekarteerd als waardveengronden in Figuur 29. De klei is vermoedelijk afkomstig van de IJssel, hoewel de landelijke bodemkaart aangeeft dat de globale grens tot waar de IJssel klei heeft afgezet, ongeveer bij de Vaassenseweg ligt. Daarbij moet rekening worden gehouden met de schaal van deze kaart (1:50.000).



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: beekeerdgrond (links) en madeveengrond (rechts).



Figuur 30: 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'). Inzetfoto: kleidek van 30 cm (met ijzeroer) op een zandgrond.

4.3.3 Veenvorming en erosiefases

De veenpakketten in het gebied zijn regelmatig onderbroken door zand, silt of löss (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Om inzicht te krijgen in de tijdsfasen waarin dit is gebeurd, is het veen op locatie 16 op verschillende diepten bemonsterd en gedateerd.²³ Figuur 32 laat het bemonsterde veenprofiel met foto's en dateringen zien. De basis onder het veen, op 2,5 m diepte, bestaat uit zand. Daarop heeft zich een veenpakket van zo'n 75 cm dikte ontwikkeld. De bovenkant van het veen dateert al van 42.000 jaar v.C. (Laat-Pleniglaciaal in de laatste ijstijd; (Tabel 2), het Moershoofd-interstadiaal. Vervolgens is in de ijstijd het pakket overspoeld met löss en grind.

Pas rond 1200 v.C. begon zich tot pakweg 500 v.C. opnieuw veen te ontwikkelen, waarschijnlijk door een combinatie van factoren. Ten eerste is bekend uit die periode dat het klimaat in Nederland relatief nat was.²⁴ Daarnaast waren de ruggen langs de beekdalen laat in het Neolithicum (Tabel 2) een populair bewoningsgebied. De ruggen werden ontbost, met minder verdamping en hogere waterstanden als gevolg.²⁵ Het veen op de onderzoekslocatie is gebandeerd met zand. Ontbossing heeft vermoedelijk in combinatie met de aanleg van Celtic Fields in de IJzertijd (Tabel 2) gezorgd voor erosie van materiaal richting de beekdalen (Figuur 32).

²³ Door het laboratorium Vilnius Radiocarbon in Litouwen, op kosten van provincie Gelderland.

²⁴ Casparie, 1972; Van Geel et al., 2014; Dupont, 1986.

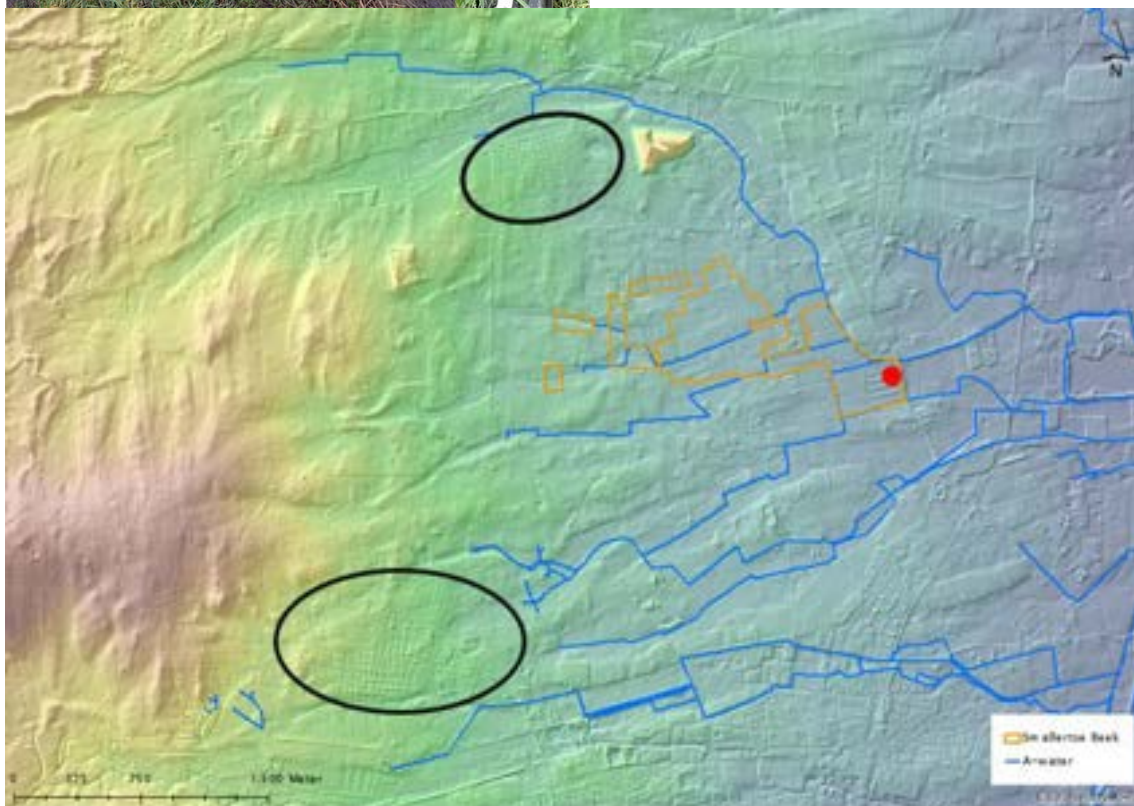
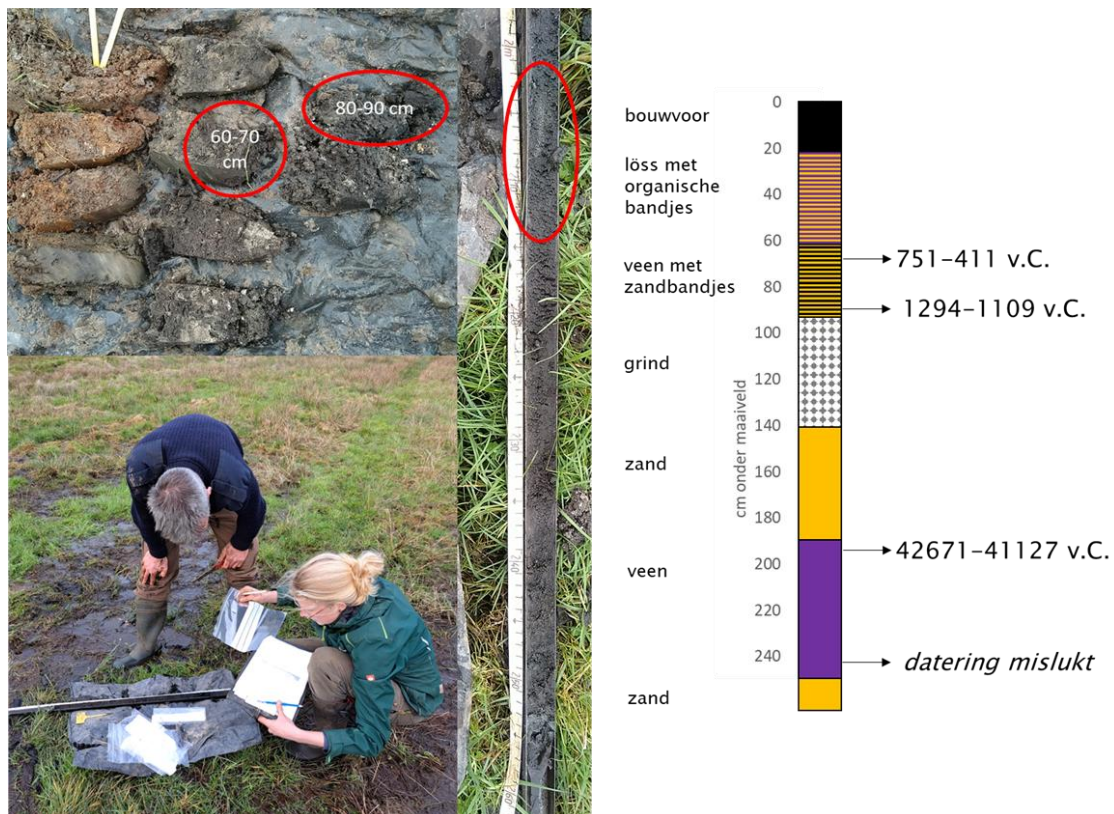
²⁵ Neefjes et al., 2018.



Figuur 31 Drie bodemprofielen waar het veen gebandeerd is met zand, fijn grind en silt, door overspoelingen.

Tabel 2: Geologische en archeologische tijdvakken.

Geologie		Archeologie		Menselijke invloed
Holoceen	Subatlanticum	nieuwe tijd	1850-heden	landinrichting
		middeleeuwen	450-1500 AD	staatssamenlevingen 900 AD
		Romeinse tijd	-12 v.C.-450 AD	late landbouwers
		ijzertijd	800-12 v.C.	
	Subboreaal	bronstijd	2.000-800 v.C.	
		neolithicum	4.200-2000 v.C.	vroege boeren 3.400 v.C.
	Atlanticum		mesolithicum	5.300-4.200 v.C.
		6.450-4.900 v.C.		
	Boreaal	7.100-6.450 v.C.		
	Preboreaal	9.700-7.100 v.C.		
Pleistoceen	Weichselien Laat Glaciaal Laat Pleniglaciaal Vroeg Glaciaal	Paleolithicum	116.000-12.000 voor heden 15.000-12.000 voor heden 73.000-15.000 voor heden 117.000-73.000 voor heden	onbewoond
	Eemien		126.000-116.000 voor heden	
	Saalien		238.00-126.000 voor heden	



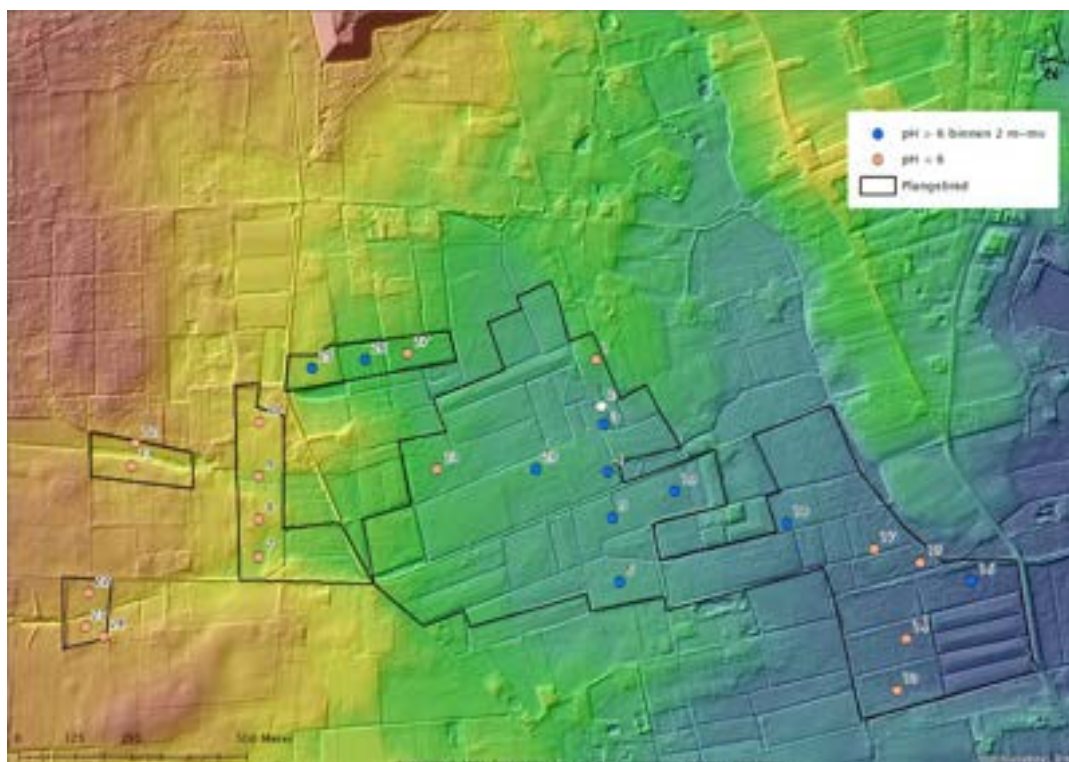
Figuur 32: Ouderdom van de verschillende bemonsterde veenlagen (rode stip op de kaart geeft de locatie weer). Overspoeling door zand en veen tussen 20 en 90 cm-mv hangt vermoedelijk samen met intensivering van het landgebruik bovenstrooms op de zandruggen in de IJzertijd, namelijk ontbossing en aanleg van akkers (Celtic Fields, te zien als vierkante structuren in de zwarte cirkels op de onderste hoogtekarte (AHN4)).

4.3.4 Bodemchemie

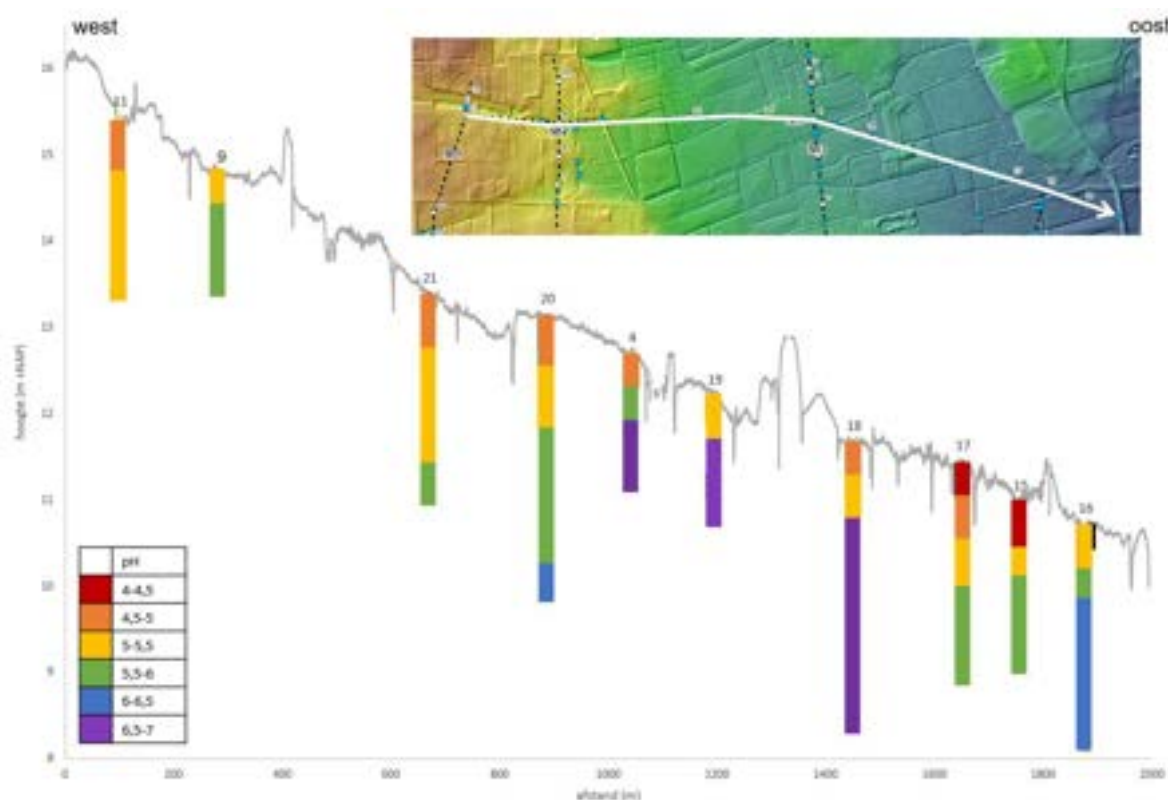
pH bodem

Om inzicht te krijgen in de mate van buffering van de bodem en verzuring, is de pH-H₂O van de bodem gemeten op verschillende diepten. Ze zijn in Figuur 33 in twee categorieën verdeeld: daar waar binnen 2 m een pH van 6 of hoger voorkomt en daar waar de pH lager dan 6 blijft. De locaties met een hoge pH zijn redelijk geclusterd in het centrale grote deel van de Smallertse Beek, de enclave van de Schaverdense watermolen. De hogere pH-waarden lijken vooral samen te hangen met de invloed van grondwater en niet met specifieke bodemlagen die daar voorkomen.

In Figuur 34 is de pH van de bodem uitgewerkt in een dwarsprofiel van west naar oost. Deze laat zien dat, net als in de rest van het gebied, de toplaag zuurder is dan de diepere ondergrond. Dat wijst op verzuring. De buffering zit vooral in het oosten (vanaf boring 20).



Figuur 33: pH-profielen van de ondergrond in twee categorieën verdeeld, namelijk waar pH-waarden van 6 of hoger voorkomen (blauwe lijnen en cirkels) en waar dat niet het geval is (rode lijnen en cirkels). Op locatie 2 is geen pH-profiel gemaakt.



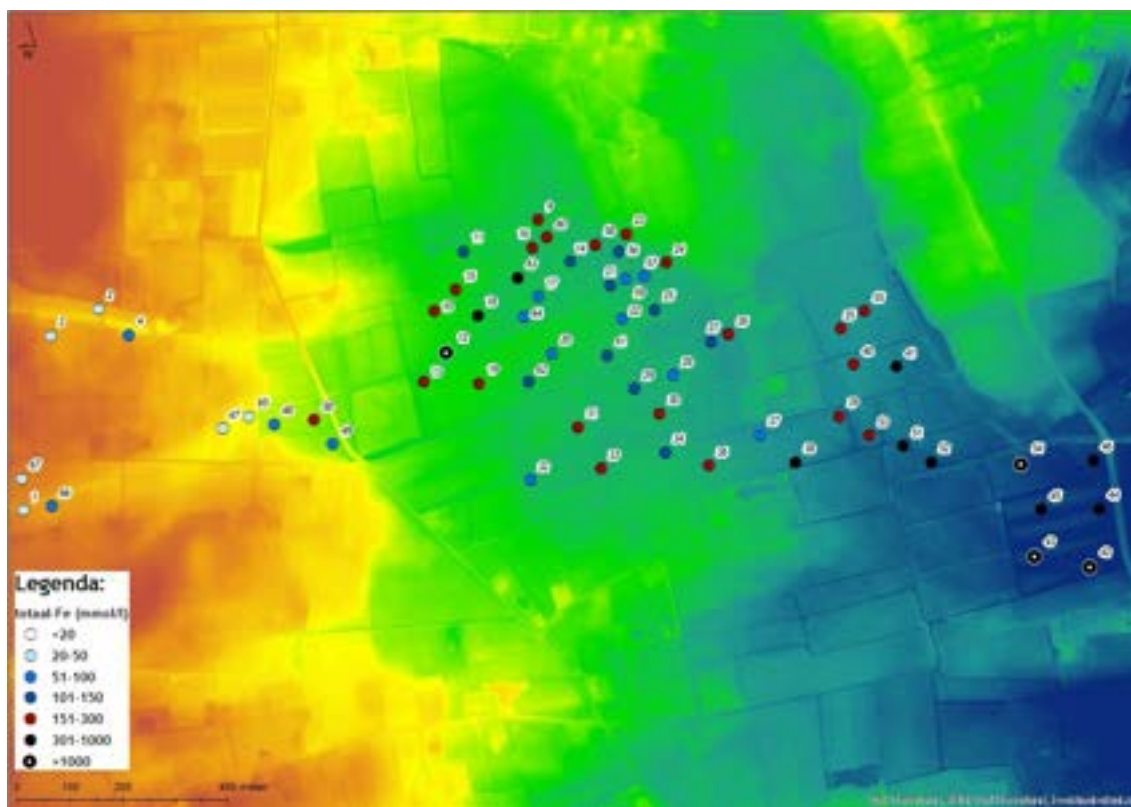
Figuur 34: pH van de bodem langs het transect van west naar oost.

Bodemchemie (B-WARE)

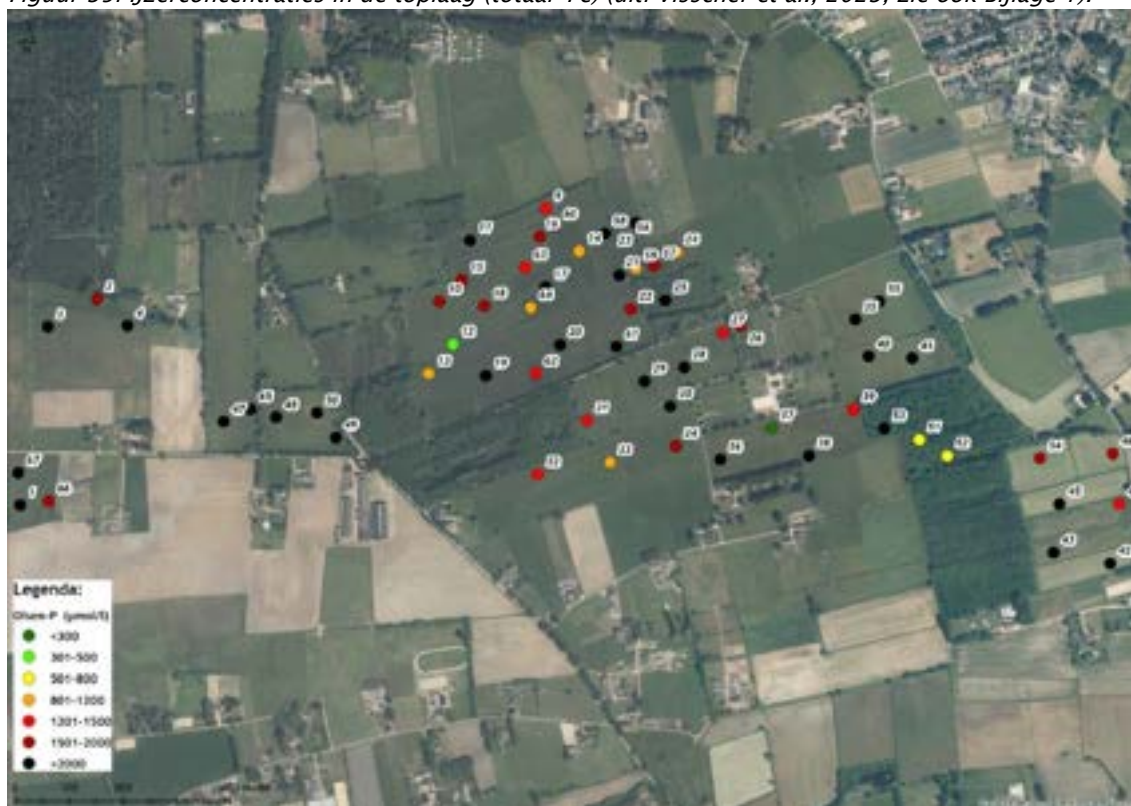
Onderzoekcentrum B-WARE heeft op een aantal locaties de bodem bemonsterd en geanalyseerd in april 2023. De resultaten van de bodemchemische analyses zijn verwerkt in een rapportage door B-WARE (Bijlage 1). Enkele belangrijke resultaten zijn:

- De toplaag van de bodem is (zeer) ijzerrijk aan de randen van het centrale deel (enclave Schaverdense watermolen). Ook in het oosten van het gebied zijn de ijzerconcentraties zeer hoog (Figuur 35). Uit de analyses blijkt dat de ijzerconcentraties lichtelijk afnemen in de diepte.²⁶
- De bodem is rijk aan voor planten beschikbaar fosfor (Olsen-P), maar dat blijkt vooral gebonden aan de bodem. De 'labiele' fosforconcentratie (P-z) is daardoor wel laag in het centrale en oostelijke deel van het gebied (<3– 5 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 36). Dat is gunstig voor ontwikkeling van hoogwaardigere natuur. In het westen zijn de P-z concentraties minder gunstig, de ijzerconcentraties zijn daar ook lager.
- De voedselrijkdom (zoals Olsen-P) neemt in een deel van het gebied in de diepte af. Echter is er een aantal zones onderscheiden waar de bodem ook nog op 50–60 cm diepte P-rijk is. Waarschijnlijk is dit het gevolg van ploegen. Op deze locaties is ontwikkeling van schralere natuurtypen niet mogelijk zonder diep te ontgronden, hetgeen in ieder geval vanuit hydrologisch perspectief niet gunstig is. In hoofdstuk 5 en 6 wordt hier nader op ingegaan.

²⁶ Visscher et al., 2023; Bijlage 1.



Figuur 35: IJzerconcentraties in de toplaag (totaal-Fe) (uit: Visscher et al., 2023, zie ook Bijlage 1).



Figuur 36: De toplaag van de bodem is rijk aan Olsen-P (veelal $> 1200 \mu\text{mol/L}$). Gunstig is dat de ijzerconcentraties hoog zijn, waardoor P voor een groot deel vastgelegd is (uit: Visscher et al., 2023, zie ook Bijlage 1).

4.4 Hydrologie

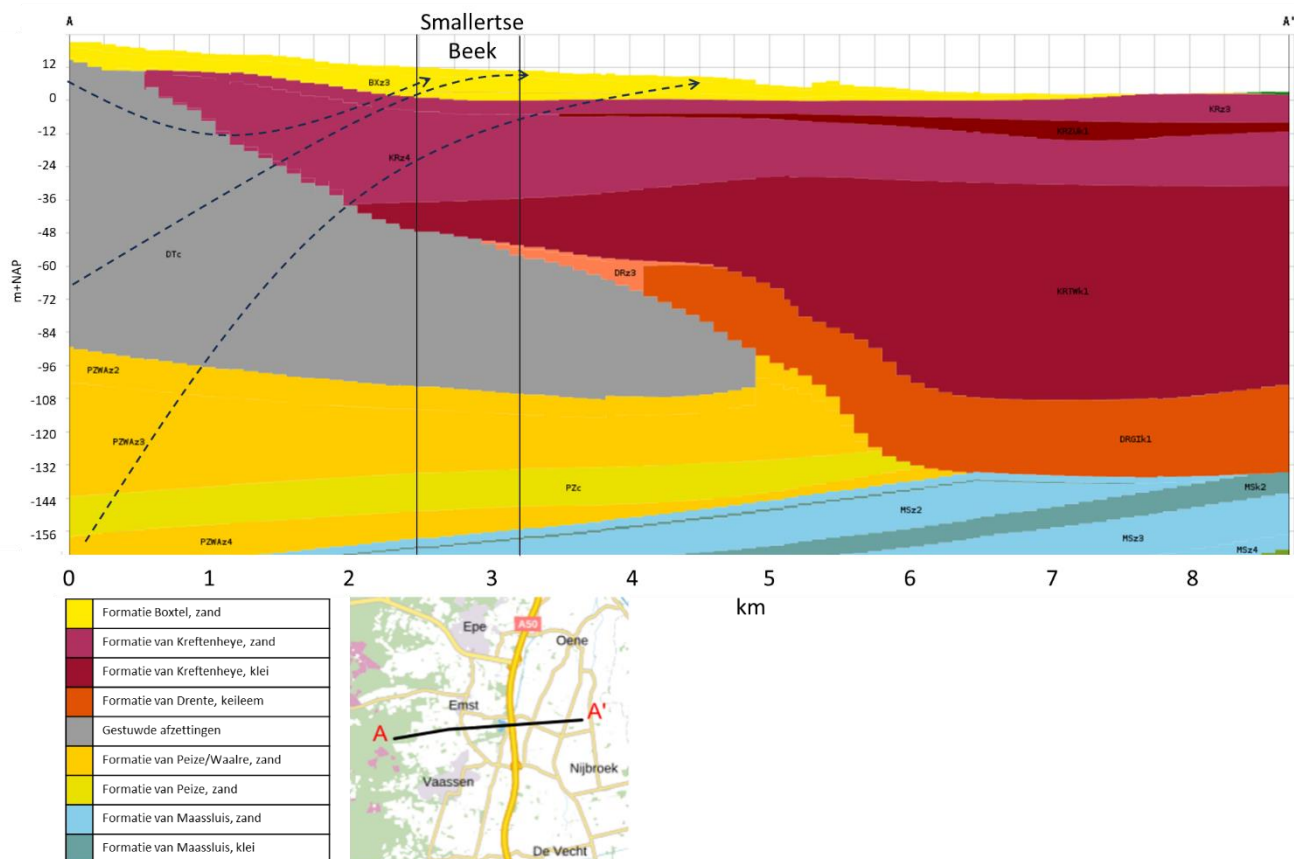
4.4.1 Natuurlijke stromingsrichtingen

Op basis van de bodemtypen en de hoogtekaart (AHN3) is in Figuur 37 aangegeven wat de globale natuurlijke stromingsrichtingen van het water moet zijn geweest. De veengronden waren onderdeel van een doorstroomveen, dat in zuidoostelijke richting liep en uit een aantal slenken bestond. Deze slenken zijn gescheiden door zandopduikingen, de beekerdgronden (gele lijnen in Figuur 37).



Figuur 37: Globale stromingsrichtingen op basis van de bodemtypen en de hoogtekaart (blauwe pijlen). De zandgronden vormen de zandruggen in het gebied (gele lijnen).

Opvallend is de sterke buffering van de ondergrond, zoals de pH liet zien (zie 4.3.4.). Dit komt doordat grondwater waarschijnlijk wordt aangerijkt door kalkrijke afzettingen van de formatie van Kreftenheye (hoofdstuk 3). Wanneer wordt ingezoomd op de geologische doorsnede ter hoogte van de Smallertse Beek, is te zien dat het watervoerend pakket zich sterk vernauwt als gevolg van de klei-opvullingen in het tongbekken (Figuur 38). Dit forceert het aangerijkte grondwater om uit te treden ter hoogte van de Smallertse Beek.



Figuur 38: Geologische doorsnede van de Veluwe naar het tongbekken van de IJssel. Door klei-opvullingen in het tongbekken wordt grondwater omhoog gestuwd ter hoogte van de Smallertse Beek. Aan de onderkant zit het systeem 'dicht' door Tertiaire klei (Formatie van Maassluis).

4.4.2 Watersysteem

Figuur 39 toont het huidige watersysteem. De watergangen doorsnijden en ontwateren de zandruggen en het oorspronkelijke doorstroomveen. Naast de Smallertse Beek en Zijtak Bloemendaal zijn de watergangen Kieftkamp, Sloot Kieftkamp en De Hegge onderscheiden op de kaart. Er is verder veel detailontwatering aanwezig in het gebied, die overigens behoorlijke dimensies kunnen hebben. Deze watergangen voeren zowel 's winters als voor een groot deel in de zomer (ijzerrijk) water af.

Zijtak Bloemendaal is net benedenstrooms van de Vaassensebinnenweg redelijk recent opgehoogd. Direct na het bos is een keiendrempel aangelegd, benedenstrooms is de beekbodem een stuk dieper 4.



Figuur 39: Watergangen in het gebied (bron: legger watersysteem Waterschap Vallei & Veluwe).
Inzetfoto: watergang door het bos in het zuidoosten die ijzerrijk water afvoert.

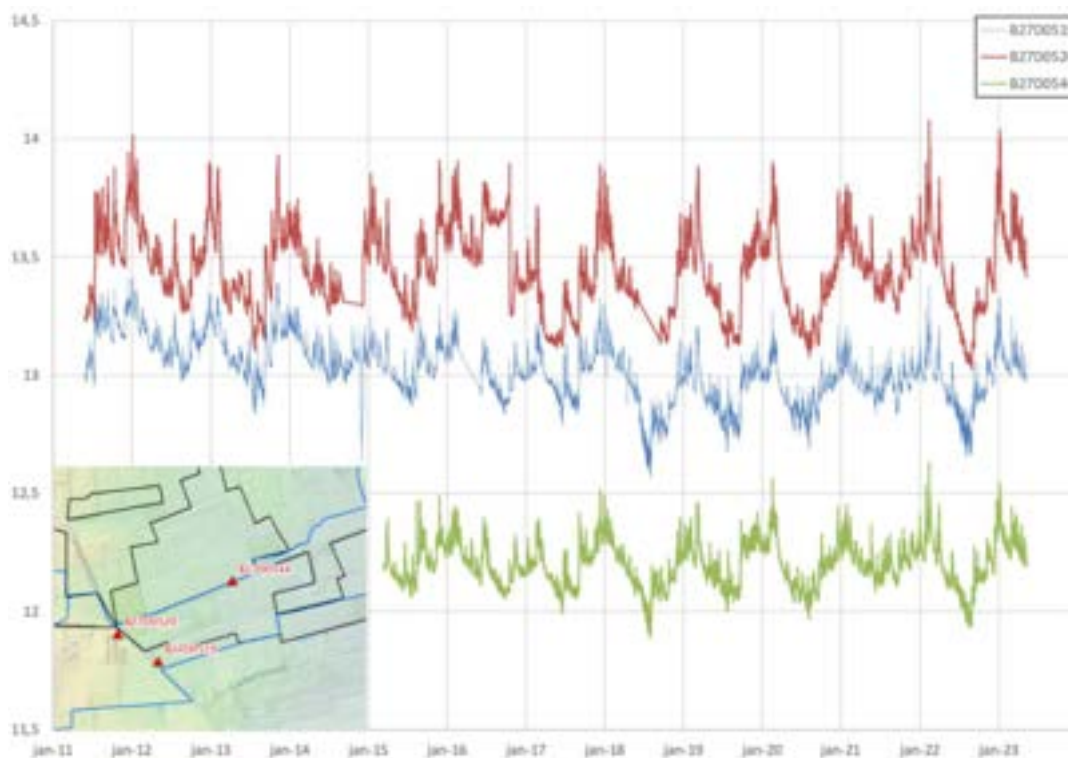
4.4.3 Waterstanden

In de boorgaten is aan het einde van de (zeer droge) zomer 2022 en aan het einde van de (relatief natte) winter 2023 de waterstand gemeten (Figuur 41).²⁷ In het centrale gebied (enclave Schaverdense watermolen) waren de waterstanden in de winter 0–40 cm–mv, in de zomer daalden ze tot maximaal 60 cm–mv. De waterstanden fluctueren hier dus beperkt. Ook de twee peilbuizen laten beperkte fluctuaties zien, met 30 cm verschil tussen de GHG en GLG (Figuur 40). De percelen in het westen liggen hoger, met lagere waterstanden, en

²⁷ De zomer van 2022 (juni t/m augustus) was zeer droog met 151 mm neerslag tegen een langjarig gemiddelde (1991–2020) van 260 mm. In de winter van 2022–2023 (december t/m februari) viel er relatief veel neerslag, 296 mm, vergeleken met het langjarig gemiddelde van 240 mm. Neerslaggegevens weerstation Epe, KNMI.

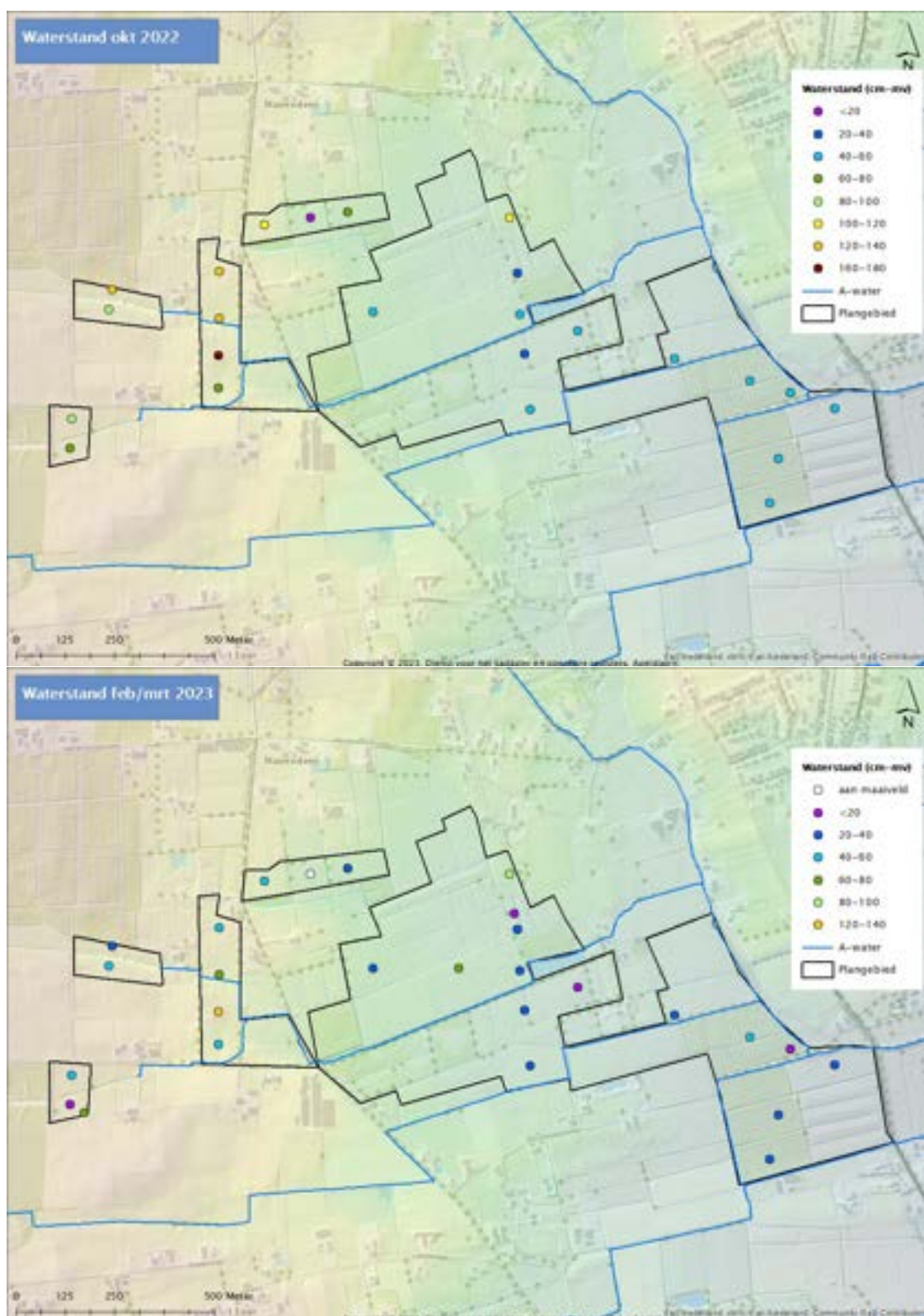
grotere verschillen tussen zomer en winter (Figuur 41). De peilbuis laat hier een fluctuatie van bijna 50 cm zien (Figuur 40).

De drie peilbuizen in het gebied laten dus relatief stabiele waterstanden zien. Het effect van de droge zomers in 2018 t/m 2020 en 2022 is wel zichtbaar. Wat verder opvalt is de dalende trend van B27D0519, ca. 30 cm daling over de periode van 12 jaar. De oorzaak is onbekend.



Peilbuis	GHG	GVG	GLG
	cm-mv		
B27D0519 (dal)	43	55	72
B27D0520 (rug)	89	116	136
B27D0544 (dal)	42	52	69

Figuur 40: Meetreeksen peilbuizen in/nabij het gebied en gemiddelde grondwaterstanden over de hele meetperiode. Databron: webapplicatie Lizard, Vitens.



Figuur 41: Waterstanden in de boorgaten einde zomer (boven) en einde winter (onder).



4.4.4 Kwaliteit

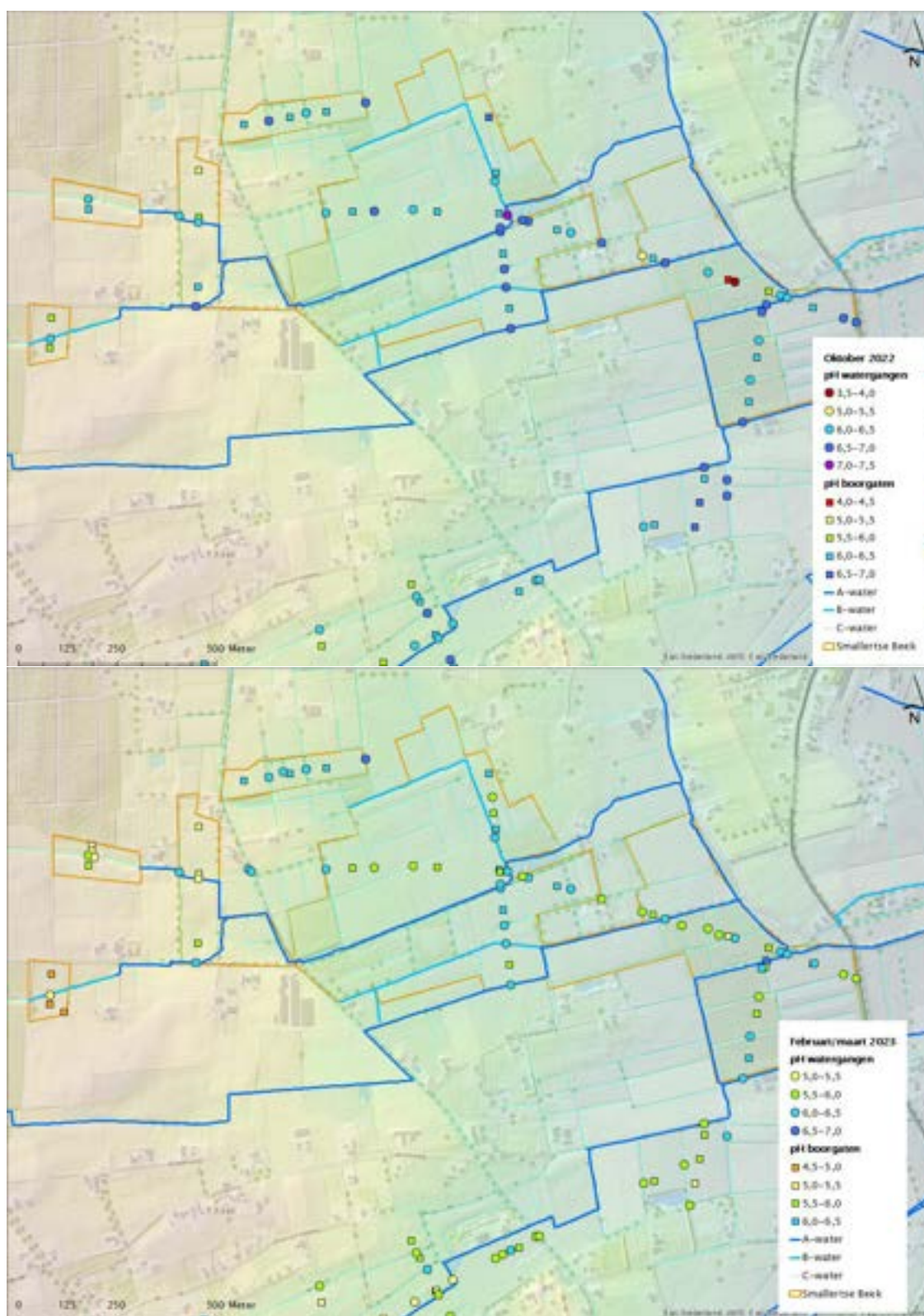
pH

Einde zomer 2022 en einde winter 2023 is in de boorgaten en watergangen de pH-H₂O van het water gemeten langs de onderzoekstransecten (Figuur 42). De pH-waarden in de zomer laten het volgende zien:

- De pH is veelal hoog, tussen de 6 en 7, wat omschreven kan worden als zwak zuur tot neutraal.²⁸ in de winter iets lager tussen de 5,5 en 6,5 (zwak zuur).
- In de percelen in het (hoger gelegen) westen is de pH iets lager dan in de rest van het gebied.
- De watergangen voeren veelal water af met een hogere pH dan de pH in de boorgaten.
- In één boorgat en watergang is de pH betrekkelijk laag (3,5–4,5). De oorzaak hiervan is onbekend.

In de winter is de pH overal zo'n 0,5 lager, door verdunning met regenwater. Verder zijn dezelfde patronen te zien als in de zomer.

²⁸ Runhaar et al., 2009.



Figuur 42: pH van het water in boorgaten (ca 1-2 m diepte) en watergangen einde zomer 2022 (boven) en einde winter 2023 (onder). De metingen in het zuiden betreffen die in het gebied Nijmolense Beek.

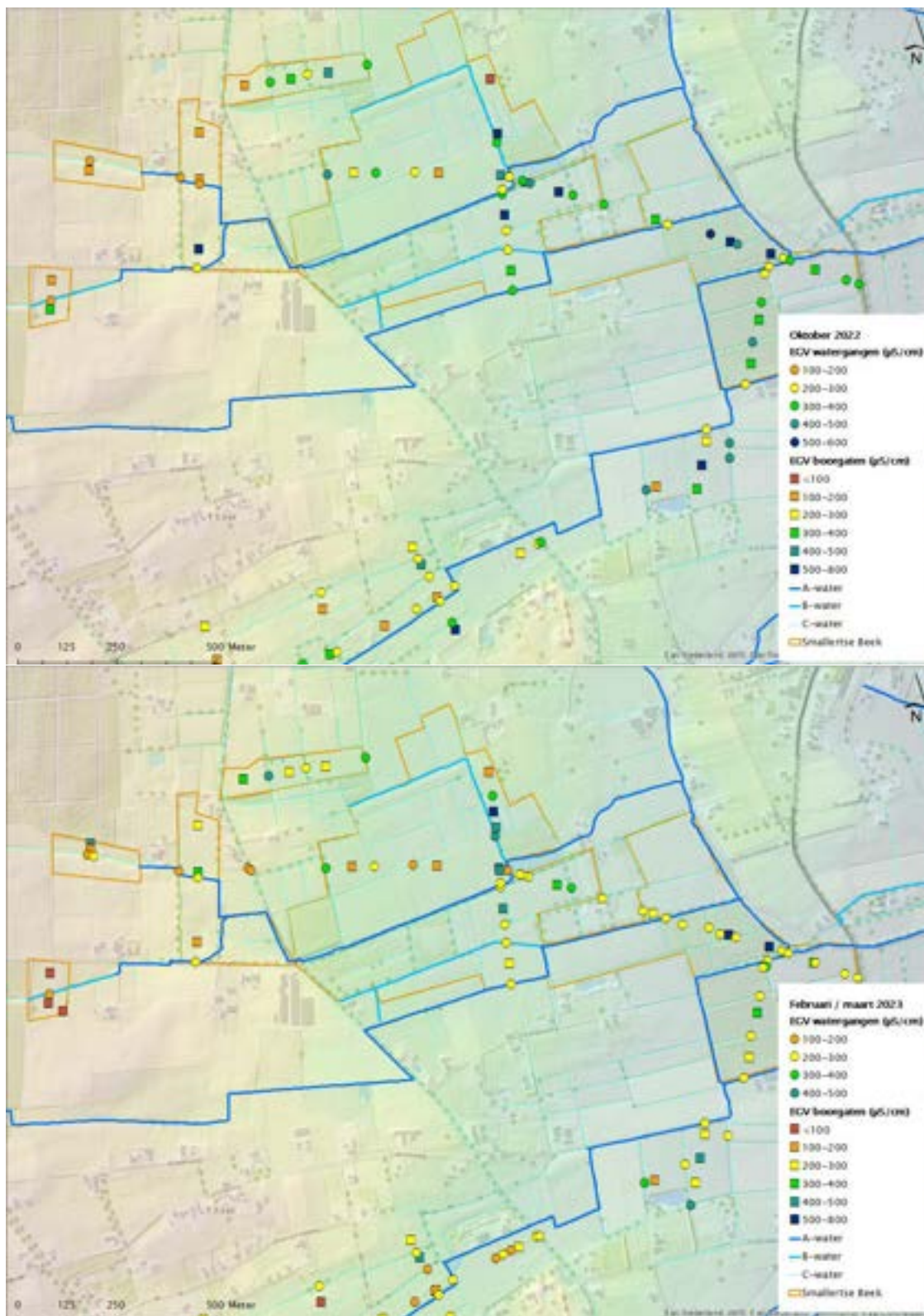


EGV

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 43 laat de gemeten EGV-waarden einde zomer 2022 en einde winter 2023 zien:

- De metingen einde zomer laten zien dat het EGV in het westen lager is (100–200) dan in het oosten (200 tot veelal 500). Dat duidt erop dat het gebied in het westen door minder rijk grondwater wordt beïnvloed dan het oosten.
- Op enkele plekken zijn relatief hoge waarden van 500–800 gemeten. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door plaatselijk zeer hoge calcium, fosfor en/of ijzerconcentraties (zie volgende paragraaf).²⁹
- In de winter is in de westelijke percelen vooral regenwater aangetroffen (EGV $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$). In de rest van het gebied is het EGV hoger, maar lager dan in de zomer, door verdunning met regenwater (veelal 100–300 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Op enkele plekken zijn nog steeds uitschieters in de EGV maar minder dan in de zomer (500–700 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

²⁹ Visscher et al., 2023; Bijlage 1.



Figuur 43: EGV van het water in boorgaten (ca 1-2 m diepte) en watergangen einde zomer 2022 (boven) en einde winter 2023 (onder).

Kwelverschijnselen

Opvallend is de grote invloed van ijzerrijk grondwater, waardoor vrijwel alle watergangen in het gebied water afvoeren, dat roestrood is door de hoge ijzerconcentraties. Door de grote grondwaterdruk treedt het uit in oeverzones en direct langs de watergangen in de percelen. Door de aanvoer van ijzer via het grondwater zijn plaatselijk ijzeroerlagen in de bodem ontstaan (zie 4.3.2).



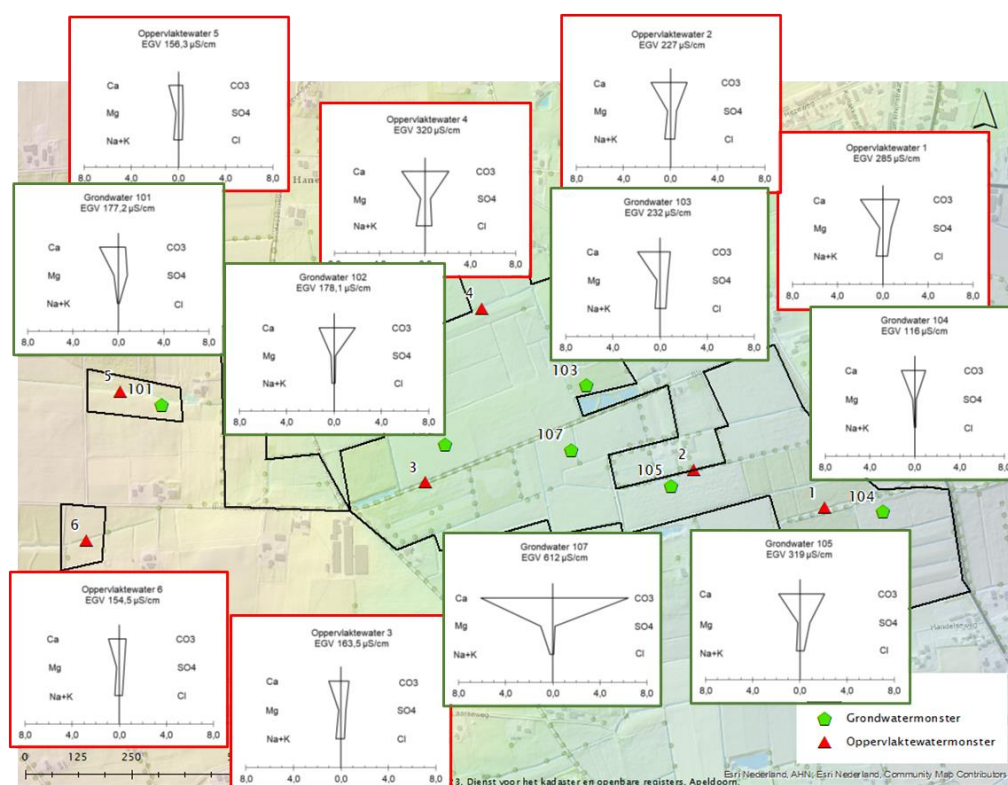
Figuur 44: Boven: Kwelplek in het grasland (nabij onderzoekslocatie 27; net ten oosten van de Vaassensebinnenweg). Onder: uittredend ijzerrijk grondwater in de oever van de Zijtak Bloemendaal (Bloemendaalseweg).

Buffering, voedselrijkdom (B-WARE)

Aanvullend op pH- en EGV-metingen analyseerde onderzoekcentrum B-WARE op een aantal locaties het oppervlaktewater (watergangen) en grondwater (boorgaten) in april 2023. De resultaten zijn verwerkt in een rapportage door B-WARE (Bijlage 1). Hieronder volgt een aantal resultaten:

- Het bemonsterde grondwater is matig tot sterk gebufferd (621 tot zelfs 6413 $\mu\text{mol HCO}_3^-/\text{l}$).
- Het grondwater is rijk tot zeer rijk aan fosfor (P), maar ook rijk aan ijzer (Fe). Op bijna alle locaties is daardoor de Fe/P ratio >1 . Dat is positief voor natuurpotenties, omdat fosfor dan gebonden kan worden aan ijzer. Het oppervlaktewater bevat weinig fosfor en het fosforgehalte is alleen bij locatie 1 licht verhoogd.
- Het grondwater is overwegend rijk aan ammonium (11,3–250,9 $\mu\text{mol/l}$). Het oppervlaktewater is soms licht verrijkt met ammonium, nitraat en/of sulfaat. Dat geldt voor locatie 3 (nitraat), 4 (nitraat en ammonium) en 5 en 6 (nitraat).
- Het grondwater is al met al in principe geschikt voor de ontwikkeling van grondwatergevoede natte schraallanden, vochtige hooilanden of broekbos.

De Stiff-diagrammen die onderzoekcentrum B-WARE heeft gemaakt, zijn in Figuur 45 geplot op kaart. Deze geven een beeld van het watertype op basis van een aantal parameters. De meeste Stiff-diagrammen hebben in de Smallerlse Beek een 'aambeeld'-vorm, wat duidt op gebufferde omstandigheden. Het oppervlaktewater in het westen is wat minder gebufferd (3, 5, 6). Het grondwater bij 107 is extreem rijk aan Ca^{+} en CO_3^{2-} . De toplaag van de bodem blijkt hier ook extreem ijzer- en fosforrijk (zie 4.4).



Figuur 45: Stiff-diagrammen.

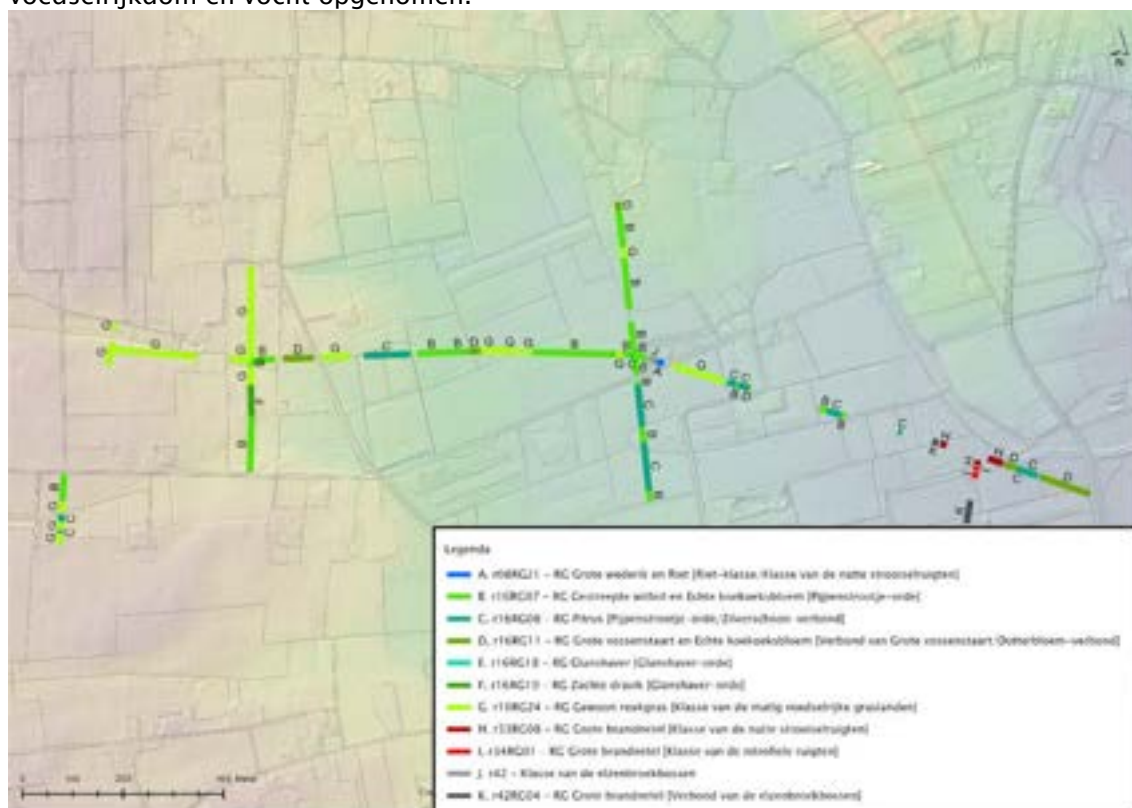
4.5 Vegetatie en flora

4.5.1 Vegetatie

Het gebied bestaat vrijwel geheel uit grasland en pitrusruigte (Figuur 46). Er is in beperkte mate bos en ruigte aanwezig aan de oostkant (bruine, rode en grijze kleuren). Vrijwel alle vegetaties zijn hoog opgaand, gesloten en vaak matig voedselrijk en matig soortenrijk.

Er zijn geen associaties aanwezig in dit gebied: alle vegetaties zijn minder goed ontwikkeld en bestaan uit rompgemeenschappen. Toch zijn er twee locaties die er uit springen door de betere kwaliteit van de vegetatie: een natuurontwikkelingsgebied op een los liggend perceel in het noordwesten) en een stuk met vochtig bos bij de Vaassensebinnenweg. De meest voorkomende typen zijn drie rompgemeenschappen van matig voedselrijk grasland: 16RG07 RG Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem, r16RG11 RG Grote vossenstaart en Echte koekoeksbloem en r16RG24 RG Gewoon reukgras. De rompgemeenschap r16RG08 RG Pitrus komt ook op verschillende plekken voor. De overige rompgemeenschappen komen alleen voor in (zeer) smalle overgangszones, onder meer een aantal rompgemeenschappen met grote brandnetel (behorend tot elzenbroekbos, nitrofiële ruigtes en natte strooiselruigtes). In de volgende paragrafen zijn de belangrijkste vegetatietypen verder toegelicht.

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



Figuur 46: Vegetatietypen langs de transecten.

r16RG07 RG Gestreepte witbol en echte koekoeksbloem

Dit type komt hier vrij veel voor, met grotere oppervlakten, verspreid over het gebied (Figuur 47). Het type komt doorgaans voor op vochtige standplaatsen. De vegetatie is matig soortenrijk, met vooral algemene soorten. Gestreepte witbol is dominant. Veel voorkomende soorten zijn veldzuring, pinksterbloem, moerasrolklaver, scherpe boterbloem en kruipende boterbloem en hier en daar echte koekoeksbloem. Op de nattere plaatsen komen mannagras, veldrus en pitrus voor.



Figuur 47 r16RG07 RG Gestreepte witbol en echte koekoeksbloem

r16RG11 RG Grote vossenstaart en echte koekoeksbloem

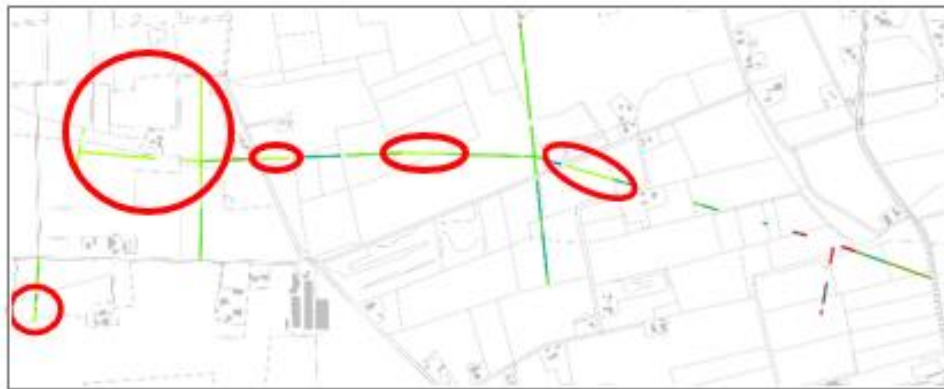
Dit type van vochtige standplaatsen komt op meerdere plaatsen in het gebied voor (Figuur 48). De vegetatie is typisch voor plekken die 's winters langer onder water staan, zoals plekken met klei of klei-op-veen. De vegetatie is matig soortenrijk, met vooral algemene soorten, Grote vossenstaart is abundant. Nadrukkelijk aanwezig, vaak ook abundant, zijn veldzuring, scherpe en kruipende boterbloem, echte koekoeksbloem, pinksterbloem, ruw beemdgras en gestreepte witbol.



Figuur 48 r16RG11 RG Grote vossenstaart en echte koekoeksbloem.

r16RG24 RG Gewoon reukgras

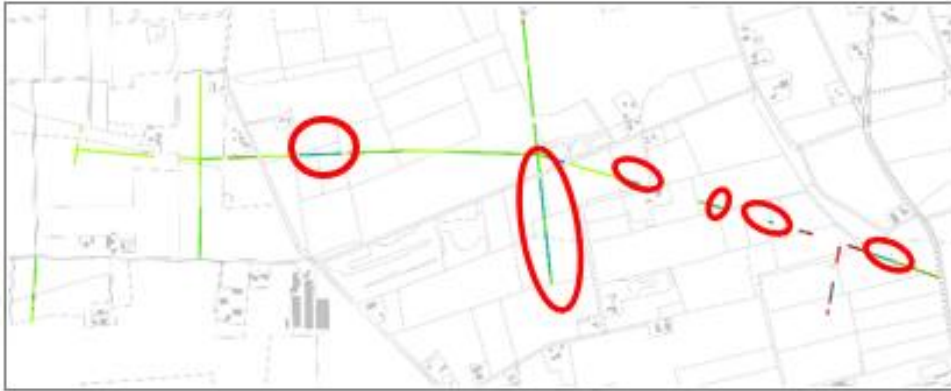
Ook dit type komt hier veel voor, met grotere oppervlakten, vooral in de westelijke helft, op de wat hoger gelegen delen, en in het middendeel. Het type komt doorgaans voor op matig voedselrijke standplaatsen, wat droger dan de vorige twee typen. De vegetatie is matig soortenrijk, met vooral algemene 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.



Figuur 49 r16RG24 RG Gewoon reukgras.

r16RG08 RG Pitrus

Dit type komt hier meer voor dan bij de Nijmolense Beek. 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.



Figuur 50 r16RG08 RG Pitrus.

Natuurontwikkelingsgebied

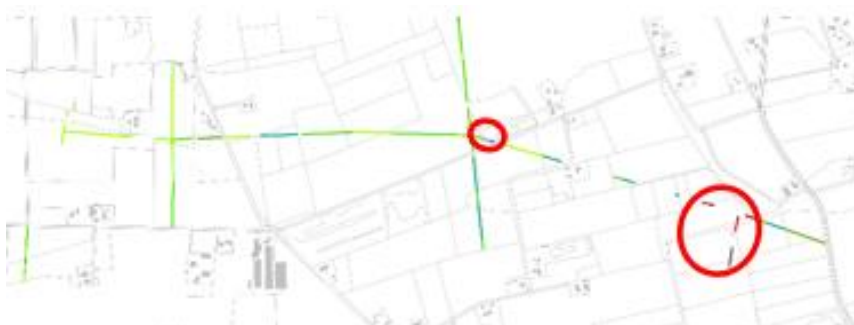
In het uiterste westen van het gebied is een vergraven perceel waar sprake is van gradiënten van open water via verlandingsvegetaties naar vochtig hooiland (Figuur 51). In het natste gedeelte kan de vegetatie ter hoogte van de raai geclassificeerd worden als r08 Rietklasse op basis van het abundant voorkomen van kleine watereppe en grote lisdodde. De vegetatie van de geleidelijke oplopende vochtige randen langs het natte deel bevat voornamelijk soorten die duiden op de het Verbond van Biezenknoppen (r16Aa). Dit lijkt zich pleksgewijs al te ontwikkelen naar de Associatie van Veldrus en Gevlekte orchis (r16Aa02). Hier komt een aantal bijzondere soorten voor, zoals groot/klein bronkruid, stijve ogentroost, gevleugeld hertshooi, zomprus, kleine watereppe, grote ratelaar, slanke/witte waterkers en rietorchis. Ook echte koekoeksbloem en veldrus komen er voor.



Figuur 51 Natuurontwikkelingsgebied. Boven: voorjaarsbeeld. Midden, links: winterbeeld. Midden, onder: bronkruid.

Rompgemeenschappen elzenbroekbos

De stukken bos komen voor in het oostelijk deel. Zij zijn zeer verschillend ten opzichte van elkaar: er zijn verschillende boomsoorten aangeplant, zoals haagbeuk, zomereik, zwarte els, zoete kers, zachte berk en zomerlinde. Ook is er verschil in de mate van ondergroei en in het vochtgehalte. De ondergroei bestaat onder andere uit grote brandnetel, ruw beemdgras, kleeftkruid, grote vossenstaart, gewoon reukgras, ruwe smele en/of pitrus. De natuurlijke vegetatie zou hier elzenbroekbos zijn.



Figuur 52 Elzenbroekbos vol braam bij Vaassensebinnenweg, aan de watergang met de beekprik.

4.5.2 Flora

De soorten van kwel (Figuur 54) komen voornamelijk voor in de sloten en slootkanten. De soorten van kooldioxidebuffering (CO₂), onder andere bittere veldkers en bronkruid, staan vooral in de flanken van de beekdalen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).³⁰ Soorten van carbonaat en ijzer (dotterbloem, holpijp, rossig fonteinkruid) staan op de overige locaties.



Figuur 53 Bronkruid in het natuurontwikkelingsgebied.

De soorten van vochtig-nat en voedselarm (niet specifiek zuur- of basenminnend)

komen verspreid voor, vaak in de slootkanten (Figuur 55). Het betreft een aantal vrij algemene soorten als egelboterbloem, snavelzegge, veldrus en zomprus en de minder algemene soort gevleugeld hertschooi.

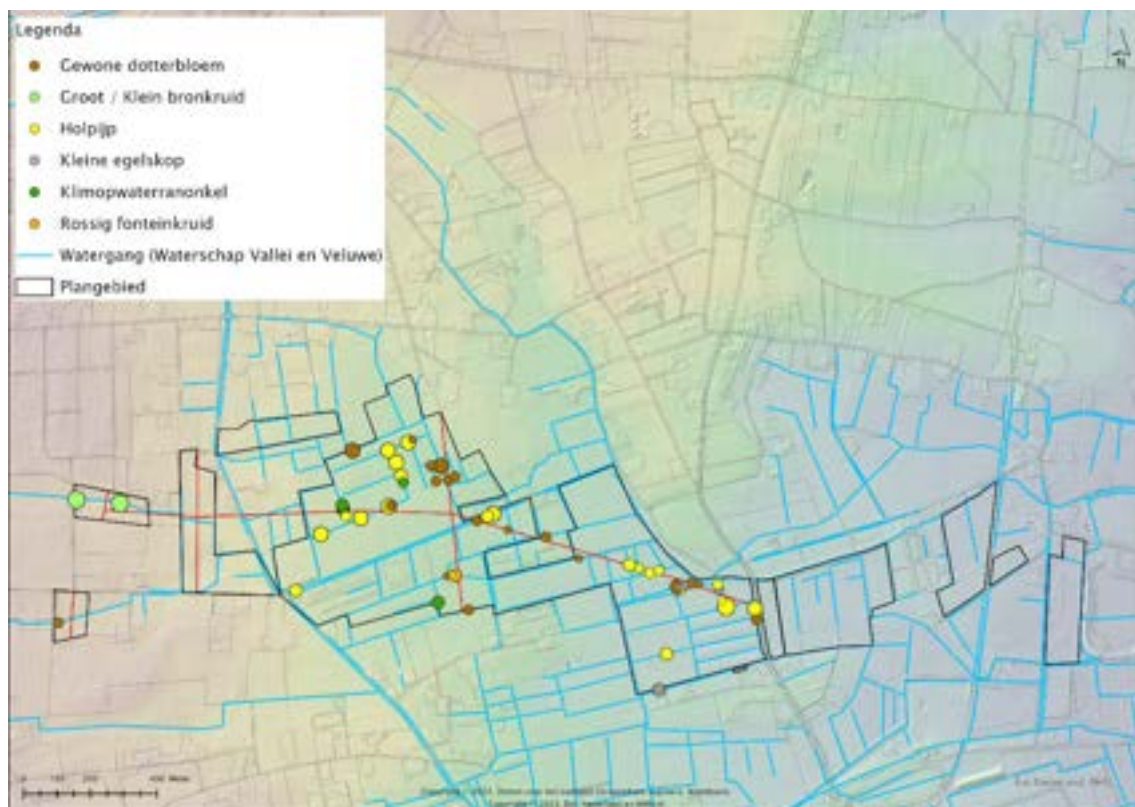
Van de soorten van vochtig-nat, voedselarm en zwak gebufferd tot basenrijk komt rietorchis (en uit de NDFF: moeraskartelblad) alleen voor in het natuurontwikkelingsgebied. De rest komt verspreid voor maar vooral in de sloten/slootkanten: duizendknoopfonteinkruid, sterrenkroossoorten en slanke/witte waterkers (Figuur 56).

Soorten van vochtig-nat, voedselarm en zuur komen weinig voor en alleen op plekken met stagnerend water. Het betreft de soorten biezenknoppen, ruwe smele en zompzegge (Figuur 57).

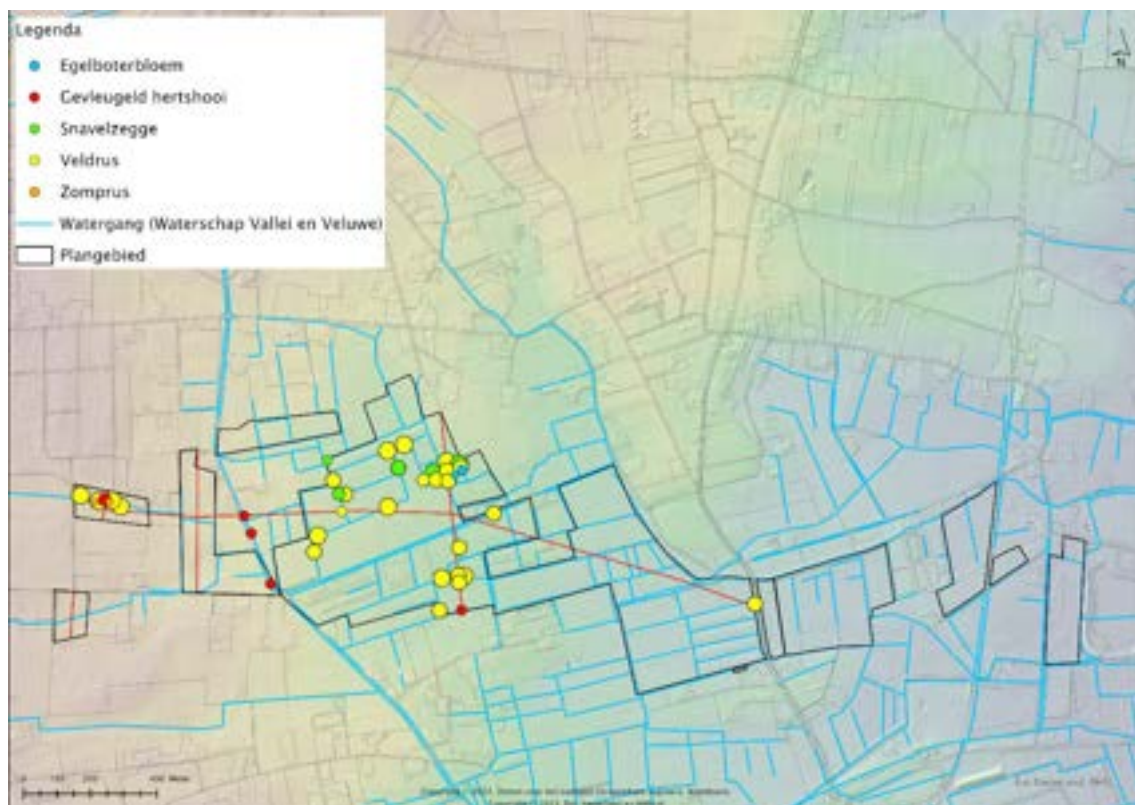
Vochtindicatoren die beter bestand zijn tegen voedselrijkdom (vochtig-nat en voedselrijk) komen verspreid voor: deels in de percelen, deels in de sloten/slootkanten (Figuur 58). Dit zijn vrij algemene vochtindicatoren die beter bestand zijn tegen voedselrijkdom, maar die in intensiever beheerde agrarische graslanden meestal niet voorkomen, zoals pinksterbloem en geknikte vossenstaart. Zij geven dus wel een ontwikkeling aan naar natuurlijker graslanden.

Op een aantal plekken komen soorten van verruiging wat meer voor: er zijn meerdere plekken met de rompgemeenschap Pitrus, waar pitrus dominant is (Figuur 59). In en rond de bossen aan de oostkant (bos op voormalige landbouwgrond) zijn soms rompgemeenschappen van Grote brandnetel aanwezig, waar grote brandnetel dominant is. Ridderzuring is in sommige graslanden aanwezig.

³⁰ De vorm van opgelost koolstof hangt af van de pH. Kooldioxide is de dominante vorm bij een relatief lage pH, naarmate de pH hoger wordt komt er meer bicarbonaat en vervolgens carbonaat in het water. Dit leidt een andere vegetatie.



Figuur 54: Soorten van kwel



Figuur 55: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm, niet specifiek zuur- of basenminnend



Figuur 56: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm, zwak gebufferd – basisch



Figuur 57: Soorten van vochtig tot nat, voedselarm, zuur



Figuur 58: Soorten van vochtig tot nat, voedselrijk



Figuur 59: Soorten van verruiging.



4.5.3 Historische gegevens

Er zijn in de NDFF geen waarnemingen van bijzondere soorten bekend uit het verleden, die na 2013 niet meer voorkomen.

4.5.4 Conclusies vegetatie en flora

De vegetatie bestaat enkel uit rompgemeenschappen; beter ontwikkelde vegetaties komen vrijwel niet voor. Het grootste deel van het gebied bestaat uit extensieve, halfnatuurlijke graslanden met rompgemeenschappen van vochtig en matig voedselrijk grasland. Minder kritische vochtindicatoren komen daar verspreid voor en geven aan dat er wel al een ontwikkeling in gang is gezet van agrarisch naar natuurlijker grasland.

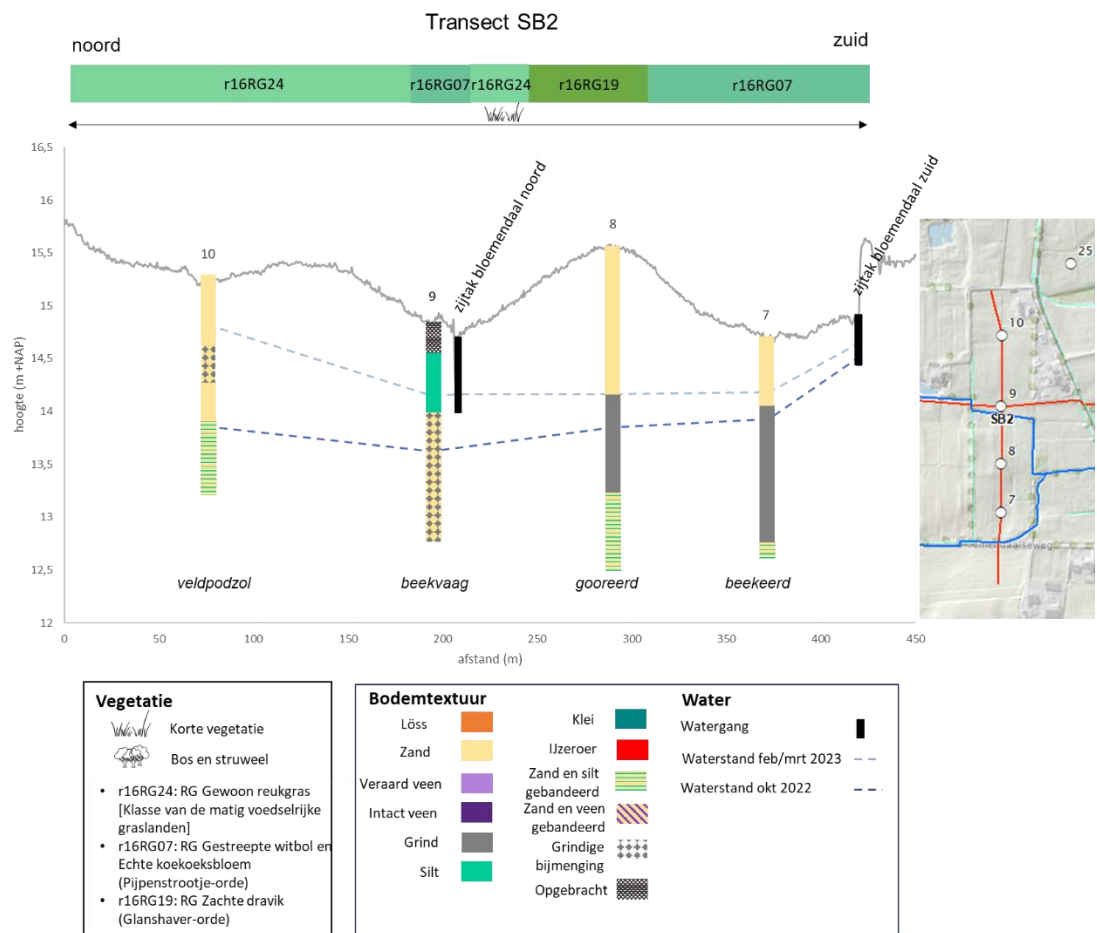
In het perceel waar natuurontwikkeling heeft plaatsgevonden is wel een mooie gradiënt aanwezig van watervegetatie via verlandingsvegetaties naar vochtig hooiland. Hier ontwikkelt de vegetatie zich pleksgewijs al wel naar een associatie (veldrushooiland). Dit is ook de enige plek waar soorten van zwak gebufferde tot basenrijke plekken in het grasland voorkomen. Elders in het gebied zijn de soorten van vochtige, voedselarme plekken (inclusief enkele basenminnende soorten) beperkt tot de sloten en slootkanten. Door ontwatering en bemesting is een droger en voedselrijker systeem ontstaan, waarbij de natte, basenrijke component in maaiveld ontbreekt. Ook de kwelsoorten zijn nu meest beperkt tot de sloten en slootkanten. Dit geeft aan dat het grondwater wordt afgevangen door de sloten. Door de verdroging en vermindering van de grondwaterinvloed hebben storingssoorten als pitrus, grote brandnetel, ridderzuring en braam een kans gekregen. De aanwezige soorten in de sloten en oevers geven wel de potentie aan bij vernatting en bij vergroting van de grondwaterinvloed.

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 wordt een aantal dwarsdoorsneden beschreven. De twee overige doorsneden (SB1 en SNB1) zijn opgenomen in Bijlage 2.

SB2 (zijtakken Bloemendaal)

SB2 loopt ten westen van de Vaassensebinnenweg en kruist de noord- en zuidtak van de watergang Bloemendaal (Figuur 60). Op alle vier de locaties is een afwisseling van grind en fijnzandig materiaal gevonden. De noordkant bestaat uit een veldpodzolgrond. Door infiltratie van regenwater worden deze gronden van nature gekenmerkt door opbolling van water in het winterseizoen, zoals ook te zien in deze doorsnede. In de zomer zakken de waterstanden diep uit. De overige locaties zijn op basis van de bodemtypen ontstaan onder invloed van grondwater. Opvallend is dat de gemeten waterstanden hier erg laag zijn. Dit is niet (alleen) te verklaren op basis van de watergangen in dit transect: de noordelijke zijtak heeft wel een verdrogende werking in de winter maar niet in de zomer, en de zuidelijke tak heeft geen verdrogend effect. Vermoedelijk zijn de waterstanden zo laag door de onttrekkende werking van watergangen verder benedenstrooms. De grindige ondergrond is gevoelig voor uitdroging. De vegetatie is matig ontwikkeld (rompgemeenschappen), voornamelijk te wijten aan de te hoge voedselrijkdom (zie 4.3 en hoofdstuk 5).



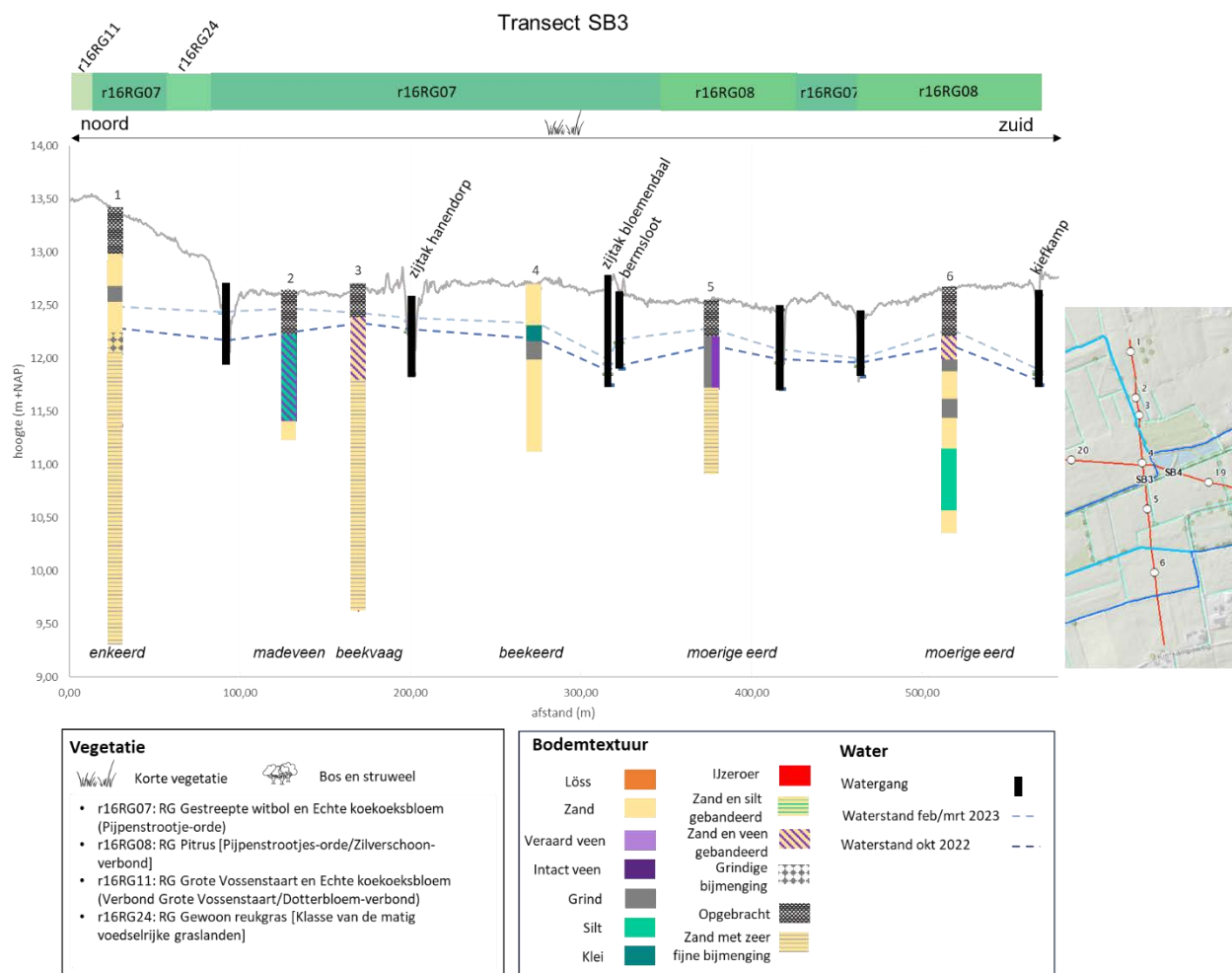
Figuur 60: Dwarsdoorsnede SB2 met bodemopbouw, waterstanden, watergangen en vegetatie

SB3 (enclave Schaverdense watermolen)

SB3 loopt vanaf de enk in het noorden (locatie 1), door de enclave van de Schaverdense watermolen (locatie 2–4), naar watergang Kiefkamp in het zuiden (Figuur 61). De diepere ondergrond bestaat veelal uit (fijn) zand. Op boring 1 na (op een enkeleerd) liggen alle locaties in het beekdal, ze bestaan uit grondwatergevoede gronden. Het veen is veelal gebandeerd met silt, zand en grind. Dit duidt op fases van overspoeling, als gevolg van erosie in het bovenstroomse gebied (zie ook 4.3.3).

De percelen langs dit transect zijn ooit bezand (behalve locatie 4), waarschijnlijk om de percelen beter toegankelijk te maken.

De gemeten waterstanden zitten dicht bij elkaar, duidend op een sterke grondwaterdruk. De dichtheid aan watergangen is hoog en alle watergangen hebben een verlagende werking op de waterstanden in de percelen. Met name de zijtak Bloemendaal, de bermsloot en watergang Kiefkamp trekken aan het grondwater.



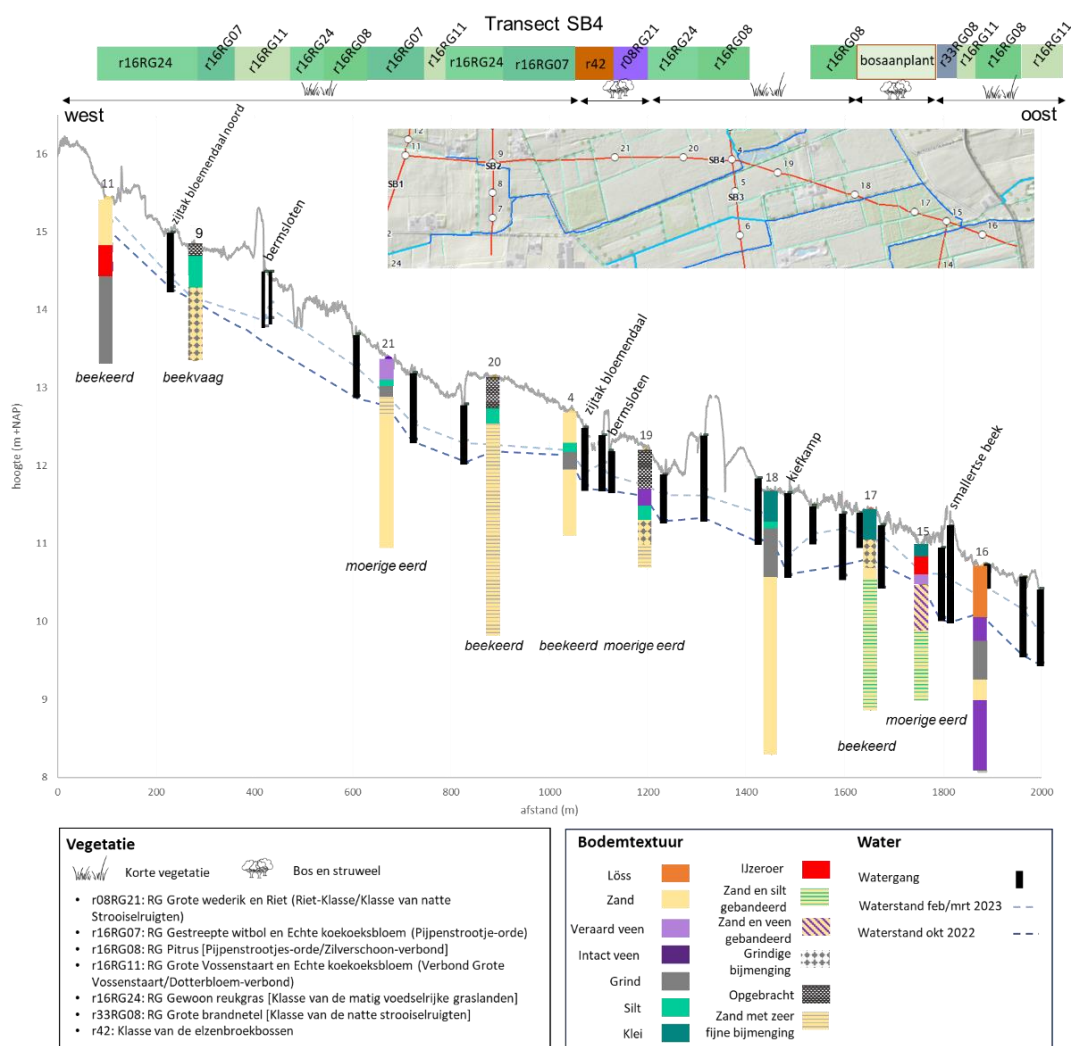
Figuur 61: Dwarsdoorsnede SB3 met bodemopbouw, waterstanden, watergangen en vegetatie.

SB4 (west-oost)

NB4 loopt van west naar oost door het hele gebied (Figuur 62). De ondergrond bestaat in het westen (11 en 9) uit grind, vermoedelijk puinwaaiermateriaal van de Veluwe. In de rest van het transect is niet zoveel grind aangetroffen en bestaat de ondergrond meer uit (fijn) zand en silt, afgezet door smeltwatergeulen.

Het transect loopt grotendeels door veengebied, met wat zandopduikingen (beekerdgronden bij 11, 4 en 17). Voor veenvorming moeten de waterstanden vrijwel jaarrond aan maaiveld hebben gestaan, terwijl ze nu relatief diep wegzakken. De zomer- en winterwaterstand zitten wel dicht bij elkaar, wat duidt op een grote grondwaterdruk. Het gebied is fijnmazig ontwaterd en de meeste watergangen hebben een duidelijke onttrekkende werking op de grondwaterstanden in de percelen.

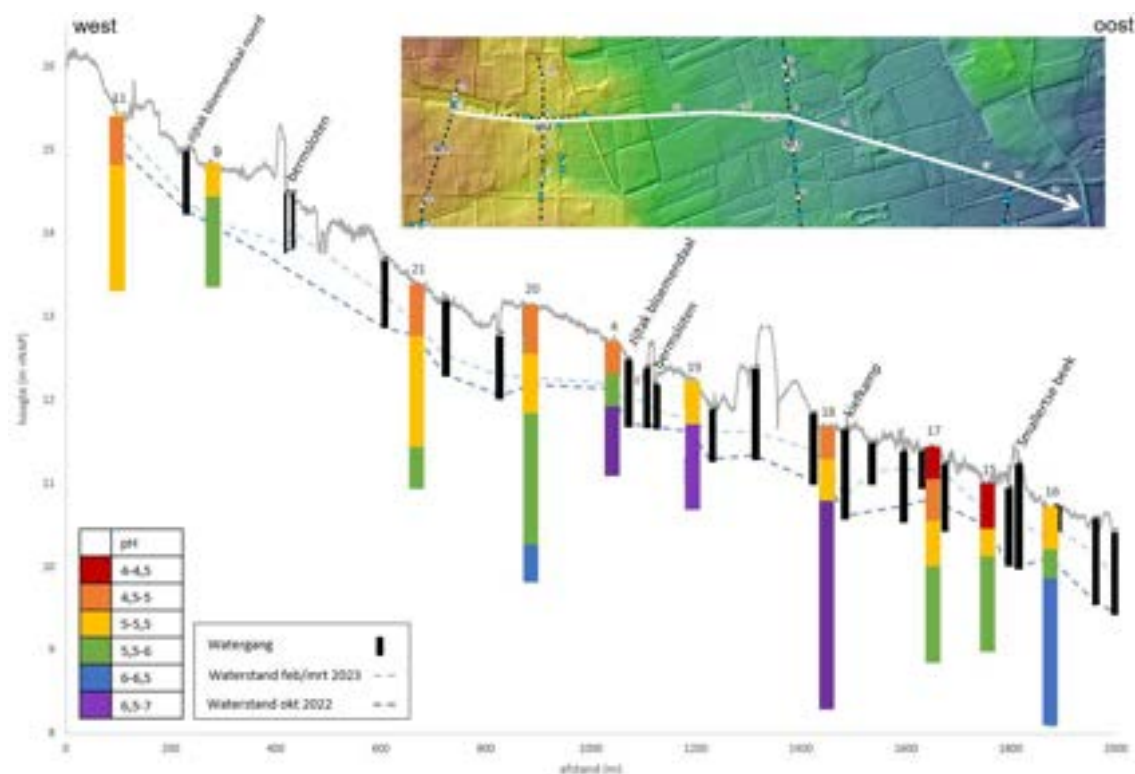
Een aantal percelen langs dit transect zijn ooit bezand (behalve locatie 4), waarschijnlijk om de percelen beter toegankelijk te maken. In het oosten is bij boring 15, 17 en 18 een kleidek (Ijssel) aangetroffen. Locatie 19 is ooit overspoeld met löss (zie 4.3.3.).



Figuur 62: Dwarsdoorsnede SB4 met bodemopbouw, waterstanden, watergangen en vegetatie.

Van deze lengtedoorsnede is eveneens de pH van de bodem uitgewerkt (Figuur 63). Dit laat zien dat:

- De diepere ondergrond een hoge pH heeft van hoger dan 5,5 tot wel 7. Dit komt door de invloed van basenhoudend grondwater, waarschijnlijk dankzij de kalkrijke afzettingen van de formatie van Kreftenheye.
- Dit speelt met name in de zone tussen boring 4 en 18. Hier lijkt de toestroom van basenhoudend grondwater preferent. Dit lijkt het gevolg van twee factoren:
 - o De versmalling van het smeltwaterdal vanwege de puinwaaier van Emst die de west-oostelijk gerichte grondwaterstroming blokkeert, waardoor het water omhoog wordt gestuwd.
 - o Siltige, slecht doorlatende afzettingen bij boring 17 en 15 die een blokkade vormen voor het grondwater.
- De toplaag van de bodem zuurder is dan de diepere ondergrond, de bodem is verzuurd. Dit is een gevolg van verdroging, door onttrekkende werking van de watergangen, in combinatie met bemesting in het verleden.



Figuur 63: Dwarsdoorsnede SB4 de pH van de bodem op verschillende diepten, waterstanden en watergangen.



4.7 Synthese

Het gebied Smallertse Beek ligt in een smeltwatergeul uit het de laatste ijstijd het Weichselien. Door smeltwaterprocessen is zowel fijner als grover materiaal afgezet. Het watervoerend pakket versmalt door het grote verhang op de stuwwalflank in combinatie met de Rijnklei in de diepere ondergrond (Formatie van Kreftenheye, laagpakket van Twello). Bovendien wordt het smeltwaterdal met de Smallertse Beek geblokkeerd door een rug van smeltwaterafzettingen, waarop Emst is gebouwd. Voorgaande resulteert in een grote grondwaterdruk in het gebied, waarbij het grondwater wordt aangerijkt door de rijke bodemlagen van de formatie van Kreftenheye. Dit zorgt voor (sterk) gebufferd, ijzerrijk grondwater.

Onder invloed van dit grondwater is er veen gevormd in het gebied. Het westelijk deel ligt op een helling, waaronder de enclave van de Schaverdense watermolen. Daar waar de helling een steile knik maakt, is de overgang van zand naar veen, en daar is de ijzerrijkdom van de bodem het hoogst. Daar treedt van nature basen- en ijzerrijke kwel uit. Dit fenomeen heet kwelhelling (zie hoofdstuk 3). Het deel zuidoostelijk van de Bloemendaalseweg ligt vlakker, hier treedt sterk basenhoudend grondwater uit, te zien aan de hoge bodem-pH. Het gaat hier waarschijnlijk om dieper grondwater dat wordt aangerijkt door de kalkrijke zanden uit de formatie van Kreftenheye. Deze zone kan als kwelveen worden onderscheiden. Dit veen is mineraalrijker dan het doorstroomveen.

De datering van veen in het oosten van het gebied geeft aan dat de veenontwikkeling al 42.000 jaar v.C. gaande was, in het Weichselien, tijdvak Pleniglaciaal. Dat veen raakte vervolgens weer bedolven onder zand en grind, smeltwaterafzettingen. Het veen begint op de onderzoekslocatie pas weer in de Bronstijd te groeien. Vermoedelijk is dit een gevolg van een combinatie van factoren, namelijk een relatief natte periode in het klimaat, en ontbossingen in het Neolithicum waardoor de verdamping afnam en de grondwaterstanden stegen. Ontbossing heeft bovendien samen met de aanleg van Celtic Fields (akkers) in de IJzertijd waarschijnlijk gezorgd voor erosie van materiaal, waardoor het veenpakket in het gebied Smallertse Beek regelmatig is onderbroken door bandjes van verspoeld zand.

De kaart van 's Grooten uit 1572 toont een aangesloten band van veengebieden op de oost-Veluwe. Aanwijzingen voor verdere beïnvloeding van het watersysteem door de mens zijn er pas weer in de 16^e en 17^e eeuw, wanneer er watermolens en opgeleide beken en sprengen worden aangelegd. De enclave bij de Schaverdense watermolen verschijnt op kaart (1807). De opgeleide beken hadden en hebben vermoedelijk weinig invloed op de hydrologie in het gebied. Van veel grotere impact was het steken van turf en plaggen, waardoor het maaiveld in het gebied (sterk) is verlaagd. Desondanks is het gebied verder relatief laat, tussen 1850 en 1900, ontgonnen tot graslanden waarbij een intensief ontwateringsstelsel is aangelegd. Het veenpakket dat nu nog resteert, is veelal dun (<40 cm) en verdroogd door deze ontwateringen. Ondanks de vele ontwateringen is de grondwaterdruk in het gebied nog steeds groot, hoewel de waterstanden dus te laag zijn voor veenvorming en er nu zelfs veenafbraak plaatsvindt.

Door de verdroging maar ook bemesting in het verleden en verzuring van de toplaag van de bodem, is de vegetatie in het gebied matig ontwikkeld en bestaat deze veelal uit rompgemeenschappen. Indicatorsoorten voor kwel in sloten en taluds van greppels en

sloten duiden wel op potenties voor ontwikkeling van matig voedselrijke, basenrijke vegetaties.

De komende hoofdstukken gaan nader in op de knelpunten, natuurpotenties en geadviseerde maatregelen.

5 Potenties en knelpunten

5.1 Potenties

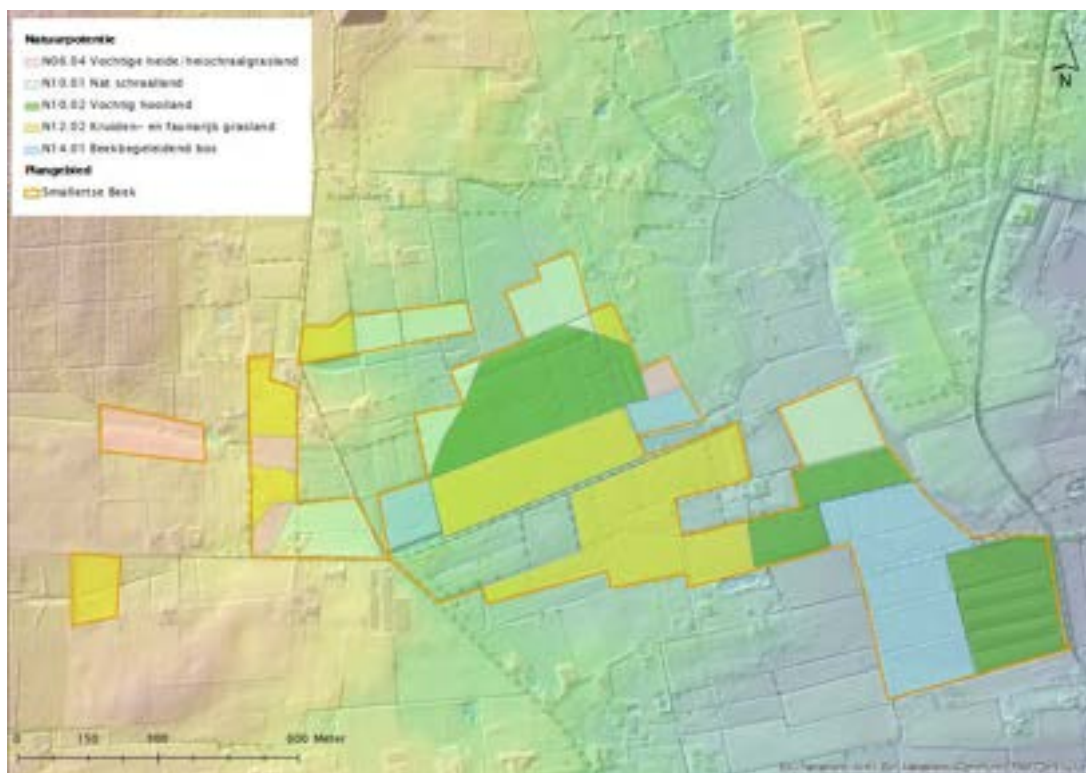
Op basis van de LESA zijn in dit hoofdstuk de natuurpotenties beschreven en de knelpunten die de ontwikkeling in de weg staan. Omdat de vegetatie in het gebied op dit moment door verdroging, vermessing en versnippering alleen uit niet goed ontwikkelde rompgemeenschappen bestaat, zijn de potenties opgedeeld voor de korte termijn en lange termijn, uitgaande van herstel de hydrologie en voedselrijkdom.

5.1.1 Korte termijn

De natuurpotenties op korte termijn zijn weergegeven in Figuur 64 en Figuur 65. Door diepploegen zijn de potenties in het gebied wisselend. Plaatselijk is de voedselrijkdom tot op grote diepte zo hoog, dat op korte tot middellange termijn geen beter ontwikkelde vegetaties kunnen worden verwacht. Dit is meegenomen in het afwegingskader voor het maatregelenadvies (hoofdstuk 6).



Figuur 64: Voorbeelden van kleine-zeggenvegetaties (linksboven), overgangen naar blauwgrasland (linksonder), dotterbloemhooiland (rechtsboven) en veenmosrijke natte heide (rechtsonder)



Figuur 65: Overzicht van potentiële natuurdoelen op korte termijn, wanneer de knelpunten worden opgelost



5.1.2 Lange termijn

Op lange termijn is ontwikkeling richting doorstroomveen en kwelveen te verwachten.

Doorstroomvenen staan in de internationale literatuur bekend als ‘Durchstromungsmoore’ of ‘percolation mires’.³¹ Het zijn secundaire venen, wat inhoudt dat ze ontstaan nadat er een ander type veen is ontwikkeld. Primaire venen, waaruit een doorstromingsveen kan ontstaan, zijn verlandings-, vermorsings, helling- of kwelvenen.³² Randvoorwaarde voor het ontstaan van een doorstromingsveen is een groot en constant aanbod van water. In doorstromingsvenen wordt veen gevormd doordat het veenpakket, in bijzonder het bovenste deel, continu doorstroomd wordt door grondwater. Dat grondwater treedt uit in hellingen die het watervoerend pakket aansnijden. Daardoor kan een continue grondwaterstroom vanaf de rand van de laagte optreden en het veen groeien. Deze continue laterale waterstroom voedt het veen ook met basen en nutriënten. Vanwege de continue en snelle stroming door de sterke helling van een gebied, kunnen ook bij relatief basenarm grondwater toch basenminnende soorten en vegetaties voorkomen.³³ Vanwege hun matig voedselrijke karakter behoren de doorstroomvenen dan ook tot de zogenoemde overgangsvenen (‘Übergangsmoore’, ‘transition mires’).³⁴ Deze zitten tussen laag- en hoogveen in en bevatten aspecten van beiden. Ontwikkeling van doorstroomveen is te verwachten in het noordwestelijk deel van de Smallertse Beek, ten noorden van de Bloemendaalseweg.

Kwelvenen zijn ‘primaire venen’, door Succow & Jeske ‘Quellmoore’ genoemd. Deze liggen ten opzichte van doorstroomvenen vlakker in het landschap. Dit type is te verwachten aan de zuidoostzijde van de Smallertse Beek.

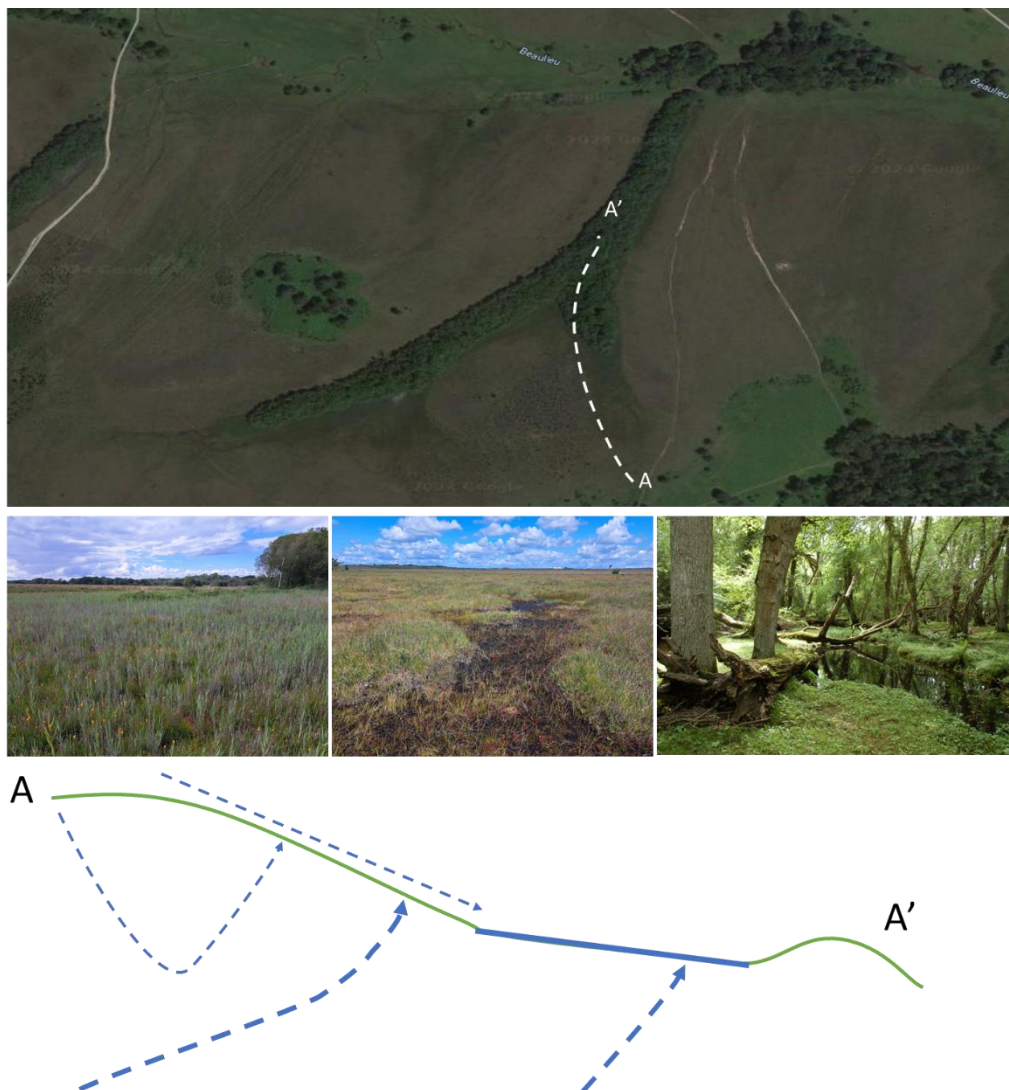
Door het grote wateraanbod is de verwachting dat het veen relatief snel kan groeien. Herstellen van de venen draagt bij aan de biodiversiteit en bovendien aan het vastleggen van CO₂, in tegenstelling tot de huidige situatie waarbij CO₂ vrijkomt doordat het veen mineraliseert. Herstel van het veenpakket zorgt bovendien op termijn voor het langer vasthouden van water en levert daarmee ook een bijdrage aan klimaatadaptatie om stroomafwaarts neerslagpieken af te vlakken (Figuur 66).

³¹ Succow & Jeshke, 1990 (Durchstromungsmoore); Joosten et al., 2017 (percolation mires).

³² Succow & Jeshke, 1990.

³³ Analoge situaties zijn het brongebied van de Mosbeek (Kieskamp, 2014) en het Wisselse Veen (Jansen et al., 2019).

³⁴ Succow & Jeshke, 1990; Joosten et al., 2017.



Figuur 66: Langetermijnperspectief de Smallertse Beek aan de hand van een doorsnede en foto's uit een doorstroomveen in het New Forest, Engeland. Op de zandgronden net bovenstrooms van het veen zijn blauwgraslanden te verwachten. Op de kwelhelling ontstaan slenken met basenminnende vegetaties (kleine zeggenvegetatie, blauwgrasland). Onderin de smeltwatergeul ligt het terrein vlakken en is onder invloed van mineraalrijker grondwater een meer matig voedselrijke vegetatie te verwachten (elzenbroekbos).

5.2 Knelpunten

5.2.1 Verdroging en verzuring

Het gebied wordt stevig ontwaterd door de watergangen, die allemaal ijzerrijk, gebufferd grondwater afvoeren, dat daardoor niet in de toplaag van de bodem terecht komt. Het veen ligt daardoor droog en mineraliseert (Figuur 67). Dit leidt niet alleen tot verzuring en vermessing, maar ook tot het vrijkomen van CO₂. Belangrijke knoppen om aan te draaien zijn het dempen van detailontwatering en het verondiepen van grotere waterlopen.



Figuur 67: Aangeplant bos bij de Vaassenseweg, waarbij bomen omvallen door instabiliteit van de verdroogde veenondergrond.

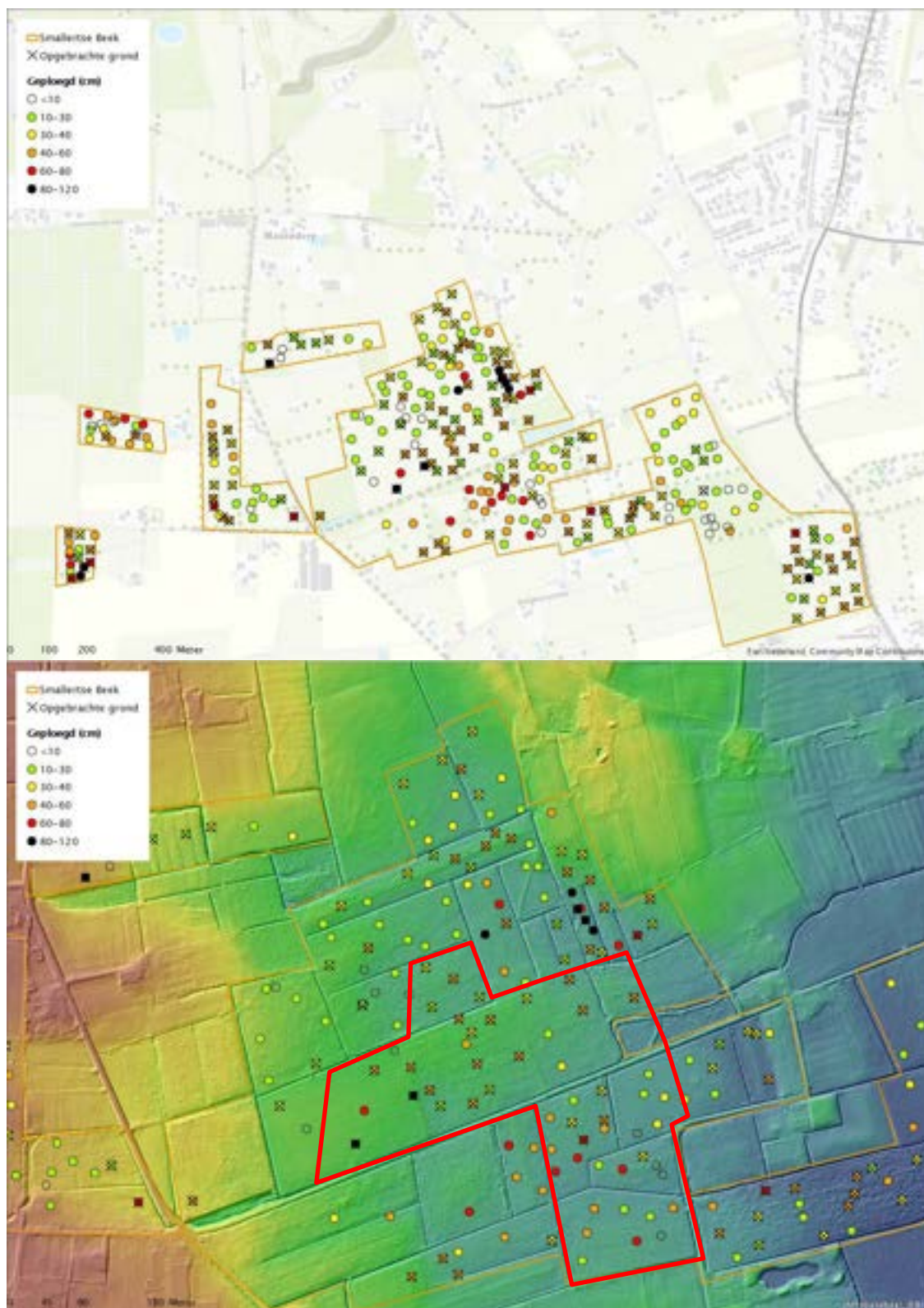
5.3 Bodemverstoring (opgebrachte grond, diepploegen)

Een aantal percelen zijn in het verleden gediepploegd, blijkt uit de bodemkartering. Ook zijn percelen bezand. De locaties met opgebrachte grond en de ploegdiepte per boorlocatie zijn weergegeven in Figuur 69. Figuur 68 geeft een voorbeeld van een gediepploegd, met zand begraven perceel. Pitrus is hier zeer dominant door een combinatie van verstoorde bodemopbouw, verdroging, mineralisatie van het veen en vermesting uit het verleden.

Door het ploegen blijkt uit het onderzoek van B-WARE dat de bodem in sommige delen van het gebied tot op grote diepte voedselrijk is. Dit geldt voor de percelen ten westen van de Vaassensebinnenweg en voor een deel van het centrale gebied bij de Bloemendaalseweg (Figuur 68). Deze percelen zijn weinig kansrijk voor het ontwikkelen van schralere natuurtypen op de korte termijn. Ontgronden is niet zinvol omdat een te dikke laag moet worden afgegraven, hetgeen onder andere niet wenselijk is voor de hydrologie van het gebied. Het pitrusperceel van Figuur 69 valt hier niet onder: hier is de voedselrijkdom op grotere diepte niet zodanig hoog als in het rood omlijnde gebied, en is de verwachting dat hier in combinatie met het ijzerrijke grondwater de potenties hoger zijn.



Figuur 68: Voorbeeld van een gediepploegd, bezand perceel, dat nu vooral uit pitrus bestaat, zie luchtfoto en inzetfoto. Rood omcirkeld in de boorprofielen zijn de opgebrachte lagen. De bodems zijn hier tot 60–80 cm geploegd. (bron luchtfoto: ESRI).



Figuur 69: Locaties met opgebrachte grond (X) en ploegdiepte op basis van de bodemkartering die binnen deze LESA is uitgevoerd. Boven: het totale gebied, onder: ingezoomd op het centrale deel. Rood omlijnd is het gebied dat tot op grote diepte zeer voedselrijk is als gevolg van bemesting en diepploegen (bron: Visscher et al., 2023; Bijlage 1).



6 Maatregelenadvies

6.1 Afwegingskader

Op basis van de LESA is een maatregelenadvies opgesteld om de natuurwaarden van het gebied te verhogen. Uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat er kansen zijn voor gedeeltelijk herstel van het doorstroomveen en kwelveen. De potenties op korte termijn zijn wisselend. hoge voedselrijkdom op grote diepte door diepploegen zijn de kansen plaatselijk beperkt.

Uitgangspunt is om een deel van het doorstroomveen en kwelveen te herstellen, waarvoor een aaneengesloten areaal nodig is waarin zich weer veen kan vormen en waar het water kan doorstromen (geen geïsoleerde verlaagde percelen). Daarvoor zijn de volgende maatregelen nodig:

- Beken verondiepen om de ontwaterende werking verkleinen.
- Rest van de ontwatering, vooral binnen de natuurterreinen, zoveel mogelijk dempen.
- Voldoende doorstroming na maatregelen garanderen. Stagnatie van water kan er namelijk voor zorgen dat de resterende voedingsstoffen uit de bodemlagen vrijkomen waardoor er vervuiling van de vegetatie optreedt. 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 vervuiling van de vegetatie voorkomen.³⁵
- Voedselrijke bovengrond afgraven, soms betreft dat de opgebrachte grond.

Een belangrijke kanttekening bij het verwijderen van de voedselrijke toplaag is dat dit bij intacte bodems een uiterst redmiddel is, dat nooit ten koste mag gaan van het hydrologisch functioneren van het systeem. Het advies is bijvoorbeeld terughoudend om te gaan met ontgraving op dekzandruggen, waar 's winters opbolling van grondwater plaatsvindt. In grondwatergevoede bodems (beekeerd- en moerige eerdgronden) kan ontgraving de enige oplossing zijn om soortenrijke vegetaties tot ontwikkeling te laten komen. Decennialang maaien en afvoeren is lastig in slecht toegankelijk terrein en maakt de ontwikkeling van soortenrijke natuur onzeker door bodemverdichting.

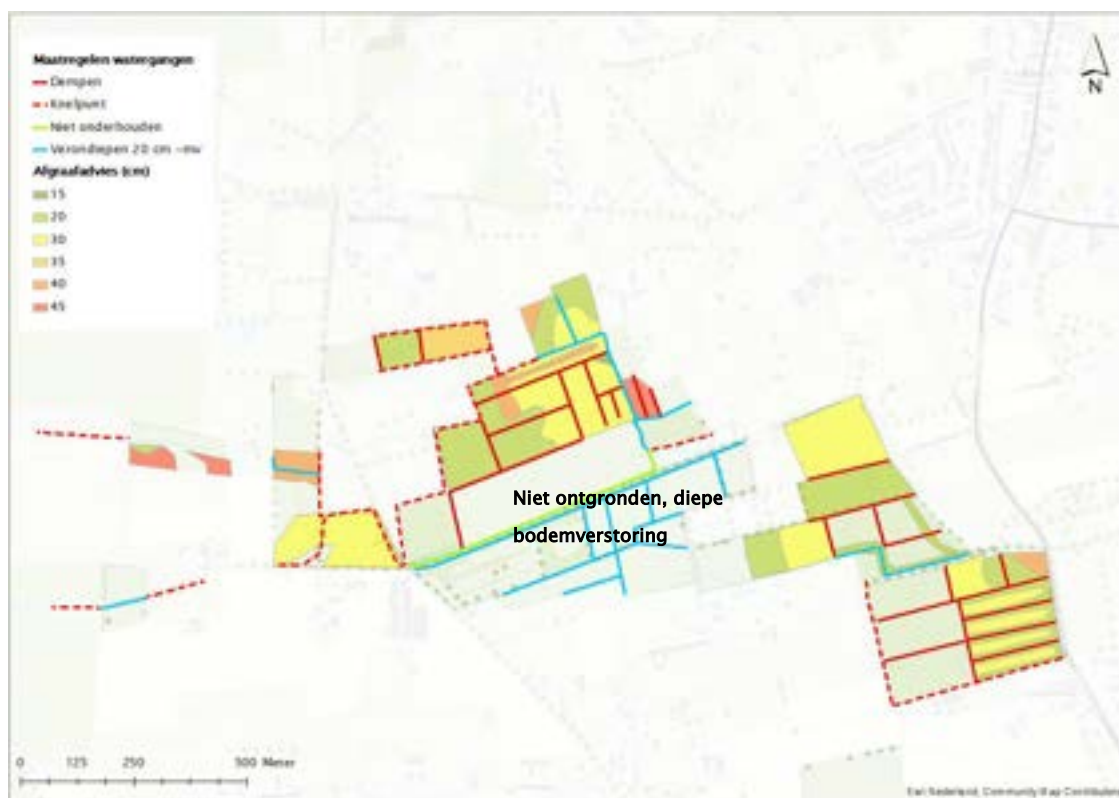
³⁵ Visscher et al., 2023; Bijlage 1.

6.2 Maatregelenadvies

De geadviseerde maatregelen zijn opgenomen in Figuur 70. Herstel van de lokale hydrologie is nodig om veenoxidatie tegen te gaan en de bodemverzuring te stoppen. Het gaat om het verondiepen en dempen van sloten. Watergangen die grenzen aan andere grondeigenaren zijn aangegeven als knelpunt.

Voor Zijtak Bloemendaal is verondiepen niet geadviseerd vanwege het voorkomen van beekprik. Het advies is de watergang niet meer te onderhouden waardoor de beek geleidelijk aan ondieper zal worden, en/of meerdere cascades aan te leggen zoals bij het bosje aan de Vaassensebinnenweg.

Voor het centrale deel van het gebied worden alleen hydrologische maatregelen geadviseerd (verondiepen). Ontgronden is hier niet zinvol/wenselijk vanwege het diepe fosfaatfront. Advies is de percelen te blijven verschraken middels een maai- en afvoerbeheer.



Figuur 70: Maatregelenadvies voor herstel en ontwikkeling van een deel van het doorstroom- en kwelveen. De afgraafdieptes zijn inclusief het verwijderen van opgebrachte grond. Rondom de Bloemendaalseweg worden alleen hydrologische maatregelen geadviseerd, de fosfaatrijke toplaag is hier te dik voor ontgroning. De watergangen aan de rand van het gebied vormen een hydrologisch knelpunt.



6.3 Doorstroming na afgraven

In Figuur 83 is het nieuwe maaiveldverloop aangegeven, gebaseerd op het afgraafadvies en het opheffen van ontwatering. In het doorstroomveen in het noorden blijft het water op basis van deze doorsnede goed doorstromen, zodat het risico op verzuring en interne eutrofiëring wordt beperkt. De scherpe knik in maaiveld bij 250 m afstand moet in werkelijkheid geleidelijker worden afgegraven. In het zuidelijke kwelveen zijn geen problemen voorzien qua doorstroming of scherpe knikken. In het vlakke oostelijke deel zal op de wat langere termijn een kwelveen tot ontwikkeling komen.

6.4 Aandachtspunten

Naar verwachting zullen de geadviseerde maatregelen leiden tot de gewenste waterstanden voor, in het meest positieve scenario, op gang brengen van veenvorming. 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. Het modelleren van de hydrologische effecten is geen onderdeel van deze LESA en zal in een vervolgfase moeten worden uitgezocht.

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. Beweidings wordt in natte gebieden niet geadviseerd omdat dit leidt tot verslumping, mineralisatie van veen en tijdens droogval tot eutrofiering vanwege afbraakprocessen. Op plekken waar regenwater stagneert leidt dit tot oppervlakkige verzuring en daarmee pitrus.



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.³⁶ Het herstel van veenmosveen zorgt voor een beperking van de CO₂-uitstoot.³⁷ 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

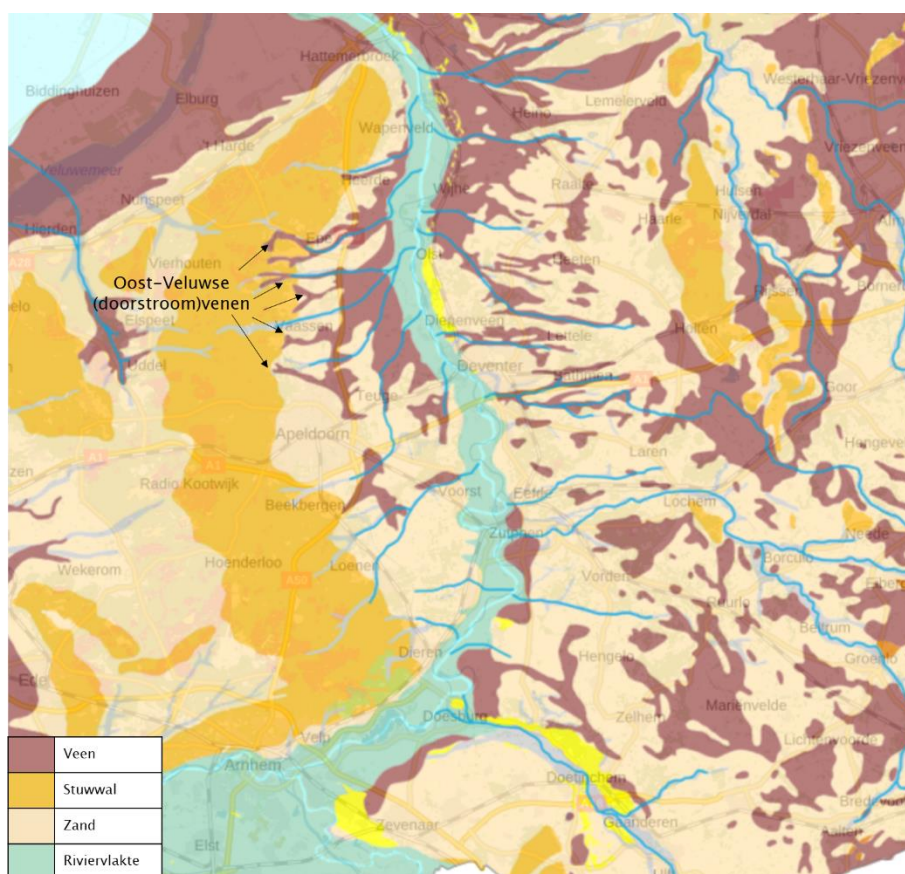
³⁶ Lof et al., 2017.

³⁷ 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 71). Voorbeelden zijn het Wisselse Veen, Tongerense Veen, het Pollense Veen en in het Nijmolense en Smallertse beekdal (Figuur 72). 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 71: Schematische weergave van de veengebieden tussen de Veluwe en IJsselvallei, rond 1500 (paleografische kaart van Vos).



Figuur 72: 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.

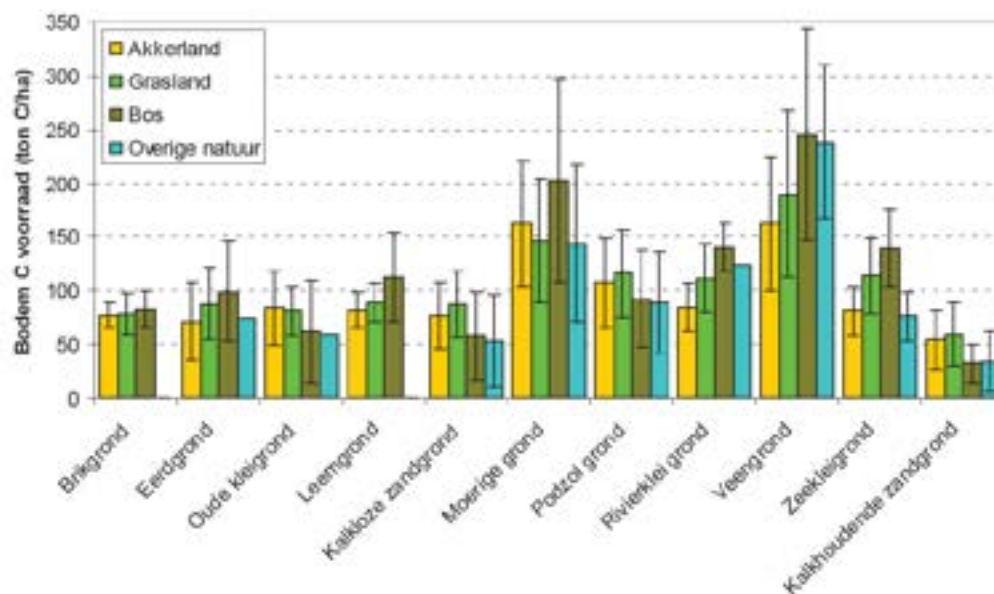
Veengebieden zijn bij uitstek geschikt voor het vastleggen van CO₂. Aan de hand van de data uit de Landelijke Steekproef Kartering (LSK)³⁸ zijn koolstofvoorraden berekend voor verschillende soorten landgebruik. **In moerige en veenbodems is de koolstofvoorraad ruim twee keer (!) zo hoog als op vergelijkbare droge bodems** (Figuur 73 en Figuur 74). 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.³⁹

Veengebieden worden daarentegen juist een bron van CO₂-uitstoot wanneer ze ontwaterd worden en het veen gaat oxideren.⁴⁰ Zoals eerder gezegd, is de CO₂-uitstoot van veengebieden in Nederland maar liefst twee keer zo hoog als de totale vastlegging.

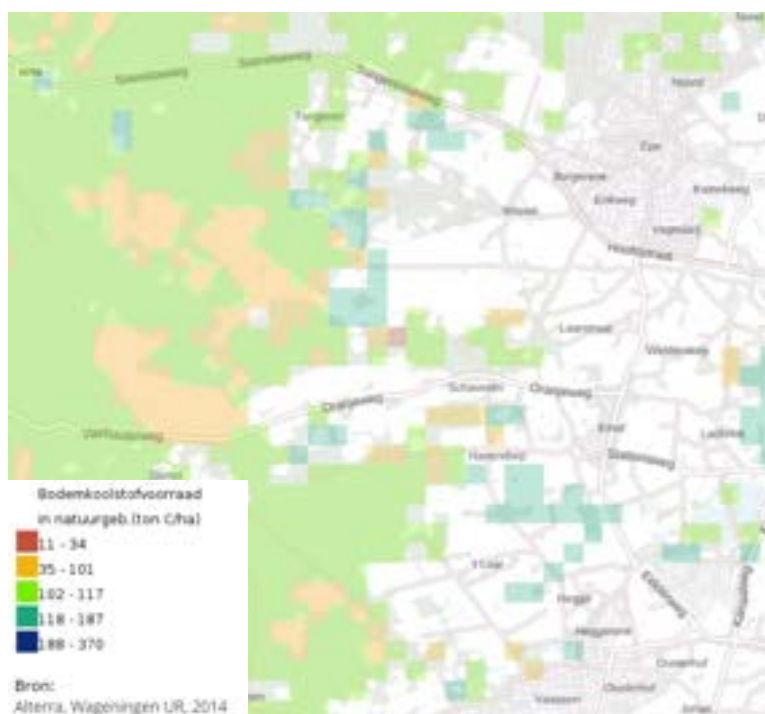
³⁸ De LSK is een gestratificeerde nationale steekproef, die is uitgevoerd in de periode 1990–2000 waarbij op ongeveer 1400 locaties bodemonsters op vijf verschillende diepten zijn geanalyseerd.

³⁹ Joosten et al., 2016.

⁴⁰ Pacheco-Cancina et al., 2023.



Figuur 73: 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 74: Bodemkoolstofvoorraad op de oost-Veluwe bij Epe (bron: Alterra, 2014; gebaseerd op Lesschen et al., 2012).

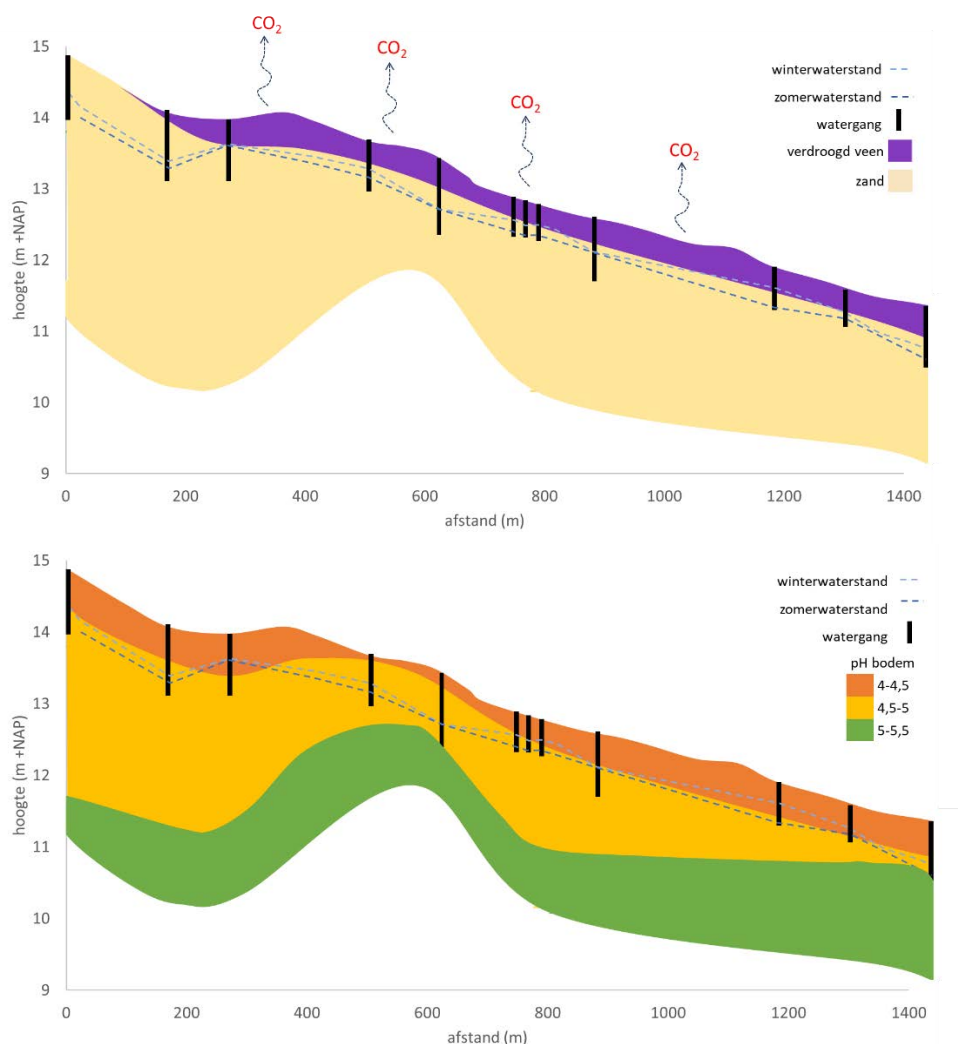
7.4.2 Water vasthouden

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.

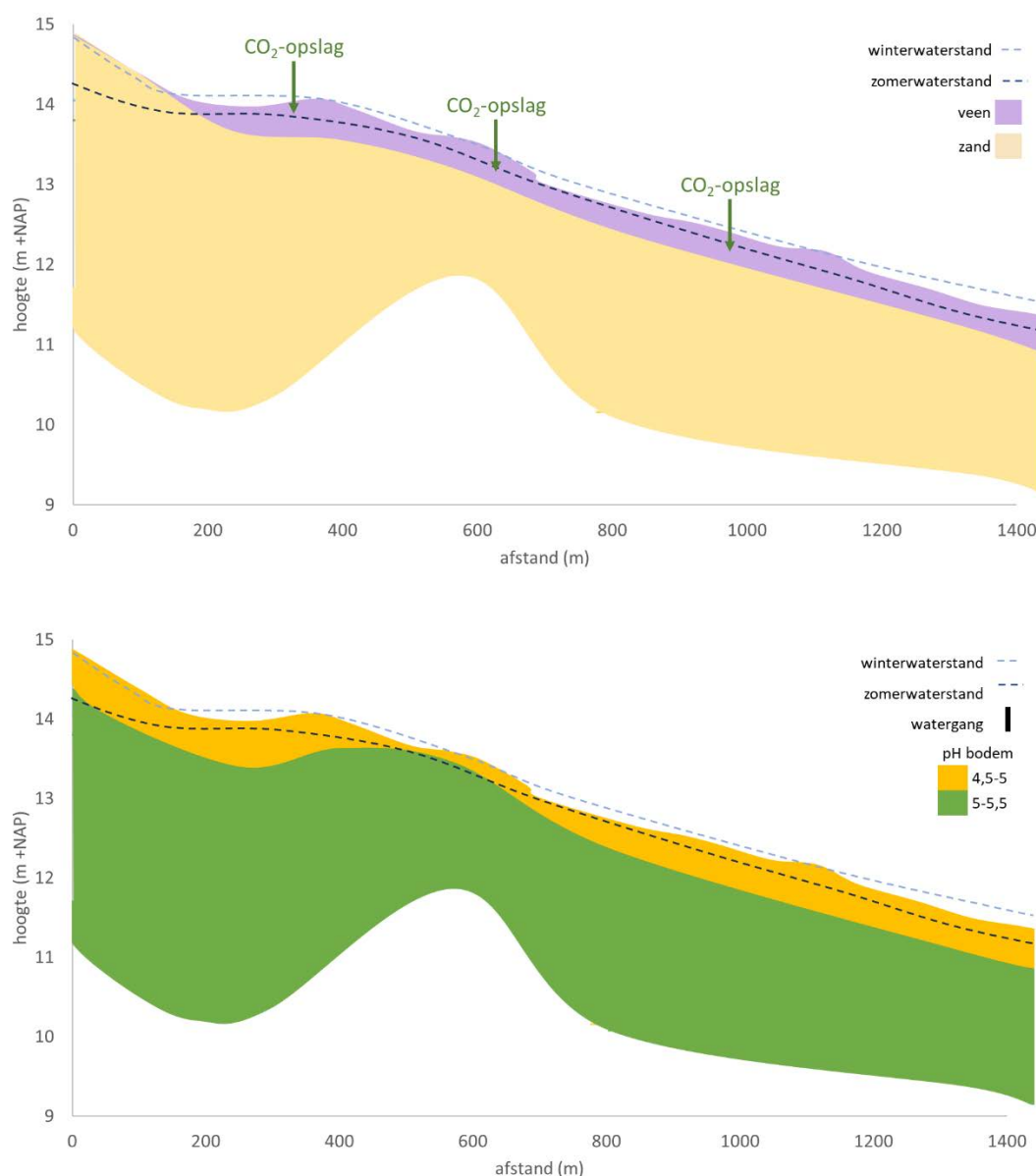


Figuur 75: Veenmosontwikkeling op in 2004 ingerichte natuur. Duidelijk zichtbaar is de sponswerking door ca 20 cm dikke veenmosontwikkeling.



Figuur 76: 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 77: 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 78: Het Wisselse Veen, een rijke oase te midden van een droog en arm zandlandschap van de Veluwe.



Figuur 80. Voorbeeld van een bloemrijk veldrushooiland (Schildbroek, bij Groesbeek)



Figuur 79. Elzenbroekbos (Tongerense Veen)

7.4.4 Recreatieve waarde

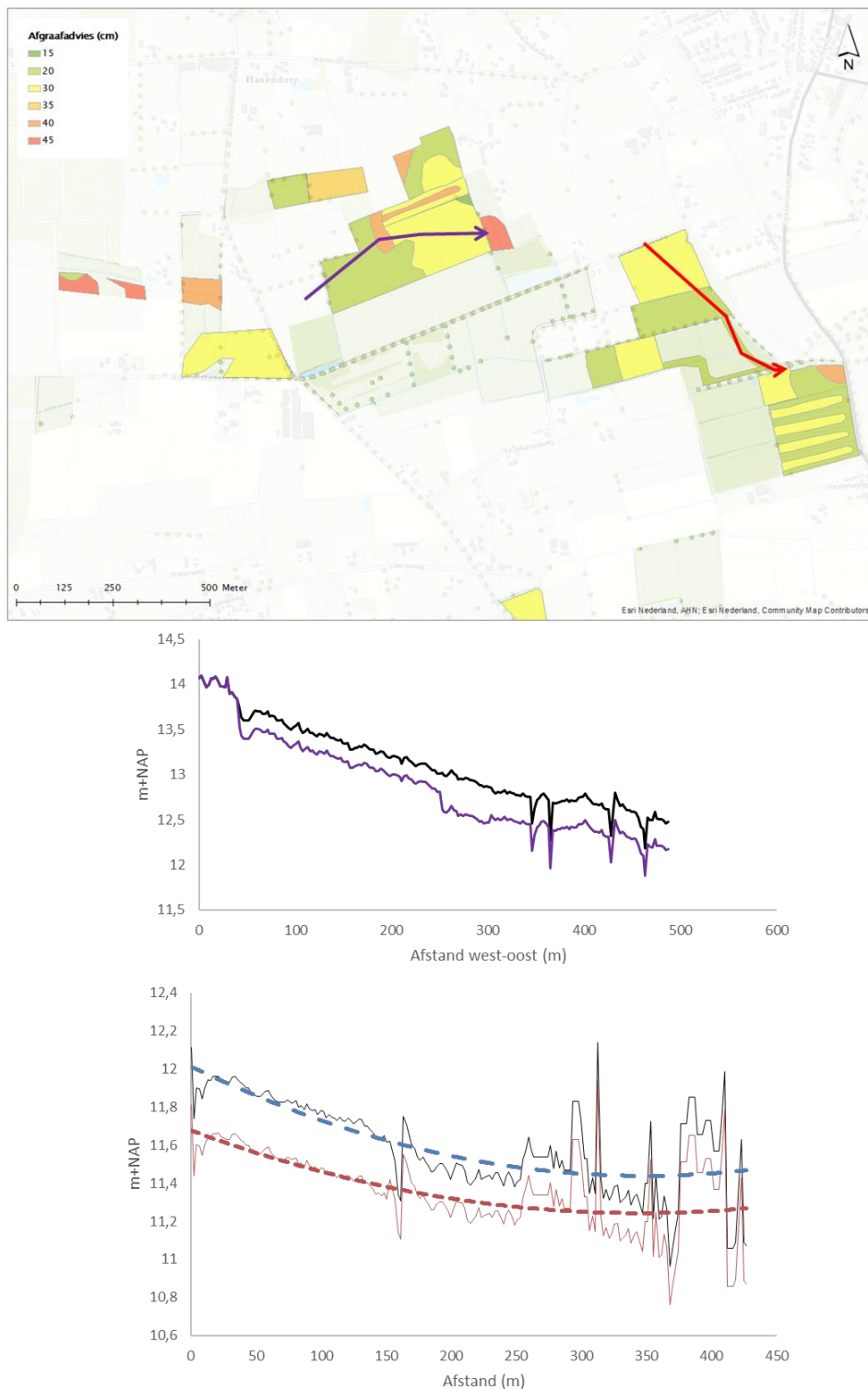
De oost-Veluwse venen zijn in beperkte mate beleefbaar, omdat ze vanwege hun nattigheid voor normaal schoeisel slecht toegankelijk zijn. Desondanks zijn ze prima vanaf bestaande openbare wegen te aanschouwen, omdat dit vrij open landschappen zijn (Figuur 82). Voor de fijnproever zijn op Landgoed Tongeren 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 81).



Figuur 82. Voorbeeld van beleving van een broekgebied (Soerense Broek) vanaf de weg (Broekdijk)



Figuur 81: Vlonderpad op Landgoed Tongeren. Foto: Gemeente Epe.



Figuur 83: Twee doorsneden van de huidige maaiveldhoogte (AHN4) en die na afgraven. Boven: het doorstroomveen in het noorden, waar zoals te zien het water kan blijven doorstromen zodat het risico op verzuring en interne eutrofiëring wordt beperkt. De scherpe knik in maaiveld bij 250 m afstand moet wat geleidelijker worden afgegraven. Onder: het zuidoostelijke kwelveen, waar in het vlakke oostelijke deel op de wat langere termijn een kwelveen tot ontwikkeling komen.



Literatuur

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.

Casparie, W.A., 1972. Bog development in southeastern Drenthe (The Netherlands). 's Gravenhage.

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.

Dupont, L.M., 1986. Temperature and rainfall variation in the Holocene based on comparative palaeoecology and isotope geology of a hummock and a hollow (Bourtangerveen, the Netherlands). Review of Palaeobotany and palynology, 48.

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

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

Van Geel., B., 2014. Zongestuurde klimaatveranderingen in het Holoceen (met implicaties voor het huidige en toekomstige klimaat). Grondboor en Hamer, 4/5.

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.

Kieskamp, A.A.M., H. Smeenge & T. Termaat, 2022. Landschapsecologische systeemanalyse en maatregelenadvies Gulbroek. Bosgroep Midden Nederland, Ede.

Menke H, H. Renes, G. Smid, P. Stork, J. Meijer., 2007. Veluwse 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.

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.



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

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.

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.

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

Succow, M. & H. Joosten (red.), 2001. Landschaftsökologische Moorkunde. Stuttgart.

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

Werkgroep Kadastrale Atlas Gelderland van de Vereniging Gelre, 2003. Kadastrale atlas Gelderland 1832. Velp.

Willemse, N.W., J. Neefjes & F. De Roode, 2008. Onderzoeksgebied groot Soerel; een archeologisch, landschappelijk en historisch-geografische onderzoek. RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V., Weesp.



Bijlagen

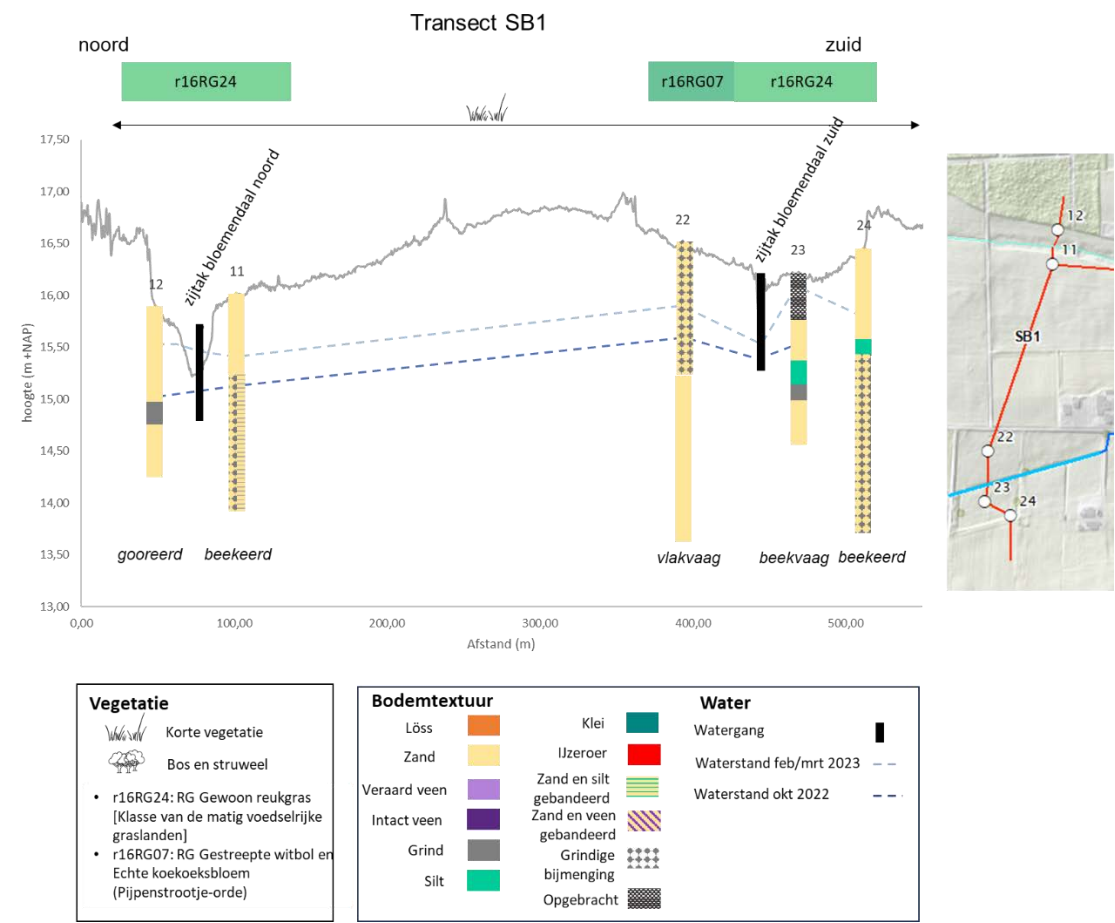


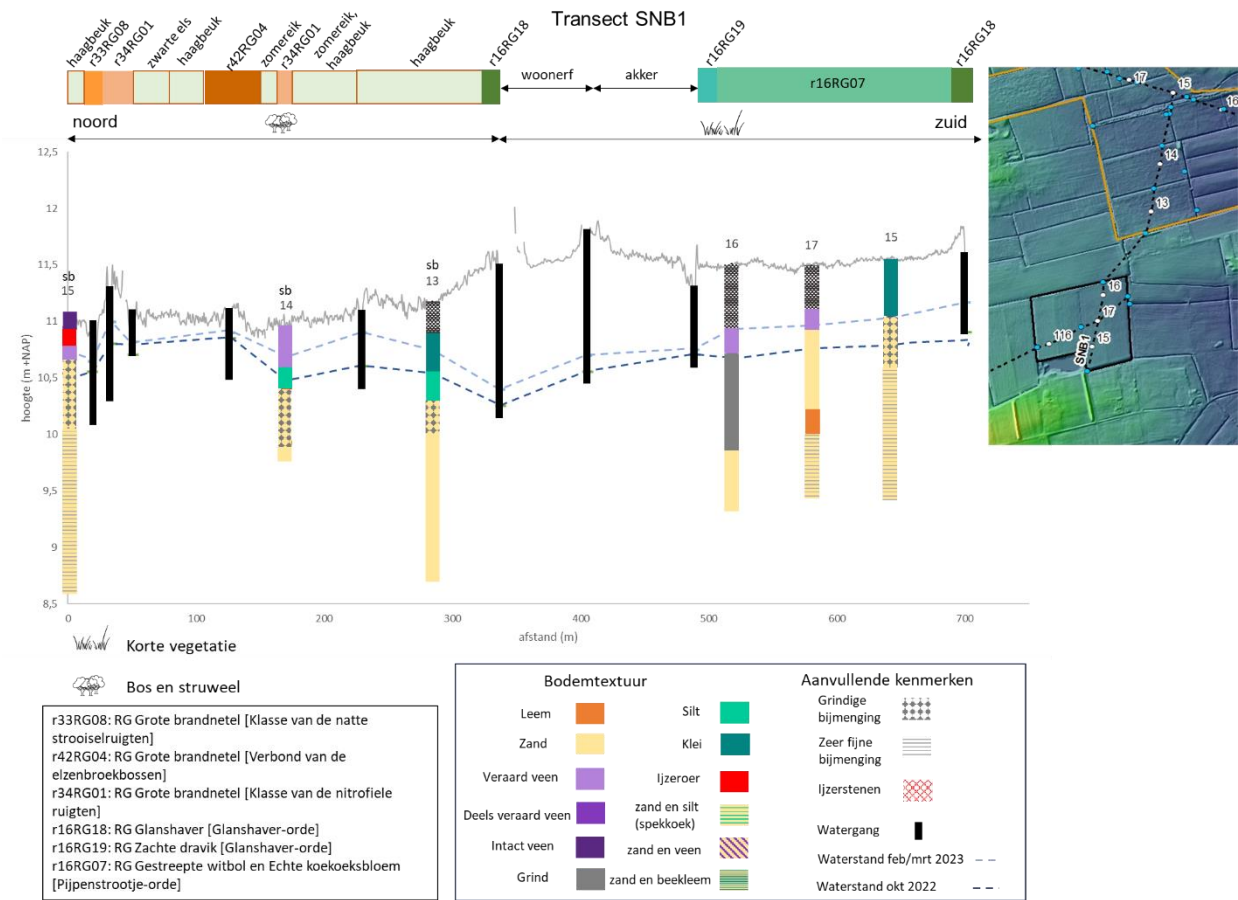
Bijlage 1 **Bodem- en hydrochemisch onderzoek natuurpotenties
Smallertse Beek**

Aparte bijlage



Bijlage 2 Overige dwarsdoorsneden







Bijlage 3 **Vegetatiegegevens**

Aparte bijlage