

LESA Arriër Koeland & Boerenmars

Definitief rapport

Zwolle, april 2020



Bell Hullenaar
Ecohydrologisch
Adviesbureau

in opdracht van:



Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

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

Projecttitel: LESA Arriër Koeland & Boerenmars

Opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen

Auteurs: J.S. Bell & J.W. van 't Hullenaar (Bureau Bell Hullenaar)

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

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Gebiedsbeschrijving	10
2.1	Oriëntatie	10
2.2	Historische ontwikkeling	12
2.3	Geologie en geohydrologische opbouw	17
2.4	Geomorfologie	24
2.5	Bodem	26
2.6	Hoofd-oppervlaktewatersysteem	28
2.7	Functioneren van het grondwatersysteem op hoofdlijnen	30
2.8	Overstromingsinvloed van de Vecht	37
2.9	Vegetatie	41
3	Analyse grondwaterstandsverloop	45
3.1	Inleiding	45
3.2	Opbouw van het meetnet en controle van de meetreeksen	45
3.3	Tijdreeksmodellering met Menyanthes en afleiding GXG's	46
3.4	GXG-doelgaten	52
4	Veldonderzoek	56
4.1	Methode	56
4.2	Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem	57
	4.2.1 Stelsel van de hogere zandgronden	57
	4.2.2 Stelsel van het Vechtdal	58
4.3	Resultaten onderzoek ecohydrologische dwarsprofielen	63
	4.3.1 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'	63
	4.3.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'	64
	4.3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'	66
	4.3.4 Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'	70
	4.3.5 Ecohydrologisch dwarsprofiel E-E'	71
4.4	Resultaten hydro- en bodemchemisch onderzoek buiten de raaien	78
5	Synthese en conclusies	81
6	Maatregelen	85
6.1	Inleiding	85
6.2	Verbeteringsmogelijkheden op (sub)regionaal niveau	85
6.3	Verbeteringsmogelijkheden op lokaal niveau	86
6.4	Uitbreidingsmogelijkheden	89

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

Het gebied Arriër Koeland - Boerenmars maakt deel uit van het Natura2000-gebied Vecht en Beneden Regge (zie figuur 1.1) en ligt in het stroomgebied van de Vecht. Het betreft een gebied met een afgesneden rivierloop en kronkelwaarden aan de zuidzijde van deze rivier. In de hoog gelegen delen is onder andere het habitatype H6120 Stroomdalgraslanden aanwezig en in de laag gelegen delen van het gebied zijn diverse grondwaterafhankelijke habitattypen aanwezig: H91E0C Vochtige alluviale bossen, (de grondwaterafhankelijke vorm van) H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H6430A Ruigten met moerasspirea en H7140A Trilvenen.

Voor het gebied zijn instandhoudings- en uitbreidingsdoelstellingen vastgesteld. Deels gaat het om behoud van oppervlakte en kwaliteit van de aanwezige habitattypen en deels ligt er een opgave voor uitbreiding en verbetering van de kwaliteit van habitattypen. In het PAS-gebiedendocument Natura 2000-gebied Vecht-Beneden-Regge is geconstateerd dat er in relatie tot het behalen van deze doelen kennisleemten zijn. Belangrijke kennisleemte voor het gebied Arriër Koeland - Boerenmars betreft het ontbreken van inzicht in het ecohydrologisch functioneren van het gebied, waardoor knelpunten in de waterhuishouding (kwantiteit en kwaliteit) voor grondwaterafhankelijke habitattypen niet kunnen worden vastgesteld en opgelost. Specifiek aandachtspunt hierbij betreft het ontbreken van inzicht in de invloed van de ontwaterende werking van de Vecht versus de ontwaterende werking van lokale waterlopenstelsels in het winterbed en de aangrenzende hoger gelegen gronden. Ook is onvoldoende duidelijk hoe de overstromingsinvloed van de Vecht in het gebied doorwerkt.

Verder lijkt op basis van enkele eerder uitgevoerde oriënterende bodemchemische metingen (B-WARE, 2018) dat in de hoger gelegen delen met het habitatype H6120 Stroomdalgraslanden de bodem erg zuur is. Deze zure omstandigheden vormen een bedreiging voor de stroomdalgraslanden. Om een beter inzicht te krijgen in de behoud-, herstel- en ontwikkelingskansen van dit habitatype is nader bodemchemisch onderzoek noodzakelijk. In combinatie hiermee is ook bodemchemisch onderzoek nodig voor afleiding van de verbeterings- en uitbreidingsmogelijkheden van de grondwaterafhankelijke natuurtypen in het gebied.

Om het gebrek aan inzicht op te lossen dient voor het gebied Arriër Koeland - Boerenmars een Landschaps Ecologische Systeem Analyse (LESA) uitgevoerd te worden. Als voorbereiding hierop is in 2016 (in samenhang met een aantal andere deelgebieden langs de Vecht) een ecohydrologische verkenning uitgevoerd (KWR, 2016) en is in 2017 een hydrologisch meetnet voor het gebied ontworpen en geïmplementeerd. Inmiddels zijn meetreeksen van 2 jaar beschikbaar op basis waarvan de LESA kan worden uitgevoerd.

In breder verband wordt momenteel ten behoeve van de integrale planontwikkeling in het stroomgebied van de Vecht een grondwatermodellering en een oppervlaktewatermodellering uitgevoerd. De uitvoering van de LESA vindt in wisselwerking hiermee plaats: enerzijds worden de resultaten van de modelberekeningen die tot nu toe zijn uitgevoerd gebruikt voor het verkrijgen van een globaal inzicht in de werking van het systeem en anderzijds worden de resultaten van de LESA gebruikt als input voor de verfijning van het grondwatermodel, zodat hiermee in een later stadium maatregelen op correcte wijze kunnen worden doorgerekend.

Doelstellingen

Belangrijkste doel van de LESA is het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van het gebied, zodat zowel eventuele kwantitatieve als kwalitatieve knelpunten in de waterhuishouding voor de grondwaterafhankelijke habitattypen kunnen worden vastgesteld en (zo nodig) opgelost. Belangrijkste vraag die hierbij beantwoord moet worden is: wat is de invloed van de ontwaterende werking van de Vecht versus de invloed van de lokale waterlopenstelsels in het winterbed en de aangrenzende hogere gronden? Ook moet een beter inzicht ontstaan in het doorwerken van de overstromingsinvloed van de Vecht in het gebied.

Om de kansen voor behoud, herstel en ontwikkeling van het habitatype H6120 Stroomdalgraslanden en de grondwaterafhankelijke habitattypen af te kunnen leiden is ook inzicht in de bodemchemische toestand noodzakelijk.

Aanpak

De LESA is opgebouwd uit de volgende hoofdonderdelen:

- Voorbereiding
- Bureaustudie
- Veldonderzoek
- Synthese en conclusies
- Uitwerking maatregelen

Vorbereiding

In het kader van de voorbereiding is oriënterend overleg gevoerd bij het waterschap (op 1-10-2018) en is een oriënterend veldbezoek gedaan met de projectgroep (26-10-2018). Vervolgens zijn bij waterschap Vechtstromen, de provincie Overijssel en Staatsbosbeheer diverse gegevens opgevraagd en doorgenomen, op basis waarvan een projectbeschrijving is opgesteld.

Bureaustudie

De bureaustudie is opgebouwd uit twee onderdelen:

- Gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2):
 - Oriëntatie, met hierin vooral meer algemene informatie van het gebied.
 - Globale beschrijving van de historische ontwikkeling van het gebied.
 - Beschrijving van de geologie en geohydrologische opbouw.
 - Beschrijving van de geomorfologische gesteldheid.
 - Beschrijving van de bodemtypen.
 - Beschrijving van het functioneren van het hoofd-oppevlaktewatersysteem.
 - Beschrijving van het functioneren van het grondwatersysteem in hoofdlijnen.
 - Beschrijving van de overstromingsinvloed van de Vecht.
 - Beschrijving van de vegetatie / flora.
- Analyse van het (grond)waterstandsverloop op basis van de beschikbare meetreeksen van de peilbuizen en oppervlaktewaterstandsmeetpunten in het projectgebied (hoofdstuk 3):
 - Uitvoeren van een tijdreeksanalyse m.b.v. het programma Menyanthes. In het kader van de tijdreeksanalyse wordt afgeleid wat de actuele grondwatersituatie is, aan de hand van bepaling van de GXG-waarden (GHG, GVG en GLG), kwell/infiltratie-situatie etc. Hiertoe zijn de korte reeksen met Menyanthes met behulp van de beschikbare meteorologische

- gegevens door gemodelleerd tot een voldoende lange periode (minimaal 8 jaar), om zo de GXG's op zo goed mogelijke wijze te kunnen bepalen.
- Op basis van de resultaten is ook bepaald of er ter plaatse van de peilbuizen ten aanzien van de GXG's kwantitatieve doelgaten bestaan in relatie tot de aanwezige habitattypen / vegetatietypen (en zo ja, hoe groot de doelgaten zijn).

Veldonderzoek (hoofdstuk 4)

Voor de benodigde verfijning in het inzicht zijn in aanvulling op de bureaustudie middels veldonderzoek de volgende onderdelen uitgevoerd:

- Inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem.
- Vervaardiging van vijf ecohydrologische dwarsprofielen van het gebied, om zo relaties te kunnen leggen tussen de bodemopbouw, het functioneren van het grond- en oppervlaktewatersysteem, de (grond)waterkwaliteit, de bodemchemische toestand en de vegetatie. De vervaardiging van de dwarsprofielen heeft voor een belangrijk deel plaatsgevonden op basis van de gegevens van de bestaande peilbuizen die in de raaien zijn geplaatst. Voor de benodigde verfijning van de inzichten zijn in maart 2019 in de raaien aanvullende boringen, boorgatmetingen en metingen aan het oppervlaktewatersysteem (o.a. slootpeilen/ slootbodems) uitgevoerd. In de dwarsprofielen is behalve het verloop van de grondwaterspiegel tijdens de veldmetingen ook (op basis van de meetreeksen van de peilbuizen en het rivierpeil) het verloop van de grondwaterspiegel onder GHG, GVG en GLG-omstandigheden weergegeven.
- Met name om af te leiden in hoeverre basenrijk (kwel)water in staat is tot in de wortelzone van de vegetatie door te dringen is in de meetraaien en op enkele aanvullende locaties ook hydro- en bodemchemisch onderzoek uitgevoerd. Daarnaast wordt aan de hand hiervan gelijk inzicht geboden in de voedselrijkdom en verdere chemie van het grondwater en de bodem.
- In combinatie hiermee is buiten de raaien ook bodemchemisch onderzoek uitgevoerd voor het afleiden van de uitbreidingsmogelijkheden van de grondwaterafhankelijke habitattypen en de mogelijkheden voor behoud / herstel van de stroomdalgraslanden.

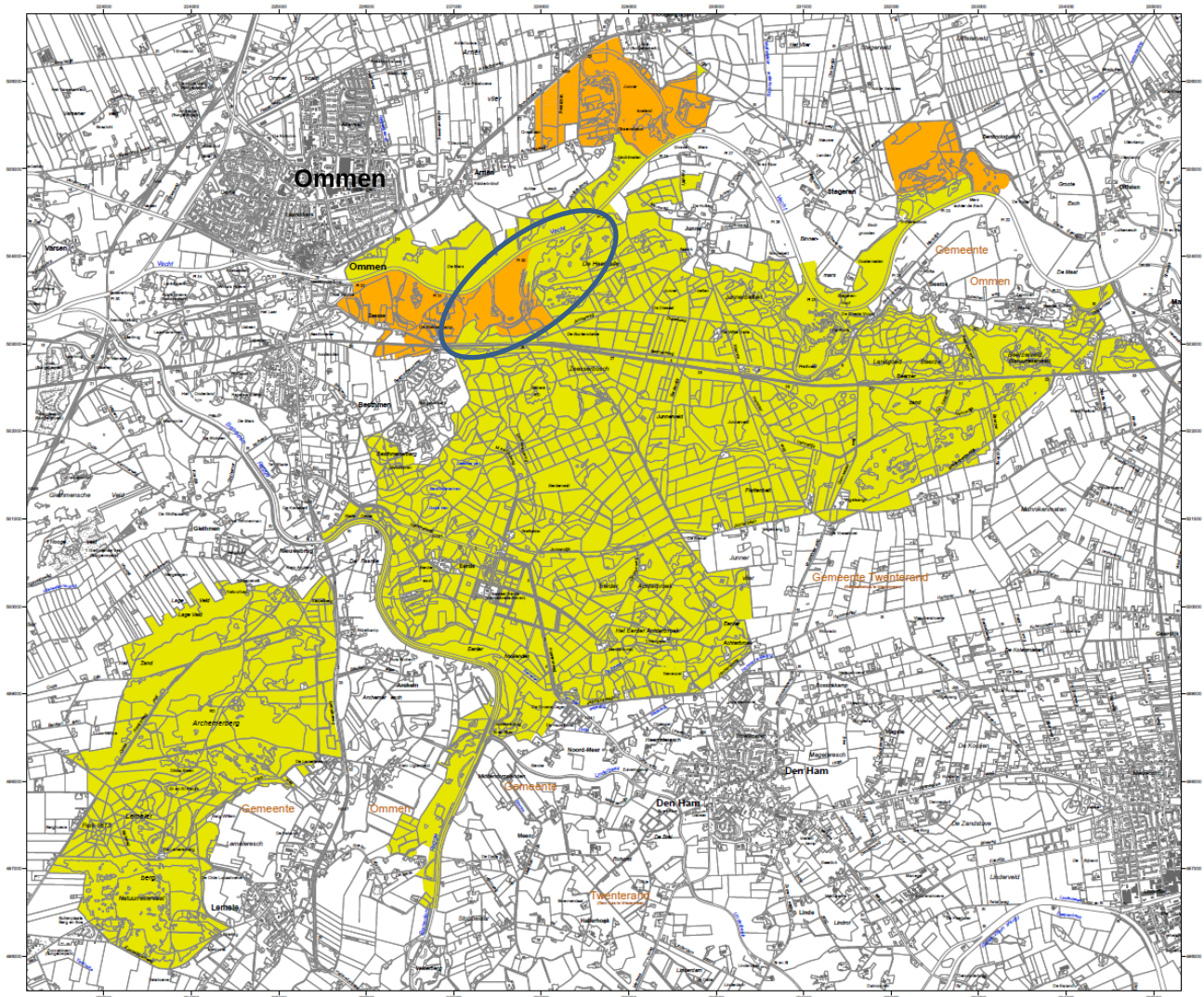
Het hydro- en bodemchemisch is uitgevoerd door B-WARE en hiervan is ook een afzonderlijk rapport opgesteld (zie bijlage 4). Om een goede aansluiting op de LESA te garanderen is door Bell Hullenaar het bemonsteringsplan opgesteld voor het hydro- en bodemchemisch onderzoek in de lage delen met grondwaterafhankelijke vegetaties en zijn de belangrijkste resultaten hiervan geïntegreerd in de LESA. Het bodemchemisch onderzoek voor de stroomdalgraslanden in de hoge delen is zelfstandig door B-WARE uitgevoerd en (om herhaling te voorkomen) wordt voor de resultaten hiervan verwezen naar het rapport van B-WARE in bijlage 4.

Synthese en conclusies & uitwerking (hoofdstuk 5)

De verzamelde kennis is uitgewerkt tot een ecohydrologische systeembeschrijving. Daarbij wordt op basis van de resultaten van de bureaustudie en het veldonderzoek de werking van het systeem uitgelegd en wordt aangegeven welke knelpunten (in de waterhuishouding) aanwezig zijn, met daarbij specifieke aandacht voor de ontwaterende werking van de Vecht versus de lokale ontwateringsmiddelen.

Uitwerking maatregelen (hoofdstuk 6)

Op basis van de resultaten van de LESA is uitgewerkt welke concrete maatregelen nodig zijn voor aanpak van de knelpunten en benutting van de uitbreidingskansen. De maatregelen worden toegelicht aan de hand van een kaart. De maatregelen kunnen in een vervolgfase door het waterschap worden doorgerekend met het inmiddels (op basis van resultaten van de LESA) verfijnde grondwatermodel.



Figuur 1.1 Begrenzing Natura2000-gebied Vecht en Beneden Regge met ligging van het onderzoeksgebied Arriër Koeland & Boerenmars

2 Gebiedsbeschrijving

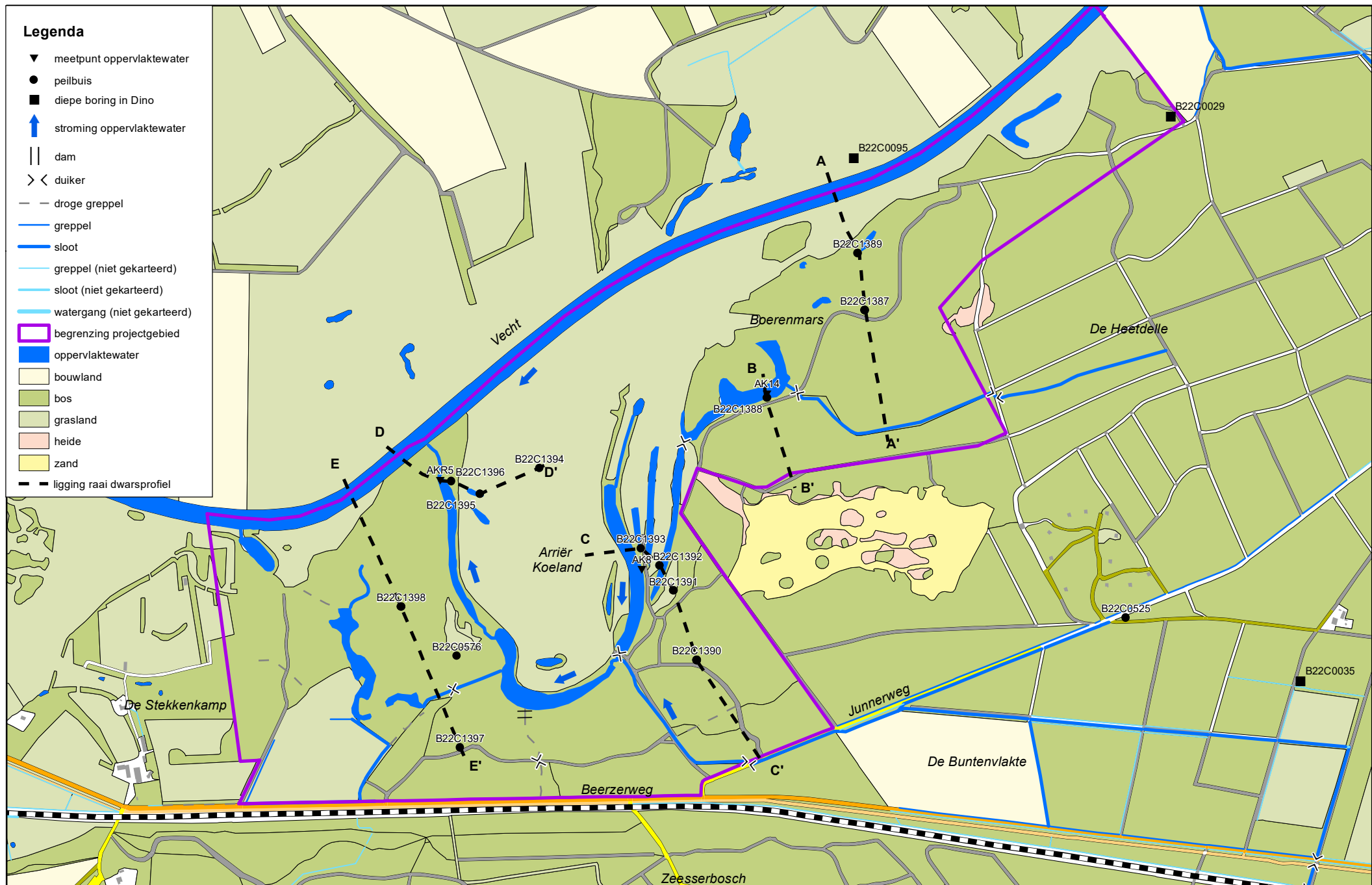
2.1 Oriëntatie

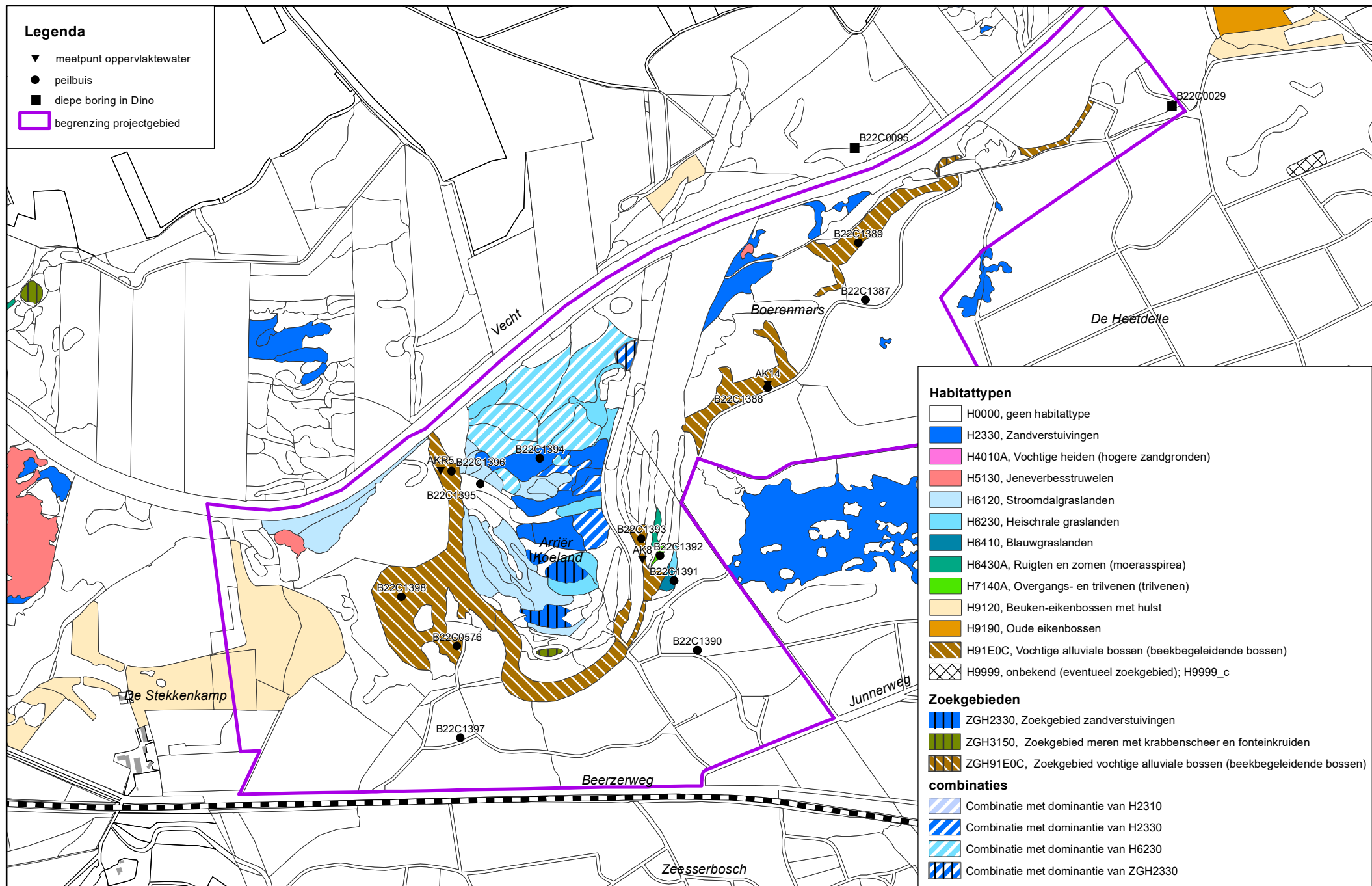
Het projectgebied ligt 2 à 3 km ten oosten van Ommen, aan de zuidzijde van de Overijsselse Vecht. Het oostelijke deel van het projectgebied behoort tot het landgoed Junne en dit geldt ook voor de afgesneden meander rond het Arriër Koeland. Het westelijke deel van het projectgebied is met uitzondering van deze oude rivierloop eigendom van Staatsbosbeheer.

Het Arriër Koeland betreft het graslandgebied dat binnen de afgesneden meander ligt (zie figuur 2.1). Dit gebied wordt al eeuwenlang beweid. In de huidige situatie vindt de beweiding plaats met Schotse Hooglanders. Binnen dit gebied zijn de habitattypen H6120 Stroomdalgraslanden, H6230 (de droge vorm van) Heischrale graslanden en H2330 Zandverstuivingen aanwezig (zie figuur 2.2: habitattypenkaart). Ten oosten hiervan ligt een gebied met een afwisseling van (met struweel begroeide) geulen en vochtige schraallanden. Ook deze schraallanden behoren tot het eigendom van Staatsbosbeheer. Hier wordt een hooilandbeheer gevoerd. Binnen de vochtige schraallanden is een breed scala aan grondwaterafhankelijke habitattypen aanwezig: H6410 Blauwgraslanden, H6430A Ruigten en zomen, H7140A Overgangs- en trilvenen en (de grondwaterafhankelijke vorm van) H6120 Heischrale graslanden. Verder bezit Staatsbosbeheer ook nog een zone met extensief begraasd grasland langs de oever van de Vecht in het noordwesten van het projectgebied en ook hier is het habitatype H6120 Stroomdalgraslanden aanwezig. Het graslandgebied in de zuidwesthoek van het projectgebied betreft een intensief landbouwkundig beheerd graslandperceel. Het gebied aan de buitenzijde van de afgesneden meander is begroeid met bos. In de afgesneden meander en ook geulen in het gebied ten westen hiervan is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. Buiten de geulen is overwegend gemengd bos aanwezig.

De Boerenmars betreft het grasland- en bosgebied langs de Vecht in het noordoosten van het projectgebied. Het graslandgebied wordt behoorlijk intensief landbouwkundig beheerd. Enkele ruggen zijn op de habitattypenkaart aangegeven als H2330 Zandverstuivingen. Hierbinnen liggen relictten van stroomdalgraslanden. Ook in de geulen van deelgebied Boerenmars is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. Buiten de geulen is (tot aan het pad dat op de rand van het Vechtdal ligt) overwegend loofbos aanwezig. Ten zuiden hiervan is voornamelijk naaldbos aanwezig. Dit naaldbos maakt deel uit van het bosgebied De Heetdelle.

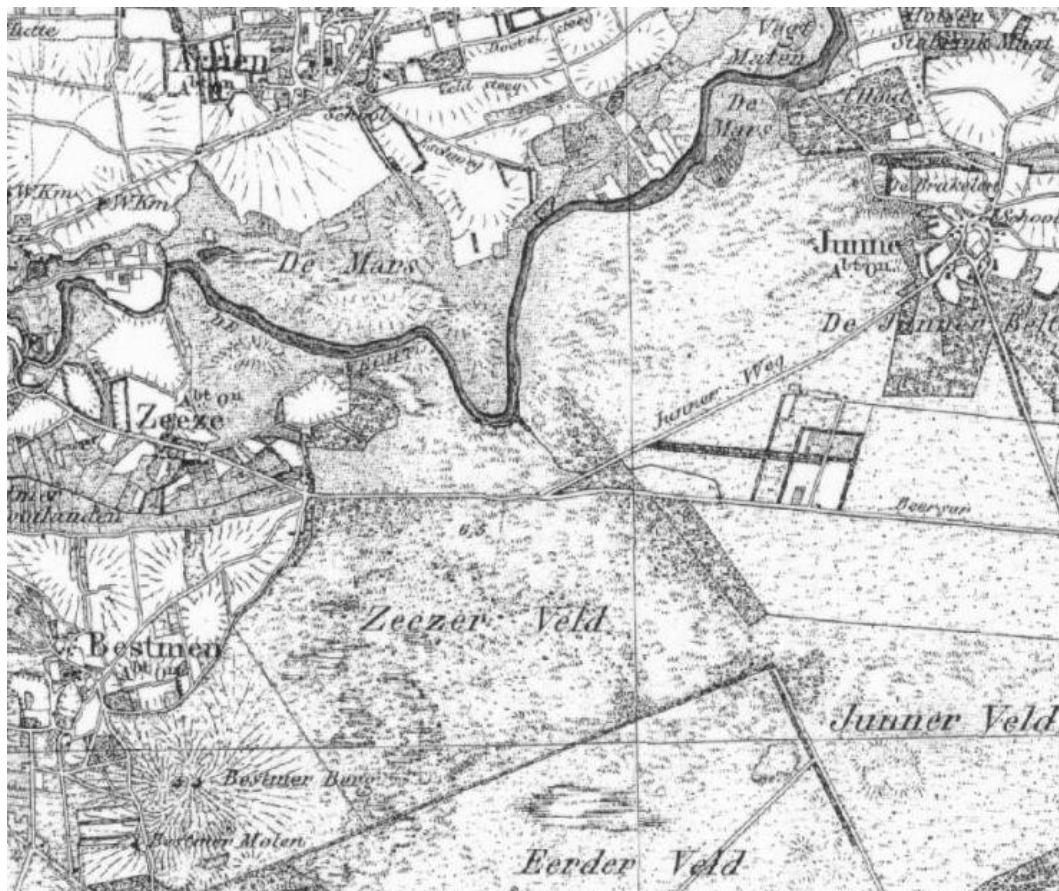
Ook in het gebied ten zuiden van het projectgebied is op grote schaal bos aanwezig: ten zuiden van het Arriër Koeland / de Beerzerweg ligt het Zeesserbosch en ten zuiden van de Boerenmars ligt dus het bosgebied De Heetdelle. Het betreft hierbij overwegend naaldbos. Deze bossen maken deel uit van het omvangrijke bosgebied van boswachterij Ommen. Binnen het bosgebied liggen hier en daar kleine stuifzandgebiedjes, zo ook ten oosten van de oostelijke schraallanden. Verder liggen in de bossen ten zuidoosten van het projectgebied (deelgebied de Buntenvlakte) enkele intensief beheerde akkers. Ten westen van het projectgebied ligt het landgoed de Stekkenkamp.





2.2 Historische ontwikkeling

Rond 1850 is de Vecht nog als natuurlijke, meanderende rivier aanwezig (zie figuur 2.3a). De Vecht ligt in een grotendeels open landschap. In het Vechtdal liggen graslanden en rond de buurtschappen Arriën, Bestmen, Zeesse en Junne liggen akkers. Ten zuiden van de Vecht zijn omvangrijke heidegebieden aanwezig: het Zeesser Veld, het Junner Veld en het Eerder Veld. Het heidegebied wordt doorkruist door de Beerzerweg en de Junnerweg. In het heidegebied ligt al een kleine ontginning. Dit is het gebied dat in de huidige situatie wordt aangeduid als de Buntenvlakte en op de kaart van 1900 als De Diessel. Vanaf deze ontginning is een afvoergreppel aanwezig die ter plaatse van de meander rond het Arriër Koeland afwatert op de Vecht.



Figuur 2.3a Topografische kaart 1850

Ook rond 1900 was de Vecht nog steeds als natuurlijke, meanderende rivier aanwezig (zie figuur 2.3b). In het dal zelf en rond de buurtschappen is het landschap niet veel veranderd ten opzichte van 1850, met graslanden in het dal en akkers rond de buurtschappen. Daarbij is op deze kleurenkaart ook goed te zien dat op de wat de hogere ruggen in het Vechtdal heide aanwezig is en dat in de geulen drassige omstandigheden aanwezig zijn. Ten zuiden van de Vecht is het landschap ten opzichte van 1850 sterk veranderd: het uitgestrekte heidegebied dat ten zuiden van de Vecht aanwezig was is rond 1900 al (ruim) voor de helft begroeid geraakt met bos. Binnen het bosgebied zijn wel grote open delen aanwezig, waar stuifzanden liggen, met op de overgangen naar het omringende bos vaak stroken heide. Niet alleen ter plaatse van de ontginning van De Diessel maar ook in het hieraan grenzende bosgebied zijn greppels aanwezig en dit greppelstelsel watert (net als rond 1850) ter plaatse van de meander rond het Arriër Koeland af op de Vecht.

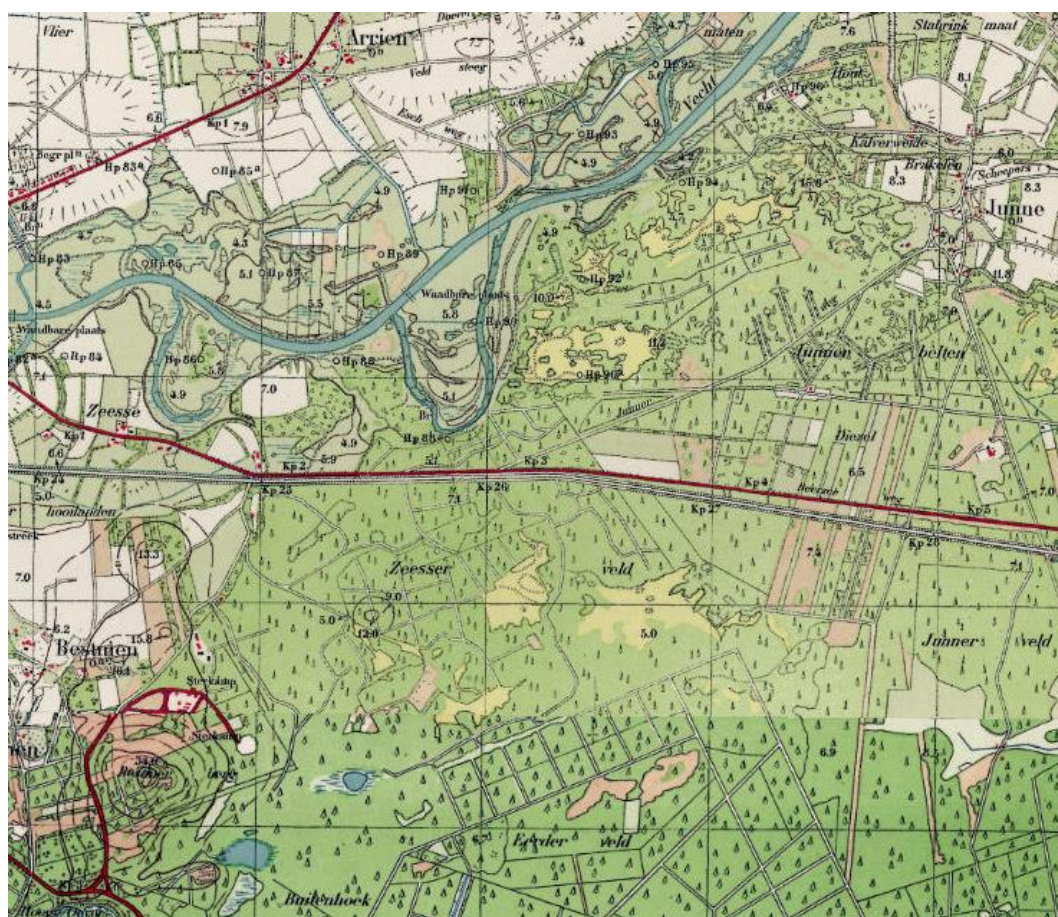


Figuur 2.3b Topografische kaart 1900

Figuur 2.3c Topografische kaart 1925

Uit vergelijking van de topografische kaart van 1950 met die van 1925 volgt dat er in de tussenliggende periode een steeds verder voortschrijdende verbossing van het gebied heeft plaatsgevonden: in het gebied aan de zuidzijde is in 1950 hoofdzakelijk bos aanwezig en het betreft hierbij ook bijna uitsluitend naaldbos. Door de bosontwikkeling is de omvang van de stuifzandgebieden afgenomen. Ook in het Vechtdal heeft verbossing plaats gevonden: het gebied ten westen van het Arriër Koeland is begroeid geraakt met bos en dat geldt ook voor de Boerenmars, ofwel het gebied langs de Vecht ten noordoosten van het Arriër Koeland. Het betreft hierbij voornamelijk loofbos.

Vergelijking van de kaart van 1950 (zie figuur 2.3d) met de topografische kaart van de huidige situatie (zie figuur 2.1) geeft aan dat de verbossing de afgelopen 70 jaar nog wat verder is voortgeschreden: inmiddels is het meest noordelijke stuifzandgebied (ter plaatse van deelgebied Heetdelle) praktisch geheel verdwenen. Het stuifzandgebied ten oosten van het Arriër Koeland en ook twee delen van het voorheen omvangrijke stuifzandgebied in het Zeeser Bosch zijn nu nog wel aanwezig: deze gebieden worden middels actief beheer open gehouden.



Figuur 2.3d Topografische kaart 1950

2.3 Geologie en geohydrologische opbouw

De geo(hydro)logische opbouw wordt toegelicht aan de hand van de dwarsprofielen van figuur 2.4 (bron: Regis II, NITG-TNO). De beschrijving van de geologie en de geohydrologische opbouw is grotendeels gebaseerd op de beschrijving zoals opgenomen in de LESA Overijsselse Vecht - Fase 3: Hydrogeologie (Jalink, 2018). Ook is nagegaan of er in DINO boorbeschrijvingen van diepe boringen in het projectgebied en de directe omgeving hiervan beschikbaar zijn. Hoewel dit slechts in beperkte mate het geval bleek te zijn, zijn ook deze boorgegevens gebruikt.

De geohydrologische basis van het gebied wordt gevormd door een kleilaag van de Formatie van Breda (BRk1). Deze kleilaag is afgezet onder mariene omstandigheden in het Mioceen. In het projectgebied bevindt de bovenzijde van deze kleilaag, en dus de geohydrologische basis, zich op circa -120 mNAP. Hierop is in het grootste deel van het gebied de eveneens mariene Formatie van Oosterhout afgezet (OOc en OOz), die voor het grootste deel bestaat uit fijn tot matig grof, glauconiethoudend, kalkhoudend zand (OOz). Deze zandlaag is circa 50 meter dik. Daarboven liggen matig tot uiterst grove, soms grindhoudende zandlagen van de fluviatiele Formatie van Peize (PZ). Ook de dikte van deze afzetting bedraagt circa 50 meter. Beide zandlagen zijn goed doorlatend.

In de voorlaatste ijstijd, het Saaliën, is door landijs een grondmorene in de vorm van keileem afgezet. Het betreft hierbij de Klei van Gieten uit de Formatie van Drenthe (DRGk1). Volgens de gegevens uit Regis II is de Gieten-klei in het oostelijke deel van het onderzoeksgebied wel aanwezig en in het westelijke deel niet (zie figuur 2.5a). De dikte in het oostelijke deel loopt uiteen van 2,5 tot 8 meter. De gletsjers zetten ook zij- en eindmorenen van gestuwde, verschubte, oudere sedimenten af: de stuwwallen. Zo is ook ten zuidwesten van het projectgebied een stuwwal gevormd, bestaande uit (van noord naar zuid) de Besthmenerberg, Archemerberg en Lemelerberg. De Besthmenerberg bereikt een hoogte van 32,7 m +NAP. Deze gestuwde afzettingen vallen echter buiten de dwarsprofielen van figuur 2.4.

Aan het einde van het Saaliën kwamen grote hoeveelheden smeltwater vrij. Door het smeltwater werd tussen het Drents Keileemplateau en de Overijsselse stuwwallen een omvangrijk erosiedal uitgesleten: het oerstroombdal van de Vecht. In dit dal is de keileem grotendeels verdwenen. Het diepe erosiedal is deels weer opgevuld met zandige fluvioglaciale afzettingen (Formatie van Drenthe, DRz) en zandige rivierafzettingen (Formatie van Kreftenheye). De rivierafzettingen betreffen overwegend matig fijn tot uiterst grof, kalkhoudend tot kalkloos, grindhoudend zand en grind (KRz). Er komen echter ook kleilagen en soms veenlagen voor. Zo is ter plaatse van het projectgebied een kleilaag van het Laagpakket van Zutphen (KRZuk1) aanwezig. Volgens de gegevens uit Regis II is de Zutphen-klei overal in het onderzoeksgebied aanwezig (zie figuur 2.5b) en loopt de dikte uiteen van 1,5 tot 3 meter. Ten westen en ten noordoosten van het projectgebied wordt de Zutphen-klei zeer dun.

In het Weichseliën is bovenop de rivierafzettingen door de wind een pakket dekzanden afgezet. Door het kappen van bossen op de zandgronden en vervolgens overexploitatie van heidevelden (plaggenlandbouw) vanaf de middeleeuwen ontstonden stuifzanden (Formatie van Boxtel, BXz).

In het Holoceen stroomde de Vecht tot en met 1907 als meanderende rivier door het dal en onder invloed hiervan kwamen in het Vechtdal kronkelwaarden tot stand (Holocene afzettingen, HLC). Deze vertonen in relatie tot hun afzettingwijze een bijzondere gelaagdheid. In de binnenbocht van een meander is de stroomsnelheid lager en kan sediment bezinken. Naarmate het water ondieper wordt en/of de stroomsnelheid afneemt, wordt fijner sediment afgezet. Dit kan zelfs kleilig materiaal zijn en veel organisch materiaal bevatten. Wanneer de meander zich naar buiten verlegt, wordt op de lage delen van de vroegere oever en bedding weer een nieuwe kronkelwaardrug gevormd met op de fijne

afzettingen weer grover materiaal. De grens tussen vroegere rivierbodem en daarop afgezette sedimenten van de verlegde meander wordt het laterale acretievlak genoemd. Dit grensvlak volgt de helling van de bodem van de vroegere binnenbocht (vlak voor de bochtverlegging). Ook vond in relatie tot het meanderingsproces op natuurlijke wijze afsnoering van meanders plaats. In deze afgesnoerde meanders en in de permanent natte delen van de kronkelwaardgeulen vond veenvorming plaats. Onder invloed van de periodieke overstroming met rivierwater vond hier ook afzetting van slib of klei plaats. Het veen is zodoende vaak kleilig ontwikkeld.

Aan de kronkelwaardvorming kwam een einde door de kanalisatie van de Vecht in 1908. Van een vrij stromende, meanderende rivier veranderde de Vecht in een gestuwde rivier die werd vastgelegd in een diep en breed gegraven zomerbed met verstevigde oevers en waarbij alle meanders zijn afgesneden. Wel heeft ook in deze kunstmatig afgesneden meanders veenvorming plaatsgevonden en vindt in relatie tot de periodieke overstroming met rivierwater nog altijd afzetting van sediment plaats, niet alleen in de afgesneden meanders, maar ook (bij hoge piekafvoeren en met uitzondering van de hoogst gelegen delen) in de kronkelwaard.

Diepe boorgegevens

Er zijn in DINO slechts op vier locaties boorgegevens beschikbaar van diepe boringen van het projectgebied / de directe omgeving hiervan. De locaties hiervan zijn aangegeven op de kaart van figuur 2.6 Het betreft hierbij drie boorbeschrijvingen van RGD-boringen tot een diepte van 11 à 12 m -mv in het oosten (B22C0029 in de uiterste oosthoek van het projectgebied en B220035 / B22C0036 in de Buntenvlakte) en één globale boorbeschrijving van een spoelboring tot op een diepte van 30 m -mv.

Uit de boorbeschrijvingen blijkt het volgende:

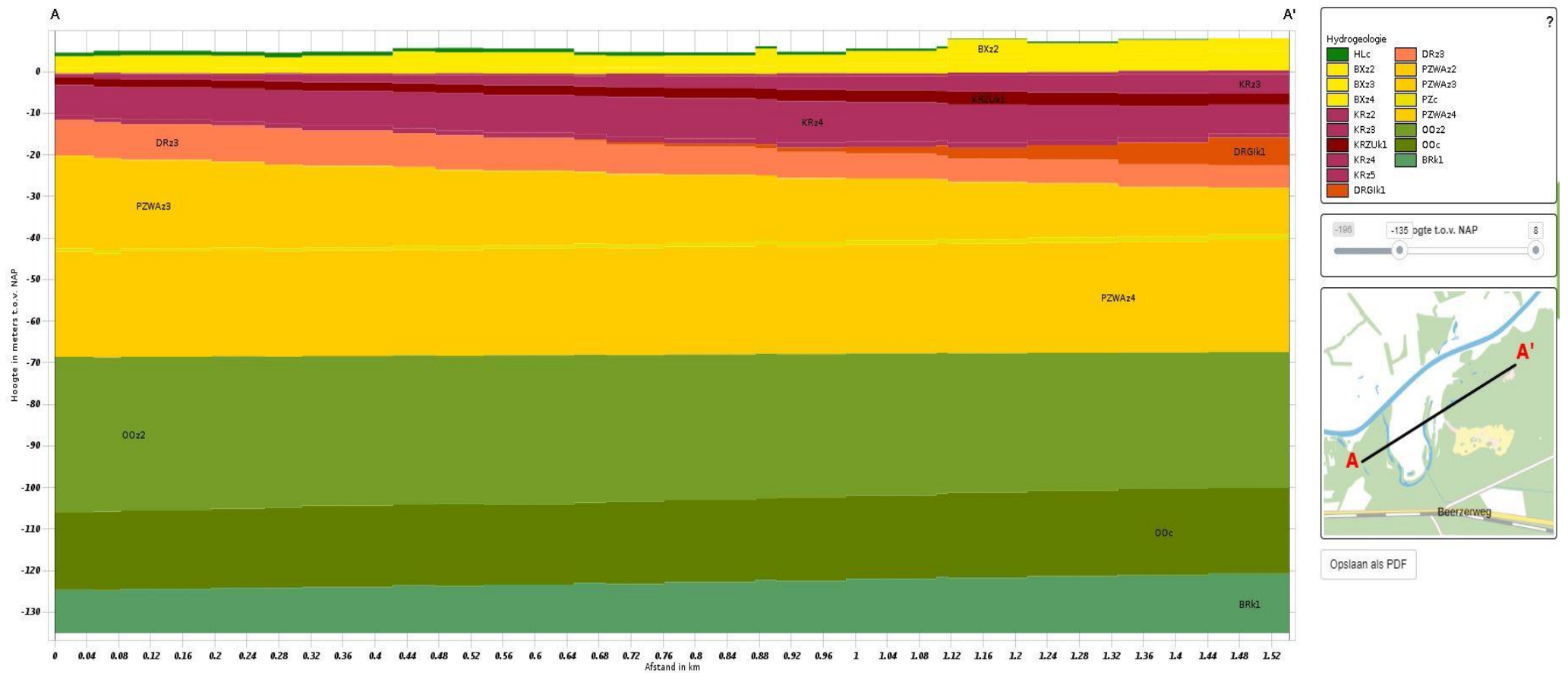
- Ter plaatse alle drie de RGD-boringen betreft de diepst aangeboorde laag (dus op een diepte van 11 à 12 m -mv) telkens klei of leem. Ten opzichte van NAP is de aangeboorde klei of leem vanaf een diepte van -4,5 à -5 mNAP aanwezig. Het betreft hierbij de Zutphen-klei. De dikte van de klei of leem is dus onbekend.
- Ter plaatse van de spoelboring (B22C0095) is volgens de schematische boorbeschrijving (met beschrijvingen per laag van 5 meter) tot op de einddiepte (op -25 mNAP) alleen zand aangetroffen, met daarbij een afwisseling van fijn zand, matig grof zand en grof zand. Er zijn dus geen dikke leem- of kleilagen aangetroffen. Wel bestaat de mogelijkheid dat er dunne klei- of leemlagen aanwezig zijn, die vanwege de toegepaste boormethode niet geïdentificeerd zijn.
- De locatie van de spoelboring bevindt zich in de zone waar volgens de Regis-gegevens Gieten-klei aanwezig zou moeten zijn. In dwarsprofiel 2.4a is te zien dat de Gieten-klei zich in dit gebied op een diepte van rond de -20 mNAP zou moeten bevinden. Dus het niet aantreffen van een dikke laag leem of klei ter plaatse van B22C0095 wijst erop dat er hier geen (dikke) laag Gieten-klei aanwezig is. Aangezien de boorlocatie zich slechts op enkele honderden meters van de geulen van deelgebied Boerenmars bevindt (zie figuur 2.6) is het goed mogelijk dat ook ter plaatse van de geulen van deelgebied Boerenmars de Gieten-klei dun of afwezig is.

Uit de boorschrijvingen van het hydrologisch meetnet dat enkele jaren geleden ten behoeve van de LESA is geplaatst volgt geen aanvullende informatie. Er zijn toen weliswaar ook diepe filters geplaatst (tot 7 à 8 m -mv) , maar deze bereiken een maximale diepte van -3 à -4 mNAP, terwijl de Zutphen-klei pas vanaf een diepte van -4,5 à -5 mNAP voorkomt.

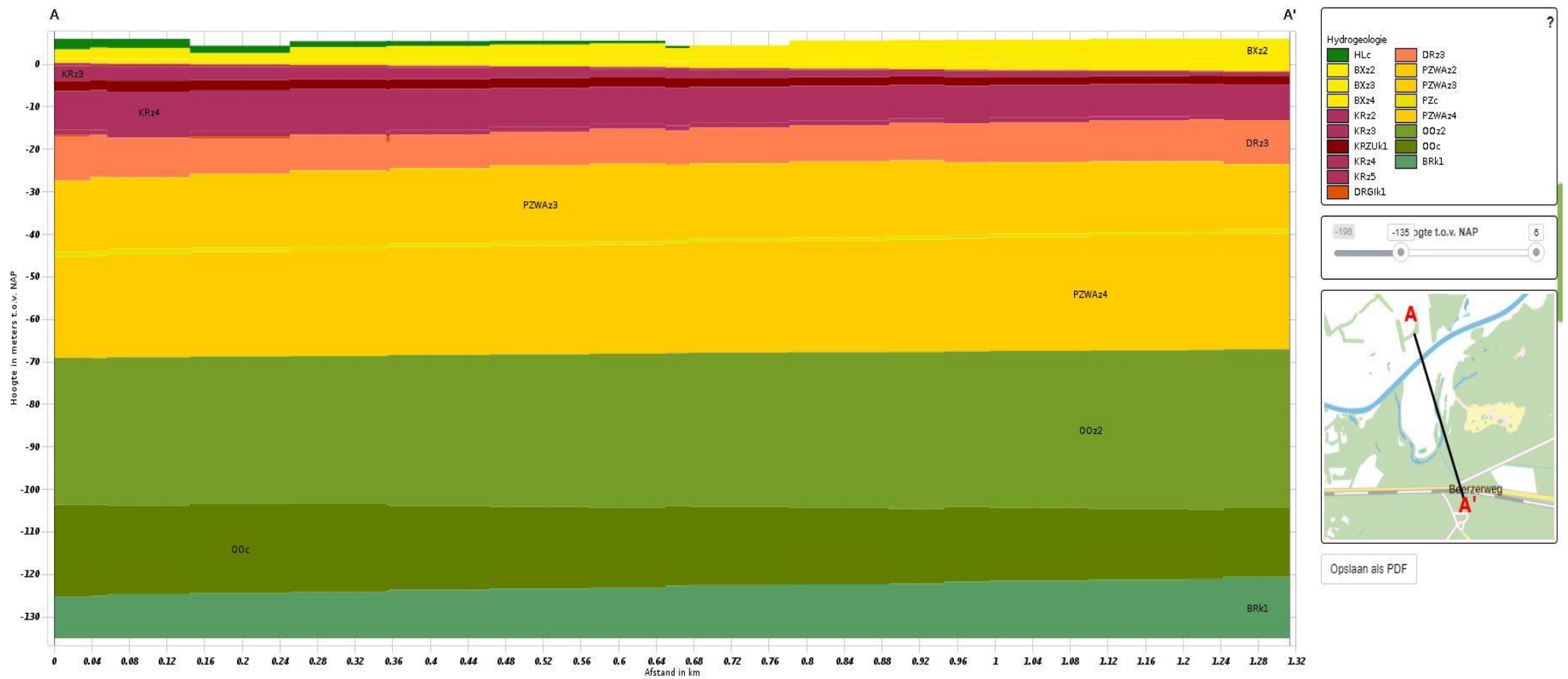
Totaalbeeld geohydrologische opbouw

- De praktisch ondoorlatende geohydrologische basis (klei van Formatie van Breda) bevindt zich op een diepte van -120 mNAP.
- Hierboven zijn tot aan de oppervlakte met name goed doorlatende, zandige afzettingen aanwezig, met hierin in principe twee weerstandsbiedende lagen: de Gieten-klei en de Zutphen-klei.
- De Gieten-klei is vaak dik (tot wel 10 meter) en heeft zodoende vaak dus ook een hoge weerstand (> 1.000 dagen / oplopend tot 10.000 dagen). De Zutphen-klei is dun en heeft zodoende lage weerstand (grootte-orde 100-500 dagen).
- De Gieten klei is volgens de REGISII-gegevens wel aanwezig in oostelijke deel van het projectgebied en niet in het westelijke deel. Het niet aantreffen van klei of leem ter plaatse van de diepe spoelboring B22C0095 in het oostelijke deel (voor boorlocatie: zie figuur 2.6) wijst erop dat de begrenzing van de Gieten-klei verder naar het oosten ligt of misschien zelfs in het gehele projectgebied geen rol van betekenis speelt.
- Volgens de REGIS II-gegevens is de Zutphen-klei overal in het projectgebied aanwezig. In het oostelijke deel wordt dit bevestigd door de boorgegevens van B22C0029, B22C0035 en B22C0036. In het westelijke deel zijn geen boorgegevens beschikbaar, maar is het wel aannemelijk dat de laag ook hier aanwezig is. Het betreft in zijn algemeenheid echter een dunne laag met een lage weerstand. Het is ook mogelijk dat er gaten zitten in de kleilaag en dat dus de weerstand in het westelijke deel nog lager is dan 100 dagen.
- De geohydrologische opbouw van het projectgebied kan dus grofweg worden geschematiseerd tot een dun freatische watervoerend pakket (van ruim 10 meter) en een dik diep watervoerend pakket (van ruim 100 meter), met hiertussen één scheidende laag met een beperkte weerstand.

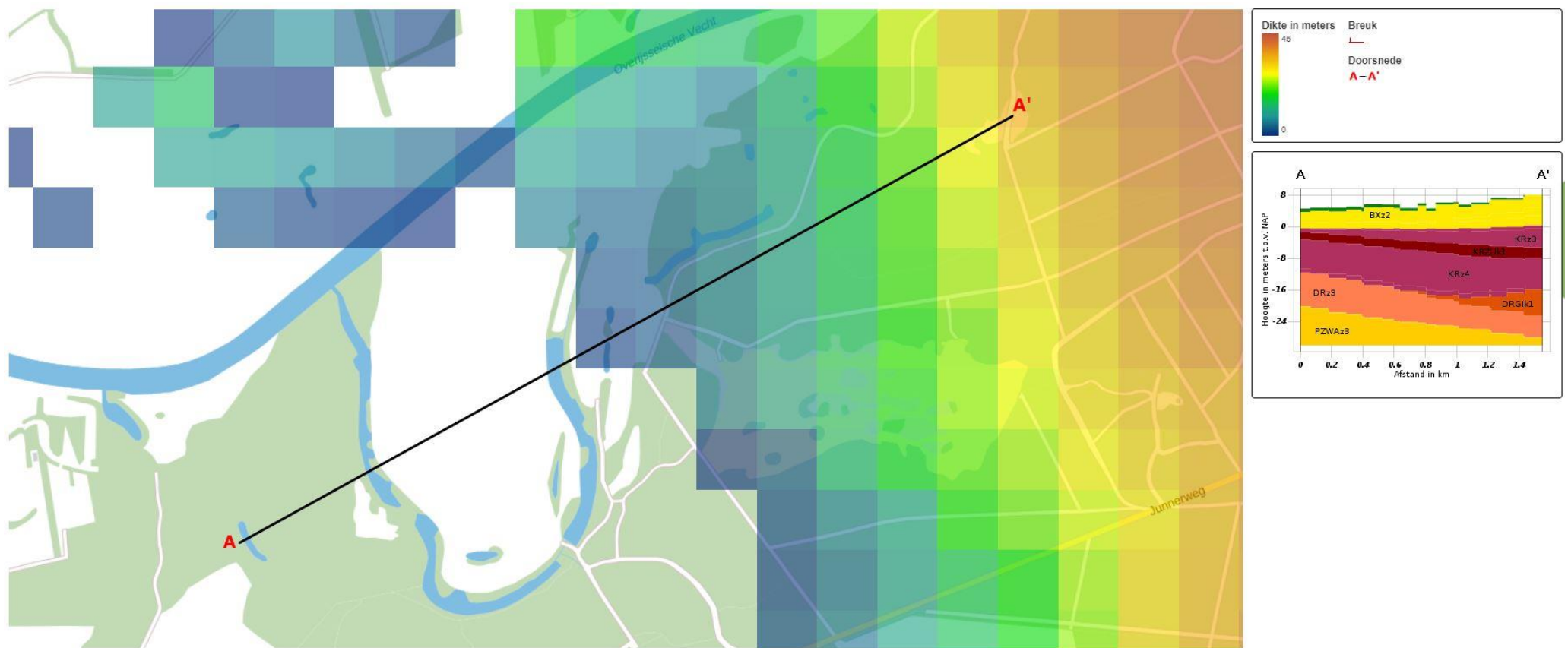
Het tot enkele meters dikke pakket van zandige Vecht-sedimenten kan in samenhang met de wijze van afzetting zowel lateraal als verticaal variatie vertonen, met fijnzandige tot lemige lagen ter plaatse van de scheefliggende accretievlakken en kleiïge tot venige opvullingen in geulen en afgesneden meanders. Uit de resultaten van het veldonderzoek zal blijken in hoeverre dit in het projectgebied het geval is en wat de invloed hiervan is op het ecohydrologisch functioneren van het gebied (zie hoofdstuk 4).



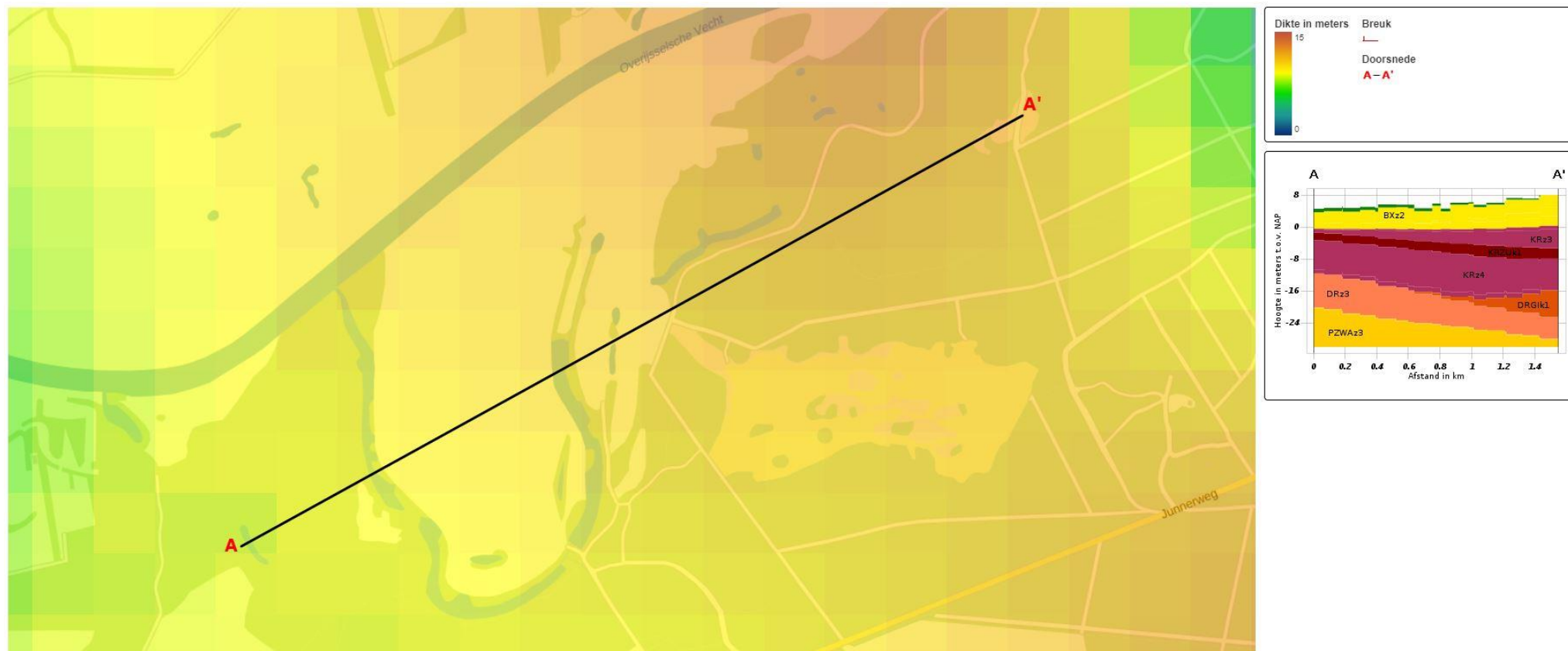
Figuur 2.4a Geologische dwarsprofiel van zuidwest naar noordoost (bron: Regis II, NITG-TNO)



Figuur 2.4b Geologisch dwarsprofiel van noord naar zuid (bron: Regis II, NITG-TNO)



Figuur 2.5a Verbreiding en dikte Laagpakket van Gieten (bron: Regis II, TITG-TNO).



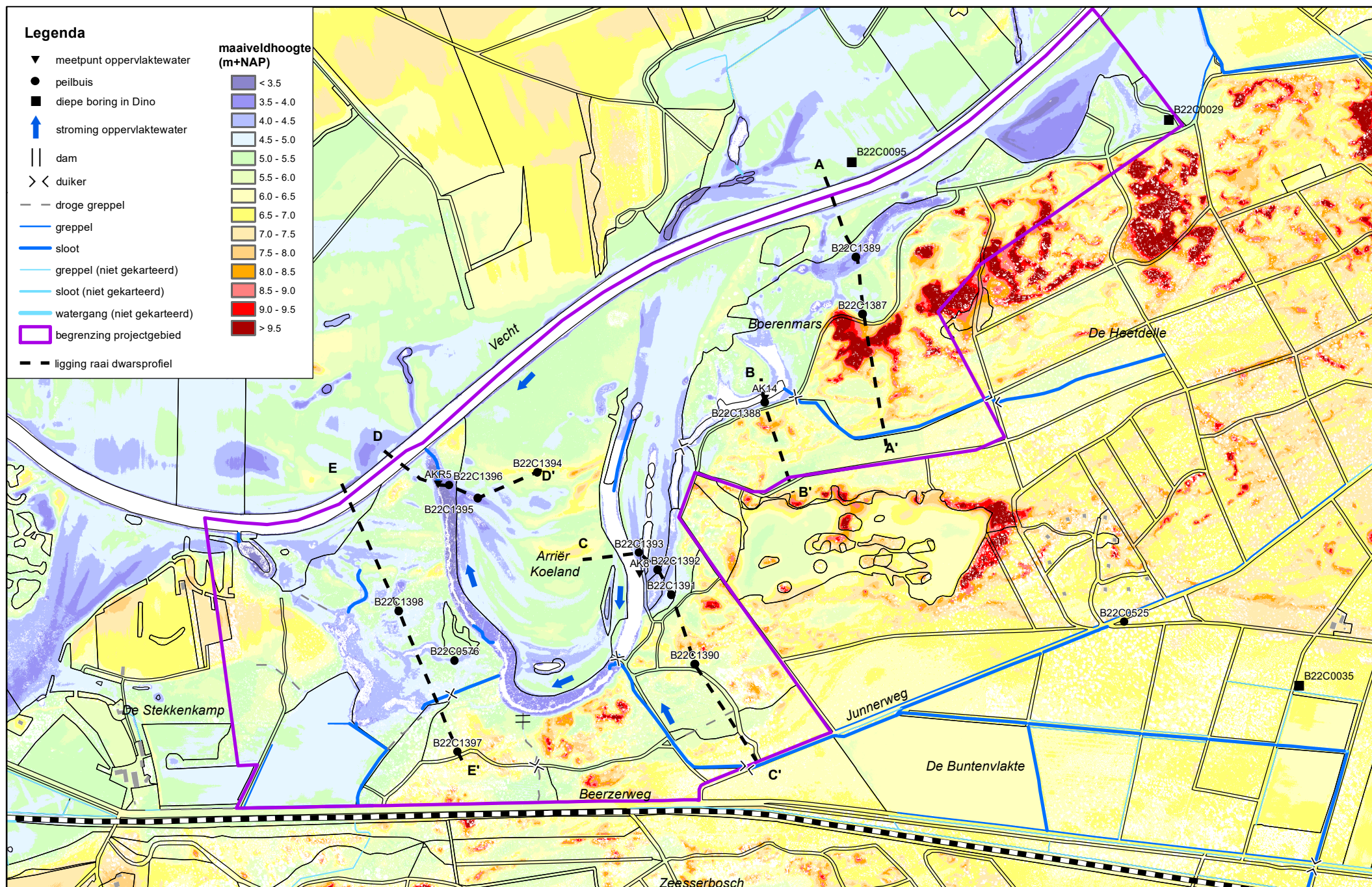
Figuur 2.5b Verbreiding en dikte Laagpakket van Zutphen (bron: Regis II, TITG-TNO).

2.4 Geomorfologie en hoogteligging

De geomorfologische gesteldheid wordt toegelicht aan de hand van de hoogtekaart (figuur 2.6). Onder invloed van de rivierprocessen zoals beschreven in paragraaf 2.3 zijn in het Vechtdal kronkelwaarden ontstaan. Deze zijn opgebouwd uit kronkelwaardruggen en kronkelwaardgeulen. In combinatie hiermee zijn ook enkele opgestoven rivierduinen aanwezig: dit zijn de hoogste ruggen binnen het Vechtdal. Bijzonder is dat dit natuurlijke patroon in het projectgebied grotendeels nog intact is. Alleen in een klein deel dat bij het landgoed Junne hoort (vlakke zone ten noorden van de oostelijke schraallanden) en ter plaatse van een perceel van Staatsbosbeheer in de zuidwesthoek van het projectgebied heeft egalisatie plaatsgevonden.

Ten zuiden van het Vechtdal ligt een omvangrijk stuifzand- en dekzandgebied. De stuifzandgebieden worden gekenmerkt door een fijnmazig en grillig patroon van opgestoven ruggen en uitgestoven laagten.

In de kronkelwaardgeulen ligt het maaiveld veelal tussen de 4 en 5 mNAP en ter plaatse van de kronkelwaardruggen loopt het maaiveld op naar 6 à 7 mNAP. Ter plaatse van de hoogste ruggen (de rivierduinen) loopt de maaiveldshoogte op tot ruim 8 mNAP. In het aangrenzende stuifzand- en dekzandgebied ligt het maaiveld veelal op een hoogte van 6 à 7 mNAP, dus niet heel veel hoger dan in het Vechtdal. In de diepst uitgestoven laagten ligt het maaiveld op 5 tot 6 NAP en ter plaatse van stuifduinen kan de hoogte oplopen tot circa 10 mNAP.

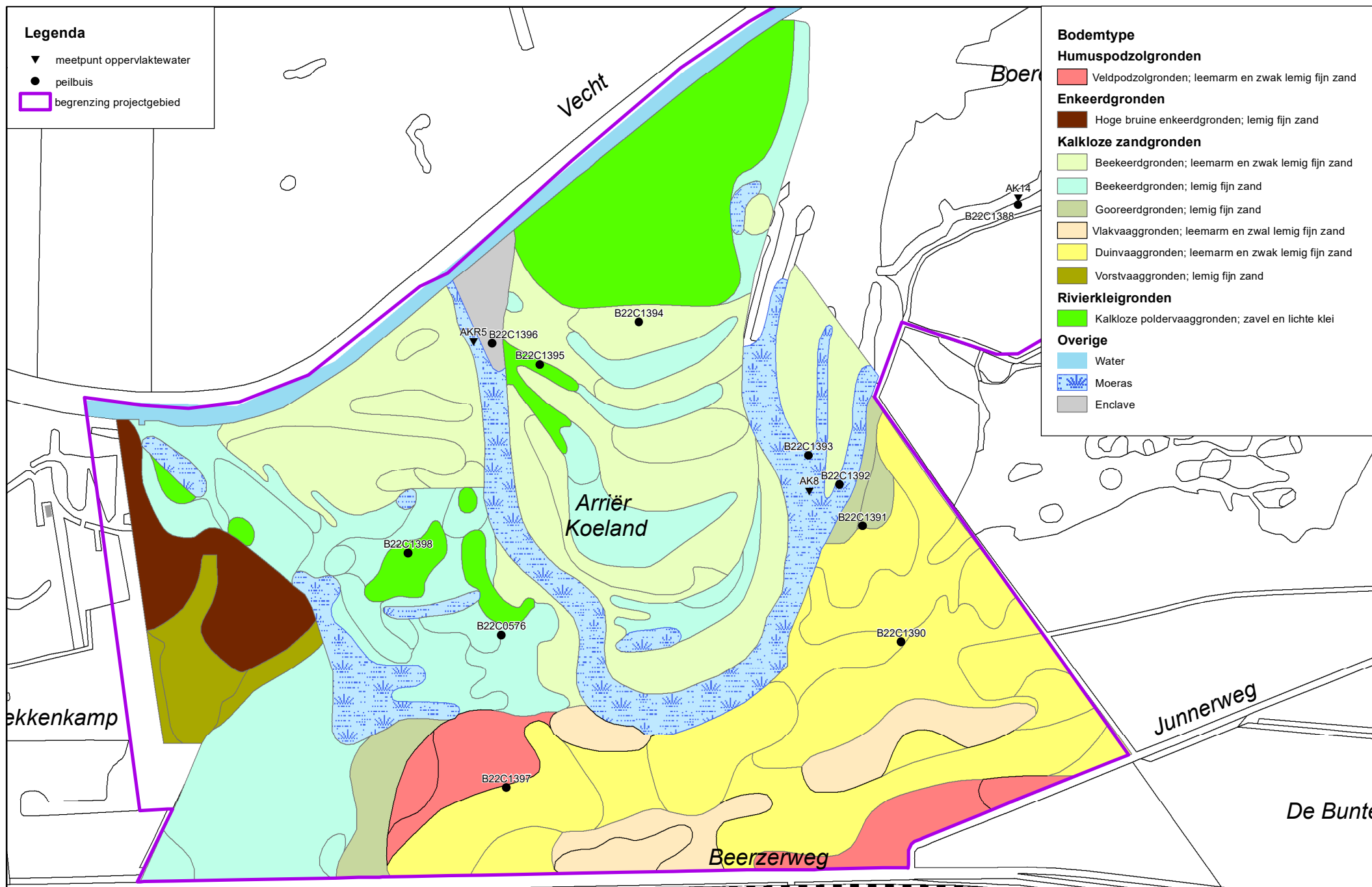


2.5 Bodem

Voor de beschrijving van de bodemtypen is gebruik gemaakt van de detailbodemkaart van het Vechtdal (zie figuur 2.7; bron: waterschap Vechtstromen, 2017). Van het projectgebied is in deze kaart alleen het westelijke gedeelte (ofwel het eigendom van Staatsbosbeheer) opgenomen. Het oostelijke deel (ofwel het deel dat eigendom is van landgoed Junne) ontbreekt, maar aangenomen mag worden dat de ruimtelijke verdeling van de bodemtypen hier min of meer analoog is aan het westelijke deel.

In het Vechtdal zijn hoofdzakelijk beekeerdgronden aanwezig, die in de kronkelwaardgeulen vooral uit lemig fijn zand bestaan en ter plaatse van de ruggen voornamelijk uit leemarm en zwak lemig fijn zand. De beekeerdgrond in de oostelijke schraallanden heeft een kleidek. Ter plaatse van het meest zuidoostelijk gelegen schraalland (met peilbuis B22C1391) is een gooreerdgrond aanwezig, bestaande uit lemig, fijn zand. In het noordelijke deel van het Arriër Koeland, in de vertakte geul in het noordwesten van het Arriër Koeland en in kleine delen van de kronkelwaard ten westen van het Arriër Koeland is een poldervaaggrond aanwezig, bestaande uit zavel en lichte klei.

In het aangrenzende gebied van de hoger gelegen zandgronden zijn voornamelijk duinvaag- en vlakvaaggronden en soms veldpodzolgronden aanwezig. In het hoog gelegen gebied aan de westzijde ligt een hoge bruine enkeerdgrond (bestaande uit lemig fijn zand) en een vorstvaaggrond (bestaande uit lemig, fijn zand).



2.6 Hoofd-oppervlaktewatersysteem

De Vecht

De beschrijving van het functioneren van de Vecht is grotendeels gebaseerd op informatie uit het achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht (waterschap Vechtstromen, 2017).

De oorsprong van de Vecht ligt in Münsterland, dus in Duitsland. De rivier mondt bij Zwolle uit in het Zwarte Water. De Vecht is rond 1908 gekanaliseerd. Daarbij zijn de meanders afgesneden en vervangen voor een diepe gegraven en gestroomlijnde loop. In 1955 is het zomerbed bovendien verbreed. De Vecht wordt ook gestuwd. Vooral de waterstanden in de zomer worden sterk bepaald door deze stuwen. Voor het projectgebied is stuw Vilsteren van belang. Het streefpeil van deze stuw bedraagt in de winter 2,35 mNAP en in de zomer 2,60 mNAP.

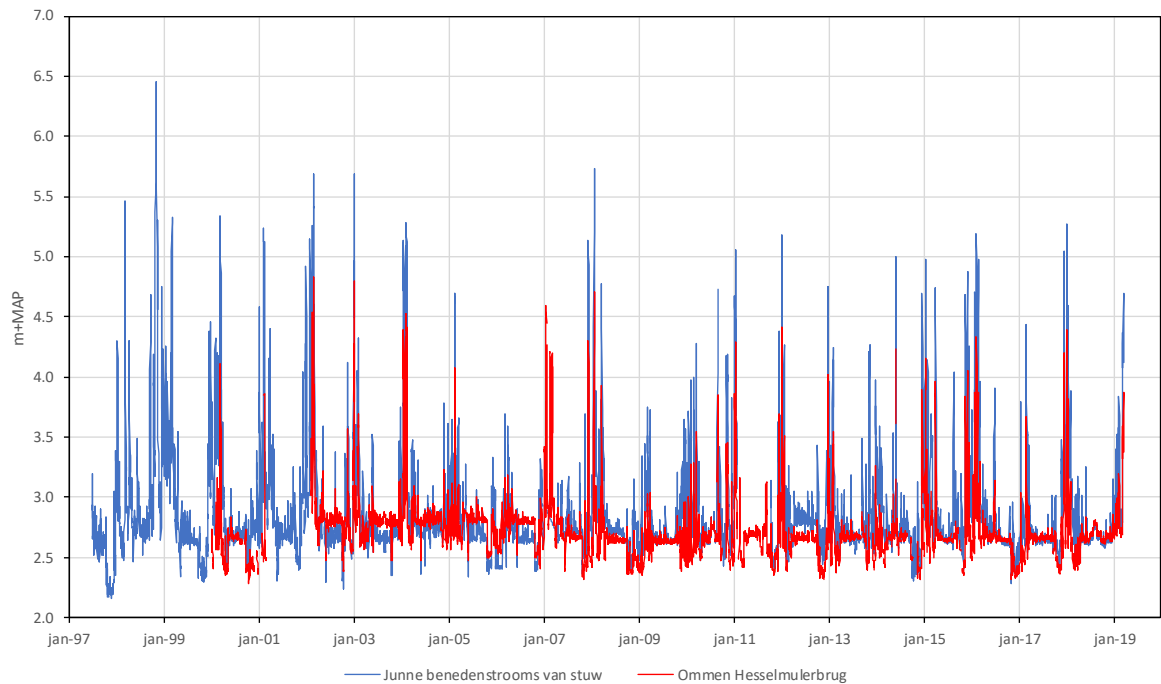
Uit de website 'topotijdreis' volgt dat stuw Vilsteren omstreeks 1927 is geplaatst en stuw Junne omstreeks 1931. Dit betekent dat er een periode van enkele decennia is geweest dat (onder invloed van de sterke inkorting van de loop bij de kanalisatie en de hiermee gepaard gaande verhoging van het verhang en dus toename van de stroomsnelheid van het rivierwater) de Vecht zich dieper heeft kunnen insnijden.

De Vecht is een regenwaterrivier, met hoge afvoeren / waterstanden in de winter, en lage afvoeren / waterstanden in de zomer. Als gevolg van ingrepen in het afvoergebied (afgraven veen, kanalisatie van de Vecht, aanpassingen detailontwatering, en verstedelijking) zijn enerzijds de afvoerpieken toegenomen en zijn anderzijds de afvoeren in droge (zomer)perioden afgenomen. Er is dus sprake van sterk wisselende afvoeren, met ter hoogte van Ommen een afvoer van slechts 0,7 l/s bij 1/100Q en een afvoer van 169 l/s bij T=1 (waterschap Vechtstromen, 2017).

In de grafiek van figuur 2.8 wordt het verloop van de oppervlaktewaterstand van de Vecht ter plaatse van de meetpunten Junne (benedenstrooms van de stuw) en Ommen weergegeven. Het betreft hierbij de meetpunten aan weerszijden van het onderzoeksgebied. Vanwege de stuwing is bij normale tot lage afvoeren de waterstandsdynamiek beperkt en alleen bij afvoerpieken loopt de waterstand kortstondig relatief hoog op. Sinds automatisering van de stuwen in de jaren tachtig is de waterstandsdynamiek afgenomen.

Het winterbed wordt ter hoogte van het projectgebied begrensd door natuurlijke hoogten. Alleen bij hoge piekafvoeren overstroomt het winterbed. Vanwege de diepere ligging van de rivierloop komt inundatie van de hoger gelegen delen in het winterbed nu veel minder voor dan in het verleden. In paragraaf 2.8 wordt dieper ingegaan op de overstromingsinvloed.

Er wordt momenteel en in de komende decennia in het kader van de uitwerking van de Vechtvisie gewerkt aan een herinrichting van de Vecht tot half natuurlijke rivier. In het kader hiervan is de bestening van de oevers langs een groot deel van het zomerbed al weggehaald, zo ook ter plaatse van het projectgebied. Het is de verwachting dat door de ontstening de morfologische activiteit zal toenemen, wat kan bijdragen aan de instandhouding en uitbreiding van stroomdalgraslanden. Verder is het de bedoeling het profiel van de Vecht wat te verbreden en lokaal iets te verondiepen, waarbij netto een wat groter profiel moet ontstaan. De aldus gecreëerde ruimte wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In sommige verder bovenstrooms gelegen trajecten worden projecten uitgevoerd voor herstel / ontwikkeling van meandering.



Figuur 2.8 Oppervlaktewaterstandsverloop van de Vecht ter plaatse van de meetpunten Junne en Ommen

Hoofdlopen van het lokale stelsel

De hoofdlopen van het lokale stelsel worden gevormd door de afvoersloot van de Buntenvlakte en de afgesneden meander: deze meander is dus geïntegreerd in het oppervlaktewatersysteem. Ook enkele andere geulen maken hiervan deel uit en vanaf de hogere zandgronden aan de zuidzijde wateren ook elders enkele sloten af op het geulenstelsel. In het kader van het veldonderzoek is het functioneren van het lokale systeem op gedetailleerde wijze inzichtelijk gemaakt (voor resultaten: zie paragraaf 4.2).

2.7 Functioneren van het grondwatersysteem op hoofdlijnen

Inleiding

In deze paragraaf wordt op basis van de grondwatermodelberekeningen die zijn uitgevoerd door waterschap Vechtstromen het functioneren van het grondwatersysteem in hoofdlijnen beschreven. Dit wordt gedaan aan de hand van kaarten van de doorrekening van de huidige situatie: isohypsenkaarten en kwelkaarten.

In de loop van het onderzoeksproces heeft verfijning van het model plaatsgevonden op basis van de kartering en inmeting van het lokale oppervlaktewatersysteem die in het kader van de LESA is uitgevoerd (zie figuur 4.1 en paragraaf 4.2 voor de resultaten hiervan). Zodoende konden met name de afgesneden meander en de hierop aansluitende geulen veel beter in het model worden ingebouwd, met als resultaat een veel betere kallibratie van het model op de gemeten grondwaterstanden.

De isohypsenkaarten hebben betrekking op:

- Het diepe watervoerende pakket onder de Zutphen-klei in de GHG-situatie (figuur 2.9a) en in de GLG-situatie (figuur 2.9b). Het betreft hierbij laag 3 uit het grondwatermodel.
- Het ondiepe watervoerende pakket boven de Zutphen-klei in de GHG-situatie (figuur 2.9c) en in de GLG-situatie (figuur 2.9d).

De kwelkaarten hebben betrekking op:

- De kwelflux van modellaag 3 naar modellaag 2, voor de gemiddelde situatie in januari (figuur 2.10a) en de gemiddelde situatie in april (figuur 2.10b).
- De kwelflux naar modellaag 2 naar modellaag1, ofwel de kwel op een diepte van circa 1 meter beneden maaiveld (mondelinge mededeling R. Broekhuis).

Beschrijving van het grondwatersysteem

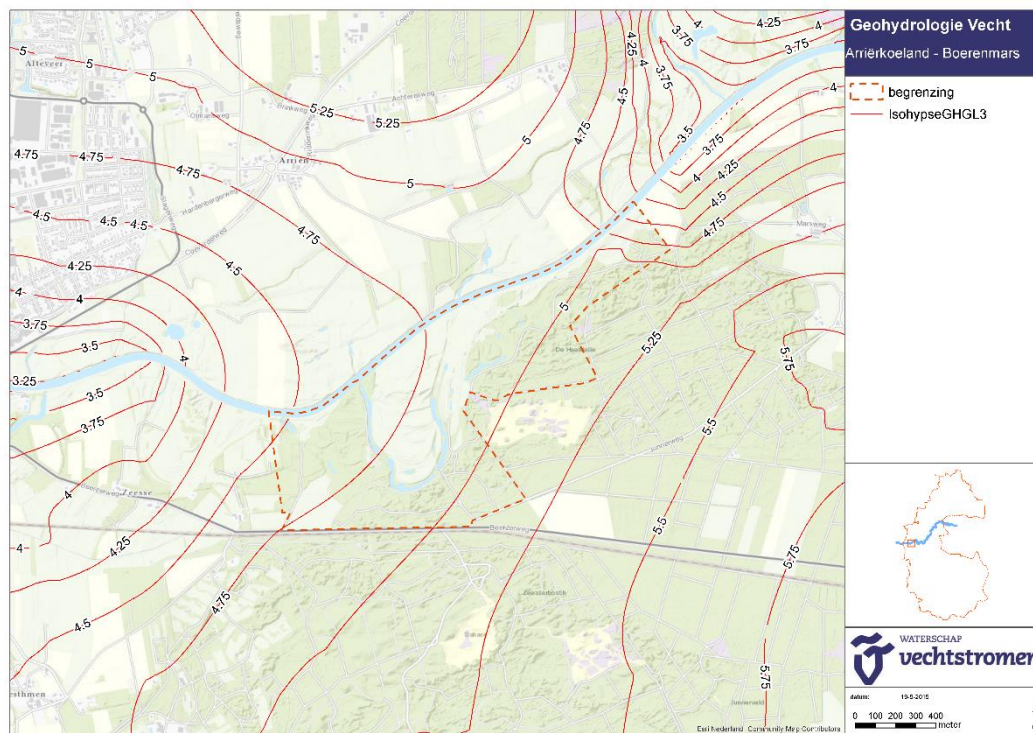
De hoog gelegen zandgronden van boswachterij Ommen ten zuiden van het projectgebied vormen een omvangrijk infiltratiegebied. Hiervandaan stroomt het grondwater in noordwestelijke richting af naar het Vechtdal. Ook vanaf de hoog gelegen zandgronden ten noorden van de Vecht wordt het Vechtdal gevoed met grondwater. Uit de korte onderlinge afstand tussen de isohypsen (van met name het ondiepe watervoerende pakket) en de kwelkaarten volgt dat de Vecht een sterk drainerende werking op het grondwater heeft. Zelfs in de GLG-situatie heeft de Vecht nog een sterk drainerende werking. De Vecht heeft dus een zeer sterke invloed op het functioneren van het grondwatersysteem.

Dit beeld wordt bevestigd door zowel een tijdreeksanalyse (Arcadis, 2015) als een berekening die met het grondwatermodel is uitgevoerd, waarbij in beide gevallen is uitgegaan van een fictief waterpeil in de Vecht dat één meter hoger is dan in de huidige situatie. Uit de modelberekening volgt dat de zone waar grondwaterstandsverhogingen optreden enorm groot is: op een afstand van maar liefst 2,5 km vanaf de Vecht wordt nog altijd een grondwaterstandsverhoging van 10 cm berekend. In het projectgebied zelf lopen de berekende verhogingen uiteen van circa 75 cm voor de (delen van de) geulen met alluviale bossen die het dichtst nabij de Vecht liggen (op een afstand van zo'n 100 meter) tot circa 25 cm voor de grondwaterafhankelijke vegetaties die nabij de rand van het Vechtdal liggen, op zo'n 500 meter van de Vecht. Uit de tijdreeksanalyse volgt een grondwaterstandsverhoging van tussen de 50 en 75 cm ter plaatse van de drie onderzochte peilbuislocaties die het projectgebied omringen, waaronder peilbuis B22C0525 langs de Junnerweg (voor locatie: zie figuur 2.1). Aangezien deze peilbuis op 1 km van de Vecht staat, lijkt een dergelijke verhoging op deze plek aan de hoge kant. Wel bevestigt het de zeer sterke invloed van de Vecht op het grondwatersysteem.

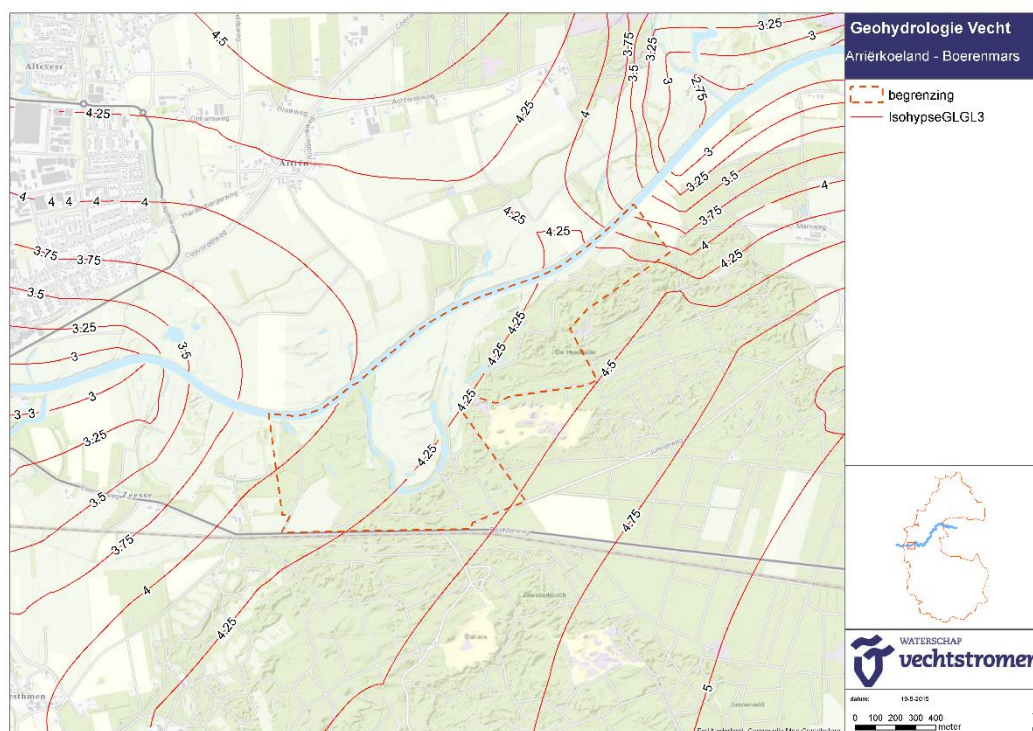
Op de isohypsenkaarten van het diepe grondwater is ook te zien dat er ten noordoosten en ten westen van het projectgebied ter plaatse van de Vecht zones aanwezig zijn met zeer lage stijghoogten. Dit is het gevolg van het hier ontbreken van het de Zutphen-klei, waardoor de sterk drainerende werking van de Vecht hier rechtstreeks doorwerkt in het diepe watervoerende pakket.

Verder volgt uit de isohypsenkaart van het ondiepe watervoerende pakket in de GHG-situatie en de kaart van de kwelsterkte in januari dat ook de afvoersloot van de Buntenvlakte in de winter een drainerende werking heeft. Uit de kaart van de kwelsterkte volgt dat dit ook geldt voor enkele andere afvoerslootjes die in de hoge zandgronden aanwezig zijn. De drainerende werking van deze sloten gaat ten koste van de opbolling van de grondwaterstand in het infiltratiegebied en dus van de functie van dit gebied als voedingsgebied voor het Vechtdal.

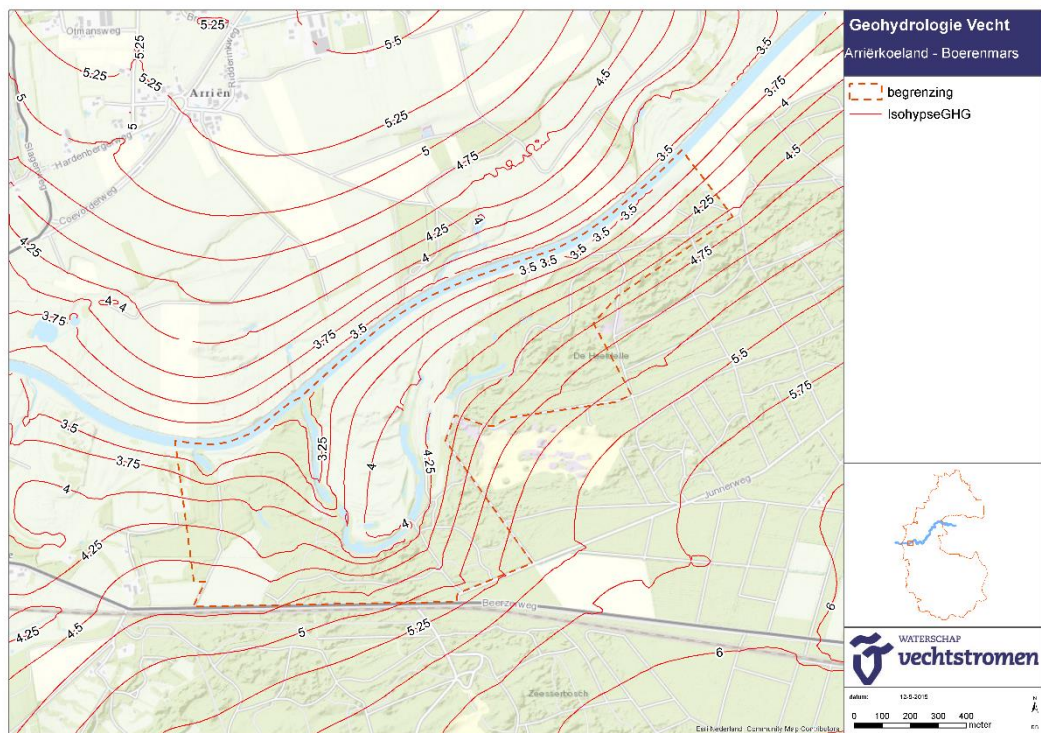
In het Vechtdal treedt ondanks de sterk drainerende werking van de Vecht en de verminderde grondwateraanvulling in het voedingsgebied nog wel kwel op. De sterkste kwel treedt op naar het gedeelte van de afgesneden meander dat de hoge zandgronden aansnijdt en dus ook het verst buiten het bereik van de diepe, sterk drainerende Vecht ligt. Ook de berekende kwel in het geulenstelsel van de oostelijke schraallanden is aanzienlijk. Ook in de verder noordoostelijk gelegen geulen van de Boerenmars wordt kwel berekend en dit geldt ook voor het laag gelegen grasland in de zuidwesthoek van het projectgebied. De kwel wordt hier echter afgevangen door de sloot die op de zuid- en zuidoostgrens van het perceel aanwezig is.



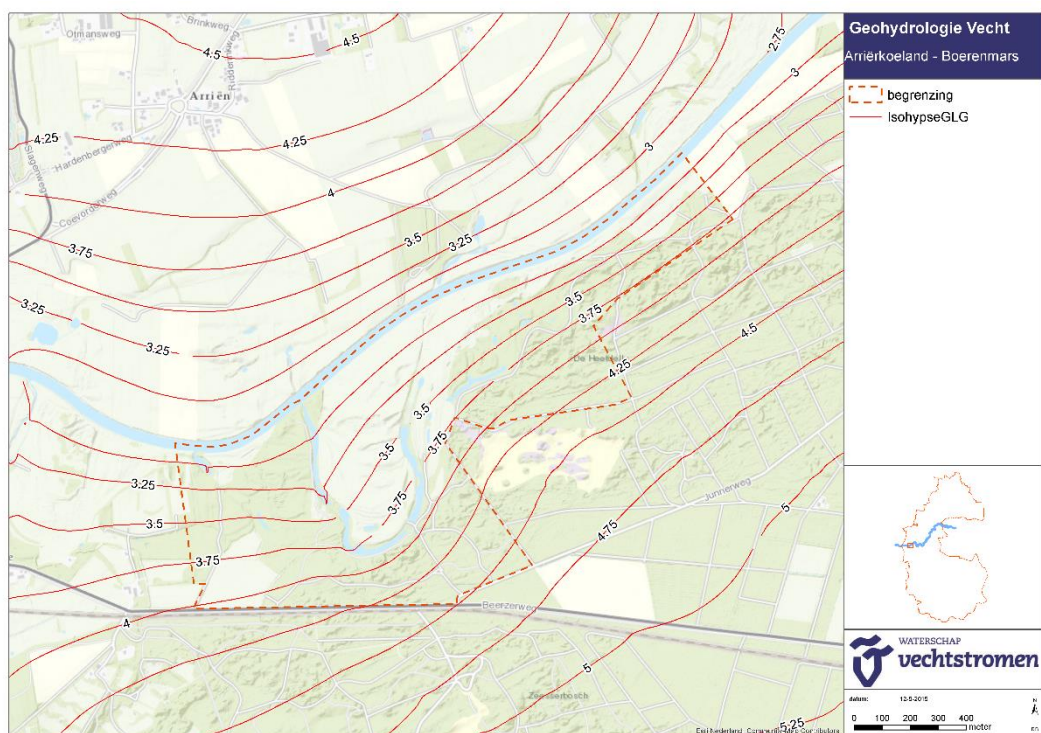
Figuur 2.9a Berekende GHG-isohypsenkaart diepe watervoerende pakket



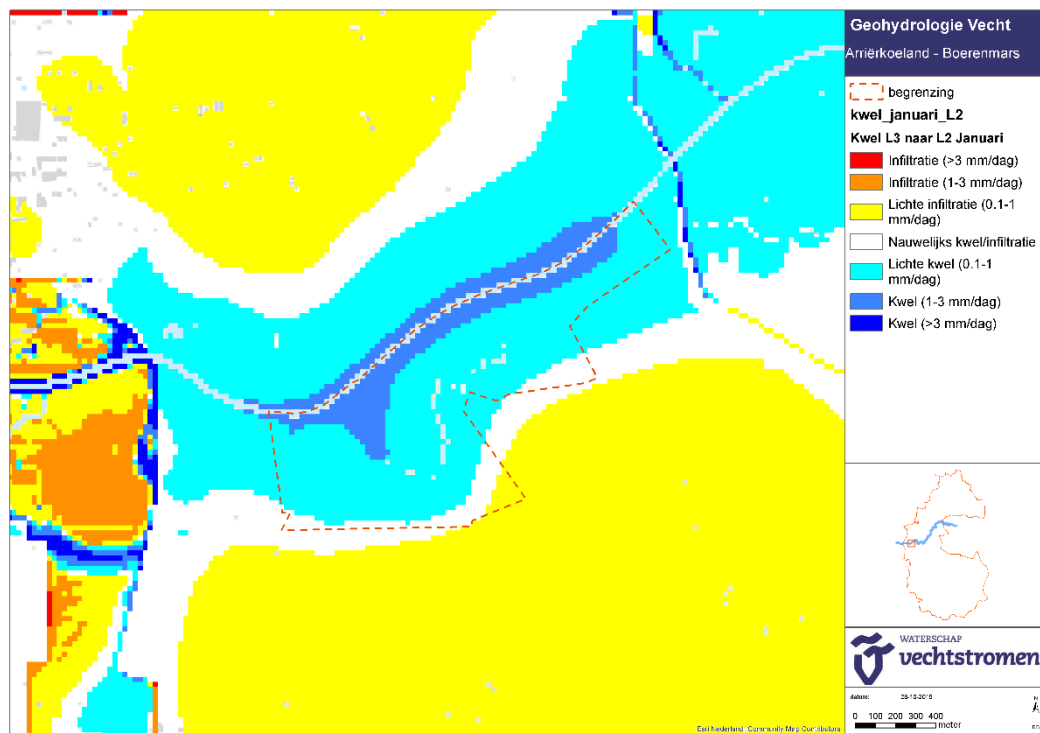
Figuur 2.9b Berekende GLG-isohypsenkaart diepe watervoerende pakket



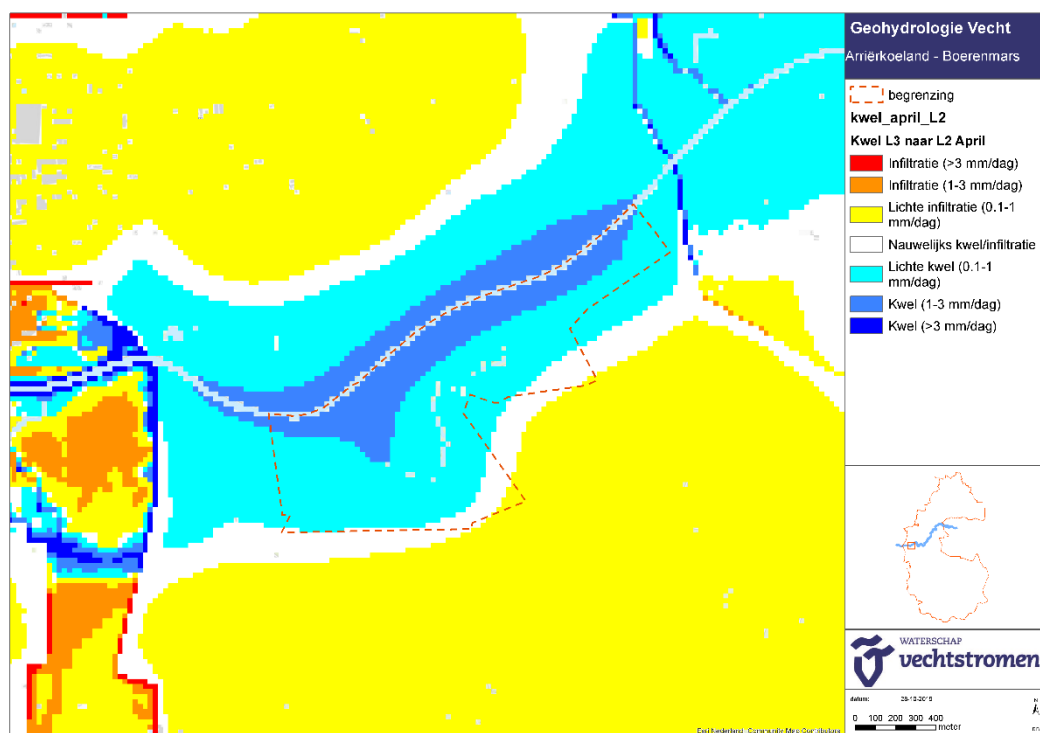
Figuur 2.9c *Berekende GHG-isohypsenkaart ondiepe watervoerende pakket*



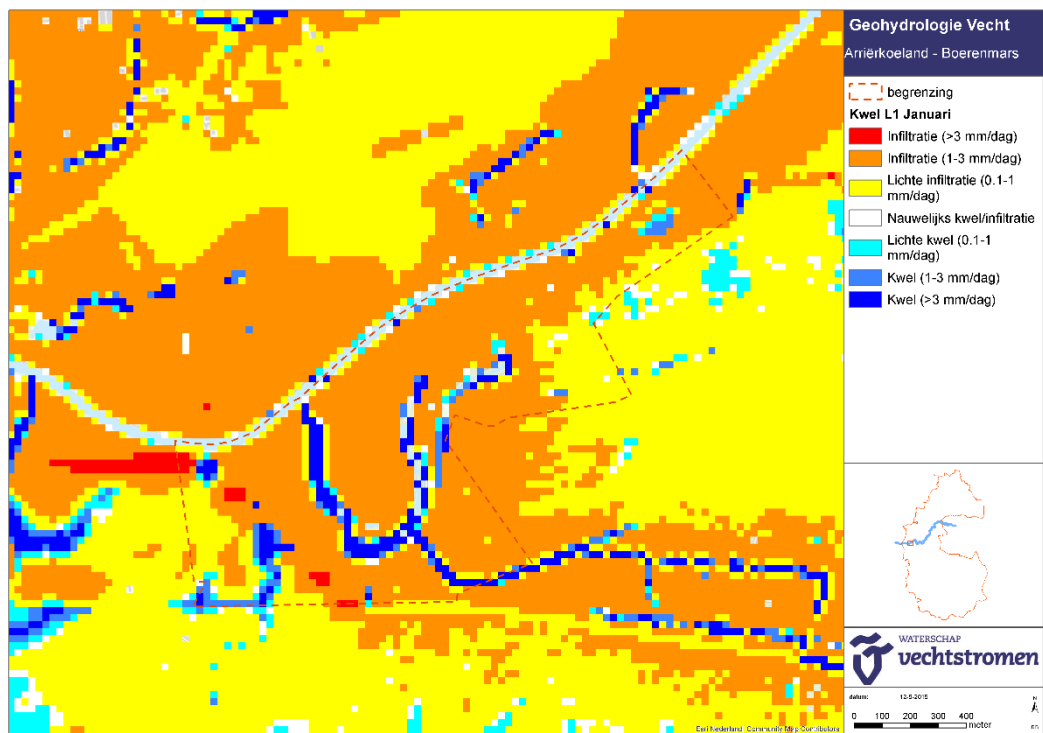
Figuur 2.9d Berekende GLG-isohypsenkaart ondiepe watervoerende pakket



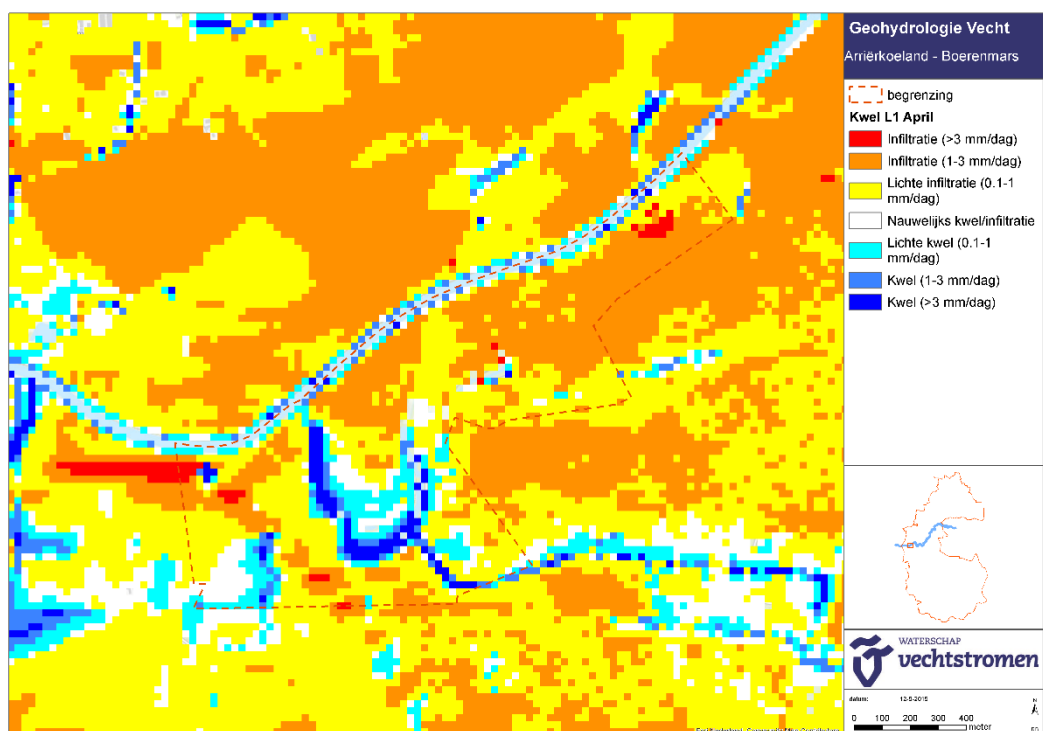
Figuur 2.10a Berekende kwel- en infiltratie in januari van modellaag 3 naar modellaag 2



Figuur 2.10b Berekende kwel- en infiltratie in april van modellaag 2 naar modellaag 1



Figuur 2.10c Berekende kwel- en infiltratie in januari van modellaag 2 naar modellaag 1



Figuur 2.10d Berekende kwel- en infiltratie in april van modellaag 2 naar modellaag 1

2.8 Overstromingsinvloed van de Vecht

Voor de vegetatieontwikkeling is in dit gebied ook de overstromingsinvloed van de Vecht van groot belang. In de eerste plaats levert overstroming extra waterstandsdynamiek. In de tweede plaats zorgt de overstroming voor de aanvoer van zowel basen als nutriënten. Deze aanvoer vindt plaats via in het water opgeloste stoffen en door afzetting van slib. De aanvoer van basen is positief aangezien hiermee zuurbuffering plaatsvindt. De aanvoer van nutriënten veroorzaakt eutrofiëring.

Voor het projectgebied zijn op verzoek van waterschap Vechtstromen al vooruitlopend op deze LESA door Arcadis / Unie van Bosgroepen kaartjes vervaardigd van de gemiddelde jaarlijkse inundatieduur en de bijbehorende inundatiedieptes in de huidige situatie (zie figuren 2.11a t/m e). De inundatieduur is berekend op basis van duurlijnen van het Vechtheil en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2). Het Vechtheil is gemeten ter plaatse van de stuwen Ommen en Junne en vervolgens is voor het projectgebied een interpolatie uitgevoerd op basis van de metingen ter plaatse van de stuwen.

Uit onderlinge vergelijking van de kaartjes ontstaat een globale indruk van de mate van overstroming en de onderlinge verschillen hierin binnen het projectgebied. Het hoeft hierbij echter niet uitsluitend te gaan om overstroming met rivierwater. Aangezien de afgesneden meander de hoofdafvoer vormt van het lokale systeem, kan het namelijk ook gebiedseigen water betreffen, dat wordt opgestuwd onder invloed van een hoge waterstand in de Vecht (zie resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem, paragraaf 4.2). Verder is in het middendeel en het benedenstroomse deel van de afgesneden meander vanwege drijfijlvorming vaak een fluctuerend maaiveld aanwezig, waardoor daadwerkelijke overstroming dus veel minder optreedt dan volgt uit deze kaartjes. Maar voor een globale indruk zijn de kaartjes wel bruikbaar.

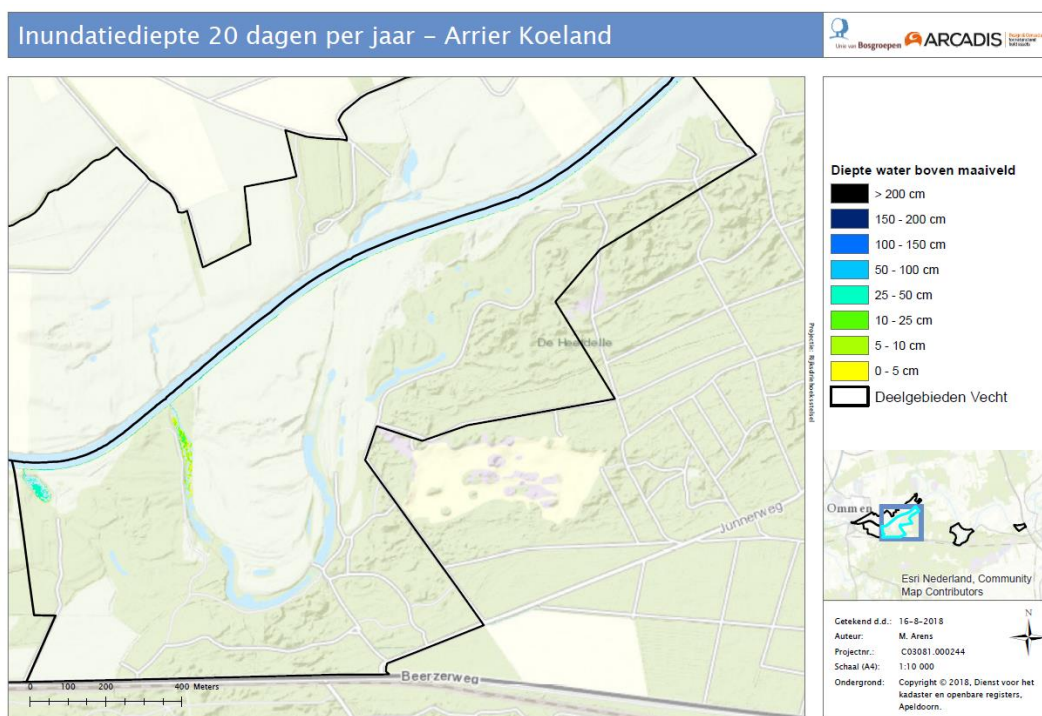
Uit figuur 2.11a volgt dat het laagst gelegen benedenstroomse deel van de afgesneden meander het vaakst 'overstroomt' (of beter gezegd: een hoog heil heeft onder invloed van een hoog Vechtheil), namelijk > 20 dagen / jaar. Het middendeel van de afgesneden meander heeft nog altijd een gemiddelde inundatieduur van 10 tot 20 dagen / jaar (zie figuur 2.11b). Voor het bovenstroomse deel van de afgesneden meander en een groot deel van de rest van het geulensysteem is een gemiddelde inundatieduur van 2 tot 10 dagen / jaar afgeleid (zie figuur 2.11c). Bij nog hogere Vecht-waterstanden gaan ook de laagste delen van de gronden die aan de geulen grenzen overstromen, maar ook dan blijven grote delen van het Vechtdal nog buiten het bereik van het overstromingswater (zie figuur 2.11d). Slechts incidenteel treedt wel over grote oppervlakte overstroming van het Vechtdal op, maar ook dan blijven de hoogste ruggen (ofwel de rivierduinen) buiten het bereik van het overstromingswater (zie figuur 2.11e).

Ook volgt uit de kaartjes dat in relatie tot de overstroming met Vechtwater vier afzonderlijke deelsystemen onderscheiden kunnen worden, met elk één plek (aan de benedenstroomse zijde van het betreffende deelsysteem) waar de instroming plaatsvindt. Het betreft de volgende deelsystemen:

- Het geulensysteem ten westen van het Arriër Koeland.
- De afgesneden meander rond het Arriër Koeland en het geulensysteem dat hierop aansluit. Het betreft hierbij niet alleen het geulensysteem van de oostelijke schraallanden maar ook de geul in het westelijke deel van deelgebied Boerenmars.
- De geul in het middendeel van deelgebied Boerenmars.
- De geul in het noordoostelijke deel van deelgebied Boerenmars.

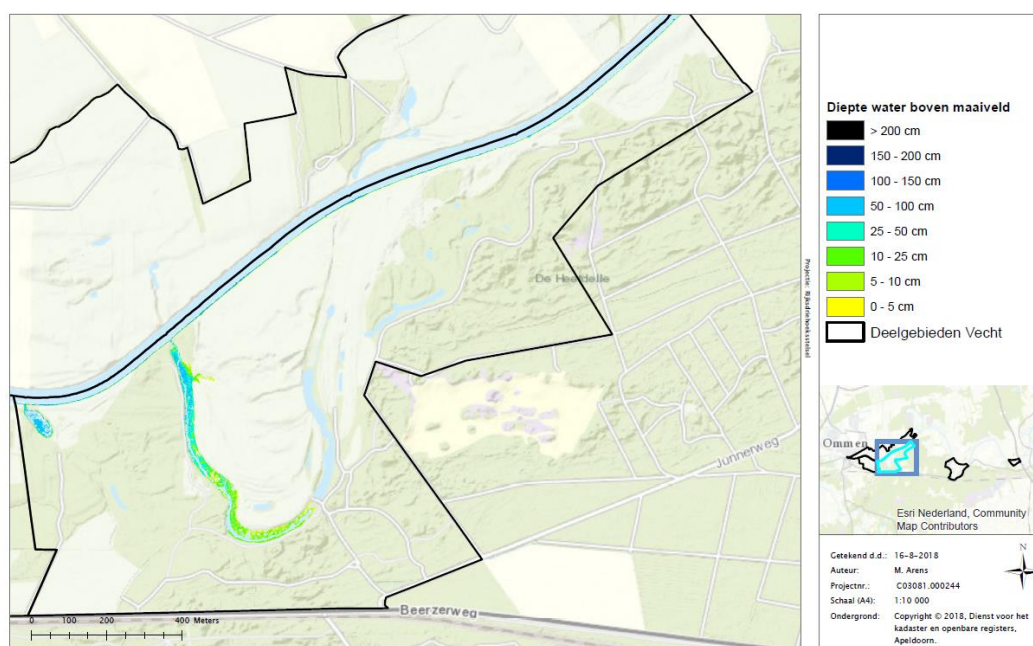
Dus ook het omvangrijke deelsysteem van de afgesneden meander en het hierop aansluitende geulenstelsel overstroomt doorgaans alleen maar vanaf de benedenstroomse zijde. Vanwege de aanwezigheid van een rug (nieuwe oeverwal) direct langs de Vecht Alleen kan alleen incidenteel via het bovenstroomse zijde Vechtwater het deelsysteem instromen. Dit is dus gunstig in relatie tot de eutrofiërende werking van het overstromingswater. In het kader van het veldonderzoek is als onderdeel van het hydrochemisch onderzoek de waterkwaliteitssituatie van de afgesneden meander nader inzichtelijk gemaakt (zie rapport B-WARE).

De eutrofiërende werking van het overstromingswater is het grootst op de plekken waar bij overstroming voedselrijk slib wordt afgezet. De sterkste afzet van slib vindt plaats op de plekken waar het overstromingswater de vier verschillende deelsystemen binnenstroomt, in relatie tot de sterke afname van de stroomsnelheid op deze plekken. Zo fungeren in de deelsystemen met voldoende grote omvang de benedenstroomse delen als slibafvang voor de overige delen. Dit is van toepassing op het geulenstelsel ten westen van het Arriër Koeland en de afgesneden meander met het hierop aansluitende geulenstelsel van de schraallanden en het westelijke deel van de Boerenmars. De geulenstelsels in het middendeel en het noordoostelijke deel van de Boerenmars zijn hiervoor te gering in omvang.



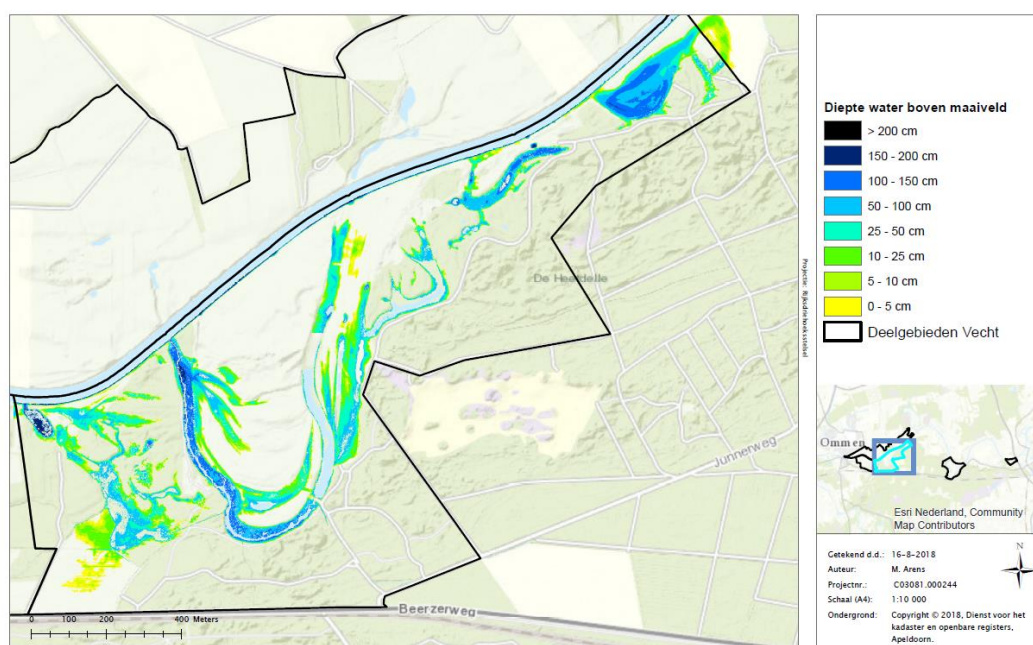
Figuur 2.11a Gebied met overstroming gedurende gemiddeld 20 dagen per jaar

Inundatiediepte 10 dagen per jaar – Arrier Koeland

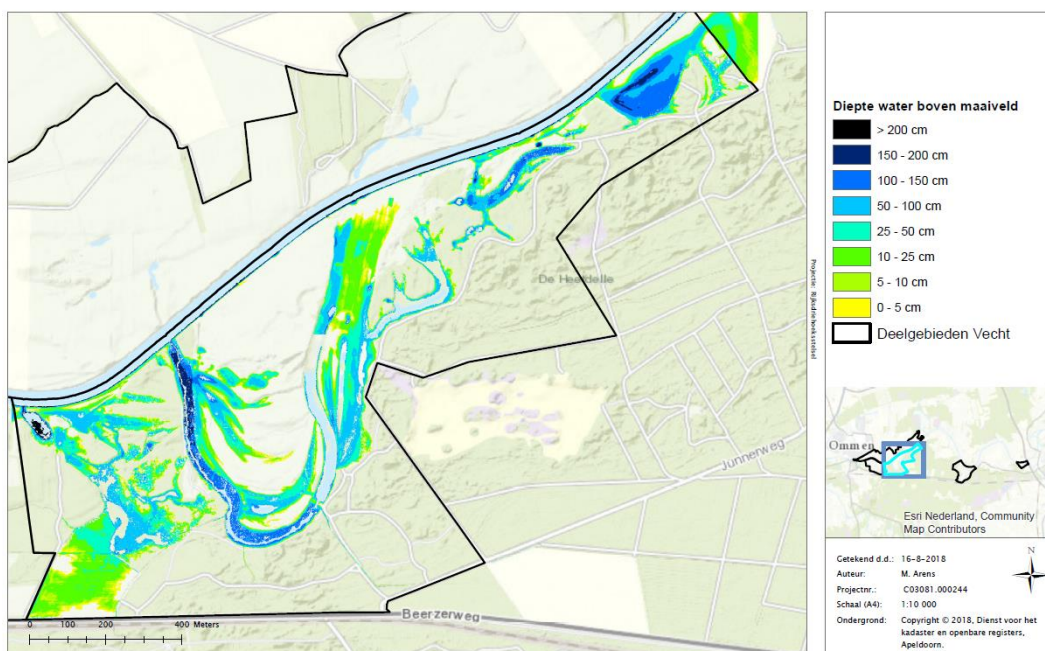


Figuur 2.11b Gebied met overstroming gedurende gemiddeld 10 dagen per jaar

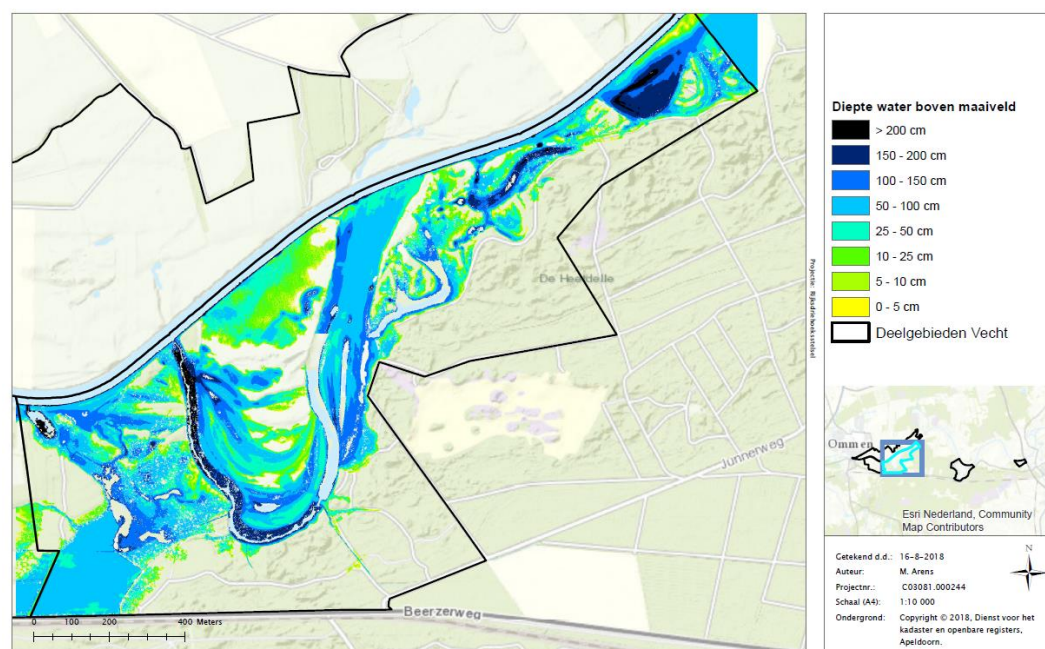
Inundatiediepte 2 dagen per jaar – Arrier Koeland



Figuur 2.11c Gebied met overstroming gedurende gemiddeld 2 dagen per jaar



Figuur 2.11d Gebied met overstroming gedurende gemiddeld 1 dag per jaar



Figuur 2.11e Gebied met overstroming in T10-situatie (dus bij een afvoerpiek met een herhalingsstijg van eens in de 10 jaar)

2.9 Vegetatie

Inleiding

De beschrijving van de vegetatie is gebaseerd op de vegetatiekartering uit 2010 van de een groot aantal natuurgebieden langs Overijsselse Vecht van bureau Waardenburg (Ingberg et al., 2011). Figuur 2.12 betreft de hieruit afkomstige vegetatiekaart van het Arriër Koeland en de omgeving. Daarnaast is ook de soortkartering van 2017 van bureau Waardenburg (Ingberg et al., 2018) geraadpleegd. Eerst wordt ingegaan op de grondwaterafhankelijke vegetaties van de oostelijke schraallanden, hierna volgt de beschrijving van de broekbossen in de afgesneden meander en de andere geulen in het projectgebied en besloten wordt met de beschrijving van de droge vegetaties in het Arriër Koeland.

Oostelijke schraallanden

In het meest zuidoostelijk gelegen perceel van de oostelijke schraallanden is een combinatie aanwezig van habitattypen H6410 Blauwgraslanden en H6230 Heischrale graslanden. Langs de zuidooststrand van het perceel groeit Gagel. Het blauwgrasland betreft het Type van Blauwe zegge, Vorm met Sterzegge (16A-1). Het heischrale grasland betreft het Type van Tandjesgras, Vorm met Blauwe zegge (19-3). Soorten die in dit schraalland voorkomen zijn onder andere Borstelgras, Tandjesgras, Veldrus, Moerasviooltje, Moeraskartelblad, Zomprus, Sterzegge, Blauwe zegge, Grote pimpernel en (in laag aantal) Bergnachtorchis. Het veel voorkomen van Blauwe zegge en de zuurminnende kleine zeggensoorten Sterzegge, Zwarte zegge en Moerasviooltje lijken erop te wijzen dat het heischrale grasland door verdroging en/of verzuring uit blauwgrasland is ontstaan. Ook de aanwezigheid van Grote pimpernel wijst op een basenrijker verleden (Jalink, Van Delft en Leunk, 2016).

In het relatief natte centraal gelegen perceel van de oostelijke schraallanden is op de overgang naar de geul die het perceel aan de oostzijde begrensd het habitatype H7140A Trilvenen aanwezig. Het betreft hierbij het Type van Zompzegge en Draadrus, Vorm met Draadrus (09A3-2). Soorten die in deze vegetatie voorkomen betreffen behalve Draadrus en Zompzegge onder andere Waterdrieblad, Wateraardbei, Lange ereprijs, Veldrus, Snavelzegge, Moerasstruisgras en Sparrig veenmos. De aanwezigheid van Draadrus en Lange ereprijs wijzen op invloed van overstromingen. Snavelzegge en Veldrus duiden op (laterale) voeding met lokaal grondwater. Tegelijk wijzen de hoge bedekkingen van Moerasstruisgras en Sparrig veenmos op stagnatie van regenwater. Op de overgang van het centraal gelegen perceel naar de geul die het perceel aan de westzijde begrensd is het habitatype H6430A Ruigten met Moerasspirea aanwezig. Op de vegetatiekaart van Waardenburg is dit deelgebied aangegeven als Dotterbloemhooiland, Type van Echte koekoeksbloem, Vorm met Biezeknoppen (16B-5). In het deelgebied komt Moerasspirea regelmatig voor en zijn ook grote aantallen Lange ereprijs aanwezig (Jalink, Van Delft en Leunk, 2017). De rest van het centrale perceel bestaat uit bloemrijk grasland. In het complete centrale perceel komt Bergnachtorchis veelvuldig voor en ook Grote pimpernel en Grote ratelaar zijn aanwezig.

Ook in het noordwestelijke perceel van de oostelijke schraallanden is bloemrijk grasland aanwezig. Het betreft hierbij met name het Type van Smalle weegbree, Vorm met Echte koekoeksbloem (16-26) en Type van Smalle weegbree, Grazige vorm (16-20). Ook in dit perceel zijn grote aantallen Lange ereprijs aanwezig, wat dus duidt op overstroming. Ook in dit perceel groeit Bergnachtorchis, maar veel minder talrijk dan in het centrale perceel. Ook Scherpe zegge, Veldrus en Grote pimpernel zijn aanwezig. Het noordwestelijke perceel is niet begrensd als habitatype.

Afgesneden meander en andere geulen

In de afgesneden meander en de andere geulen is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. Het betreft hierbij veelal Elzenbroekbos. In grote delen van het Elzenbroekbos domineert Grote brandnetel in de kruidlaag: hier is de rompgemeenschap van Grote brandnetel aanwezig. Dit duidt op eutrofiëring. Dit slecht ontwikkelde type is op grote schaal aanwezig ter plaatse van het benedenstroomse deel van de afgesneden meander, het gebied ten westen hiervan en de geulen in deelgebied Boerenmars.

In het middendeel van de afgesneden meander en ook in het bovenstroomse deel, op de overgang naar de oostelijke schraallanden, komen redelijk tot goed ontwikkelde delen voor. Het broekbosgebied op de overgang naar de oostelijke schraallanden is ook opgenomen in de vegetatiekarteringen door Waardenburg in 2010 en 2017. Hieruit volgt dat hier de typische vorm van het Elzenzegge-Elzenbroekbos aanwezig is (39A2-2). Behalve Elzenzegge groeien hier Bosbies en Waterscheerling in de kruidlaag. Ook volgt uit de karteringen dat in de geulen tussen de percelen van de oostelijke schraallanden relatief soortenrijk Wilgenbroekstuweel voorkomt (36A2-2). In de ondergroei van het struweel zijn de volgende soorten aangetroffen: Holpijp, Zwarte bes, Pluimzegge, Wateraardbei en Haakveenmos. In het bovenstroomse deel van één van de geulen is tijdens het veldwerk ook waterviolier aangetroffen.

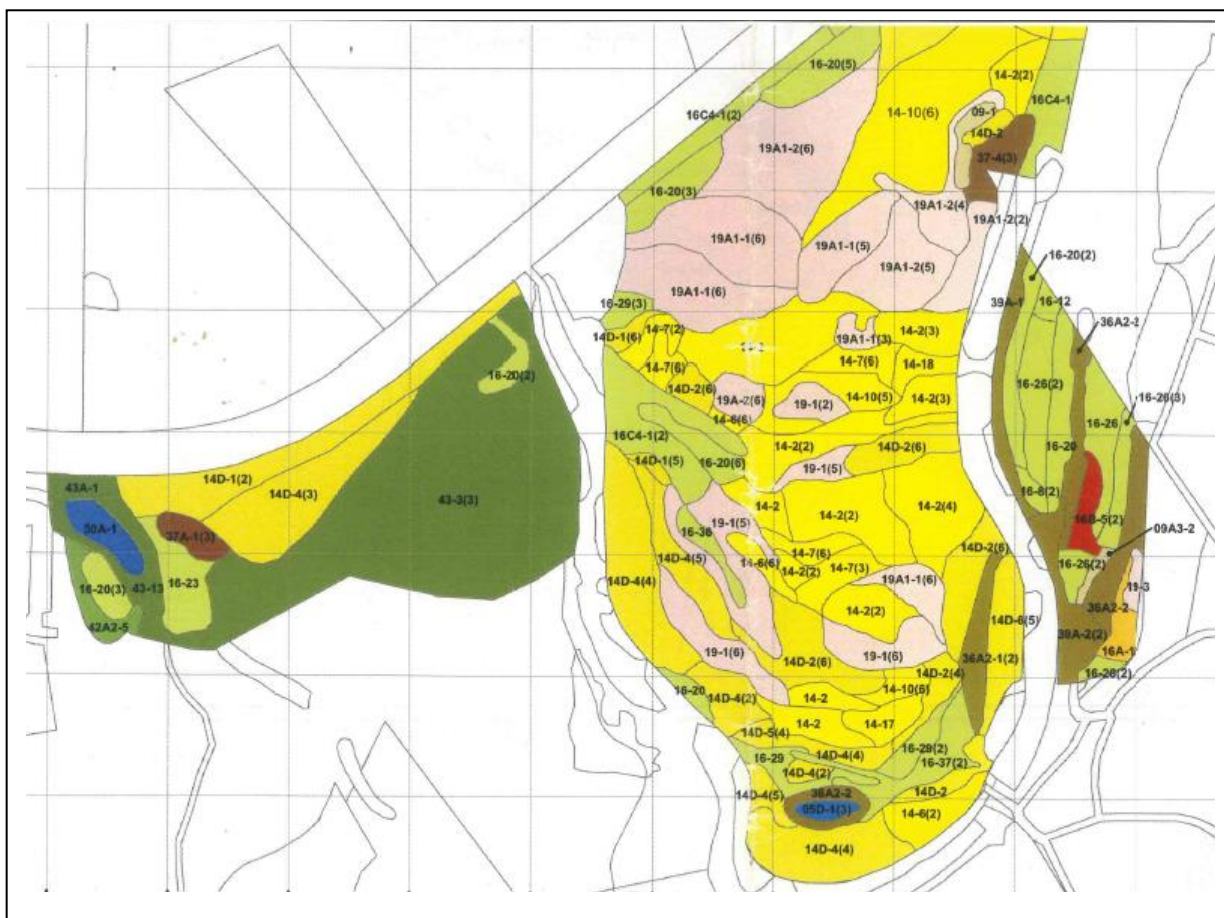
Het middendeel van de afgesneden meander valt buiten de karteringen van Waardenburg. Uit eigen waarnemingen tijdens het veldwerk in het voorjaar van 2019 volgt dat met name in dit deel goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig is, waarin soorten als Bosbies, Zwarte bes en Kleine watereppe veelvuldig groeien. Ook Grote boterbloem is aangetroffen. Grote brandnetel heeft hier slechts een bescheiden aandeel in de vegetatie, en dan met name langs de randen van de afgesneden meander.

Verder liggen binnen het graslandgebied van het Arriër Koeland twee vochtige geulen en één kleine laagte waar Pitrus domineert. In combinatie hiermee komen hier wel een aantal meer bijzondere soorten voor. Zo groeit hogerop in de noordwestelijke geul Tweerijge zegge en Veldrus. In een kleine laagte in het noordoostelijke deel van het Arriër Koeland groeien Moerasbastardwederik, Moerasviooltje en Veldrus. In de geul in het zuidelijke deel van het Arriër Koeland groeien Bosbies, Holpijp, Veldrus, Waterscheerling, Wateraardbei en Zwarte zegge.

Droge vegetaties

Op de hoogste delen, de rivierduinen, is het habitatype H2330 Zandverstuivingen aanwezig. Deze delen zijn op de vegetatiekaart overwegend aangegeven als Overig droog grasland, Type van Fijn schapengras, veelal de Typische vorm (14-2).

Op de stroomruggen van het Arriër Koeland is een combinatie van habitattypen H6230 Heischrale graslanden en H6120 Stroomdalgraslanden aanwezig. De heischrale graslanden zijn op de vegetatiekaart aangegeven als Type van Liggend walstro, Typische vorm (19A1-1) en Overig heischraal grasland, Type van Borstelgras, Typische vorm (19-1). De stroomdalgraslanden zijn op de vegetatiekaart aangegeven als Droog schraalland, Type van Akkerhoornbloem, Vorm met Muizeoor en Tandjesgras (14D-2) en Type van Akkerhoornbloem, Vorm met Geel walstro (14D-4). In het zuidoosten van het Arriër Koeland is ook het Type van akkerhoornbloem, Vorm met Grasklokje aanwezig (14D-6). Het stroomdalgrasland langs de Vecht in het noordwestelijke deel van het projectgebied betreft een combinatie van het Type van Akkerhoornbloem, Vorm met Muizenoor en Akkerhoornbloem (14D-1) en de Vorm met Geel walstro (14D-4).



Vereenvoudigde legenda

- Water (50A, 01, 01A1, 01A2, 05, 05B3, 05B4, 05C2, 05D, 05D4)
- Grote zeggenmoeras (08C, 08C2, 08C3, 08C4)
- Rietmoeras en overige helofytenvegetaties (08, 08B1, 08B3)
- Trilveen (09B, 09B2, 09B3)
- Overig Kleine zeggenmoeras (09, 09A, 09A3)
- Zeer voedselrijk grasland (12-a, 16-m, 16/c, 12A1)
- Overstromingsgrasland (12B, 12B1)
- Nat schraalland (16A, 16A2)
- Dotterbloemhooiland (16B, 16B1, 16B4)
- Overig grasland (16, 16C, 16C4)
- Pioniervegetatie droog grasland (14A1, 14C1, 14-d)
- Droog schraalland (14D, 14D1, 14D2, 14D3)
- Overig droog grasland (14)
- Heischraal grasland (19, 19A, 19A1)
- Droge en natte heide (11, 11A, 20, 20A1)
- Natte strooiselruigte en Brandnetelruigte (32, 32A1, 33)
- Elzenbroekbos en Wilgenstruweel (36A2, 38A, 39A, 39A1, 39A2)
- Doornstruweel (37, 37A)
- Jeneverbesstruweel (41A1)
- Dennenbos en Loofbos op voedselarme grond (41, 41A, 42, 42A, 42A1, 42A2)
- Loofbos op voedselrijke grond (43, 43A)
- Overig (18, 28, 29, 30, 300, 50C)

Figuur 2.12 Vegetatiekaart Arriër Koeland en omgeving (Ingberg et al., 2011)

Het Arriër Koeland herbergt populaties van de stroomdalsoorten Grote tijm, Voorjaarszegge en Steenanjer. Deze komen voor een belangrijk deel voor op mierenbulten. Op de hoogstgelegen en laagstgelegen delen van gebied zijn mierenbulten afwezig. De mierenbulten komen voor in een mozaïek met grazige vegetaties, waarin Geel walstro en Grasklokje dikwijls veel aanwezig is, op voedselrijke plekken met Kamgras. Soorten van zeer open, kalkrijke bodems zijn zeer schaars. Er is geen enkele soort vetkruid aangetroffen. Alleen Kaal breukkruid is gevonden op een steilrand in het noordoosten van het gebied (Inberg, 2011).

De heischrale component is algemeen, met name de droge component, met zeer veel Borstelgras en Liggend walstro. Ook Tandjesgras, Blauwe knoop en Hondsviooltje komen voor. Liggend walstro is wel de meest kenmerkende soort voor het Arriër Koeland. Op de hoogste delen zijn grote vergraste oppervlakten aanwezig van droge, relatief zure vegetaties met Bochtige smele, Struikhei en Stekelbrem. Buntgras is zeldzaam, en komt slechts op één plek voor. Ook Klein tasjeskruid komt in dit gebied opvallend veel voor. Hoewel droge, zure vegetaties ook op andere koelands voorkomen, zijn ze nergens zo sterk vergrast met Bochtige smele als op dit koeland (Inberg, 2011).

3 Analyse grondwaterstandsverloop

3.1 Inleiding

In het kader van de bureaustudie heeft op basis van de beschikbare meetreeksen van de peilbuizen in het projectgebied analyse van het grondwaterstandsverloop plaatsgevonden. Hiertoe zijn grafieken vervaardigd van het grondwaterstandsverloop (zie bijlage 1), zijn de meetreeksen en de technische gegevens van de meetpunten gecontroleerd op fouten en is een tijdreeksanalyse uitgevoerd met behulp van het programma Menyanthes. In het kader van de tijdreeksanalyse is afgeleid wat de actuele grondwatersituatie is, aan de hand van bepaling van de GXG-waarden (GHG, GVG en GLG). Omdat voor de bepaling van de GXG-waarden een meetperiode van minimaal 8 jaar nodig is, en er van de meeste peilbuizen reeksen over een periode van slechts 2 jaar beschikbaar zijn, zijn hiertoe de korte reeksen met Menyanthes met behulp van de beschikbare meteorologische gegevens door gemodelleerd tot een periode van 10 jaar.

Op basis van de resultaten hiervan en de hydrologische randvoorwaarden van de aanwezige habitattypen / vegetatietypen ten aanzien van de GVG en GLG is per peilbuis ook bepaald of er een GXG-doelgat is, en zo ja, hoe groot dit gat is.

Nadat in paragraaf 3.2 de opbouw van het meetnet en de controle van de meetreeksen is toegelicht worden in paragraaf 3.3 de resultaten van de tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes behandeld. Daarbij wordt eerst ingegaan op de tijdreeksmodellen en vervolgens op de GXG-waarden die op basis van de door gemodelleerde reeksen zijn afgeleid. In paragraaf 3.4 worden de resultaten van de bepaling van de GXG-doelgaten behandeld. Interpretatie van het waargenomen grondwaterstandsverloop, de hieruit afgeleide GXG's en de doelgaten vindt plaats in samenhang met de interpretatie van de ecohydrologische dwarsprofielen (dus in hoofdstuk 4).

3.2 Opbouw van het meetnet en controle van de meetreeksen

Opbouw van het meetnet

In 2017 zijn in het projectgebied 12 peilbuizen geplaatst: peilbuizen B22C1387 t/m B22C1398. De nieuwe peilbuizen zijn veelal geplaatst in vijf raaien. Op basis hiervan en aanvullende boringen en metingen in deze raaien zijn de vijf ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd die in hoofdstuk 4 worden behandeld.

Vanaf april 2017 zijn de grondwaterstanden op deze nieuwe peilbuislocaties automatisch geregistreerd met dataloggers. Zes van de meetlocaties hebben een enkele filter. Op vier van deze locaties (B22C1388, B22C1389, B22C1393 en B22C1396) staat de onderkant van de filter tussen 1,5 tot 2 m onder maaiveld. Bij de andere 2 locaties met slechts één filter (B22C1394 en B22C1397) staat de onderkant van de filter op circa 7 tot 8,3 m onder maaiveld. De andere 6 locaties hebben 2 filters: een ondiep filter op circa 1,5-3 m onder maaiveld en een diep filter op circa 7 m onder maaiveld.

Naast de in 2017 geplaatste peilbuizen zijn ook 2 oudere peilbuizen aanwezig waarvan veel langere reeksen beschikbaar zijn. Het betreft B22C0576 die ten westen van de afgesneden meander staat en B22C0525 die ten zuidoosten van het projectgebied staat, langs de Junnerweg. De lange reeksen van deze oude peilbuizen worden gebruikt om te controleren in hoeverre met de methode van het door modelleren van de korte reeksen de juiste GXG-waarden kunnen worden afgeleid. Zodoende zijn ook voor deze twee

peilbuizen modellen gemaakt met meetreeksen van 2 jaar vanaf april 2017 die zijn door gemodelleerd, en zijn de zo afgeleide GXG's vergeleken met de GXG's op basis van de daadwerkelijke meetwaarden van de reeksen.

Er zijn in 2017 ook 3 oppervlaktewaterstandsm Meetpunten geplaatst: AK5, AK8 en AK14. Meetpunten AK5 en AK8 staan in de afgesneden meander en meetpunt AK14 staat in een geul van deelgebied Boerenmars. Het verloop van de waterstand van deze meetpunten is weergegeven in samenhang met dat van de dichtstbijzijnde peilbuizen (voor grafieken: zie bijlage 1). Aan de hand hiervan volgt in hoeverre er op deze plekken kwel optreedt naar de afgesneden meander en de geul. Deze informatie is mede gebruikt voor interpretatie van de ecohydrologische dwarsprofielen.

Controle van de meetreeksen en de technische gegevens

Uit de controle van de meetreeksen en de technische gegevens van de meetpunten zijn de volgende fouten / tekortkomingen naar voren gekomen:

- Bij B22C1390 is tijdens de inmeting van de dwarsprofielen een verschil geconstateerd in de referentiehoogte van de filters. Het ondiepe filter is 5,8 cm lager dan in de technische gegevens en het diepe filter is 4,7 cm lager. Het maaiveldhoogte is 2 cm hoger.
- Bij B22C1392 is tijdens de inmeting van de dwarsprofielen een verschil geconstateerd in de referentiehoogte van het ondiepe filter. De referentiehoogte is 2,4 cm lager dan de waarde volgens de technische gegevens. Zonder toepassing van een correctie lijkt er hier lichte infiltratie op te treden. Met de correctie zijn de standen in beide filters zo goed als gelijk.
- In de reeks van B22C0576 zit op 13-10-95 een vermoedelijke schrijffout, deze waarde is daarom verwijderd. Verder zit er een groot gat in de reeks tussen december 1999 en mei 2009.
- In de reeks van B22C0525 zit een gat in de reeks tussen 28 september 2016 en 13 maart 2017.

3.3 Tijdreeksmodellering met Menyanthes en afleiding GXG's

Verklarende reeksen

De tijdreeksmodellen zijn in eerste instantie gemaakt met de verklarende reeksen neerslag (neerslag station Vilsteren) en verdamping (weerstation Hoogeveen). Vervolgens is als verklarende reeks ook het verloop van het rivierpeil in de Vecht toegevoegd. Hiervoor is de meetreeks van het oppervlaktewaterstandsm Meetpunt Junne benedenstrooms van de stuw gebruikt. Het meetpunt bij Ommen was minder geschikt voor de analyse want de reeks van dit meetpunt is korter (vanaf 2000) en er zitten onderbrekingen in de reeks. De reeks van het meetpunt bij Junne is langer (vanaf juni 1997) en completer.

Resultaten modellering reeksen

Met alleen de neerslag en de verdamping als verklarende reeksen is de verklarende variantie bij veel meetpunten al hoog: veelal meer dan 80% (zie tabel 3.1). Uitzonderingen hierop zijn B22C1389, B22C1393, B22C1394, B22C1395 en B22C1396 waar de verklarende variatie lager is dan 80%. Bij B22C1394, B22C1395 en B22C1396 is de verklarende variatie lager dan 65%. Deze meetpunten staan het dichtst bij de Vecht of de afgesneden meander. Verder hebben deze tijdreeksmodellen relatief hoge waarden voor

Prec(M0) oftewel de gain van de respons van de grondwaterstanden op de neerslag en relatief lage waarden voor de verdampingsreductie factor (EvapFctr).

Als naast de neerslag en verdamping het peilverloop in de Vecht als verklarende factor wordt meegerekend dan is er overal een toename in de verklarende variantie. De verklarende variatie is op zijn laagst bij B22C1393 met 86,3% en op zijn hoogst bij B22C1387_2 met 98,4% (zie tabel 3.2). De PrecM0's zijn overal lager en opvallend laag bij B22C1394, B22C1395 en B22C1396, vlakbij de Vecht. De verdampingsreductie factor is overal hoger. Dus de modellen met behalve de neerslag en de verdamping ook het verloop van het Vechtpuil als verklarende factoren leveren zeer goede resultaten. Dus deze tijdreeksmodellen zijn gebruikt voor het door modelleren van de reeksen en het bepalen van de GXG-waarden op basis van de door gemodelleerde reeksen.

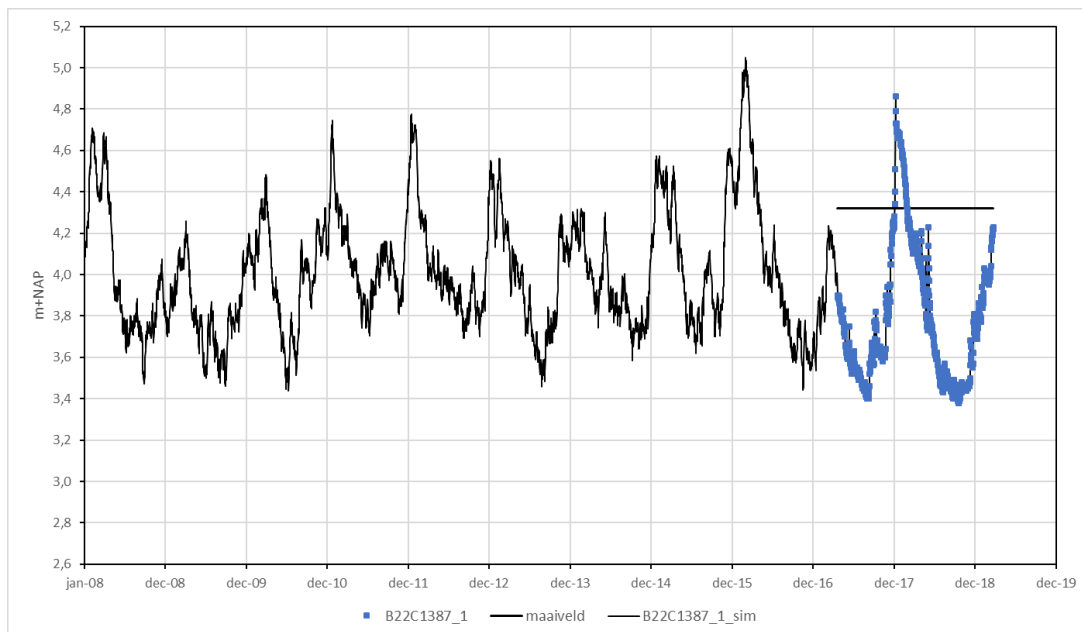
Tabel 3.1 Resultaten tijdreeksmodellering met alleen neerslag en verdamping als verklarende reeksen

Name	EVP	RMSE	RMSI	DrainageBase	PrecM0	PrecM0Std	EvapFctr	EvapFctrStd
	[%]	[m]	[m]	[m+ref]	[days]	[days]	[-]	[-]
B22C0525_1 vanaf 1997	84,9	0,13	0,02		658	10	0,97	0,01
B22C0525_1 vanaf 2017	96,0	0,08	0,02		572	12	1,04	0,03
B22C0576_1 vanaf 1997	84,5	0,07	0,02		304	8	0,99	0,02
B22C0576_1 vanaf 2017	87,4	0,07	0,02		317	10	0,85	0,03
B22C1387_1	88,8	0,11	0,03	3,3	705	52	0,77	0,04
B22C1387_2	84,1	0,12	0,02	3,1	731	68	0,65	0,04
B22C1388_1	90,4	0,08	0,02	3,4	595	42	0,83	0,04
B22C1389_1	71,3	0,16	0,03	2,7	617	73	0,61	0,05
B22C1390_1	90,9	0,07	0,02	3,8	530	35	0,71	0,03
B22C1390_2	90,0	0,07	0,02	3,9	500	35	0,72	0,03
B22C1391_1	89,8	0,06	0,02	3,8	365	25	0,78	0,04
B22C1391_2	90,2	0,06	0,02	3,7	390	26	0,74	0,03
B22C1392_1	88,0	0,05	0,02	3,7	361	27	0,74	0,04
B22C1392_2	89,7	0,05	0,02	3,6	374	32	0,62	0,05
B22C1393_1	77,8	0,06	0,03	3,6	269	29	0,67	0,05
B22C1394_1	65,1	0,12	0,03	3,1	286	26	0,55	0,06
B22C1395_1	59,8	0,13	0,04	3,0	241	23	0,51	0,06
B22C1395_2	59,6	0,13	0,04	3,0	253	25	0,50	0,06
B22C1396_1	49,0	0,16	0,06	2,8	223	26	0,44	0,07
B22C1397_1	91,1	0,07	0,02	3,6	462	26	0,77	0,03
B22C1398_1	83,5	0,11	0,03	3,1	390	27	0,80	0,05
B22C1398_2	83,3	0,10	0,03	3,1	378	26	0,81	0,05

Tabel 3.1 Resultaten tijdreeksmodellering behalve neerslag en verdamping ook het Vechtpuil als verklarende reeksen

Name	EVP	RMSE	RMSI	DrainageBase	PrecM0	PrecM0Std	EvapFctr	EvapFctrStd	RivM0	RivM0Std
	[%]	[m]	[m]	[m+ref]	[days]	[days]	[-]	[-]	[days]	[days]
B22C0525_1 vanaf 1997	89,5	0,11	0,02	3,7	517	10	0,93	0,01	0,35	0,06
B22C0525_1 vanaf 2017	98,0	0,05	0,02	3,8	397	43	1,15	0,05	0,41	0,56
B22C0576_1 vanaf 1997	91,0	0,05	0,02	3,0	225	6	1,07	0,02	0,17	0,01
B22C0576_1 vanaf 2017	93,2	0,05	0,02	2,9	203	21	1,01	0,04	0,23	0,13
B22C1387_1	96,8	0,06	0,03	1,1	480	38	1,00	0,05	0,87	0,40
B22C1387_2	98,4	0,04	0,01	0,8	384	31	0,90	0,03	0,97	0,18
B22C1388_1	96,7	0,05	0,02	2,3	393	30	1,03	0,04	0,47	0,17
B22C1389_1	96,3	0,06	0,03	0,8	262	41	0,88	0,07	0,86	0,18
B22C1390_1	96,7	0,04	0,02	3,3	389	24	0,80	0,03	0,25	0,03
B22C1390_2	96,4	0,04	0,02	3,4	368	25	0,83	0,03	0,26	0,03
B22C1391_1	94,7	0,04	0,02	3,6	293	20	0,90	0,04	0,13	0,01
B22C1391_2	95,2	0,04	0,02	3,5	306	20	0,84	0,03	0,13	0,01
B22C1392_1	93,6	0,04	0,02	3,5	292	22	0,87	0,04	0,13	0,01
B22C1392_2	94,5	0,04	0,02	3,4	289	25	0,75	0,06	0,12	0,01
B22C1393_1	86,3	0,05	0,02	3,3	211	26	0,85	0,07	0,13	0,01
B22C1394_1	97,2	0,03	0,02	2,1	88	14	1,14	0,14	0,48	0,01
B22C1395_1	94,9	0,05	0,03	2,0	70	19	1,02	0,19	0,45	0,02
B22C1395_2	94,8	0,05	0,03	2,1	88	17	0,82	0,13	0,40	0,01
B22C1396_1	92,9	0,06	0,04	1,6	64	246	1,20	0,75	0,51	0,01
B22C1397_1	97,9	0,04	0,01	2,7	318	20	0,93	0,03	0,40	0,10
B22C1398_1	97,2	0,04	0,02	1,9	216	20	1,32	0,08	0,52	0,17
B22C1398_2	97,1	0,04	0,02	1,9	209	20	1,36	0,08	0,52	0,18

In de grafiek van figuur 3.1 wordt (als voorbeeld) voor peilbuis B22C1387 de meetreeks tezamen met de gesimuleerde reeks weergegeven. Aan de hand hiervan wordt in de eerste plaats de gelijkenis van de berekende en gemeten waarden gevisualiseerd en in de tweede plaats wordt de korte meetreeks grafisch doorvertaald naar een periode van 10 meetjaren. Hieruit volgt bijvoorbeeld dat in de zomers van 2017 en 2018 sprake was van relatief ver weg zakkende grondwaterstanden. Dit onderstreept dus het belang van het door modelleren van de reeksen voor het zo goed mogelijk afleiden van de GXG-waarden: bij bepaling hiervan op basis van uitsluitend 2 jaren zou de GLG immers te negatief in beeld gebracht zijn.



Figuur 3.1 Meetreeks en gesimuleerde reeks van peilbuis B22C1387

Vergelijking van de GXG-waarden van de gemodelleerde reeksen en de meetreeksen van oude peilbuizen B22C0576 en B22C0525

In tabel 3.3 zijn voor de twee oude peilbuizen zowel de GXG's zoals afgeleid uit de meetreeksen als uit de door gemodelleerde reeksen weergegeven. Voor peilbuis B22C0576 bedragen de verschillen hiertussen slechts 2 à 4 cm. Deze peilbuis staat in een vrij laag gelegen gebied met gedempte grondwaterstandsdynamiek. Voor peilbuis B22C0525 lopen de verschillen uiteen van 4 tot 6 cm. Deze peilbuis staat in de hoger gelegen zandgrond met relatief sterke grondwaterstandsdynamiek. Dus het is daarom ook logisch dat de afwijking hier absoluut gezien wat groter is.

Uit de vergelijking volgt dat de GXG-waarden zoals bepaald op basis van de door gemodelleerde reeksen behoorlijk goed (en bij de peilbuis in het lage deel) zeer goed overeenkomen met de GXG-waarden zoals bepaald op basis van de meetreeksen. Dus op basis hiervan en de goede modelresultaten van alle meetreeksen mag verwacht worden dat de GXG-waarden van de door gemodelleerde reeksen van de nieuwe peilbuizen redelijk goed kloppen.

Tabel 3.3 GXG-waarden van oude peilbuizen op basis van meetreeksen en op basis van gemodelleerde reeksen

NITGCode	Filter	GHG [m+NAP]	GVG [m+NAP]	GLG [m+NAP]	maaiveld [m+NAP]	GHG [m-mv]	GVG [m-mv]	GLG [m-mv]	GT
B22C0525_1_va1997	1	5,65	5,50	4,83	6,91	1,26	1,41	2,08	VII
B22C0525_1_sim	1	5,71	5,54	4,88	6,91	1,20	1,37	2,03	VII
B22C0576_1_va1997	1	3,99	3,78	3,47	4,52	0,53	0,74	1,05	IV
B22C0576_1_sim	1	4,01	3,82	3,44	4,52	0,51	0,70	1,08	IV

GXG-waarden van de door gemodelleerde meetreeksen van de nieuwe peilbuizen

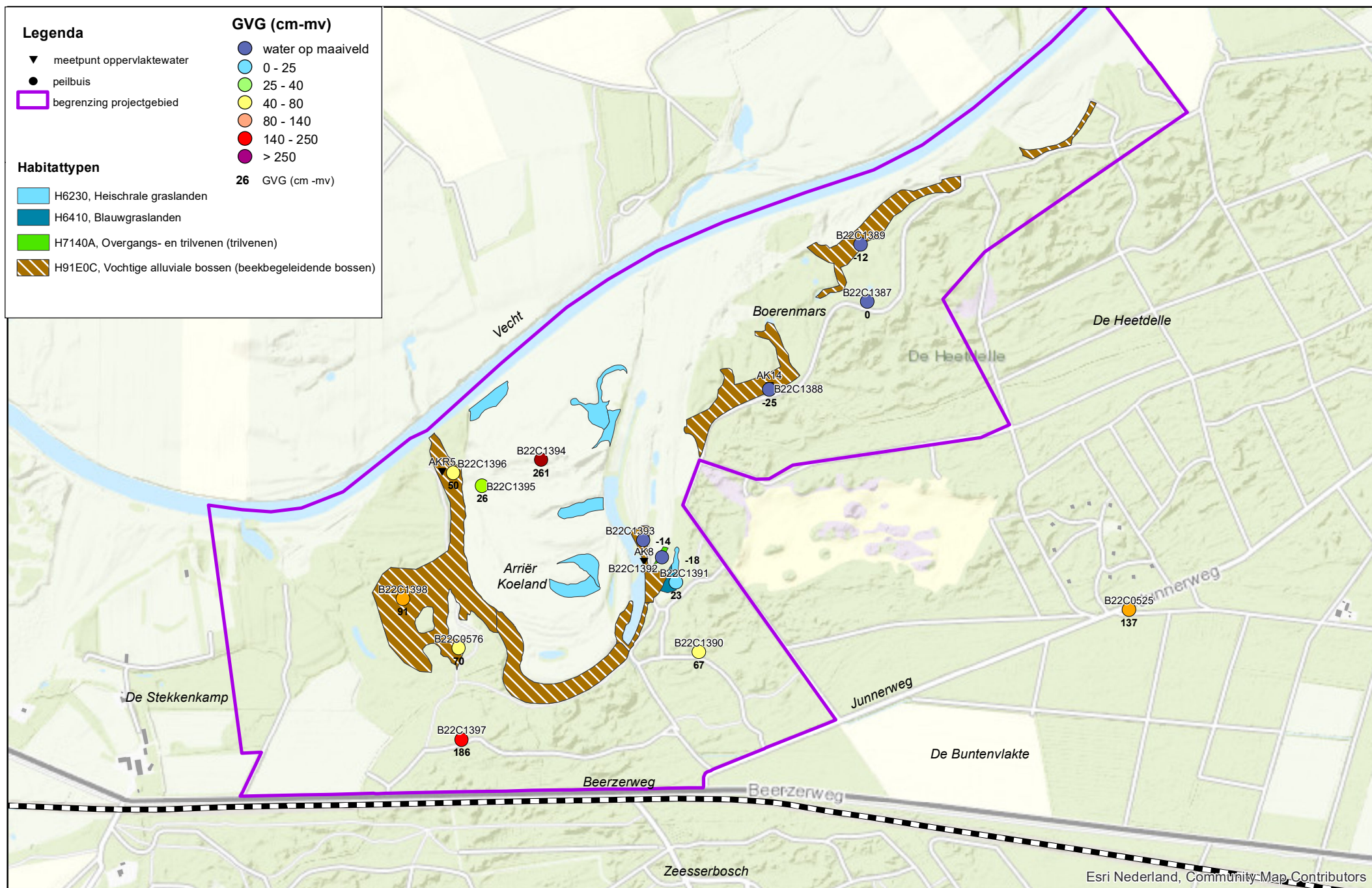
In tabel 3.4 zijn de GXG-waarden op basis van de door gemodelleerde reeksen van de nieuwe peilbuizen weergegeven. In figuren 3.2 en 3.3 zijn de GVG's en GLG's in samenhang met de grondwaterafhankelijke habitattypen op kaart weergegeven.

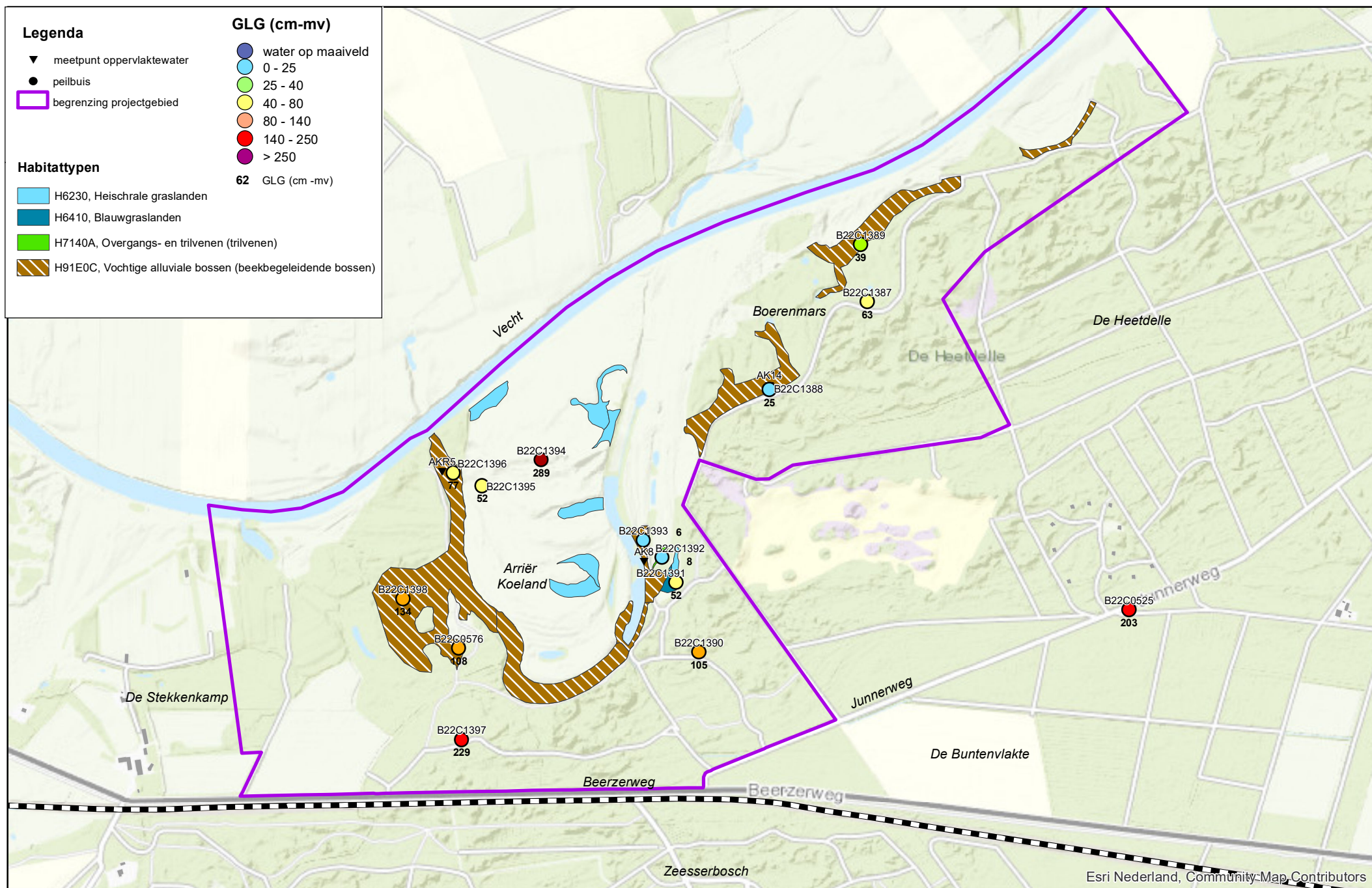
Uit de resultaten blijkt het volgende:

- In de oostelijke schraallanden (B22C1391, B22C1392 en B22C1393) en de geulen van Boerenmars (B22C1387, B22C1388 en B22C1389) ligt de GVG iets boven of vlak onder maaiveld (< 25 cm -mv). In deze gebieden ligt met uitzondering van de meetlocaties op de overgang naar de hoger gelegen zandgronden ook de GLG niet ver beneden maaiveld (< 40 cm).
- In het benedenstroomse deel van de afgesneden meander (B22C1396) en het geulen- en laagtenstelsel ten westen hiervan (B22C1398 en B22C0576) ligt de GVG ver onder maaiveld (> 40 cm -mv). In het geulen- en laagtenstelsel ten westen van de afgesneden meander ligt ook de GLG ver beneden maaiveld (> 80 cm -mv). In het benedenstroomse deel van de afgesneden meander ligt de GLG op 77 cm -mv en valt zodoende dus in de klasse 40-80 cm -mv.

Tabel 3.4 GXG-waarden op basis van de door gemodelleerde meetreeksen van de nieuwe peilbuizen

NITGCode	Filter	GHG [m+NAP]	GVG [m+NAP]	GLG [m+NAP]	maaiveld [m+NAP]	GHG [m-mv]	GVG [m-mv]	GLG [m-mv]	GT
B22C1387_1_sim	1	4,53	4,32	3,69	4,32	-0,21	0,00	0,63	II
B22C1387_2_sim	2	4,47	4,28	3,68	4,32	-0,15	0,04	0,64	II
B22C1388_1_sim	1	4,34	4,18	3,68	3,93	-0,41	-0,25	0,25	I
B22C1389_1_sim	1	4,07	3,72	3,21	3,60	-0,47	-0,12	0,39	I
B22C1390_1_sim	1	4,79	4,65	4,27	5,32	0,53	0,67	1,05	I
B22C1390_2_sim	2	4,78	4,64	4,26	5,32	0,54	0,68	1,06	I
B22C1391_1_sim	1	4,45	4,32	4,03	4,55	0,10	0,23	0,52	II
B22C1391_2_sim	2	4,41	4,29	4,01	4,55	0,14	0,26	0,54	II
B22C1392_1_sim	1	4,37	4,25	3,99	4,07	-0,30	-0,18	0,08	I
B22C1392_2_sim	2	4,32	4,18	3,92	4,07	-0,25	-0,11	0,15	I
B22C1393_1_sim	1	4,12	3,99	3,79	3,85	-0,27	-0,14	0,06	I
B22C1394_1_sim	1	3,91	3,61	3,33	6,22	2,31	2,61	2,89	VIII
B22C1395_1_sim	1	3,71	3,39	3,13	3,65	-0,06	0,26	0,52	II
B22C1395_2_sim	2	3,70	3,41	3,16	3,65	-0,05	0,24	0,49	I
B22C1396_1_sim	1	3,53	3,15	2,88	3,65	0,12	0,50	0,77	II
B22C1397_1_sim	1	4,50	4,34	3,91	6,20	1,70	1,86	2,29	VIII
B22C1398_1_sim	1	3,93	3,67	3,24	4,58	0,65	0,91	1,34	VI
B22C1398_2_sim	2	3,90	3,64	3,22	4,58	0,68	0,94	1,36	VI





3.4 GXG-doelgaten

In tabel 3.5 is per peilbuis aangegeven hoe groot de GVG- en GLG-doelgaten zijn in relatie tot het grondwaterafhankelijke habitat- en vegetatietype waarin de peilbuis staat. De hydrologische randvoorwaarden ten aanzien van de GVG en de GLG voor de betreffende habitattypen / vegetatietypen zijn afgeleid met het (door Alterra en KWR ontwikkelde) programma Waternood. In figuren 3.4 en 3.5 zijn de resultaten op kaart weergegeven.

Uit de resultaten blijkt het volgende:

- In het westelijke deel van het projectgebied (benedenstroomse deel afgesneden meander en geulenstelsel ten westen hiervan) zijn er nu ter plaatse van de peilbuizen zowel wat betreft de GVG als de GLG te droge omstandigheden aanwezig voor goede ontwikkeling van de hier aanwezige habitattypen / vegetatietypen. Ter plaatse van de peilbuizen in het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen zijn de doelgaten daarbij ook groot.
- In het oostelijke deel van het projectgebied (oostelijke schraallanden en geulen Boerenmars) zijn er ter plaatse van de peilbuizen zowel wat betreft de GVG als de GLG voldoende natte omstandigheden aanwezig voor goede ontwikkeling van de hier aanwezige grondwaterafhankelijke habitattypen / vegetatietypen.
- Ter plaatse van peilbuizen B22C1388 en B22C1392 lijken in de GVG-situatie zelfs te natte omstandigheden aanwezig voor goede ontwikkeling van het betreffende habitattypen / vegetatietypen.

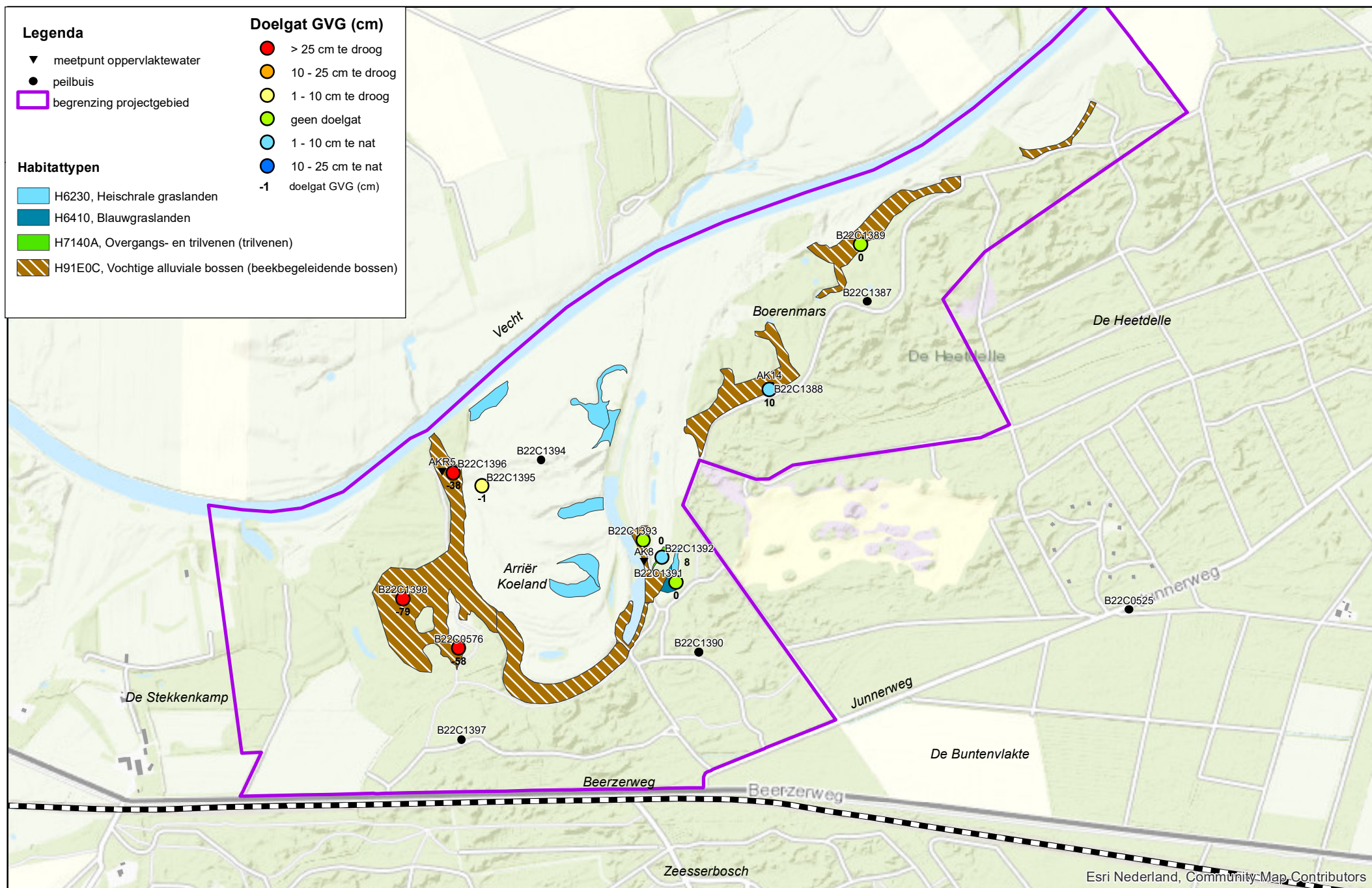
Uit de resultaten van het veldonderzoek (hoofdstuk 4) volgt echter dat ter plaatse peilbuis B22C1392 niet alleen de stijghoogte van het diepe filter (ofwel filter 2) maar ook de grondwaterstand zoals gemeten in het ondiepe filter (ofwel filter 1) op een hoger niveau ligt dan de oppervlaktewaterstand zoals gemeten naast de peilbuis, terwijl het verloop van de oppervlaktewaterstand hier (in ieder geval in de perioden dat het de waterstand boven maaiveld ligt) bepalend is voor het ecohydrologisch functioneren. Op het moment van de uitvoering van de veldmetingen (18-3-2019) bedroeg het peilverschil tussen de oppervlaktewaterstand en de grondwaterstand van het ondiepe filter 11 cm. Dit verschil heeft te maken met de aanwezigheid van een kleilaag aan de oppervlakte en de overdruk van het grondwater onder de kleilaag ten opzichte van het oppervlaktewater. Dus indien hiermee rekening gehouden wordt, dan zijn de omstandigheden hier niet te nat voor trilveen, maar precies goed.

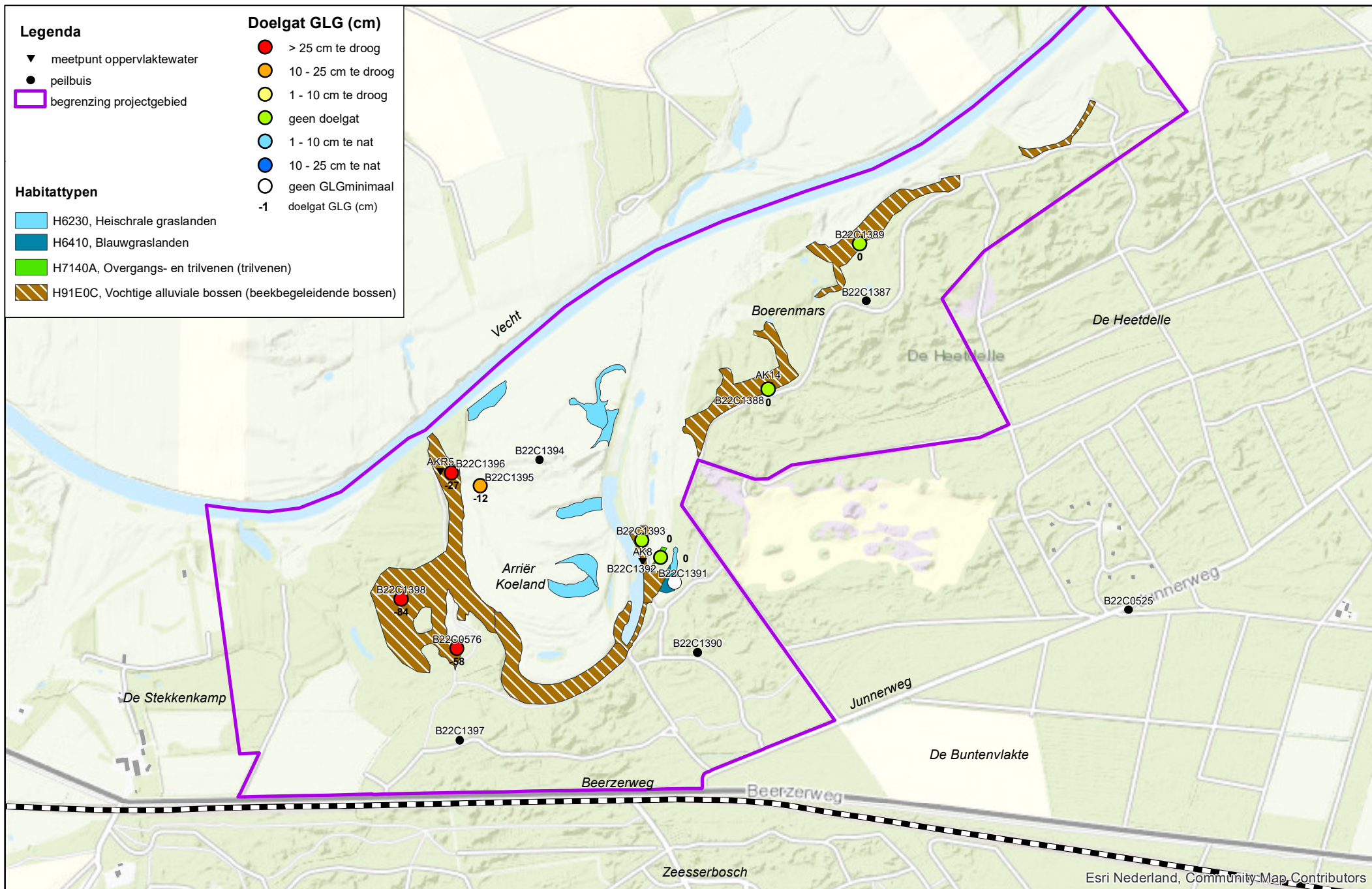
Ter plaatse van B22C1388 klopt het beeld van te natte omstandigheden voor het habitatype H91E0C wel. In samenhang hiermee is in het grootste deel van deze diepe geul dan ook geen Elzenbroekbos maar Wilgenstruweel aanwezig. In noordoostelijke richting loopt het maaiveld van de geul op. Zodoende zijn ter plaatse van de noordoostelijke uitloper van de geul de omstandigheden wel geschikt voor Elzenbroekbos.

In hoofdstuk 4 worden aan de hand van de ecohydrologische dwarsprofielen de puntwaarnemingen ter plaatse van de peilbuizen in breder perspectief geplaatst. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de grondwaterstanden, maar ook naar de kwelsituatie, de invloed van de Vecht, de hydro- en bodemchemische toestand die hieruit resulteert en de samenhang van de abiotische condities met de huidige vegetatie.

Tabel 3.5 GVG- en GLG doelgaten in relatie tot de habitat- en vegetatietypen waarin de peilbuizen staan

peilfilter	habitattype	vegetatietype	berekend		hydrologische randvoorwaarden			doelgat (cm)	
			GVG	GLG	GVGmax	GVGmin	GLGmin	GVG	GLG
B22C0576_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	70	108	-15	12	50	-58	-58
B22C1388_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	-25	25	-15	12	50	10	0
B22C1389_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	-12	39	-15	12	50	0	0
B22C1391_1_sim	H6410	Blauwgrasland, typische subass	23	52	5	22		-1	
B22C1391_1_sim	H6230	Ass. Van Klokjesgentiaan en Borstelgras	23	52	15	37		0	
B22C1392_1_sim	H7140A	Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge.	-18	8	-10	5	20	8	0
B22C1393_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	-14	6	-15	12	50	0	0
B22C1395_1_sim	-	Dotterbloemgrasland, Ass. van Boterbloeme	26	52	0	25	40	-1	-12
B22C1396_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	50	77	-15	12	50	-38	-27
B22C1398_1_sim	H91E0C	Elzenzegge-Elzenbroek	91	134	-15	12	50	-79	-84





4 Veldonderzoek

4.1 Methode

Het veldonderzoek is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem.
- Vervaardiging van vijf ecohydrologische dwarsprofielen.
- Hydro- en bodemchemisch onderzoek.

Inventarisatie van het lokale oppervlaktewatersysteem

Als onderdeel van het veldonderzoek is in de eerste plaats een kartering van het lokale oppervlaktewatersysteem uitgevoerd. De kartering is uitgevoerd op 11-2-2019, na afloop van een neerslagrijke periode. Vanwege de voorafgaande droge zomer lag de grondwaterstand op dat moment echter nog ver (1,5 tot 5 dm) beneden GHG-niveau en ter plaatse van de meeste peilbuizen zelfs ook beneden het GVG-niveau (0,5 tot 3 dm). Vooral ter plaatse van de (overgang naar de) hogere zandgronden (B22C1387, 1388, 1390, en 1397) was de grondwaterstand op dat moment nog behoorlijk laag (2 à 3 dm beneden GVG-niveau). Omdat de Vecht toen al wel weer behoorlijk goed op peil was, lagen de grondwaterstanden van de meeste peilbuizen nabij de Vecht (B22C1394, 1395 en 1396) al wel (1 tot 2,5 dm) boven GVG-niveau (maar nog steeds 1,5 à 2 dm beneden GHG-niveau).

Er heeft niet alleen een kartering van greppels en sloten plaatsgevonden, maar is ook nagegaan op welke wijze de oude rivierloop en (andere) geulen zijn geïntegreerd in het oppervlaktewatersysteem. Op een aantal plekken zijn op oriënterende wijze ook de diepten van de sloten en greppels gemeten, alsmede de waterpeilen beneden maaiveld in een afvoersituatie (ofwel de drooglegging). Ook kwelverschijnselen (roest / oliefilm) en eventuele andere bijzonderheden zijn genoteerd. De waarnemingen zijn opgenomen in de tabel in bijlage 2. De locaties van de waarnemingen zijn te vinden op de kaart die in deze bijlage is toegevoegd.

Als basis voor de kartering is het digitale top10-vector bestand van alle greppels en sloten gebruikt. Aan de hand van de resultaten van de kartering zijn hierin aanpassingen (aanvullingen en correcties) doorgevoerd. Dit aangepaste bestand is gebruikt in de thematische kaarten die in dit rapport zijn opgenomen en is ook aangeleverd aan Waterschap Vechtstromen ten behoeve van de grondwatermodellering.

Op 18 en 19 maart 2019 zijn (in samenhang met de inmeting van de boorpunten en overige meetlocaties voor de vervaardiging van de ecohydrologische dwarsprofielen) op een aantal plekken oppervlaktewaterstanden en belangrijke drempelhoogten van het oppervlaktewatersysteem ingemeten.

Vanwege de voorafgaande extreem droge zomer van 2018 was het grondwatersysteem in de onderzoeksperiode nog niet maximaal op druk. Toch was er voldoende water aanwezig om het lokale stelsel grotendeels in werking te kunnen zien.

De resultaten van de kartering en de inmeting zijn verwerkt in de oppervlaktewater-systeemkaart (figuur 4.1) en een tabel met nadere specificatie van de afvoerdrempels (tabel 4.1). De resultaten zijn door het waterschap ook gebruikt voor verfijning van het grondwatermodel. Zodoende konden met name de afgesneden meander en de hierop aansluitende geulen veel beter in het model worden ingebouwd, met als resultaat een veel betere kalibratie van het model op de gemeten grondwaterstanden.

Vervaardiging vijf ecohydrologische dwarsprofielen

In het kader van het veldonderzoek zijn ook vijf ecohydrologische dwarsprofielen van het projectgebied vervaardigd. Aan de hand van de dwarsprofielen worden relaties gelegd tussen de hoogteligging, de bodemopbouw, het functioneren van het grond- en oppervlaktewatersysteem, het (grond)waterstandsverloop, de (grond)waterkwaliteit, de bodemchemische toestand en de vegetatie. De vervaardiging van de dwarsprofielen is voor een belangrijk deel uitgevoerd op basis van de gegevens van de bestaande peilbuizen die in de raaien zijn geplaatst. Voor de benodigde verfijning van de inzichten zijn in het vroege voorjaar (maart 2019) in de raaien aanvullende boringen, boorgatmetingen en metingen aan het oppervlaktewatersysteem (o.a. slootpeilen/ slootbodems) uitgevoerd. De boorbeschrijvingen van de aanvullende boringen zijn opgenomen in bijlage 3. Middels doorgaande waterpassing zijn de boorgaten en overige meetpunten ingemeten ten opzichte van de bestaande peilbuizen. In de dwarsprofielen wordt behalve het verloop van de grondwaterspiegel tijdens de veldmetingen ook het verloop van de grondwaterspiegel in de GHG-, GVG en GLG-situatie weergegeven (zoals afgeleid op basis van de meetreeksen van de peilbuizen). Voor de waterstand van de Vecht is het 1/100Q peil gebruikt voor de GLG-waterstand en het 0,25Q peil voor de GHG-waterstand ter hoogte van het projectgebied, zoals (op verzoek van Bell Hullenaar door Vechtstromen waterschap) afgeleid met behulp van het oppervlaktewatermodel van de Vecht.

Uit vergelijking van de grondwaterspiegel zoals waargenomen bij het veldonderzoek (op 18 & 19 maart 2019) met de GXG-grondwaterspiegels in de dwarsprofielen (figuren 4.2 t/m 4.6) volgt de representativiteit van de metingen van het veldonderzoek. Ter plaatse van de hogere zandgronden lag de grondwaterstand op 18/19 maart bij benadering veelal op het GVG-niveau (en dus duidelijk onder het GHG-niveau). Vanwege de passage van een kleine afvoerpiek in de Vecht in de dagen voorafgaand aan de metingen was het Vechtpeil op 18/19 maart nog altijd behoorlijk hoog, en in samenhang hiermee lag in de zone van het Vechtdal die direct aan de Vecht grenst de grondwaterstand op de meetdagen op of iets boven het GHG-niveau.

Veel meetpunten hebben behalve een ondiep filter ook een diep filter. Omdat er tussen de filters in nergens weerstandsbiedende lagen voorkomen is de grondwaterstand van het ondiepe filter overal altijd (min of meer) gelijk aan de stijghoogte van het diepe filter (zie grafieken in bijlage 1): alle filters bevinden zich in dezelfde watervoerende (zand)laag. Om deze reden is in de dwarsprofielen hierin dan ook geen onderscheid gemaakt.

Hydro- en bodemchemisch onderzoek

Met name om af te leiden in hoeverre basenrijk (kwel)water in staat is tot in de wortelzone van de vegetatie door te dringen is in de meetraaien en op enkele aanvullende locaties ook hydro- en bodemchemisch onderzoek uitgevoerd. Daarnaast wordt aan de hand hiervan gelijk inzicht geboden in voedselrijkdom en verdere chemie van het grondwater en de bodem. In combinatie hiermee is buiten de raaien ook bodemchemisch onderzoek uitgevoerd voor het afleiden van de uitbreidingsmogelijkheden van de grondwaterafhankelijke habitattypen en de mogelijkheden voor behoud / herstel van de stroomdalgraslanden.

Het hydro- en bodemchemisch is uitgevoerd door B-WARE en hiervan is ook een afzonderlijk rapport opgesteld (zie bijlage 4). Om een goede aansluiting op de LESA te garanderen is door Bell Hullenaar het bemonsteringsplan opgesteld voor het hydro- en bodemchemisch onderzoek in de lage delen met grondwaterafhankelijke vegetaties en zijn de belangrijkste resultaten hiervan geïntegreerd in de LESA, namelijk bij de behandeling van de ecohydrologische dwarsprofielen in paragraaf 4.3 en voor de laag gelegen buiten de raaien in paragraaf 4.4. Het bodemchemisch onderzoek voor de stroomdalgraslanden in de hoge delen is zelfstandig door B-WARE uitgevoerd en (om herhaling te voorkomen) wordt voor de resultaten hiervan verwezen naar het rapport van B-WARE in bijlage 4.

4.2 Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem

(zie figuur 4.1: oppervlaktewatersysteemkaart)

4.2.1 Stelsel van de hogere zandgronden

Van (noord)oost naar west zijn ter plaatse van de hogere zandgronden de volgende sloten aanwezig:

- Aan de noordoostzijde, net buiten het projectgebied, ligt langs een akker een diepe afvoersloot die rechtstreeks afwatert op de Vecht en waarlangs (via een bosgebied) de afwatering plaatsvindt van de (buiten het kaartbeeld vallende) landbouwgronden en de bebouwing in / rond Junne. Aan de oostzijde van de akker ligt ook een greppel die afwatert op deze afvoersloot. Deze greppel begint op de grens van het projectgebied.
- Afvoersloot bosgebied De Heetdelle. De sloot watert af op één van de geulen in het Vechtdal. De sloot was op 11-2-2019 geheel droog gevallen. Via een duiker onder het (wandelpad) watert de sloot af op de geul. De duiker (ofwel drempel Dr8) is verzand tot op een hoogte van 4,83 mNAP (bok = 4,71 mNAP). Zowel bij de inventarisatie (op 11-2-2019) als bij de inmeting (18-3-2019) lag deze sloot volledig droog. Via deze sloot treedt in de huidige situatie dus hooguit in zeer natte winterperioden waterafvoer op.
- Afvoerstelsel van het landbouw- en bos(bouw)gebied van de Buntenvlakte. Het stelsel bestaat behalve uit een diepe hoofdafvoersloot ook uit een aantal zijgreppels / zijsloten, onder meer langs de Junnerweg en de Beerzerweg. Het stelsel begint al ten zuiden van de spoorbaan: via een duiker onder de spoorbaan watert ook het zuidelijke gebied af op de hoofdafvoersloot. Op 11-2-2019 bevond zich hooguit een klein beetje water onderin de hoofdafvoersloot maar er trad, met uitzondering van het meest benedenstrooms gelegen (ofwel direct bovenstrooms van de monding van de sloot in de oude rivierloop) deel, geen afvoer op. In het meest benedenstroomse deel was over een afstand van circa 50 meter sprake van een zeer lichte afvoer en hier zijn ter plaatse van de slootbodem ook kwelverschijnselen (roestvorming) waargenomen. Bij de inmeting op 19-3-2019 trad er wel afvoer op. Het stelsel is dus wel duidelijk in functie.
- Restanten van een greppelstelsel en een afvoersloot hiervan in het bosgebied ten zuiden van het Arriër Koeland. Het stelsel is sterk opgevuld met bladafval, de duiker onder het wandelpad aan de zuidzijde is voor 95% verstopt met bladafval en ter plaatse van het wandelpad aan de noordzijde is de loop volledig geblokkeerd door een dam. Zowel bij de inventarisatie op 11-2-2019 als bij de inmeting op 19-3-2019 lag het stelsel volledig droog. Het stelsel heeft in de huidige situatie dus geen duidelijke drainerende werking. Er kan hooguit in zeer natte winterperioden sprake zijn van een licht drainerende werking.
- Langs het grasland in de zuidwesthoek van het projectgebied is een randsloot aanwezig. Deze sloot watert af op een geul in het bosgebied ten noordoosten van het grasland. Tijdens de inventarisatie op 11-2-2019 en zelfs op 18/19-3-2019 (na de zeer natte periode half maart) is hier geen oppervlakkige afvoer geconstateerd. De geul staat via een sterk verlande sloot op zijn beurt weer in verbinding met de oude rivierloop rond het Arriër Koeland. Het functioneren van deze sloot en de hieraan gekoppelde geul wordt behandeld in paragraaf 4.2.2.
- De randsloot van het grasland ligt deels langs de Beerzerweg. Direct ten westen van het projectgebied ligt langs de Beerzerweg een geïsoleerd slootrestant: dit restant staat namelijk vanwege de aanwezigheid van een dam (zonder duiker) ter plaatse van het toegangspad (naar het gebied van Staatsbosbeheer) niet in verbinding met de randsloot van het grasland. Elders in het bosgebied zijn nog twee zeer ondiepe, (mede vanwege de aanwezigheid van onderbrekingen) niet meer functionerende greppelrestanten aangetroffen.

4.2.2 Stelsel van het Vechtdal

In het Vechtdal is behalve de oude rivierloop rond het Arriër Koeland ook een aantal andere geulen aanwezig. Deze geulen vormen de restanten van nog veel oudere rivierlopen. Behalve de oude rivierloop rond het Arriër Koeland zijn ook een aantal van deze andere geulen geïntegreerd in het oppervlaktewatersysteem. Eerst wordt de oude rivierloop behandeld, hierna wordt ingegaan op de overige geulen.

Oude rivierloop

De oude rivierloop rond het Arriër Koeland kan worden onderverdeeld in drie trajecten: een oostelijk gelegen bovenstroomse traject, een zuidelijk gelegen middendeel en een westelijk gelegen benedenstrooms traject.

De drie trajecten van de oude rivierloop functioneren als volgt:

- Het oostelijke deel staat via een duiker onder het toegangspad naar het Arriër Koeland en een kort loopje in verbinding met het zuidelijke deel. De duiker functioneert als een drempel in het afvoerstelsel (= drempel Dr3 / b.o.k = 3,72 mNAP / afvoerniveau in de winter 3,90 mNAP). De oude rivierloop eindigt abrupt, wat erop wijst dat het verder noordelijk gelegen deel is gedempt. In dit gedempte deel is een slootje aanwezig met ter plaatse van het noordelijke uiteinde hiervan een poel. De poel en het slootje staan in open verbinding met het oostelijke deel van de oude rivierloop.
- Het (zuidelijk gelegen) middendeel staat via een natuurlijke houtdrempel (= drempel Dr2) in de loop in verbinding met het westelijke, benedenstrooms deel. De houtdrempel is ontstaan doordat hier stammen / takken in de sterk verlande oude rivierloop zijn gevallen. Over de houtdrempel heen is een klein (beekachtig) stroompje aanwezig. Het drempelniveau van de houtdam bedraagt 3,41 mNAP en het afvoerniveau in de winter bedraagt 3,5 mNAP. In het traject direct bovenstrooms loopt het afvoerniveau over een afstand van circa 150 meter geleidelijk op naar 3,7 mNAP. Hiervandaan loopt het afvoerniveau verder op naar 3,8 mNAP in het gedeelte benedenstrooms van de duiker en het verbindingssloopje met het oostelijke deel.
- Het benedenstroomse deel van de oude rivierloop staat via een verbindingssloop in contact met de Vecht. Het bodemniveau van de verbindingssloop loopt af van 2,79 naar 2,56 mNAP. Het drempelniveau van het benedenstroomse deel van de oude rivierloop (= drempel Dr1) bedraagt zodoende 2,79 mNAP. Op 19-3-2019 lag het afvoerniveau op 3,36 mNAP: de waterstand was op dat moment nog hoog vanwege de passage van een afvoerpiek in de Vecht in de voorafgaande periode. Op basis van het waterstandsverloop van meetpunt AKR5 (zie grafiek in bijlage 1) volgt dat onder normale omstandigheden het afvoerniveau in het winterhalfjaar op 2,95 tot 3,0 mNAP ligt en in het zomerhalfjaar op circa 2,9 mNAP: het gemiddelde afvoerniveau ligt dus op circa 2,95 mNAP. Het waterpeil zakt nooit onder het niveau van de afvoerdrempel, wat dus betekent dat hier (met uitzondering van situaties met afvoerpieken in de Vecht) permanent afvoer optreedt, ook in droge zomersituaties. Ook bij het oriënterende veldbezoek op 26-10-2018 met de projectgroep, dus na afloop van de extreem droge zomer van 2018, is hier afvoer geconstateerd. Dit betekent dus dat bij normale winter- en zomersituaties water vanuit het benedenstroomse deel van de oude rivierloop tot op zeer laag niveau wordt afgevoerd naar de Vecht.

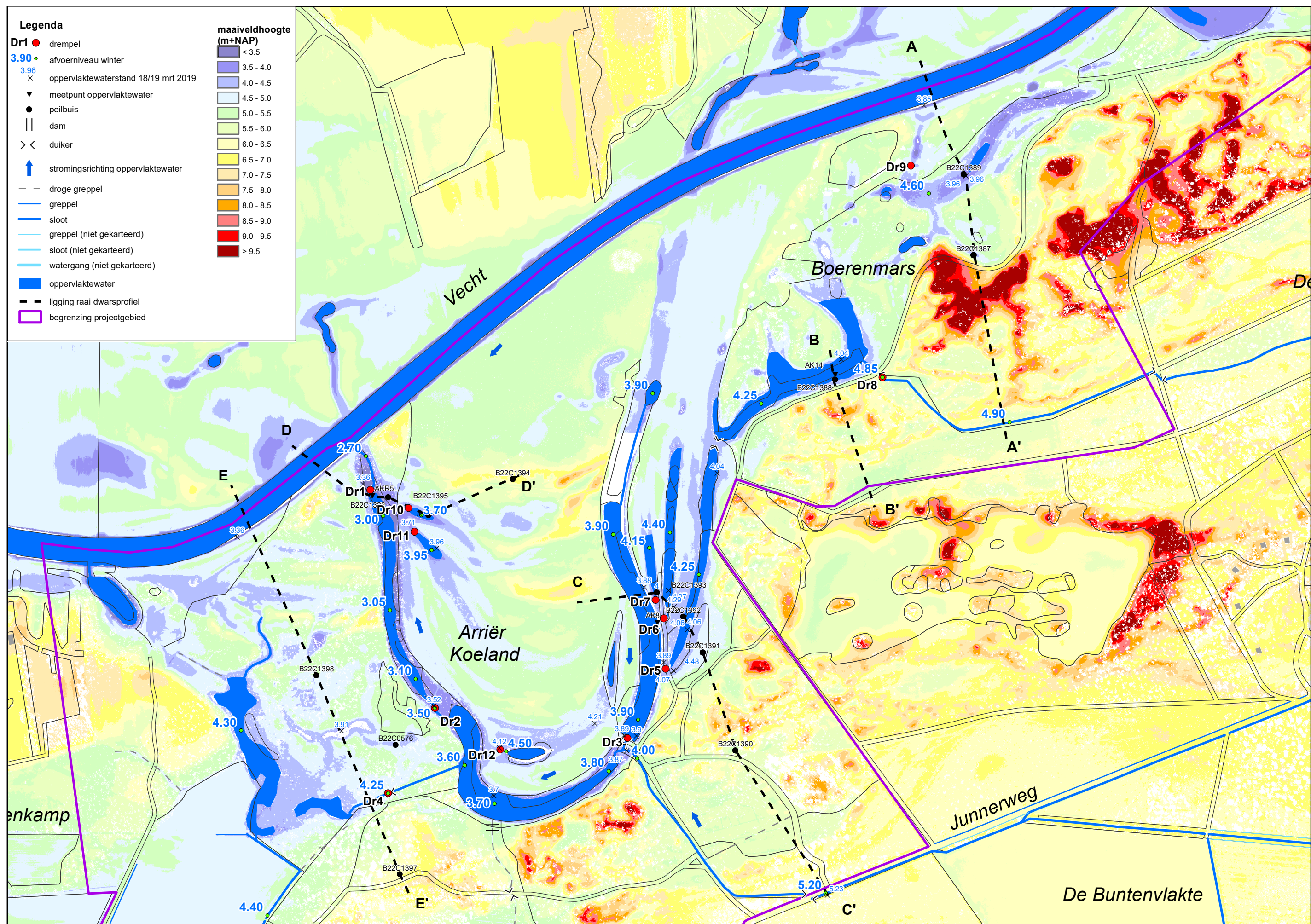
Tijdens de afvoerpiek in de dagen voor de inmeting stroomde Vechtwater het benedenstroomse deel van de oude rivierloop in. Vanwege het niveauverschil met het middendeel en de tegendruk van het afstromende gebiedseigen water kon het Vechtwater het middendeel van de oude rivierloop (en dus ook het oostelijke deel) echter niet bereiken: op 17-3-2019 was ter plaatse van drempel Dr2 nog altijd sprake van een afvoersituatie.

Geulen

- Op het bovenstroomse, oostelijke deel van de oude rivierloop wateren drie zijgeulen af. Nabij de mondingen van deze zijgeulen in de oude rivierloop (ofwel ter plaatse van het toegangspad naar de schraallanden) bevinden zich gronddrempels in de geulen, met van oost naar west:
 - Drempel Dr5, met hoogte 4,24 mNAP / afvoerniveau afgerond 4,25 mNAP.
 - Drempel Dr6, met hoogte 4,41 mNAP / afvoerniveau afgerond 4,4 mNAP.
 - Drempel Dr7, met hoogte 4,12 mNAP / afvoerniveau afgerond 4,15 mNAP.
- Bij de inmeting van het stelsel op 18-3-2019 lagen de oppervlaktewaterpeilen in de geulen onder de niveaus van deze drempels (op respectievelijk 4,06, 4,07 en 4,00 mNAP): er trad dus geen oppervlakkige afvoer op. Ook op 11-2-2019 is hier geen afvoer geconstateerd.
- De oostelijke geul staat via een duiker (met b.o.k. 3,70 mNAP) in verbinding met een verder noordoostelijk gelegen geul in het bosgebied van Boerenmars. Ter plaatse van deze duiker is op 11-2-2019 een zeer lichte afvoer in noordelijke richting geconstateerd en op 18-3-2019 was het oppervlaktewaterpeil in het noordoostelijke deel net iets lager dan in het zuidoostelijke deel. Ofwel: vanuit de oostelijke geul vindt waterafvoer plaats naar de noordoostelijke geul. Deze afstroming wijst erop dat vanuit de noordoostelijke geul water infiltrert naar de zandondergrond vanwege de nabijheid van de sterk drainerende Vecht.
- Verder naar het noordoosten liggen nog twee geïsoleerd gelegen geulen. Tussen deze geulen en de Vecht liggen hoge (natuurlijke) gronddrempels. De hoogte van de drempel van de westelijke geïsoleerde geul (Dr9) bedraagt 4,60 mNAP (terwijl in de geul op 18-3-2019 een oppervlaktewaterstand van 3,96 mNAP is gemeten). De hoogte van de drempel van de oostelijke geïsoleerde laagte is niet ingemeten, maar uit de AHN-hoogtekaart is af te leiden dat de hoogte van de drempel hier ook op circa 4,6 mNAP ligt. Ofwel: vanuit deze geïsoleerd gelegen geulen treedt alleen na incidentele overstroming met Vechtwater oppervlakkige afvoer op.
- Via een verbindingssloot watert vanuit het westen een brede geul af op de oude rivierloop rond het Arriër Koeland. Op de plek waar een wandelpad de sloot kruist ligt een duiker (= drempel Dr4). Deze duiker is tot op een niveau van 4,23 mNAP verland (b.o.k. = 4,09 mNAP). Zowel bij de inventarisatie op 11-2-2019 als bij de inmeting op 19-3-2019 lag deze verlande sloot geheel droog. Dus ook via deze sloot vindt in de huidige situatie meestal geen afvoer plaats (hooguit in zeer natte winterperioden). Het benedenstroomse deel van de verbindingssloot doorsnijdt een rug en is hier maar liefst 1,8 meter diep, maar stond bij de inventarisatie op 11-2-2019 toch geheel droog. De sloot wordt al lange tijd niet meer onderhouden: er ligt veel bladafval in de loop en in het benedenstrooms deel liggen ook veel takken en zelfs boomstammen.
- Verder liggen er ook binnen het Arriër Koeland nog twee geulens: een geul in het zuidelijke deel en een vertakte geul in het noordwestelijke deel.

Tabel 4.1 Belangrijkste afvoerdrempels oppervlaktewatersysteem
Arriër Koeland – Boerenmars

Drempel nummer	soort drempel	hoogte	waterstand 18/19-3-2019	afvoerniveau winter (afgerond)	afvoerniveau zomer (afgerond)	opmerkingen
		(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	(mNAP)	
1	slootbodem	2,79	3,36	3,00	2,90	bovenstroomse deel verbindingssloot
2	boomstammen	3,41	3,52	3,50	3,40	natuurlijke houtdrempel
3	duiker	3,72	3,89	3,90	3,80	
4	verlande duiker	4,23	droog	4,25	4,25	b.o.k. = 4,09 mNAP
5	toegangspad	4,24	4,07	4,25	4,25	
6	toegangspad	4,41	4,07	4,40	4,40	
7	laagste deel wal	4,12	4,00	4,15	4,15	
8	verzande duiker	4,83	droog	4,85	4,85	b.o.k. = 4,71 mNAP
9	natuurlijke drempel	4,60	3,96	4,60	4,60	
10	natuurlijke drempel	3,71	3,71	3,70	3,70	
11	natuurlijke drempel	3,96	3,96	3,95	3,95	
12	natuurlijke drempel	4,52	4,12	4,50	4,50	



4.3 Resultaten onderzoek ecohydrologische dwarsprofielen

4.3.1 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

(zie figuur 4.2)

Dwarsprofiel A-A' betreft een dwarsdoorsnede van het geulenstelsel in het middendeel van deelgebied Boerenmars. In het dwarsprofiel zijn twee geulen opgenomen: een noordelijk gelegen hoofdgeul en een zuidelijk gelegen zijgeul (zie kaart oppervlaktewatersysteem, figuur 4.1). In de noordelijke geul (met peilbuis B22C1389) is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. In deze geul is (ter plaatse van B22C1389) een veenlaag van 55 cm aangetroffen. In de zuidelijke geul (waar peilbuis B22C1387 staat) is een veenlaag van 80 cm aangetroffen met hierboven een kleilaagje van 15 cm en aan de oppervlakte een laagje zand van 20 cm. Zowel ter plaatse van B22C1387 als B22C1389 is in de ondergrond matig grof zand aanwezig. Bij de ondiepe boringen elders in het profiel is voornamelijk matig fijn zand aangetroffen. Ter plaatse van Bo22 ligt op een diepte van 85 tot 165 cm een laag sterk kleiig zand.

Op het moment van de detailmetingen (18-3-2019) was de waterstand van de Vecht vanwege de passage van een afvoerpiek in de voorafgaande periode (half maart 2019) nog behoorlijk hoog. Bij normale waterstanden (tussen 0,25Q-peil en 1/00Q-peil) heeft de Vecht echter een sterk drainerende werking op het grondwater, niet alleen in de winter maar ook in de zomer. Dit veroorzaakt sterke verdroging van (met name) het Vechtdal en dus ook het hierin aanwezige geulenstelsel. In natte wintersituaties heeft ook de sloot in het bosgebied van de aangrenzende hoger gelegen pleistocene zandgronden een drainerende werking. Dit reduceert de grondwatervoeding van het Vechtdal en de hierin aanwezige geulen. Verder leidt de aanwezigheid van het naaldbos in het voedingsgebied vanwege het grote verdampingsverlies (ten opzichte van heide / stuifzand) tot een verminderde grondwateraanvulling en ook dit veroorzaakt een reductie van de grondwatervoeding van het Vechtdal.

Het drempelniveau van de geul bedraagt 4,6 mNAP (zie figuur 4.1). Bij de afvoerpiek in januari 2018 loopt de waterstand in het geulenstelsel op tot ruim 4,8 mNAP (zie grafieken van B22C1387 en B22C1389): het geulenstelsel is toen dus overstroomd met Vechtwater. Uit de inundatiekaartjes van figuur 2.8 volgt dat inundatie van dit deelsysteem gemiddeld circa 2 dagen per jaar optreedt. Na de passage van de piek wordt het Vechtwater een tijdje achter de drempel in het geulenstelsel vastgehouden, maar vanwege de sterk drainerende werking van de Vecht en de goede doorlatendheid van de zandbodem zakt het waterpeil vervolgens wel weer snel weg.

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek (= B-WARE locatie 256) volgt dat de toplaag van de bodem goed gebufferd is ($\text{Ca-t} = 42 \text{ mmol/l}$ en $\text{Ca-z} = 17500 \text{ } \mu\text{mol/l}$) en is verrijkt met fosfaat (Olsen-P $1728 \text{ } \mu\text{mol/l}$). Zowel het bemonsterde poriewater (op 25 en 75 cm -mv) als het bemonsterde grondwater van B22C1389 is ionenarm (EGV rond de $150 \text{ } \mu\text{S/cm}$) en slechts (zeer) zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 à 0,4 meq/l). Dit wijst erop dat aanrijking van bufferstoffen van de toplaag van de bodem hier plaatsvindt middels de periodieke overstroming met sterk gebufferd Vechtwater (alkaliniteit = 2,7 meq/l) en niet vanuit het grondwater.

In samenhang met het af en toe overstroomd van het geulenstelsel, de sterk drainerende werking van de Vecht en de verminderde aanvoer vanuit het voedingsgebied is in het geulenstelsel een behoorlijk sterke waterstandsdynamiek aanwezig, met in natte winterperioden waterstanden hoog boven maaiveld (B22C1389: GHG 47 cm +mv) en een in de zomer droogvallende veenbodem (B22C1389: GLG 39 cm -mv). De GLG valt hiermee wel binnen de minimumeis die voor het habitatype H91E0C / vegetatietype Elzenzegge-Elzenbroek geldt (namelijk < 50 cm -mv): er is ten aanzien hiervan dus geen doelgat (zie

figuur 3.5 en tabel 3.5). De toch wel behoorlijk natte omstandigheden die hier ondanks de sterk drainerende werking van de Vecht aanwezig zijn, zijn te danken aan de grote diepte van de geul. Desalniettemin ligt de GLG hier wel veel verder beneden maaiveld als ter plaatse van het veel beter ontwikkelde Elzenbroekbos met peilbuis B22C1393 in raai C-C' (GLG van slechts 6 cm -mv) en zijn de omstandigheden hier ook veel droger dan in het goed ontwikkelde Elzenbroekbos in het middendeel van de afgesneden meander (waar geen peilbuis staat). De peilbuis staat ook in het diepste deel van de geul. Dus randen de randen van de geul zakt de grondwaterstand in de zomer een stuk verder beneden maaiveld weg.

In relatie tot deze aanzienlijke waterstandsdynamiek, met water ver boven maaiveld in de winter en de 's-zomers droogvallende veenbodem, is het centrale deel van de noordelijke geul begroeid met Wilgenbroekstruweel. Langs de hoger gelegen randen van de geul, waar het waterpeil in de winter minder ver boven maaiveld oploopt, is wel Elzenbroekbos aanwezig. Vanwege het in de zomer droogvallen van de veenlaag in de geul treedt mineralisatie van het veen op, waardoor in aanzienlijke mate voedingsstoffen vrijkomen uit de veenbodem. In combinatie hiermee treedt ook vanwege de jaarlijkse inundatie met voedselrijk Vechtwater sterke eutrofiëring op. Vanwege de hoge voedselrijkdom is de ondergroei van het Wilgen- en Elzenbroekbos zeer ruig: de kruidlaag bestaat vrijwel uitsluitend uit Grote brandnetel, met hierin incidenteel een verdwaalde Zwarte bes.

De zuidelijke geul met B22C1387 ligt wat verder van de Vecht af. Zodoende zijn de grondwaterstanden hier ten opzichte van NAP een stuk hoger (dan bij B22C1389) en is ook het fluctuatiebereik (verschil tussen GHG en GLG) iets geringer. Geholpen door de afzetting van het zanddek zijn hier met een GLG op 68 cm -mv desalniettemin toch relatief droge omstandigheden aanwezig. In de winter kan overstroming met Vechtwater plaatsvinden, maar dit gebeurt minder vaak dan in de lager gelegen noordelijke geul. Uit onderlinge vergelijking van het grondwaterstandsverloop van filter 1 en het stijghoogteverloop van filter 2 volgt dat hier in het winterhalfjaar doorgaans sprake is van infiltratie en dat er in de zomer wel vaak een kweldruk aanwezig is (zie grafiek in bijlage 1). De grondwaterstand ligt in de zomer echter te ver onder maaiveld voor voeding van de wortelzone van de vegetatie met kwelwater. Zodoende ontbreekt het habitattypen H91E0C Vochtige alluviale bossen in deze verdroogde geul en is hier gemengd bos aanwezig met hierin Zachte berk en Pijpenstrootje in de kruidlaag.

4.3.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B' (zie figuur 4.3)

Dwarsprofiel B-B' betreft een dwarsdoorsnede van de geul in het zuidwesten van deelgebied Boerenmars. In de geul is het habitattypen H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. De geul is opgevuld met veen. Peilbuis B22C1388 staat aan de rand van de geul en hier is een veenlaag van 1,05 m aangetroffen. Middenin de geul (ter plaatse van Bo24) bedraagt de veendikte 2,7 meter. Onder het veen en bij de ondiepe boringen elders in het profiel is matig fijn zand aangetroffen. Met meetpunt AK14 wordt het oppervlaktewaterstandsverloop in de geul gemeten.

De sterke verhanglijnen van de GXG-grondwaterspiegels geven aan dat ook hier de Vecht een sterk drainerende werking heeft op het grondwater. Vanwege de grotere afstand tot de Vecht is de verdrogende werking ervan hier weliswaar geringer dan in de noordelijke geul van dwarsprofiel A-A', maar wel nog altijd sterk. Uit vergelijking van het grondwaterstandsverloop van B22C1388 met het oppervlaktewaterstandverloop van AK14 volgt dat alleen periodiek lichte kwel optreedt.

Tijdens de afvoerpiek van januari 2018 liep ook in deze geul de waterstand hoog op: tot circa 4,7 mNAP (zie grafiek). Deze geul stroomt bij afvoerpieken met een Vechtstand tot 5,0 mNAP echter niet rechtstreeks over vanuit de Vecht, maar via de afgesneden meander

rond het Arriër Koeland. Vanwege de tegendruk van het gebiedseigen water dat via de afgesneden meander afstroomt kan het Vechtwater zelf deze geul dan ook niet bereiken. Het overstromingswater betreft dan dus terugstromend gebiedseigen water. Slechts incidenteel (bij pieken met een Vechtstand > 5,0 mNAP) overstroomt de geul rechtstreeks. Na afloop van een afvoerpiek stroomt de geul leeg tot op het drempelniveau van 4,3 mNAP (zie grafiek). Dit niveau komt bij benadering overeen met de GHG van B22C1388 (= 4,34 mNAP). Het water staat in de GHG-situatie ver boven maaiveld, namelijk 80 cm +mv in het centrale deel van de geul en 41 cm +mv ter plaatse van peilbuis B22C1388 (aan de rand van de geul). Ter plaatse van B22C1388 bedraagt de GLG 3,68 mNAP. In het centrale deel van de geul is onder GLG-omstandigheden nog een laagje water op maaiveld aanwezig en ter plaatse van peilbuis B22C1388 (aan de rand van de geul) ligt de GLG op 25 cm -mv. In samenhang met de sterke en langdurige inundatie in de winter en de aanzienlijke waterstandsdynamiek is in de geul voornamelijk Wilgenbroekstruweel aanwezig. Het struweel is zo dicht dat hieronder nauwelijks een kruidlaag aanwezig is.

In oostelijke richting loopt het maaiveld van de geul omhoog. Vanaf de plek waar de geul in noordelijke richting afbuigt ligt het maaiveld dusdanig hoog dat hier in de winter slechts een klein laagje water op maaiveld staat. In dit deel is wel Elzenbroekbos aanwezig. Dit is ook de plek waar de bemonstering van de bodem en het poriewater heeft plaatsgevonden (= B-WARE locatie 258). Uit de analysesresultaten volgt dat de toplaag van de bodem (0-20 cm) hier slechts zwak/matig calciumhoudend is (Ca-t = 18 mmol/l en Ca-z = 8200 µmol/l) en verrijkt is met fosfaat (Olsen-P 1781 µmol/l). De dieper gelegen bemonsterde lagen (20-40 cm -mv en 70-95 cm -mv) zijn veel beter gebufferd (Ca-t 31 à 33 mmol/l en Ca-z 12500 à 15500 µmol/l) en ook veel minder fosfaatrijk (Olsen-P 676 µmol op 20-40 -mv en 142 µmol/l op 70-95 cm -mv). Het grondwater van B22C1388 is slechts zeer zwak gebufferd (alkaliniteit = 0,1 meq/l) en dat geldt ook voor het ondiepe poriewater (20 cm -mv: alkaliniteit = 0,3 meq/l / pH van slecht 4,9). Het poriewater op 75 cm -mv heeft wel een wat hogere alkaliniteit (0,7 meq/l / pH = 5,7). Deze resultaten wijzen erop dat er hier geen aanrijking van bufferstoffen optreedt vanuit het grondwater en ook niet vanuit het oppervlaktewater.

Bij de inventarisatie van het oppervlaktewatersysteem (op 11-2-2019 en 18/19-2-2019) is geconstateerd dat via een duiker water vanuit de oostelijke geul van de oostelijke schraallanden naar de geul met peilbuis B22C1388 stroomt. Deze stroming treedt op vanwege de infiltratie van water vanuit de geul met peilbuis B22C1388 naar de zandondergrond vanwege de nabijheid van de sterk drainerende Vecht. Gezien de aanwezigheid van de hoge drempel tussen de oostelijke geul en de afgesneden meander (waardoor dus bijna nooit oppervlakkige afvoer optreedt in zuidwestelijke richting) treedt de stroming in noordoostelijke richting naar de geul met peilbuis B22C1388 meer in zijn algemeenheid op in winter- en (vroeg) voorjaarsperioden. Aan weerszijden van de duiker worden beide geulen vanuit het westen gevoed met lokaal grondwater dat afkomstig is vanuit de aangrenzende delen van de bemeste graslanden van landgoed Junne. Dus (ook) op deze wijze belanden nutriënten in het water waarmee de geul wordt gevoed.

In het Elzenbroekbos is wel een kruidlaag aanwezig, maar deze bestaat vooral uit meer algemene soorten zoals Gele lis, Rietgras en Zompzegge. Anders dan in de noordelijke geul van dwarsprofiel A-A' wordt de kruidlaag hier echter niet gedomineerd door Grote brandnetel. Dus de ontwikkeling van het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen is in deze geul weliswaar minder slecht dan in de noordelijke geul van dwarsprofiel A-A', maar nog altijd heel matig. De sterke eutrofiëring onder invloed van verdroging en de regelmatige inundatie met Vechtwater ontbreekt hier, maar vanwege de instroming van eutroof water vanuit de bemeste graslandpercelen aan de westzijde, het ontbreken van voeding met gebufferd kwelwater en de aanzienlijke (grond)waterstandsdynamiek zijn hier geen kritische grondwaterafhankelijke soorten aanwezig.

4.3.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'

(zie figuur 4.4)

De raai van dwarsprofiel C-C' loopt vanaf de hogere zandgronden via (het geulenstelsel van) de oostelijke schraallanden en de afgesneden meander naar het oostelijke deel van het Arriër Koeland. Ter plaatse van de oostelijke schraallanden loopt de raai via het zuidoostelijk schraalland (met Bo16) en het centraal gelegen schraalland (met Bo18). Het noordwestelijke perceel ontbreekt in het dwarsprofiel. Ook de geul tussen het zuidoostelijke schraalland en het centraal gelegen schraalland is in het dwarsprofiel opgenomen (= geul met Bo17). Ten westen van het centraal gelegen schraalland loopt de raai van het dwarsprofiel via het benedenstroomse deel van de twee overige geulen die in dit deelgebied aanwezig zijn en die hier uitmonden in de afgesneden meander (zie figuur 4.1). De geulen (met Bo27 en B22C1393) vormen hier een aaneengesloten geheel en ze sluiten op hun beurt ook weer aan op de afgesneden meander. Tussen beide geulen onderling en ook tussen de meest westelijke geul en de afgesneden meander zijn echter wel walletjes aanwezig.

In het zuidoostelijke schraalland zijn de habitattypen H6410 Blauwgraslanden / H6230 Heischrale graslanden aanwezig. Op de zuidoostgrens van dit perceel staat B22C1391. Langs de zuidoostrand van het centrale perceel ligt op de overgang naar de geul een zone met habitatype H7140 Trilvenen en hier bevindt peilbuis B22C1392 zich. Langs de noordwestgrens van dit perceel ligt op de overgang naar de geul een zone met het habitatype H6430A Ruigten en zomen met Moerasspirea. De zone met habitatype H6430A valt echter net buiten het dwarsprofiel. In de aaneengesloten geulen die grenzen aan de afgesneden meander is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig (met hierin B22C1393).

Ter plaatse van het zuidoostelijke schraalland bestaat niet alleen de ondergrond maar ook de toplaag van de bodem uit matig fijn zand. In het centrale perceel is een zandbodem met een kleidek van 35 cm aanwezig. In de geulen ligt een veenlaag aan de oppervlakte met hieronder een kleilaag. In de ondergrond is op alle drie de locaties met diepe filters voornamelijk matig grof zand aangetroffen. Nabij de einddiepte van de boringen is dit zand bovendien zwak grindig. Ter plaatse van B22C1392 bestaat de diepst aangeboorde laag (op -2,5 tot -3,0 mNAP) zelfs uit zeer grof en sterk grindig zand

In de afgesneden meander is een dikke organisch sliblaag aanwezig met hieronder een zandbodem. Deze zandbodem vormt het bodemniveau van de natuurlijke rivier van voor de kanalisatie in 1907 en ligt op 2,8 mNAP. In de huidige situatie ligt de bodem van de Vecht ter hoogte van het Arriër Koeland op circa 0,5 mNAP. Dit betekent dat de huidige loop circa 2,3 meter dieper is dan de natuurlijke loop van rond 1900. Vanwege de stuwing van de rivier wil dit niet zeggen dat ook het afvoerniveau in dezelfde mate is gedaald. Indien aangenomen wordt dat in de natuurlijke rivierloop het waterpeil (althans in de winter) aan / nabij het maaiveldniveau van de schraallanden lag, dan kan uit vergelijking met dwarsprofiel D-D' worden afgeleid dat het peil van de Vecht nu circa 1 meter lager is dan in de natuurlijke situatie van rond 1900.

Bij de afvoerpiek van begin januari 2018 loopt de waterstand in de oostelijke schraallanden op tot circa 4,75 mNAP (zie grafieken AK8, B22C1391 en B22C1392). Dit betekent dat de schraallanden toen geïnundeerd waren. Ook de oostelijke schraallanden overstroomden bij afvoerpieken met Vechtstand < 5,0 mNAP echter niet rechtstreeks vanuit de Vecht, maar via de afgesneden meander rond het Arriër Koeland. Vanwege de tegendruk van het gebiedseigen water dat via de afgesneden meander afstroomt kan het Vechtwater zelf de schraallanden dan waarschijnlijk niet bereiken. Het overstromingswater betreft dan dus terugstromend gebiedseigen water. Slechts incidenteel (bij pieken met een Vechtstand > 5,0 mNAP) overstroomden de schraallanden wel rechtstreeks.

Vanaf de hogere zandgronden (waar peilbuis B22C1390 staat en boring Bo30 is uitgevoerd) wordt het Vechtdal gevoed met grondwater en onder invloed hiervan treedt (ondanks de drainerende werking van de Vecht) in het geulenstelsel en de afgesneden meander lichte kwel op. Zo is ter plaatse van B22C1392 op 18-3-2019 een overdruk van 11 cm gemeten van het ondiepe filter 1 ten opzichte van de oppervlaktewaterstand in de geul. Het diepe filter 2 had op 18-3-2019 slechts een overdruk van 1 cm ten opzichte van het ondiepe filter. De relatief sterke overdruk nabij de oppervlakte wordt veroorzaakt door de weerstandsbiedende werking van de keilaag. Omdat tussen filter 1 en 2 praktisch geen weerstand aanwezig is, is de grondwaterstand van filter 1 vrijwel gelijk aan die van filter 2. De kwelsituatie die hier aanwezig is, is overigens niet af te leiden uit de beschikbare meetreeksen van de peilbuisreeksen. Dit komt in de eerste plaats doordat de oppervlaktewaterstandsverloop hier niet wordt waargenomen. In de tweede plaats zijn er kleine onjuistheden in de referentiehoogten van de peilbuizen geconstateerd, waardoor het in de niet gecorrigeerde grafiek lijkt alsof hier (vanaf filter 1 naar filter 2) infiltratie optreedt. Maar zelfs als hiervoor wordt gecorrigeerd, dan lijkt vanaf begin 2018 toch infiltratie op te treden. Dit wijst erop dat er (dan) ook een kleine afwijking is vanwege de automatische registratie met dataloggers.

Heischraal grasland / blauwgrasland met peilbuis B22C1391

Ter plaatse van B22C1391 heeft het ondiepe grondwater (filter 1) permanent een lichte overdruk ten opzichte van het diepere grondwater (filter 2). Ook op 18-3-2019 is een lichte overdruk (van 2 cm) gemeten van het ondiepe filter ten opzichte van het diepe filter. Dit wijst erop dat hier infiltratie optreedt. In combinatie hiermee is er ook een verhang in grondwaterspiegel aanwezig in noordwestelijke richting, naar de geulen en de afgesneden meander. Dit betekent dat hier ook een ondiepe, laterale grondwaterstroming optreedt. Onder invloed hiervan is langs de zuidoostrand van het schraalland een zone Gagelstruweel aanwezig. In samenhang met de laterale grondwatervoeding vanaf de hogere zandgronden en ondanks het optreden van infiltratie is ook hier sprake van een gedempt grondwaterstandsverloop (GHG 10 cm -mv, GVG 23 cm -mv en GLG 52 cm -mv). Er is zodoende geen GXG-doelgat voor het habitatype H6230 Heischraal graslanden / vegetatietype Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (zie figuur 3.4, figuur 3.5 en tabel 3.5).

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek nabij peilbuis B22C1391 (= B-WARE locatie 261) volgt dat de toplaag van de bodem ijzerhoudend en zwak calciumhoudend is (Fe-t = 105 mmol/l, Ca-t = 10 mmol/l en Ca-z = 7900 µmol/l). De toplaag is beperkt fosfaatrijk (Olsen-P = 980 µmol/l). Onder invloed van de (zwak) zure en niet al te voedselrijke omstandigheden is hier een zuur blauwgrasland / vochtig heischraal grasland aanwezig, met hierin vooral soorten als Blauwe zegge, Sterzegge, Zwarte zegge, Veldrus en Moerasviooltje. In de vegetatie zijn echter ook Bergnachtorchis en Grote pimpernel aanwezig en deze soorten wijzen een basenrijker verleden.

Aangezien niet alleen het ondiepe maar ook het diepe bemonsterde grondwater van B22C1391 slechts zeer zwak gebufferd is (ondiepe filter: alkaliniteit = 0,1 meq/l en diepe filter alkaliniteit = 0,3 meq/l) is het onwaarschijnlijk dat de basenrijkere omstandigheden hier in de vroegere situatie aanwezig waren tot stand kwamen onder invloed van voeding met gebufferd kwelwater. Bovendien ligt dit schraalland op een plek waar ook in het verleden (toen de Vecht nog als natuurlijke rivier aanwezig was) waarschijnlijk geen duidelijke kwel optrad. In het verleden kon wel buffering van de bodem plaatsvinden door de frequente overstroming met sterk gebufferd Vechtwater. Dus de verzuring van de vegetatie hangt waarschijnlijk vooral samen met de afname van de overstromingsinvloed van de Vecht door de verdieping en de verplaatsing van de rivierloop. In combinatie hiermee heeft waarschijnlijk ook (verdere) verzuring plaatsgevonden als gevolg van verzuring van het lateraal toestromende grondwater vanuit het voedingsgebied, vanwege een verhoogde depositie van verzurende stoffen vanuit de lucht. De invang hiervan is door de verbossing van het intrekgebied ook versterkt. Ondanks de verzuring en dankzij de vrij

schrale bodem hebben Bergnachtorchis en Grote pimpernel zich hier als relictten vanuit een meer basenrijk verleden (nog) weten te handhaven.

Trilveen met peilbuis B22C1392

Onder invloed van de kwel zijn ter plaatse van B22C1392 zeer natte omstandigheden aanwezig. Op basis van de meetreeks van het ondiepe filter van peilbuis B22C1392 (ofwel filter 1) ligt GHG op 30 cm boven maaiveld, ligt GVG 18 cm boven maaiveld en ligt de GLG slechts 8 cm beneden maaiveld. Uit de al eerder beschreven resultaten van het veldonderzoek volgt echter dat ter plaatse peilbuis B22C1392 niet alleen de stijghoogte van het diepe filter (ofwel filter 2) maar ook de grondwaterstand zoals gemeten in het ondiepe filter (ofwel filter 1) op een hoger niveau ligt dan de oppervlaktewaterstand zoals gemeten naast de peilbuis, terwijl het verloop van de oppervlaktewaterstand hier (in ieder geval in de perioden dat het de waterstand boven maaiveld ligt) bepalend is voor het ecohydrologisch functioneren. Op het moment van de uitvoering van de veldmetingen (18-3-2019) bedroeg het peilverschil tussen de oppervlaktewaterstand en de grondwaterstand van het ondiepe filter 11 cm. Dit verschil heeft te maken met de aanwezigheid van een kleilaag aan de oppervlakte en de overdruk van het grondwater onder de kleilaag ten opzichte van het oppervlaktewater. Dus indien hiermee rekening gehouden wordt, dan zijn de omstandigheden hier niet te nat voor trilveen, maar precies goed: er is dus geen GXG-doelgat.

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek ter plaatse van B22C1392 (= B-WARE locatie 251) volgt dat de toplaag van de bodem hier zeer ijzerrijk en zwak gebufferd is (Ca-t = 13 mmol/l en Ca-z = 8300 µmol/l). Het poriewater heeft wel behoorlijke alkaliniteit (2,0 meq/l) maar een lage calciumconcentratie (371 µmol/l). Zowel het ondiepe als diepe bemonsterde grondwater van B22C1392 is slechts zeer zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 à 0,3 meq/l) en heeft daarbij ook een zeer lage calciumconcentratie (24 à 88 µmol/l). Op grond hiervan volgt dat de buffering op deze locatie tot stand komt door reductie van ijzer(hydr)oxides in de organische toplaag en niet door aanvoer van bufferstoffen vanuit het grondwater, aangezien het grondwater nauwelijks gebufferd is. Verder is de bodem behoorlijk fosfaatrijk (Olsen-P toplaag = 1773 µmol/l). Onder permanent natte condities is het, zeker voor trilvenen, belangrijker dat de labiel-P concentratie in het poriewater laag is (< 1 µmol/l) om verzuuring te voorkomen. Deze is met 1,3 µmol/l beperkt te hoog.

Dankzij de zeer natte en zwak gebufferde omstandigheden en het maaibeheer is aan de rand van de geul het habitatype H7140A Trilvenen aanwezig. Het betreft hierbij het Type van Zompzegge en Draadrus, Vorm met Draadrus. Soorten die in deze vegetatie voorkomen behalve Draadrus en Zompzegge onder andere Waterdrieblad, Wateraardbei en Lange ereprijs. Tegelijk wijzen de hoge bedekkingen van Moerasstruisgras en Sparrig veenmos op matige ontwikkeling van het trilveen. Hieraan is waarschijnlijk vooral de te hoge fosfaatconcentratie debet. Door B-WARE is aangegeven dat voor een goede ontwikkelde trilveenvegetatie ook de calciumconcentratie van het poriewater te laag is.

Dotterbloemhooiland met B-WARE-locatie 252

Ook in het centraal gelegen schraalland (bestaande uit Dotterbloemhooiland met langs de rand hiervan ruigte H6430A Ruigten en zomen met Moerasspirea) is hydro- en bodemchemisch onderzoek uitgevoerd (B-WARE locatie 252). Op de monsterlocatie zelf staat geen peilbuis, maar op 25 meter ten zuidwesten van de locatie bevindt zich peilbuis B22C1393. Hoewel het grasland een productieve indruk maakt, zijn hier wel soorten als Veldrus, Echte koekoeksbloem, Biezeknoppen, Grote ratelaar en Lange ereprijs aanwezig. Bovendien komen met name in dit perceel Bergnachtorchis en Grote pimpernel relatief veel voor.

De monsterlocatie bevindt zich aan de rand van het grasland, nabij de geul met boorpunt Bo27. De toplaag van de bodem is ijzerrijk (Fe-t = 460 µmol/l) en matig calciumhoudend (Ca-t = 26 mmol/l en Ca-z 17000 µmol/l). De toplaag is bovendien ook matig voedselrijk (Olsen-P = 1308 µmol/l). Het ondiepe poriewater is zwak gebufferd (alkaliniteit = 0,3 meq/l). Op 75 cm is het poriewater sterker gebufferd (alkaliniteit = 1,1 meq/l). Het grondwater van peilbuis B22C1393 heeft een alkaliniteit van 1,6 meq/l. Deze dieptegradiënt in de mate van buffering geeft aan dat hier wel kwel optreedt, maar dat de kwelinvloed beperkt is, waardoor in de toplaag bijmenging met neerslagwater plaatsvindt. Mogelijk verdwijnt in de loop van de zomer onder invloed van de verdamping de neerslaginvloed, waardoor het gebufferde grondwater dan wel tot in de toplaag kan doordringen. De matige ontwikkeling van het schraalland lijkt vooral te worden veroorzaakt door de te hoge fosfaatconcentratie van de bodem.

Vochtig alluviaal bos met peilbuis B22C1393

De overdruk van de oppervlaktewaterstand in de afgesneden meander ten opzichte van de grondwaterstand gemeten in peilbuis B22C1393 bedroeg op 18-3-2019 12 cm. Ter plaatse van de peilbuis zelf is echter geen overdruk gemeten: de oppervlaktewaterstand is op 18-3-2019 exact gelijk aan de grondwaterstand. De kwel wordt hier enigszins onderdrukt door de drainerende werking van de afgesneden meander en de aanwezigheid van de wal tussen de geul met de peilbuis en de afgesneden meander, waardoor de afvoer van water vanuit de geul naar de afgesneden meander wordt geblokkeerd en hier het peil dus net iets (12 cm op 18-3-2019) hoger is dan in de afgesneden meander. Aangenomen mag worden dat dit meer in zijn algemeenheid geldt voor het winterhalfjaar. Onder invloed van het verdampings-overschot en de geringe bergingscoëfficiënt van de veenbodem ten opzichte van het open water in de afgesneden meander zakt in de loop van het zomerhalfjaar op een gegeven moment de grondwaterstand ter plaatse van B22C1393 ten opzichte van NAP dieper weg dan in de meander. Zodoende treedt in het zomerhalfjaar wel voeding met kwelwater op. Onder invloed van de kwel zijn ook hier het gehele jaar door zeer natte omstandigheden aanwezig (GHG = 27 cm +mv, GVG = 14 cm +mv en GLG = 6 cm -mv). Er is dus geen GXG-doelgat (zie figuur 3.4, figuur 3.5 en tabel 3.5).

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek ter plaatse van B22C1393 (= B-WARE locatie 259) volgt dat de venige toplaag van de bodem matig calciumhoudend (Ca-t 30-34 mmol/l en Ca-z = 12000 µmol/l) en fosfaatarm (Olsen-P = 252-578 µmol/l) is. De ammoniumconcentraties zijn zeer hoog (> 500 µmol/l). Het poriewater is zeer ijzerrijk, rijk aan ammonium en sulfaatarm. Dit duidt op reductieprocessen waarbij driewaardig ijzer wordt gereduceerd tot goed oplosbaar tweewaardig ijzer en sulfaat wordt gereduceerd tot sulfide. Bij afbraak van organisch materiaal kan ammonium vrijkomen. Zowel het ondiepe als diepe poriewater is matig gebufferd (alkaliniteit van 2 à 2,1 meq/l) en dat geldt ook voor het grondwater van B22C1393 (alkaliniteit = 1,6 meq/l). De sterkere mate van buffering van het poriewater ten opzichte van het grondwater kan worden verklaard door de periodieke overstroming met sterker gebufferd water vanuit de afgesneden meander (= monsterpunt OW105: alkaliniteit 2,4 meq/l). In relatie tot de natte en gebufferde omstandigheden is hier een redelijk goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig, met in de kruidlaag Bosbies, maar (vanwege de hoge ammoniumconcentratie) ook veel Liesgras.

4.3.4 Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'

(zie figuur 4.5)

De raai van dwarsprofiel D-D' loopt vanaf het noordwestelijke deel van het Arriër Koeland, via het benedenstroomse uiteinde van de afgesneden meander naar de Vecht. In de afgesneden meander is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig. In het profiel is ook een geul opgenomen van het vertakte geulensysteem in het noordwesten van het Arriër Koeland. In deze geul is echter geen habitatype aanwezig.

In de geul is aan de oppervlakte een kleilaag aangetroffen. In het centrale deel van de geul (Bo13) is de kleilaag 120 cm dik. Peilbuis B22C1395 staat aan de rand van de geul, en hier is de kleilaag 40 cm dik. Ter plaatse van peilbuis B22C1396, die in de oeverzone van de afgesneden meander staat, en waar (een rompgemeenschap van) Elzenbroekbos aanwezig is, is een humeuze zandbodem aanwezig. Bij de ondiepe boringen buiten de geulen en de afgesneden meander is vooral matig fijn zand aangetroffen. Uit de boorbeschrijving van het diepe filter van B22C1395 volgt dat hier op een diepte van 2 tot 3 m -mv een laag zeer grof zand aanwezig is met hieronder tot op de einddiepte van de boring matig grof zand. Ter plaatse van B22C1394 is vanaf 6,2 tot 7,2 m -mv een laag sterk siltig, zeer fijn zand aanwezig, met zowel hieronder als hierboven voornamelijk matig grof zand.

In de afgesneden meander is een veenlaag van 40 cm aanwezig met hieronder een kleilaag van 5 cm. Deze zone is vooral begroeid met Wilgenstruweel. Hierin ligt een loopje waarlangs de afwatering van de afgesneden meander naar de Vecht plaatsvindt. Zelfs op 26-10-2018 (tijdens het oriënterende veldbezoek met de projectgroep) vond hier oppervlakkige afvoer plaats, terwijl de (grond)waterstanden zich toen na afloop van de extreem droge zomer van 2018 nog altijd op een extreem laag niveau bevonden. Dit betekent dat hier dus altijd, dus ook onder GLG-omstandigheden afvoer optreedt. Dus de afgesneden meander wordt het gehele jaar door in sterke mate gevoed met kwelwater.

In dit deelgebied heeft niet alleen de Vecht maar ook de afgesneden meander een sterk drainerende werking op het grondwater. Alleen bij hoge Vechtstanden lopen de grondwaterstanden hier kortstondig hoog op (B22C1396: GHG = 12 cm -mv en B1395: GHG = 6 cm +mv). Er stroomt dan ook Vechtwater de afgesneden meander en de geulen in. Al in de loop van het voorjaar zakken de grondwaterstanden snel weg (B22C1396: GVG = 50 cm -mv en B22C1395: GVG = 26 cm -mv). In de zomer zakken de grondwaterstanden nog verder weg (B22C1396: GLG = 77 cm -mv en B22C1395: GLG = 52 cm -mv). Er zijn zodoende grote GXG-doelgaten voor het Elzenbroekbos ter plaatse van peilbuis B22C1396: het GVG-doelgat bedraagt 38 cm en het GLG-doelgat bedraagt 27 cm (zie figuur 3.4, figuur 3.5 en tabel 3.5). Als gevolg van de sterk drainerende werking van de Vecht en de afgesneden meander treedt hier ook (praktisch) geen kwel op naar de geul en ook niet naar de zone met Elzenbroekbos aan de oever van de afgesneden meander.

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek ter plaatse van B22C1396 (= B-WARE locatie 300) volgt dat zowel het diepe poriewater als het grondwater van B22C1396 behoorlijk gebufferd is (alkaliniteit = 2 à 3 mmol/l). Vanwege het ontbreken van grondwatervoeding van de toplaag is het ondiep poriewater slechts zwak gebufferd (alkaliniteit = 0,8 meq/l). Dankzij de periodieke overstroming met Vechtwater is de toplaag van de bodem wel calciumrijk is (Ca-t = 117 mmol/l). Als gevolg van de verdroging treedt oxidatie op van de sterk humeuze bodem waardoor veel nutriënten vrijkomen (Olsen-P = 1718 µmol/l, nitraat zoutextract bodem = 487 µmol/l en nitraat poriewater = 889 µmol/l). Als gevolg van de eutrofiëring, en met name de nitraatrijke omstandigheden, is een zeer ruige ondergroei aanwezig met een sterke dominantie van Grote brandnetel.

4.3.5 Ecohydrologisch dwarsprofiel E-E'

(zie figuur 4.6)

De raai van dwarsprofiel E-E' loopt vanaf de hoge zandgronden (waar peilbuis B22C1397 staat) via heterogene afwisseling van ruggen en geulen in het Vechtdal (met onder andere Bo2, B22C1398 en Bo8) naar de Vecht. In het geulenstelsel is het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen aanwezig.

In de diepste geul die in het dwarsprofiel is opgenomen is een dikke veenlaag aangetroffen, met hierin een dun kleilaagje. Elders in het profiel is in de geulen een humeuze zandbodem aanwezig (met hierin soms een dun kleilaagje). Het betreft hierbij veelal matig fijn zand. Uit de boorbeschrijvingen van de diepe filters van peilbuizen B22C1397 en B22C1398 volgt in de ondergrond vanaf een diepte van circa 4 m -mv voornamelijk matig grof zand aanwezig is.

Ook in dit deelgebied wordt het grondwater in sterke mate gedraineerd door zowel de Vecht als het benedenstroomse deel van de afgesneden meander (die echter buiten het dwarsprofiel valt). Tot aan drempel Dr2 is in de afgesneden meander namelijk een laag afvoerniveau aanwezig (zie figuur 4.1). Vanwege dit gecombineerde effect liggen de grondwaterstanden in de meeste geulen zelfs in de winter onder maaiveld en zakken ze in de zomer tot ver beneden maaiveld weg. Temeer omdat peilbuis B22C1398 niet in een diepe geul staat, maar aan de rand van een ondiepe laagte (zie dwarsprofiel en hoogtekaart, figuur 2.6 of figuur 4.1), liggen de GXG's ter plaatse van de peilbuis zeer ver onder maaiveld: de GHG ligt maar liefst op 65 cm -mv, de GVG op 91 cm -mv en de GLG op 134 cm -mv. Er zijn zodoende ter plaatse van peilbuis B22C1398 zeer grote GXG-doelgaten voor het hier aanwezige Elzenbroekbos: het GVG-doelgat bedraagt 79 cm en het GLG-doelgat bedraagt 84 cm (zie figuur 3.4, figuur 3.5 en tabel 3.5).

Onder deze omstandigheden kan (met uitzondering van de diepste geul) uiteraard ook geen voeding van de geulen met kwelwater plaatsvinden. De sterke verdroging wordt hier overigens niet alleen veroorzaakt door de sterk drainerende werking van de Vecht (die wel in het dwarsprofiel is te zien) maar ook door het sterk drainerende benedenstroomse deel van de afgesneden meander (die niet in het dwarsprofiel is te zien, maar wel volgt uit de inmeting van het oppervlaktewatersysteem en de grondwatermodellering).

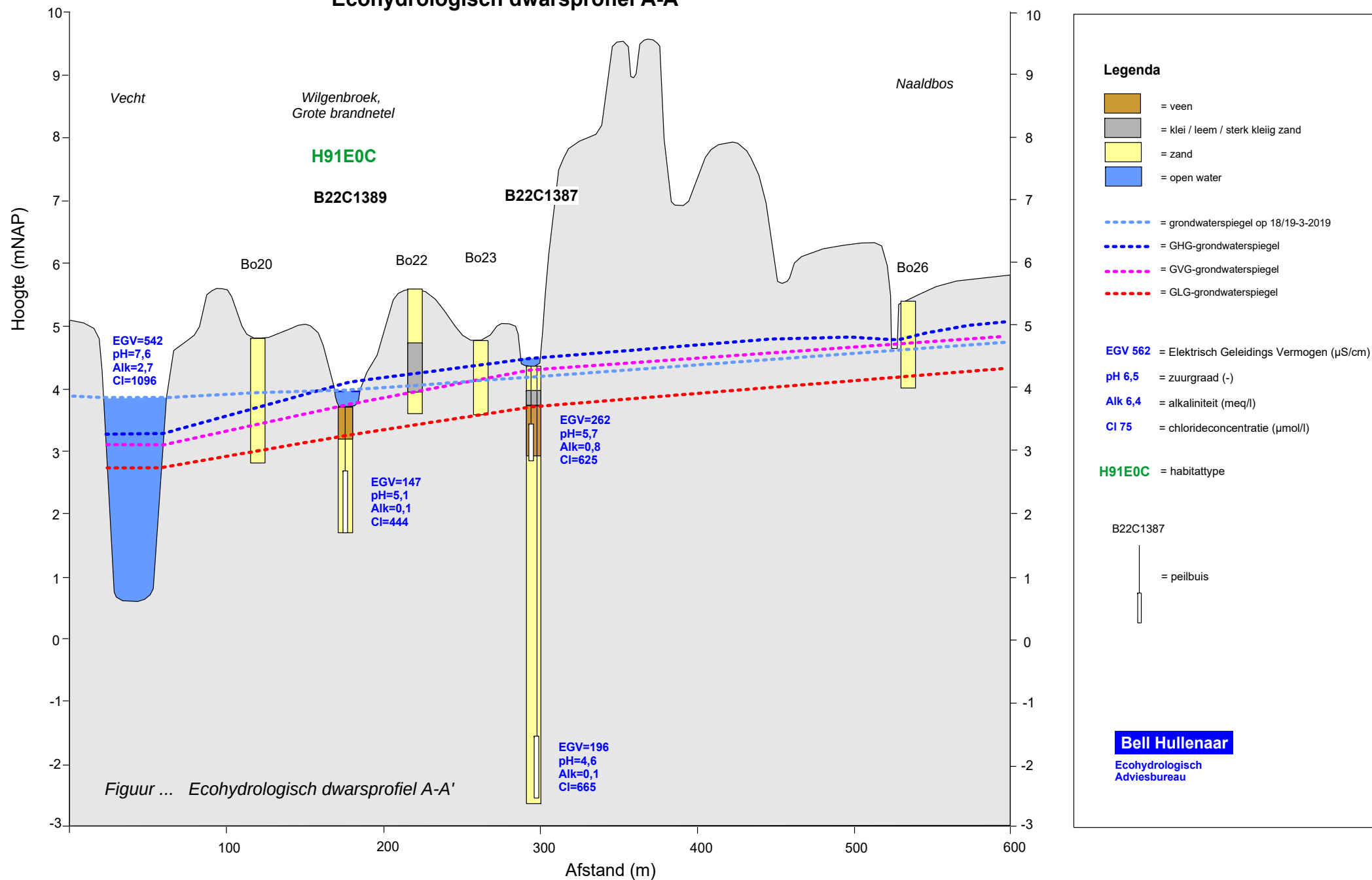
Peilbuis B22C1398 staat weliswaar niet in een diepe geul, maar wel in een zone waar in de boomlaag voornamelijk Zwarte els aanwezig is. Zwarte els is in zijn algemeenheid op grote schaal in het geulenstelsel aanwezig. Dit duidt erop dat het geulenstelsel in het verleden veel natter was en bovendien gevoed werd met basenrijk grond- en/of oppervlaktewater. Opvallend is dat de bosontwikkeling in dit deelgebied pas vanaf de jaren 1930 is opgetreden (daarvoor was grasland aanwezig: zie historische kaarten figuur 2.2). Dit wijst erop dat de sterke verdroging pas ruim na de kanalisatie van 1907 is opgetreden, wellicht als gevolg van terugschrijdende erosie in de afgesneden meander, waardoor in het benedenstroomse deel hiervan ook het loopje gevormd zou kunnen zijn.

In de huidige situatie loopt alleen bij afvoerpieken in de Vecht de grondwaterstand in dit deelgebied kortstondig hoog op (zie grafiek). Bij afvoerpieken waarbij de waterstand in de Vecht oploopt tot hoger dan 4,5 mNAP overstroomt het geulenstelsel vanuit het noordwesten met Vechtwater. Dit gebeurt gemiddeld 1 à 2 dagen per jaar.

Uit de resultaten van het hydro- en bodemchemisch onderzoek (= B-WARE locatie 265) volgt dat als gevolg van de verdroging oxidatie optreedt van de humeuze bodem, waardoor zowel de fosfaatconcentraties als de nitraatconcentraties zeer hoog zijn (Olsen-P 2541 $\mu\text{mol/l}$, nitraat zoutextract bodem: 473 $\mu\text{mol/l}$ en nitraat poriewater 677 $\mu\text{mol/l}$). Terwijl het bemonsterde grondwater van het diepe filter van B22C1398 (met een alkaliniteit van 1,8 meq/l) behoorlijk gebufferd is, is vanwege het ontbreken van grondwatervoeding van de toplaag het poriewater vrijwel niet gebufferd (alkaliniteit = 0,1 meq/l en is het ondiepe

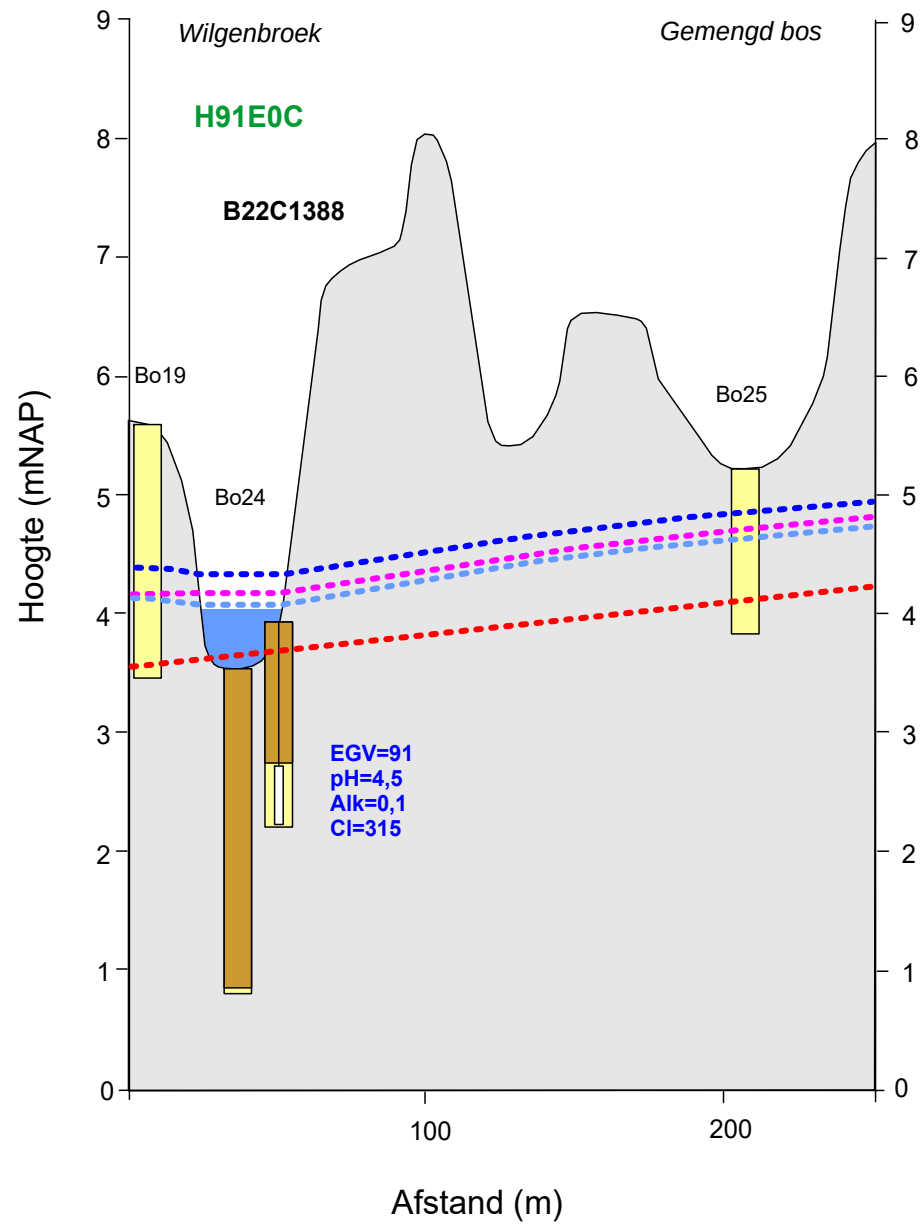
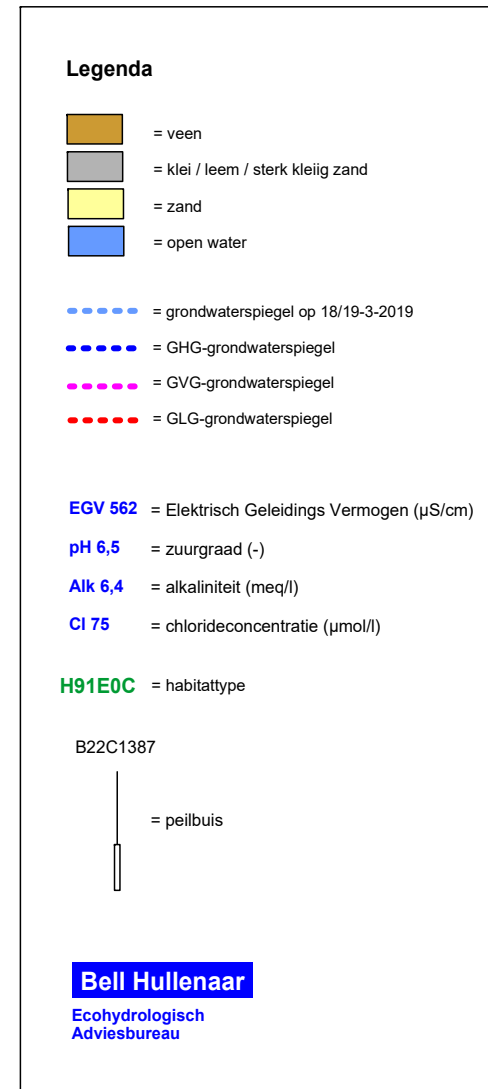
poriewater sterk zuur ($\text{pH} = 4,5$). Onder deze zeer voedselrijke (en zure) omstandigheden is een zeer ruige kruidlaag tot ontwikkeling gekomen waarin vooral Braam domineert en plaatselijk Zwarte bes zich heeft weten te handhaven. Alleen in de diepste geul groeit is de kruidlaag beter ontwikkeld en groeien onder meer soorten als Gele lis en Bosbies.

Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'



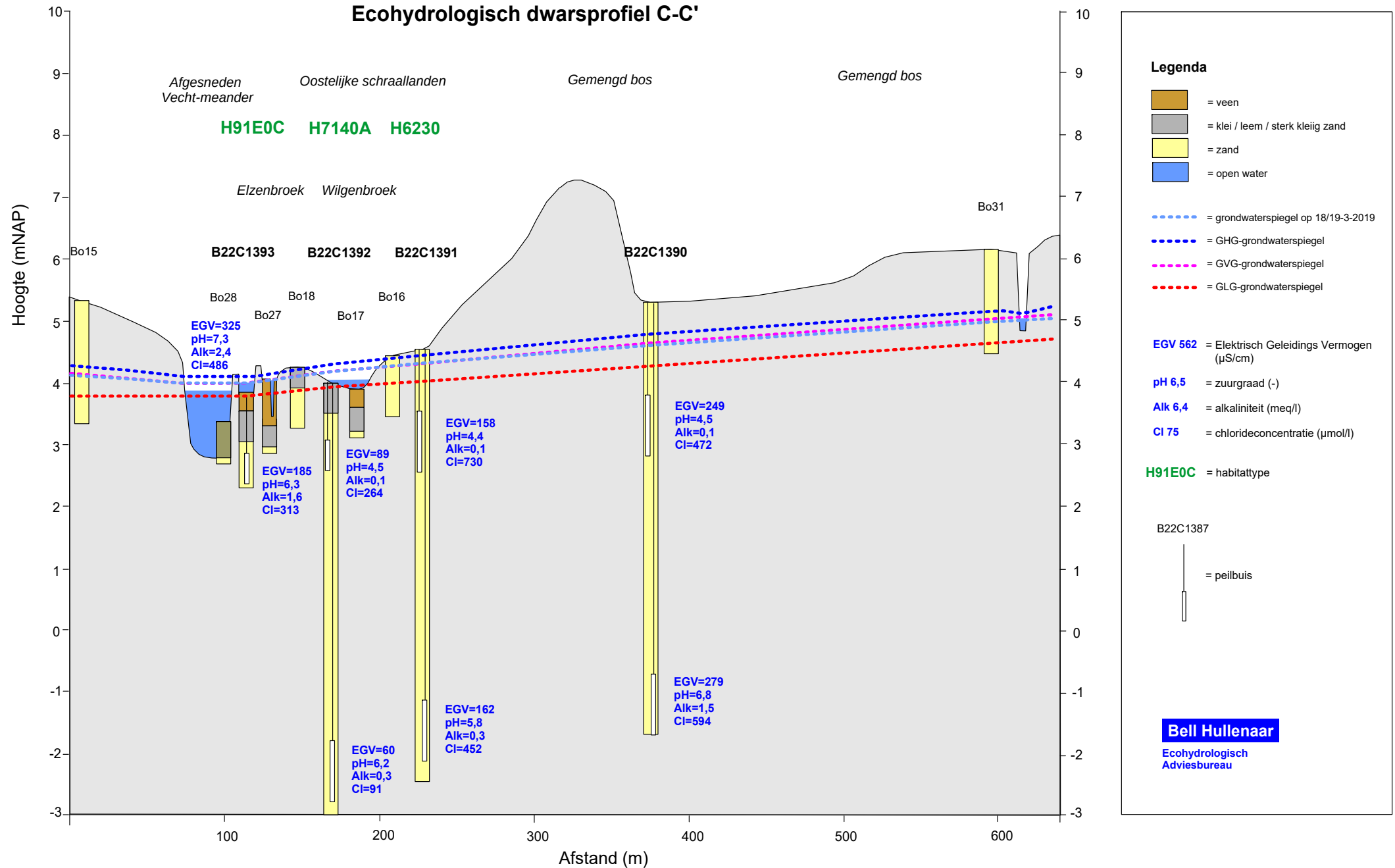
Figuur 4.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel A-A'

Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'



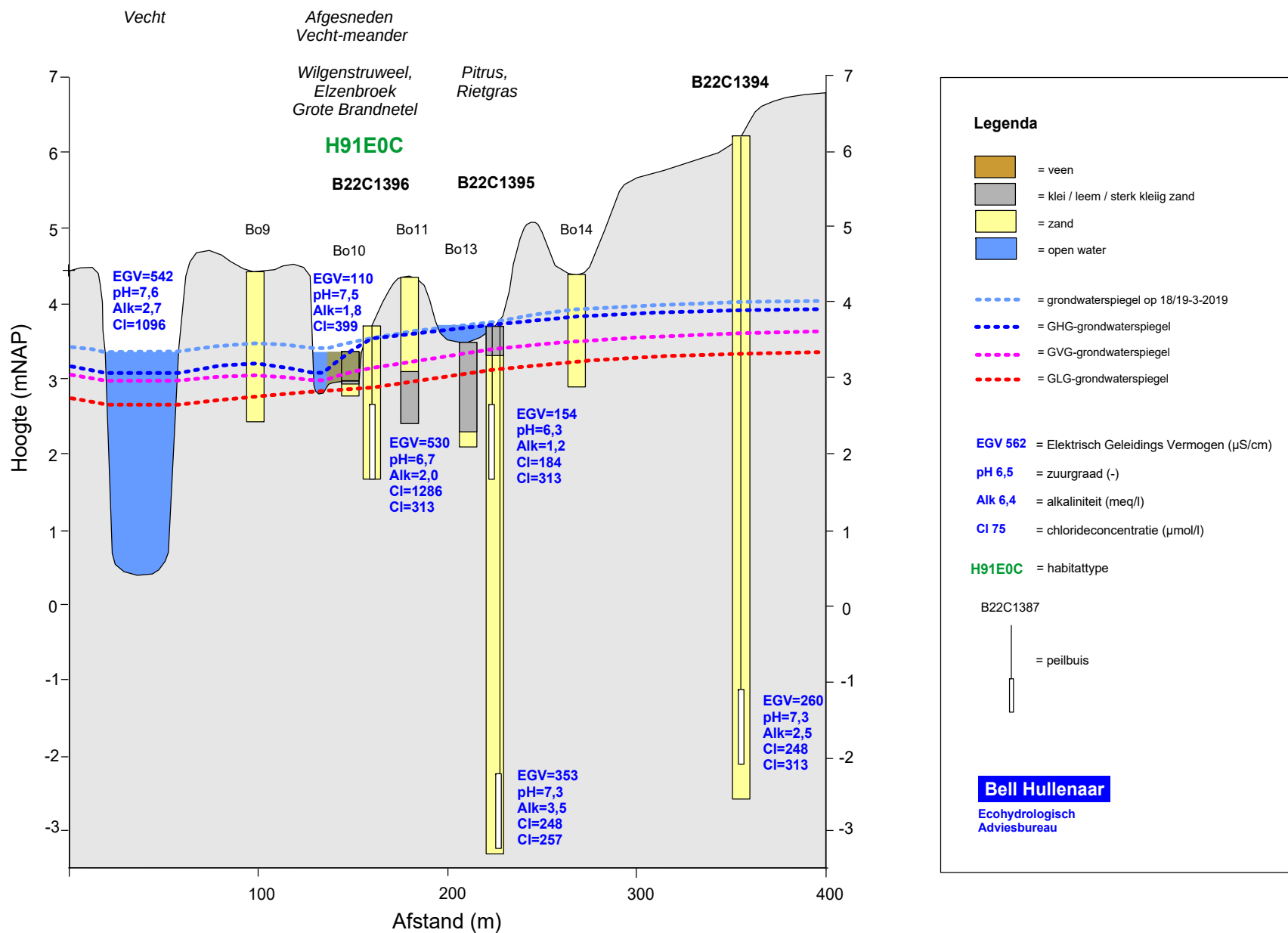
Figuur 4.3 Ecohydrologisch dwarsprofiel B-B'

Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'



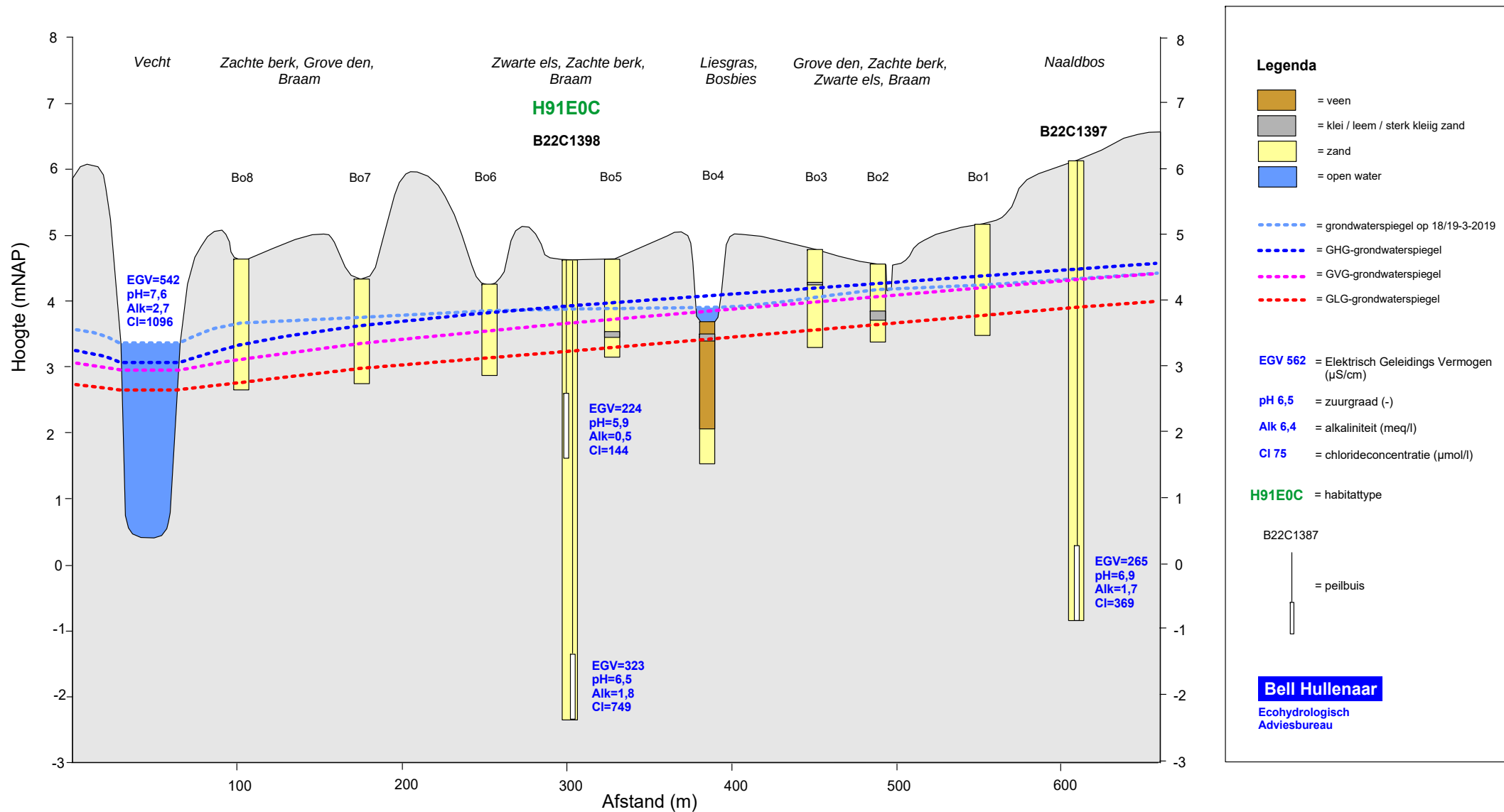
Figuur 4.4 Ecohydrologisch dwarsprofiel C-C'

Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'



Figuur 4.5 Ecohydrologisch dwarsprofiel D-D'

Ecohydrologisch dwarsprofiel E-E'



Figuur 4.6 Ecohydrologisch dwarsprofiel E-E'

4.4 Resultaten hydro- en bodemchemisch onderzoek van meetpunten buiten de raaien

Inleiding

In deze paragraaf worden op beknopte wijze de resultaten besproken van het hydro- en bodemchemisch onderzoek dat in de lage delen van het projectgebied van meetpunten buiten de raaien van de ecohydrologische dwarsprofielen heeft plaatsgevonden.

Het betreft hierbij:

- Twee locaties in het middendeel van de afgesneden meander waar bodemchemisch onderzoek is uitgevoerd en ook het porievocht op twee dieptes is bemonsterd.
- Vijf locaties waar bemonstering van het oppervlaktewater heeft plaatsgevonden (Vecht, afgesneden meander en de afvoersloot Buntenvlakte).
- Vijf locaties waar bodemchemisch onderzoek heeft plaatsgevonden voor afleiding van de kansen voor uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur.

Voor de resultaten van het bodemchemisch onderzoek voor de stroomdalgraslanden in de hoge delen wordt verwezen naar het rapport van B-WARE in bijlage 4.

Locaties met H91E0C Vochtige alluviale bossen in het middendeel van de afgesneden meander

Om een indruk te krijgen van de hydro- en bodemchemisch toestand in het sterk door kwelwater gevoede middendeel van de afgesneden meander is ook hier op twee locaties hydro- en bodemchemisch uitgevoerd: locatie 269 in het westelijke deel en locatie 270 in het oostelijke deel (voor locaties: zie figuren 3 en 4 van B-WARE rapport in bijlage 4).

Op locatie 269 is de venige toplaag van de bodem ijzerrijk (187-203 $\mu\text{mol/l}$), matig calciumhoudend (Ca-t 28-43 mmol/l en Ca-z 11.000-16.000 $\mu\text{mol/l}$) en fosfaatarm (Olsen-P 125-337 $\mu\text{mol/l}$), maar wel verrijkt met ammonium (402 $\mu\text{mol/l}$). De buffering van het poriewater op 20 en 75 cm -mv is vergelijkbaar (alkaliniteit = 1,7 à 1,9 meq/l). Dit duidt erop dat er onder invloed van de kwel gebufferd grondwater in de toplaag komt. Onder invloed van de voeding met gebufferd kwelwater is op de meetlocatie zelf Wilgenbroek tot ontwikkeling gekomen en in de omgeving hiervan is goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig met veel Bosbies en Zwarte Bes in de ondergroei.

Op locatie 270 is de venige toplaag ijzerrijk (203-240 $\mu\text{mol/l}$), calciumrijk (Ca-t 65-84 mmol/l en Ca-z 20.000 $\mu\text{mol/l}$) en fosfaatarm (Olsen-P 350 $\mu\text{mol/l}$). De buffering van het poriewater op 20 en 75 cm -mv is vergelijkbaar (alkaliniteit 2,0 meq/l). Dit duidt erop dat er ook hier onder invloed van de kwel gebufferd grondwater in de toplaag komt. Onder invloed hiervan is ook op deze meetlocatie Wilgenbroek tot ontwikkeling gekomen en is ten westen hiervan goed ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig met behalve Bosbies en Zwarte bes ook Grote boterbloem en Kleine waterrepe.

Oppervlaktewaterkwaliteit van de Vecht, de afgesneden meander en de afvoersloot van de Buntenvlakte

Om een indruk te krijgen van de waterkwaliteit van de Vecht, de afgesneden meander en het afvoerwater van de afvoersloot die vanaf de Buntenvlakte in de afgesneden meander uitmondt is op 5 locaties het oppervlaktewater bemonsterd. De locaties zijn aangegeven op figuren 3 en 4 in het B-WARE rapport (zie bijlage 4).

Locatie ow105 betreft het afvoerwater van het bovenstroomse deel van de afgesneden meander. Onder invloed van de voeding met kwelwater is het oppervlaktewater gebufferd (pH 7,3; alkaliniteit 2,4 meq/l; 1213 $\mu\text{mol/l}$ calcium). Verder is het water arm aan sulfaat (148 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (1 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm / zeer licht verrijkt met fosfaat (1,0 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 4,4 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P).

Locatie ow104 betreft het afvoerwater van de afvoersloot van de Buntenvlakte, op de plek waar de sloot uitmondt in de afgesneden meander. Dit water is zwak-matig gebufferd (pH 6,6; alkaliniteit 0,7 meq/l; 451 $\mu\text{mol/l}$ calcium), relatief arm aan sulfaat (216 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (31 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm (0,3 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P). Gezien de vrij lage sulfaat- en nutriëntenconcentraties kan op grond van deze resultaten niet worden beweerd dat het water van deze afvoersloot negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit van de afgesneden meander.

Locatie ow103 betreft het water dat over de houtdrempel (ofwel drempel Dr2 op de kaart van figuur 4.1) tussen het middendeel en het benedenstroomse deel van de afgesneden meander afstroomt. Onder invloed van de voeding met kwelwater is dit water gebufferd (pH 7,5; alkaliniteit 1,8 meq/l; 947 $\mu\text{mol/l}$ calcium). Het is verder arm aan sulfaat (169 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (6 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm (0,8 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 2,6 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P).

Locatie ow102 betreft het water dat vanuit het benedenstroomse deel van de afgesneden meander wordt afgevoerd naar de Vecht. De waterkwaliteit van dit monster is vrijwel identiek aan de kwaliteit van monster ow103. De waterkwaliteit van monsters ow102 en 103 heeft ook wel een gelijkenis met dat van monster ow104 (afvoerwater bovenstroomse deel van de afgesneden meander), alleen de mate van buffering van ow104 is sterker. Er is dus (in afvoersituaties) geen gradiënt in de waterkwaliteit van de afgesneden meander aanwezig in relatie tot beïnvloeding door de Vecht. De kwaliteit van het water wordt overal bepaald door de sterke voeding met kwelwater.

Locatie ow101 betreft het water van de Vecht. Dit water is sterk gebufferd (pH 7,6; alkaliniteit 2,7 meq/l; 1678 $\mu\text{mol/l}$ calcium), matig sulfaathoudend (550 $\mu\text{mol/l}$), nitraatrijk (381 $\mu\text{mol/l}$) en (op het moment van de bemonstering) matig P-arm (0,9 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 3,3 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P). Vooral de hoge nitraatconcentratie en daarnaast ook de verhoogde sulfaatconcentratie maken de kwaliteit van het bemonsterde Vechtwater slechter dan de kwaliteit van het water in de afgesneden meander.

Dit Vechtwater kan de afgesneden meander bij piekafvoeren instromen. Onder invloed van de afvoer van het gebiedseigen (kwel)water via de afgesneden meander (en opstuwning hiervan) komt het Vechtwater echter ook niet verder dan tot drempel Dr2. Bovendien wordt onder invloed hiervan het Vechtwater na afloop van de afvoerpiek ook weer snel uit het benedenstroomse deel van de afgesneden meander verdrongen: terwijl bij de afvoerpiek van half maart 2019 Vechtwater het benedenstroomse deel instroomde was bij de bemonstering van eind maart 2019 de waterkwaliteit ter plaatse van de monding van de afgesneden meander (ow102) immers alweer gelijk aan de waterkwaliteit verder bovenstrooms (ow103).

Potenties uitbreidingslocaties

Locaties 235 en 260 liggen in het graslandgebied ten noorden van de bestaande schraallanden. Locatie 263 ligt in de de geul in het zuiden van het Arriër Koeland. Locaties 267 en 268 liggen in het geulensysteem in het noordwesten van het Arriër Koeland (voor locaties: zie figuren 3 en 4 van B-WARE rapport in bijlage 4).

Op alle vijf de bemonsterde plekken is de toplaag van de bodem fosfaatrijk. Vanaf een diepte van vanaf 10 à 30 cm -mv is de bodem veelal (matig) fosfaatarm. De mate van buffering van de bodem loopt uiteen van zwak tot sterk. Door middel van het afgraven van de toplaag over een diepte van 10 à 30 cm en het vervolgens voeren van een beheer van maaien en afvoeren kunnen (afhankelijk van de mate van buffering van de bodem) de omstandigheden vanuit bodemchemisch oogpunt geschikt gemaakt worden voor de ontwikkeling van Heischraal grasland, Blauwgrasland of Dotterbloemhooiland.

5 Synthese en conclusies

Het projectgebied Arriër Koeland - Boerenmars ligt aan de zuidzijde van de Overijsselse Vecht. Tot aan begin van de 20^e eeuw was de Vecht nog als natuurlijke, meanderende rivier aanwezig. In samenhang met de natuurlijke verplaatsing van de meanderende rivier onder invloed van erosie- en sedimentatieprocessen kwamen in het Vechtdal (en zo ook in het projectgebied) kronkelwaarden tot stand, met het hierbij kenmerkende patroon van ruggen en geulen. Ten zuiden van het projectgebied ligt een omvangrijk en relatief hoog gelegen stuifzand- en dekzandgebied. In het Vechtdal liggen hoofdzakelijk bekeerdgronden en ter plaatse van het stuif- en dekzandgebied zijn vooral duinvaag- en vlakvaaggronden aanwezig.

De praktisch ondoorlatende basis van het gebied ligt op -120 mNAP. Hierboven kan de geohydrologische opbouw van het projectgebied geschematiseerd worden tot een dun (ondiep / freatisch) eerste watervoerend pakket van ruim 10 meter en een dik (diep) tweede watervoerend pakket van ruim 100 meter, met hier tussen een weerstandsbiedende laag. De weerstandsbiedende laag wordt gevormd door een kleilaag van het Laagpakket van Zutphen en heeft een beperkte weerstand. In de wijdere omgeving vormt de dieper gelegen Klei van Gieten (ofwel keileem van de Formatie van Drente) een tweede scheidende laag, maar deze laag lijkt in het projectgebied geen rol (van betekenis) te spelen. Verder zijn in de geulen van het projectgebied op lokale schaal veen- en kleilagen afgezet.

Via de watervoerende pakketten wordt het Vechtdal zowel vanuit het zuiden als het noorden gevoed met grondwater. Het ten zuiden van de Vecht gelegen projectgebied wordt voornamelijk gevoed vanuit het hoger gelegen stuifzand- en dekzandgebied aan de zuidzijde (= bosgebied boswachterij Ommen).

Niet alleen door aanleg van sloten maar ook door grootschalige bebossing (voornamelijk met naaldbos) is de grondwateraanvoer vanuit het voedingsgebied naar het projectgebied afgenomen. Vanwege het grotere verdampfingsverlies van bos (en met name naaldbos) ten opzichte van heide is door de bebossing de grondwateraanvulling in het voedingsgebied namelijk gereduceerd.

In het begin van de 20^e eeuw is de Vecht gekanaliseerd. Daarbij zijn meanders afgesneden en vervangen voor een diepe, brede en gestroomlijnde loop. Als onderdeel van de kanalisatie zijn ook stuwen aangebracht. Ondanks de stuwing is het afvoerniveau van de gekanaliseerde rivier veel lager dan het afvoerniveau van de voormalige natuurlijke rivier.

In het projectgebied is rond het Arriër Koeland een afgesneden meander aanwezig. De afgesneden meander vormt nu de afvoer van een groot deel van het lokale oppervlaktewatersysteem: langs deze weg watert niet alleen het geulenstelsel van de oostelijke schraallanden en de zuidwestelijke geul van deelgebied Boerenmars af, maar ook een aantal afvoersloten van de hogere zandgronden.

De diepe Vecht heeft een sterk drainerende werking op het grondwater. Dit levert niet alleen een verlaging van de grondwaterstand op maar ook een versterkte afvang van kwelwater. Vanwege de beperkte weerstand van de enige weerstandsbiedende laag werkt het effect ook door in het diepe watervoerende pakket en zodoende is er ook tot in de wijde omgeving een effect.

Ook is door de verdieping van de rivierloop de overstromingsinvloed van de Vecht afgenomen waardoor de aanvoer van basen is afgenomen. Bovendien overstroomt het gebied door de verplaatsing van de loop nu bij het optreden van kleine afvoerpieken vooral met matig gebufferd gebiedseigen water dat via de afgesneden meander afstroomt, in plaats van rechtstreeks met sterk gebufferd Vechtwater. Dus niet alleen door de verdieping maar ook door de verplaatsing van de Vecht is de overstroming van het projectgebied met sterk gebufferd Vechtwater afgenomen.

Ondanks de sterk drainerende werking van de Vecht en de verminderde grondwateraanvoer vanuit het voedingsgebied treedt in sommige delen van het projectgebied wel kwel op. De sterkste kwel treedt op naar het gedeelte van de afgesneden meander dat de hogere zandgronden aansnijdt, ofwel het middendeel van de afgesneden meander. Ook naar het benedenstroomse deel van de afgesneden meander, het bovenstroomse deel van de afgesneden meander en het hierop aansluitende geulenstelsel van de oostelijke schraallanden treedt kwel op.

Vochtige alluviale bossen in de afgesneden meander en de geulen

Het kwelwater waarmee de afgesneden meander wordt gevoed is (met een alkaliniteit die uiteenloopt van 1,7 tot 2,0 meq/l) matig gebufferd. De buffering van het kwelwater is waarschijnlijk te danken aan aanrijking van het grondwater vanuit (het bovenste deel van) de kalkhoudende zanden van de Formatie van Kreftenheye, die zich hier (volgens Regis II) vanaf een diepte van -1 mNAP bevinden, ofwel vanaf circa 5 meter onder de oppervlaktewaterwaterspiegel van de afgesneden meander in een afvoersituatie. Met bijplaatsing van een diepe peilbuis aan de oever van de afgesneden meander kan dit worden aangetoond. Hiertoe zou een diep filter kunnen worden bijgeplaatst bij de ondiepe peilbuis B22C1393 of (nog beter) een nieuwe peilbuislocatie ingericht kunnen worden langs het middendeel van de afgesneden meander (in de buitenbocht), waar de kwel het sterkst is. Hierbij kan dan het best gelijk ook een ondiep filter kan worden toegevoegd voor het vaststellen van de kweldruk en het monitoren van het (grond)waterstandsverloop in het middendeel van de afgesneden meander (als referentiepunt voor goed ontwikkeld Elzenbroekbos).

Onder invloed van de sterke voeding met het matig gebufferde kwelwater en in relatie tot het hoge peil vanwege de aanwezigheid van een natuurlijke houtdrempel in de loop is met name in het middendeel van de afgesneden meander namelijk een goed ontwikkeld Elzenbroekbos tot ontwikkeling gekomen, met op grote schaal soorten als Bosbies en Zwarte bes in de ondergroei en in het diepste deel van de oude rivierloop ook soorten als Kleine waterrepe en Grote boterbloem.

Doordat het benedenstroomse deel van de afgesneden meander via een verbindingssloepje min of meer in open verbinding staat met de Vecht, is hier een laag peil aanwezig, met veelvuldige droogval van de humeuze bodem in de zomer (B22C1396: GVG = 50 cm - mv en GLG = 77 cm -mv) en hiermee gepaard gaande eutrofiëring als gevolg van mineralisatie van de humeuze bodem. Bovendien treedt hier bij piekafvoeren veelvuldig overstroming op met voedselrijk Vechtwater. Vanwege de sterke eutrofiëring is hier een slecht ontwikkeld Elzenbroekbos aanwezig, met vrijwel uitsluitend Grote brandnetel in de kruidlaag.

In de geulen van deelgebied Boerenmars treedt vanwege de korte afstand tot de diepe, sterk drainerende Vecht weinig of geen kwel op. Daar waar de geulen voldoende diep zijn, zijn ondanks de sterk verdrogende werking van de Vecht wel voldoende natte omstandigheden aanwezig voor de aanwezigheid van Elzen- of Wilgenbroekbos. Door de sterke invloed van de Vecht is echter wel sprake van een aanzienlijke (grond)waterstandsdynamiek. Omdat in de noordoostelijke geul de veenbodem in de zomer droog valt treedt hier mineralisatie van het veen op waardoor veel voedingstoffen uit de bodem vrijkomen. Bovendien overstroomt deze geul ook periodiek met voedselrijk Vechtwater. Doordat het Vechtwater sterk gebufferd is, levert dit wel een goede buffering op van de toplaag van de bodem. Vanwege de overmatige voedselrijkdom is ook hier een ondergroei van vrijwel uitsluitend Grote brandnetel aanwezig. De ontwikkeling van de zuidwestelijke geul is in relatie tot de grotere afstand van de sterk drainerende Vecht en het veel minder frequent overstroomd met voedselrijk Vechtwater minder slecht. Wel kan voedselrijk water vanuit de bemeste graslanden aan de westzijde de geul instromen. In samenhang hiermee en het ontbreken van een goede voeding met gebufferd kwelwater domineren ook hier algemene soorten van voedselrijke omstandigheden in de ondergroei.

Het geulenstelsel ten westen van het Arriër Koeland is nog sterker verdroogd. De verdroging van dit deelgebied is niet alleen het gevolg van de sterk drainerende werking van de Vecht, maar ook van het sterk drainerende benedenstroomse deel van de afgesneden meander (ofwel het gedeelte dat in verbinding staat met de Vecht). In combinatie hiermee zorgt ook de ontwatering van het graslandperceel aan de zuidwestzijde voor verdroging, aangezien hierdoor de grondwateraanvoer naar het geulenstelsel vanaf deze zijde wordt gereduceerd. Vanwege dit gecombineerde effect ligt de grondwaterstand hier in de meeste geulen zelfs in de winter onder maaiveld en zakt de grondwaterstand in de zomer ook ver beneden maaiveld weg (B22C0576: GVG = 70 cm -mv en GLG = 108 cm -mv; B22C1398: GVG = 91 cm -mv en GLG = 134 cm -mv). Onder deze omstandigheden kan dus ook geen voeding van de geulen optreden met kwelwater. Onder invloed van de sterke verdroging wordt de ondergroei van het alluviale bos hier gedomineerd door Braam. Alleen in de diepste geul zijn de omstandigheden nat genoeg voor soorten als Bosbies en Gele lis.

Oostelijke schraallanden

De oostelijke schraallanden liggen aan de rand van het Vechtdal, dus direct tegen de hogere zandgronden aan, grotendeels ter plaatse van een geulenstelsel dat hier tussen de hogere zandgronden en de afgesneden meander aanwezig is. In dit geulenstelsel is eerst een kleilaag afgezet en later heeft nog verdere opvulling van de geulen plaatsgevonden door veenvorming.

Terwijl het meest zuidoostelijk gelegen schraalland lateraal gevoed wordt door ondiep afstromend grondwater, treedt lager op de helling kwel op. Onder invloed van de laterale aanvoer van het grondwater en de kwel is in de schraallanden een gedempt grondwaterstandsverloop aanwezig, waarbij dus ook in de zomer de grondwaterstanden niet ver beneden maaiveld wegzakken (GLG uiteenlopend van 52 cm -mv ter plaatse van B22C1391 (bovenrand van heischraal grasland / blauwgrasland), via een GLG van 8 cm -mv ter plaatse van B22C1392 (trilveen) naar een GLG van slechts 6 cm -mv ter plaatse van B22C1393 (Vochtig alluviaal bos).

Niet alleen het ondiepe, lateraal afstromende grondwater waarmee het heischraal grasland wordt gevoed, maar ook het grondwater waarmee de zone met H7140A Trilvenen wordt gevoed, is slechts zeer zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 à 0,3 meq/l). Pas lager op de helling, ter plaatse van de afgesneden meander en de hieraan grenzende zone met H91E0C Vochtige alluviale bossen, is het kwelwater wel duidelijk gebufferd (alkaliniteit van rond de 2 meq/l). Omdat de afgesneden meander het laagste afvoerniveau heeft, en hier geen weerstandsbiedende kleilaag aanwezig is, is hier de kwel het sterkst.

Bij kleine afvoerpieken in de Vecht loopt ook het waterpeil in de afgesneden meander op: het gebiedseigen water van de afgesneden meander wordt dan opgestuwd. Met dit (vanwege de sterke voeding door kwelwater) gebufferde oppervlaktewater overstroomt het (geulenstelsel van) de schraallanden. Dus ook op deze wijze vindt buffering van de toplaag van de bodem plaats. Alleen bij hoge afvoerpieken in de Vecht overstroomt de schraalgraslanden (uiteindelijk) ook met sterk gebufferd en tevens voedselrijk Vechtwater. Omdat het heischrale grasland relatief hoog ligt, treedt deze overstroming hier minder vaak op. Bovendien is het bufferend vermogen van de bodem hier geringer, omdat hier een zandbodem aanwezig is.

Vanwege de verdieping en verplaatsing van de rivierloop bij de kanalisatie van de Vecht is de overstromingsinvloed (en dus ook de bufferende werking hiervan) in de schraallanden afgenomen. Ondanks de drainerende werking van de diepe gekanaliseerde Vecht is in dit deelgebied nog wel kwel aanwezig. Daar waar onder invloed van deze kwel, al dan niet op indirecte wijze aangevoerd via overstroming met water vanuit de afgesneden meander, voldoende buffering van de bodem optreedt zijn de omstandigheden geschikt gebleven voor gebufferde natuurtypen. Vooral vanwege de vrij hoge mate van fosfaatrijkdom van de

bodem is de vegetatieontwikkeling hier nu matig. De hoge fosfaatrijkdom van de bodem hangt waarschijnlijk vooral samen met de periodieke overstroming met voedselrijk Vechtwater bij hoge afvoerpieken.

Ter plaatse van het zuidoostelijke schraalland is door de afname van de overstromingsinvloed van de Vecht, en het hier ontbreken van aanvoer van gebufferd grondwater, de buffering van de bodem afgenomen. In combinatie hiermee heeft waarschijnlijk ook verzuring plaatsgevonden als gevolg van verzuring van het lateraal toestromende grondwater vanuit het voedingsgebied, vanwege een verhoogde depositie van verzurende stoffen vanuit de lucht. De invang hiervan is door de verbossing van het intrekgebied ook versterkt. Ondanks de verzuring en dankzij de vrij schrale bodem hebben Bergnachtorchis en Grote pimpernel zich hier als relictten vanuit een meer basenrijk verleden (nog) weten te handhaven.

Eindconclusies

De Vecht heeft dus een dominante invloed op het ecohydrologische functioneren van het gebied, niet alleen in relatie tot de overstromingsinvloed, en de hiermee gepaard gaande aanvoer van bufferstoffen en voedingsstoffen, maar ook vanwege het sterke effect op het functioneren van het grondwatersysteem, gezien de sterk drainerende werking ervan op het grondwater, en de hiermee gepaard gaande verdroging en versterkte afvang van kwelwater.

In combinatie hiermee heeft ook de bebossing van het intrekgebied grote invloed: dit levert een reductie op van de grondwateraanvoer naar het projectgebied en veroorzaakt vanwege versterkte invang van verzurende depositie ook verzuring van het grondwater.

In combinatie hiermee heeft ook de aanleg van sloten in het intrekgebied invloed: ook dit veroorzaakt een reductie van de grondwatervoeding. Met name het afvoerstelsel van de Buntenvlakte heeft vanwege de positie en grote diepte van de afvoersloot een sterke invloed. Via deze afvoersloot vindt ook instroming van voedselrijk landbouwwater plaats naar de afgesneden meander.

Ook het benedenstroomse deel van de afgesneden meander heeft vanwege het lage peil (in relatie tot de min of meer open verbinding met de Vecht) een verdrogende werking op het gebied.

6 Maatregelen

6.1 Inleiding

Op basis van de resultaten van de LESA zijn een aantal maatregelen afgeleid waarmee de gesignaleerde knelpunten in het huidig ecohydrologisch functioneren kunnen worden aangepakt en kansen voor uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur kunnen worden benut. Deze maatregelen zijn weergegeven op de kaarten van figuur 6.1 (met topografie als ondergrond) en figuur 6.2 (met de hoogteligging als ondergrond). De maatregelen worden in de onderstaande paragrafen toegelicht. De kwantitatieve maatregelen kunnen als vervolg op deze LESA door het waterschap met het grondwater-model worden doorerekend, op grond waarvan inzichtelijk kan worden gemaakt wat de exacte effecten zijn.

6.2 Verbeteringsmogelijkheden op (sub)regionaal niveau

Gezien de dominante invloed van de Vecht op het ecohydrologisch functioneren van het projectgebied is een verregaand systeemherstel alleen mogelijk door aanpak van de sterk drainerende werking van de diepe Vecht. Aanpak hiervan is mogelijk middels het hoger opstuwen van het betreffende riviertraject, door middel van plaatsing van een extra stuw bij Ommen op de plek waar de Vecht het Natura2000-gebied uitstroomt.

Hoewel het systeemherstel het belangrijkste wordt geacht is het in combinatie hiermee naar verwachting ook nodig de eutrofiërende werking van het overstromingswater aan te pakken. Dit is met name belangrijk voor de gebiedsdelen die (ook na het treffen van lokale maatregelen waarmee de overstromingsfrequentie gereduceerd kan worden) regelmatig (gemiddeld een paar dagen per jaar) blijven overstromen met Vechtwater. Het gaat hierbij om de alluviale bossen in de noordoostelijke geul van de Boerenmars, in het benedenstroomse deel van de afgesneden meander en in het geulenstelsel ten westen hiervan.

De gewenste peilverhoging en waterkwaliteitsverbetering zijn op de maatregelenkaart op schematische wijze aangegeven. De gewenste locatie van de stuw bevindt ligt op circa één kilometer ten westen van de westgrens van het projectgebied en valt zodoende buiten de maatregelenkaart.

Door waterschap Vechtstromen is aangegeven dat plaatsing van een extra stuw bij Ommen geen negatieve invloed heeft op de veiligheid. De effecten op landbouw zijn nog niet onderzocht maar hebben in het traject Ommen - Junne naar verwachting over het algemeen waarschijnlijk een beperkt effect omdat hier relatief weinig landbouwgronden aanwezig zijn. Aan de hand van de nog uit te voeren modelberekeningen kan dit aspect nog nader worden onderzocht.

6.3 Verbeteringsmogelijkheden op lokaal niveau

In combinatie met de twee maatregelen op (sub)regionaal niveau zijn voor de instandhouding en kwaliteitsverbetering van de verschillende grondwaterafhankelijke habitattypen, en met name het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen, ook een aantal lokale maatregelen nodig. Met het alleen uitvoeren van lokale maatregelen zal het grote doelgat voor het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen in het sterk verdroogde westelijke deel van het projectgebied naar verwachting niet worden gedicht. Dit kan in de vervolgfase op deze LESA door middel van berekeningen met het grondwatermodel nader onderbouwd worden.

Het gaat hierbij om de volgende lokale maatregelen (zie figuur 5.1):

- Peilverhoging afgesneden meander.
- Demping van sloten in het voedingsgebied.
- Beëindigen van de bemesting in het voedingsgebied.
- Verwijderen van bos in het voedingsgebied.
- Graven van een gat in de wal die een geul blokkeert.
- Ophogen van een grondrug langs de Vecht.

Peilverhoging afgesneden meander

Aanpak van de sterk drainerende werking van het benedenstroomse deel van de afgesneden meander kan worden gerealiseerd door middel van plaatsing van een drijfstuw in de verbindingsloop met de Vecht, waarmee het peil in dit gedeelte in sterke mate verhoogd kan worden (voor huidige en gewenste afvoerniveau: zie maatregelenkaart). Hiermee kan niet alleen een kwaliteitsverbetering van het habitatype H91E0C Vochtige alluviale bossen in (de oeverzone van) het betreffende deel van de afgesneden meander plaatsvinden, maar wordt ook een bijdrage geleverd aan de kwaliteitsverbetering van dit habitatype in het geulenstelsel ten westen van het Arriër Koeland. Tevens levert dit een betere grondwatervoeding op van de geulen in het noordwesten van het Arriër Koeland, waar potenties liggen voor ontwikkeling van Dotterbloemgrasland. Bij het ontwerp van de drijfstuw dient de vispasseerbaarheid een aandachtspunt te zijn.

In combinatie hiermee kan een lichte en geleidelijke peilverhoging in het middendeel en het bovenstroomse deel van de afgesneden meander worden doorgevoerd, om zo de kwel naar de oostelijke schraallanden te stimuleren (voor huidige en gewenste afvoerniveaus: zie maatregelenkaart). Bijkomend voordeel hiervan is verbetering van de grondwatervoeding van de geul in het zuiden van het Arriër Koeland, waar (bij het afgraven van de fosfaatrijke toplaag) eveneens potenties liggen voor ontwikkeling van Dotterbloemgrasland.

De gewenste lichte peilverhogingen kunnen op eenvoudige wijze worden doorgevoerd door middel van het ophogen van de bestaande natuurlijke houtdrempel tussen het middendeel en het benedenstroomse deel van de afgesneden meander (door hier extra stammen aan te brengen) en door de het onderste deel van de duiker tussen het bovenstroomse deel en het middendeel van de afgesneden meander te blokkeren (bijvoorbeeld door het aanbrengen van planken of stammen).

Dempen van sloten in het voedingsgebied

Het gaat hierbij om aanpak van de volgende sloten:

- Dempen van de sloot in het zuidwestelijke graslandperceel.
- Dempen van de verbindingssloot tussen de afgesneden meander en de geul langs het zuidwestelijke graslandperceel.
- Dempen van het slootrestant in het bos ten zuiden van de afgesneden meander.
- Aanpak van de drainerende werking van het ontwateringssysteem en de afvoersloot van de Buntenvlakte: in ieder geval verondieping van nu kwelwater drainerende benedenstroomse deel van de sloot. Nog beter is verregaande verondieping van of zelfs demping van de sloten in samenhang met aanpassing van het gebruik van de (landbouw)gronden in het gebied waarvoor de sloot een afvoerfunctie heeft. Aangezien demping van de sloten het best is voor het beoogde systeemherstel, is dit als zodanig op de maatregelenkaart aangegeven.
- Dempen van de sloot in het bosgebied De Heetdelle.

Beëindigen van de bemesting van landbouwgronden in het voedingsgebied

Het gaat hierbij om de beëindiging van de bemesting van de volgende landbouwgronden:

- Intensief beheerde graslandgebied van landgoed Junne dat in het voedingsgebied van het geulensysteem van de Boerenmars ligt.
- Intensief beheerde graslandgebied van Staatsbosbeheer dat in het voedingsgebied van het geulensysteem ten westen van de afgesneden meander ligt. Hiervoor is het noodzakelijk dat afkoop van de pacht van dit perceel plaatsvindt.
- Mogelijk heeft de bemesting van de landbouwgronden die in de Buntenvlakte liggen een negatieve invloed op de waterkwaliteit van het afvoerwater van de sloot waarmee dit gebied afwatert op de afgesneden meander. Op basis van de oriënterende bemonstering die in het kader van de LESA is uitgevoerd kon dit echter niet worden aangetoond. Daarom is ten aanzien hiervan nader kwaliteitsonderzoek nodig. Dit onderzoek dient te worden uitgevoerd in het vroege voorjaar, in een periode dat het grondwatersysteem goed op druk is, omdat met name dan een relatief sterke voeding vanuit het landbouwgebied optreedt. Bij demping van het slotensysteem van de Buntenvlakte zal overigens geen oppervlakkige instroming van water uit het de landbouwgronden naar de afgesneden meander plaatsvinden. Dus wellicht kan met de demping van de sloten ook gelijk het eventuele waterkwaliteitsprobleem worden opgelost.

Verwijderen van bos in het voedingsgebied

Ook het omvormen van bos naar heide of (nog beter) stuifzand in het voedingsgebied is zinvol, niet alleen ten behoeve van de stimulering van de grondwateraanvulling, maar ook voor de reductie van de invang van verzurende depositie. Deze maatregel is met name belangrijk in de zone die direct aan de oostelijke schraallanden grenst, aangezien deze zone het lokale intrekgebied vormt voor het grasland met het habitatype H6230 Heischrale graslanden (grondwaterafhankelijke associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras). De maatregel sluit hier ook goed aan op de wens om de windwerking in het stuifzandgebied te vergroten door het bos aan de westzijde van het stuifzand te verwijderen. Zodoende is voor deze zone het verwijderen van bos specifiek op de maatregelenkaart aangegeven.

Graven van een gat in de wal van de geul met peilbuis B22C1393

Ook is het van belang om (in combinatie met de peilverhoging in de afgesneden meander) een doorgang te maken in de wal tussen de zone met H91E0C Vochtige alluviaal bos met peilbuis B22C1393 en de afgesneden meander, om zo de lichte stagnatie in de oppervlakkige afvoer die hier als gevolg van de aanwezigheid van de wal optreedt weg te nemen en zo de kwel en dus de doorstroming van broekbos te stimuleren.

Uit de resultaten van de LESA volgt dat er in de huidige situatie ook geen goede oppervlakkige afvoer mogelijk is vanuit de geul met habitatype H7140A naar de afgesneden meander. Deze afvoer wordt namelijk geblokkeerd door het toegangspad naar één van de schraallandpercelen. Hier wordt echter afgeraden de oppervlakkige afvoer te verbeteren om zo de kwel naar de geul te stimuleren, aangezien dan een te sterke peildaling zou optreden, waardoor de omstandigheden voor trilveen juist achteruit zouden gaan.

Ophogen van grondrug langs de Vecht

Verder kan worden overwogen de bestaande lage rug langs de Vecht, op de plek waar de geul van de afgesneden meander begint, op te hogen. Met deze maatregel kan worden bewerkstelligd dat bij hoge piekafvoeren de overstroming niet op deze plek, maar aan de benedenstroomse zijde van de afgesneden meander en/of het geulenstelsel ten westen hiervan plaatsvindt. Op deze wijze kan bij een hoge piek het voedselrijke overstromingswater het bovenstroomse deel van de afgesneden meander en de oostelijk hiervan gelegen schraallanden minder gemakkelijk bereiken, temeer omdat zo optimaal gebruik gemaakt wordt van de terug-stuwing van het schone, gebiedseigen water in de afgesneden meander. Bovendien kunnen het benedenstroomse deel van de afgesneden meander en de geulen ten westen hiervan zo fungeren als een afvang voor het voedselrijke slib uit het Vechtwater.

6.4 Uitbreidingsmogelijkheden

Uitbreiding van waardevolle, grondwaterafhankelijke natuur in het projectgebied kan door middel van uitvoering van de volgende maatregelen plaatsvinden:

- Afgraven van de fosfaatrijke toplaag in de geulen en hier instellen van een maaibeheer.
- Afgraven gronddrempel in zuidelijke geul Arriër Koeland.
- Verwijderen bos en struweel en afvlakken geuloevers voor uitbreiding Trilveen.

Afgraven fosfaatrijke toplaag en instellen van maaibeheer in geulen

Vooraf in en langs de geulen ten noorden van de bestaande schraallanden en de geulen binnen het Arriër Koeland zijn er mogelijkheden voor uitbreiding van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur. Hoewel deze deelgebieden niet in de zone met de sterkste kwel liggen, is hier wel grondwaterinvloed aanwezig en dit resulteert ook in een gedempt grondwaterstandsverloop. Daarbij kan met name in de noordwestelijke geulen van het Arriër Koeland de hydrologische situatie nog aanzienlijke verbeterd worden door middel van het verhogen van het afvoerniveau van het benedenstroomse deel van de afgesneden meander, terwijl het doelgat voor de ontwikkeling van Dotterbloemhooiland hier nu al slechts gering is (peilbuis B22C1395: GVG-doelgat = 1 cm en GLG-doelgat = 12 cm). Ook is van deze maatregel een positief effect te verwachten op de geul in het zuiden van het Arriër Koeland.

Omdat de toplaag van de bodem fosfaatrijk is komen de potenties nu niet tot uiting. Vanaf een diepte van vanaf 10 à 30 cm -mv is de bodem veelal (matig) fosfaatarm. De mate van buffering van de bodem loopt uiteen van zwak tot sterk. Door middel van het afgraven van de toplaag over een diepte van 10 à 30 cm en het vervolgens voeren van een beheer van maaien en afvoeren kunnen de omstandigheden vanuit bodemchemisch oogpunt geschikt gemaakt worden voor de ontwikkeling van Heischraal grasland, Kleine zeggenvegetatie, Blauwgrasland of Dotterbloemhooiland.

Punt van aandacht is wel de aanvoer van voedingsstoffen door het overstromingswater van de Vecht. Door het afgraven van de toplaag worden de betreffende zones in principe gevoeliger voor overstroming. Door het verhogen van het afvoerniveau van het benedenstroomse deel van de Vecht en het plaatsen van een drijfstuw zal de overstromingsinvloed van de geulen op systeemniveau echter afnemen. Dus bij deze inrichting leidt het afgraven van de toplaag niet tot een toename van de overstromingsinvloed. Bovendien is het de bedoeling dat op termijn de voedingsstoffenconcentraties van het Vechtwater gaan afnemen.

Zolang het afgraven van de toplaag beperkt blijft tot de (flanken van de) geulen is deze maatregel ook goed in het systeem inpasbaar en gaat dit niet ten koste van de opbolling van de grondwaterspiegel in de hoger gelegen delen.

Afgraven gronddrempel in zuidelijke geul Arriër Koeland

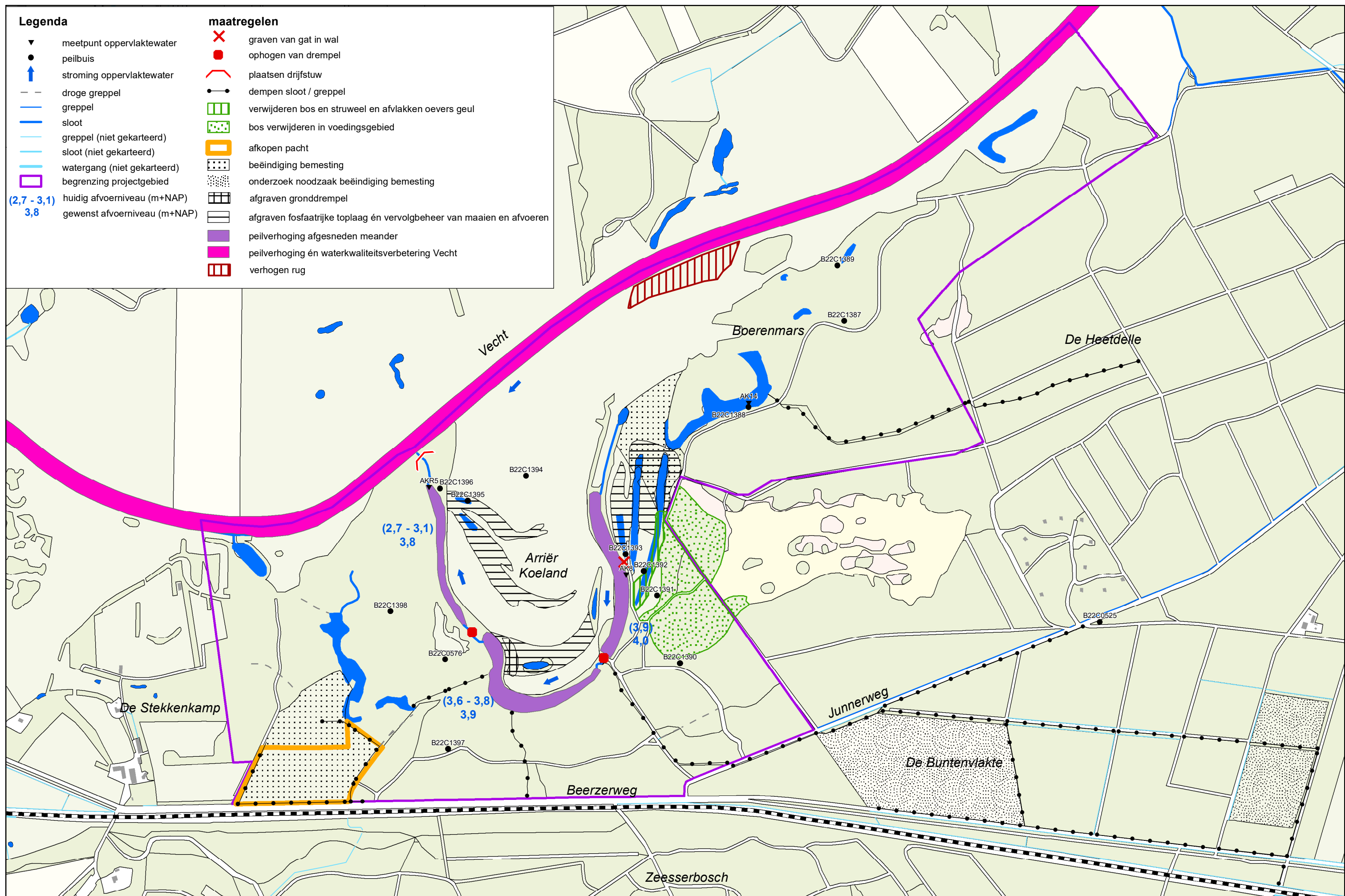
In combinatie met het afgraven van de toplaag in de geul in het zuiden van het Arriër Koeland dient ook de onnatuurlijke gronddrempel op de overgang naar de afgesneden meander te worden verwijderd, zodat de geul weer goed in verbinding komt te staan met de afgesneden meander. Dit is belangrijk voor de afvoer van neerslagwater vanuit de geul en het op deze wijze stimuleren van de aanvoer van kwelwater naar de geul.

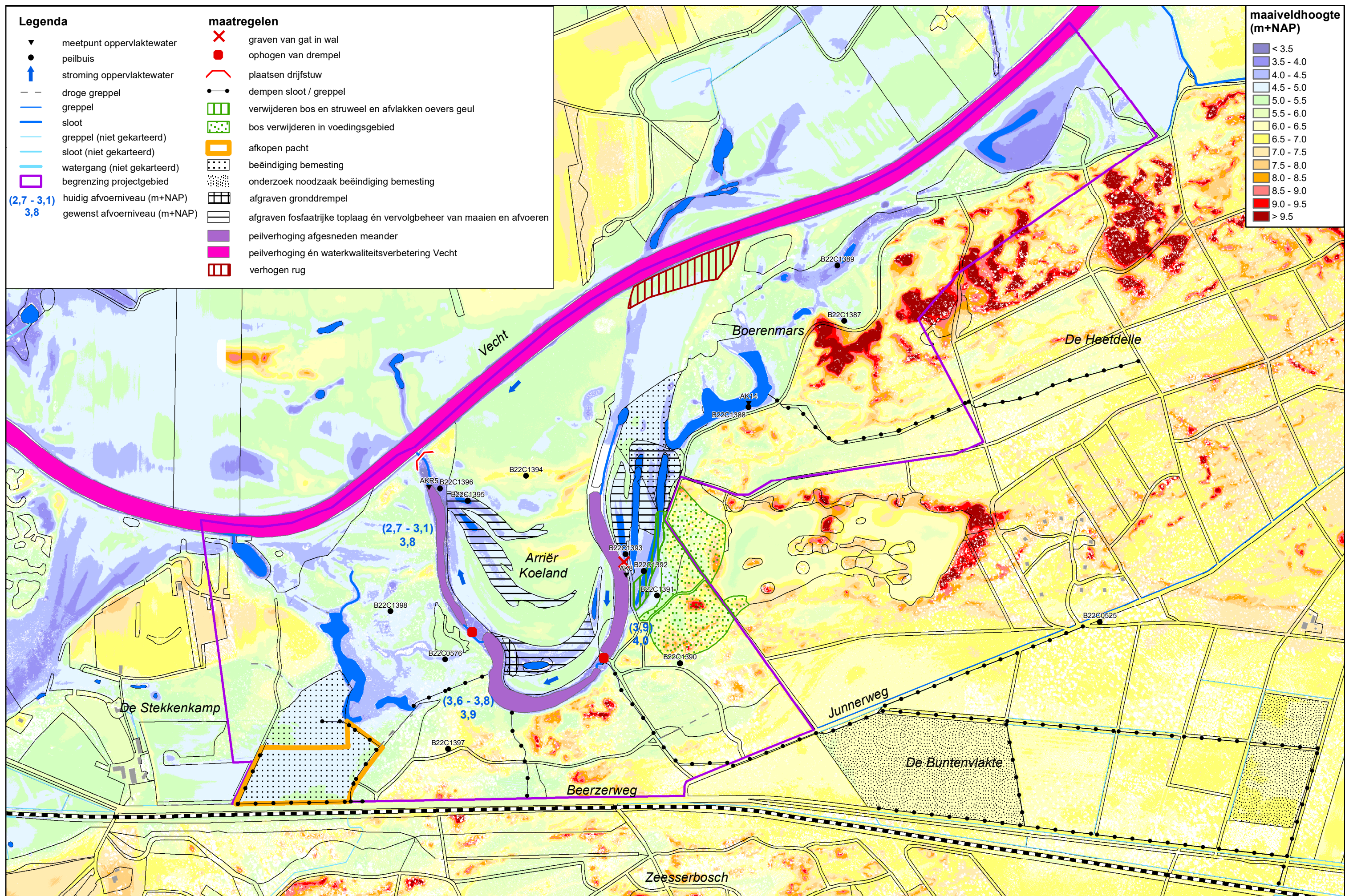
Verwijderen bos en struweel en afvlakken geuloevers voor uitbreiding van Trilveen

In de huidige situatie is de oppervlakte van het waardevolle habitatype H7140A Trilvenen zeer gering en hierdoor kwetsbaar. In het geulenstelsel van de oostelijke schraallanden zijn er mogelijkheden de oppervlakte van dit habitatype uit te breiden door het Wilgenstruweel dat nu in deze geulen aanwezig is (gedeeltelijk) te verwijderen en hier over te schakelen naar een beheer van maaien en afvoeren. Ook kan uitbreiding van de zone met habitatype H7140 Trilvenen plaatsvinden door (verder noordelijk) de oever(s) van de geul af te plaggen.

Verdere overwegingen

Bij een gezamenlijk veldbezoek op 20 maart 2019 is door de ecologisch adviseur van landgoed Junne (M. Zekhuis) het idee naar voren gebracht om in het geëgaliseerde gebied ten noorden van de schraallanden (voor ligging zie figuur 2.6: hoogtekaart of figuur 4.1: oppervlaktewatersysteemkaart met hoogteligging als ondergrond) door middel van het opnieuw uitgraven van geulen de oorspronkelijke geomorfologie zo goed mogelijk te herstellen, zodat ook hier grondwaterafhankelijke natuur tot ontwikkeling kan komen. De potenties van het betreffende gebied voor ontwikkeling van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur zijn echter beperkt vanwege de geringe afstand tot de Vecht, en de hiermee gepaard gaande verdroging en afvang van kwelwater. Ook bestaat de mogelijkheid dat het hier weer uitgraven van de geulen een negatieve invloed zal hebben op de reeds aanwezige grondwaterafhankelijke natuur van het verder zuidelijk gelegen nog aanwezige geulenstelsel, omdat door het uitgraven van de geulen het contact met de sterk drainerende Vecht wordt versterkt (ook in het geval dat er onderbrekingen in het geulenstelsel worden opgenomen). Dus gezien de beperkte potenties en de risico's wordt deze maatregel afgeraden.





Literatuur

Arcadis, 2015. Memo tijdreeksanalyse Vecht.

Arens, M, 2018. Kaarten van overstromingsfrequentie Arrër Koeland - Boerenmars. Arcadis & Unie van Bosgroepen, in opdracht van waterschap Vechtstromen.

Ingberg, H., L. Leusink, R. van Grunsven, L. Anema & M. Japink, 2018. Vegetatie- en plantensoortenkartering Overijsselse Vecht 2010. Bureau Waardenburg bv, in opdracht van Staatsbosbeheer Regio Oost.

Inberg, H., P. Boddeke, J. Reitsma, A. Tabak, M. Courbois & P. de Gier, 2018. Plantensoortenkartering Overijsselse Vecht 2017. Bureau Waardenburg, in opdracht van Staatsbosbeheer.

Jalink, M & B. van Delft, 2016. Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen-Marienberg. KWR in opdracht van waterschap Vechtstromen.

Jalink, M., 2018. LESA Overijsselse Vecht - Fase 3: Hydrogeologie. KWR in opdracht van waterschap Vechtstromen.

Jalink, M., 2018. LESA Overijsselse Vecht - Fase 3: Meetnet grond- en oppervlaktewater t.b.v. LESA. KWR in opdracht van waterschap Vechtstromen.

KWR, Witteveen + Bos & Royal Haskoning, 2015. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Vecht- en Beneden-Reggegebied. In opdracht van provincie Overijssel.

Waterschap Vechtstromen, 2017. Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht - Van visie naar ontwerp.

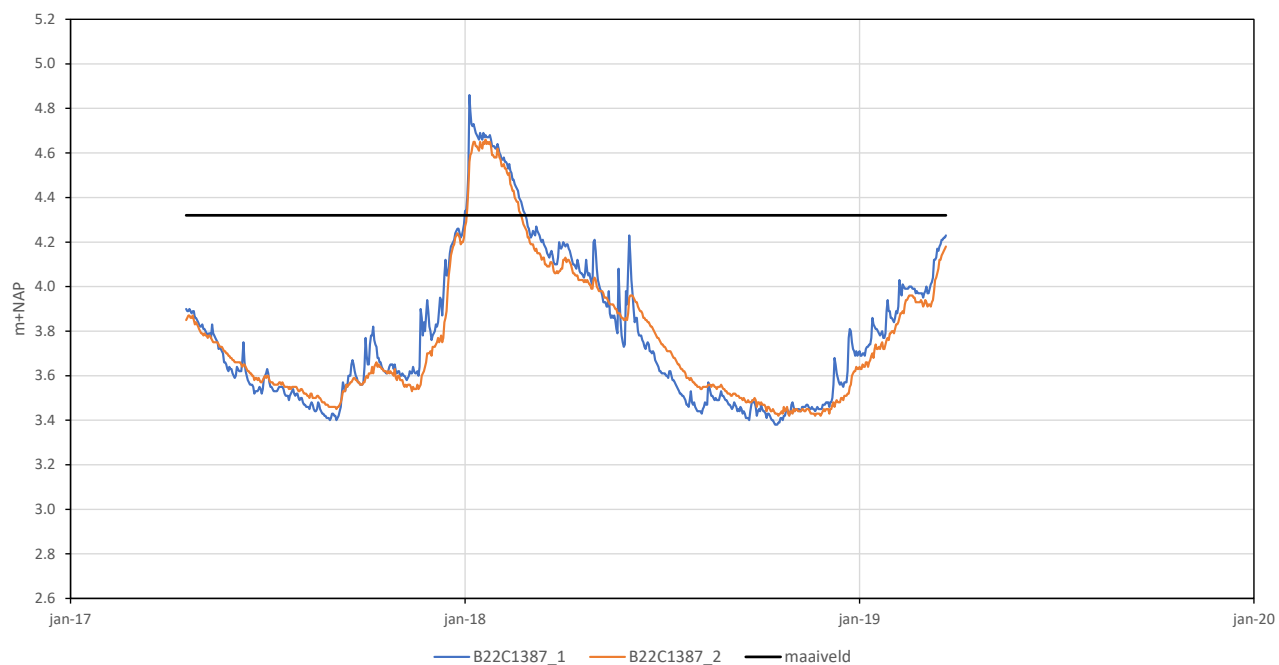
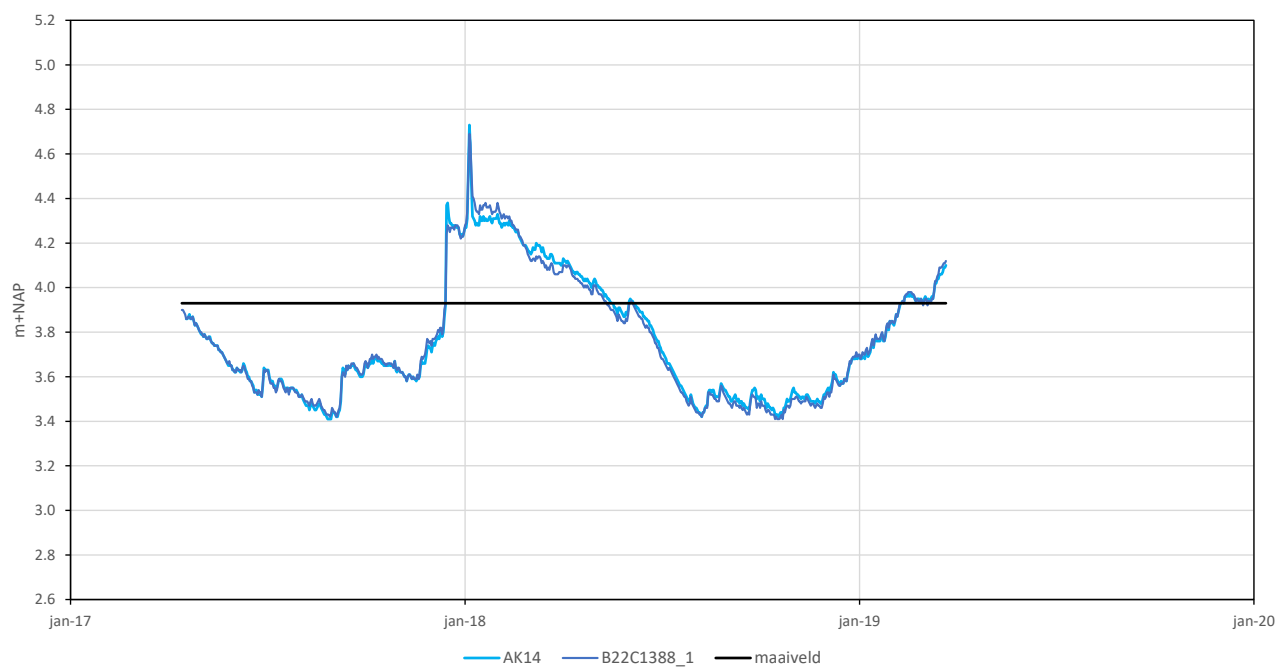
Waterschap Vechtstromen, 2017. Detailbodemkartering Vecht.

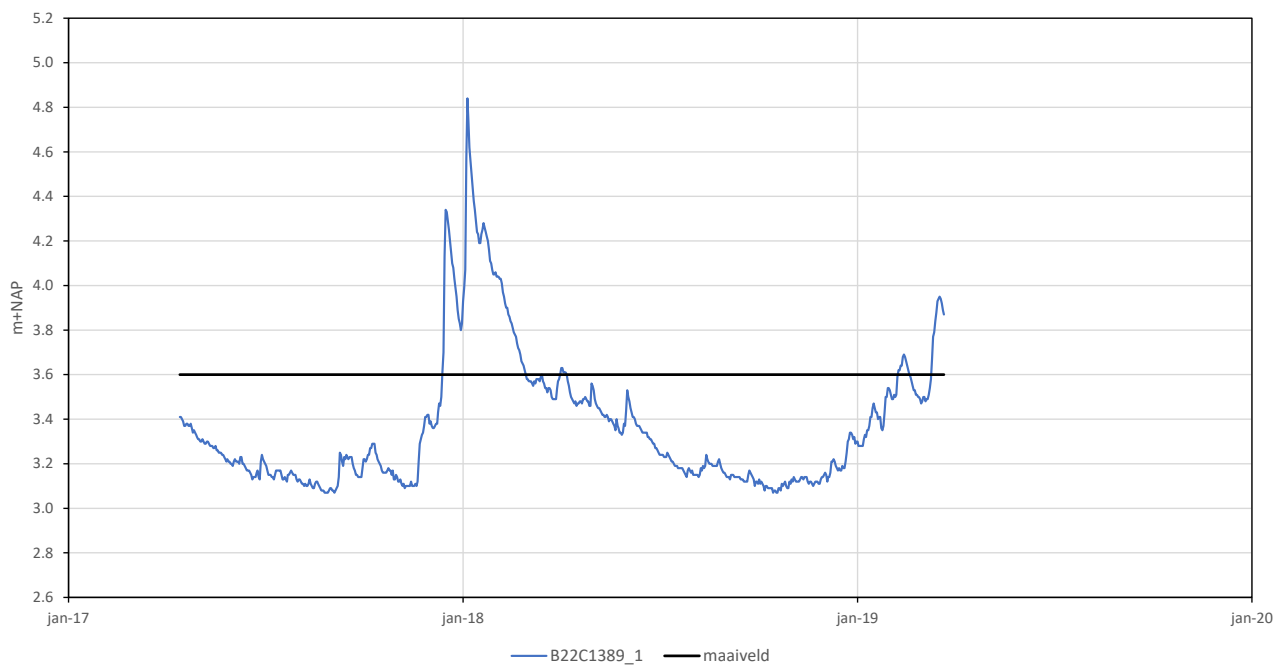
Provincie Overijssel, 2017. Natura 2000 beheerplan Vecht- en Beneden Reggegebied.

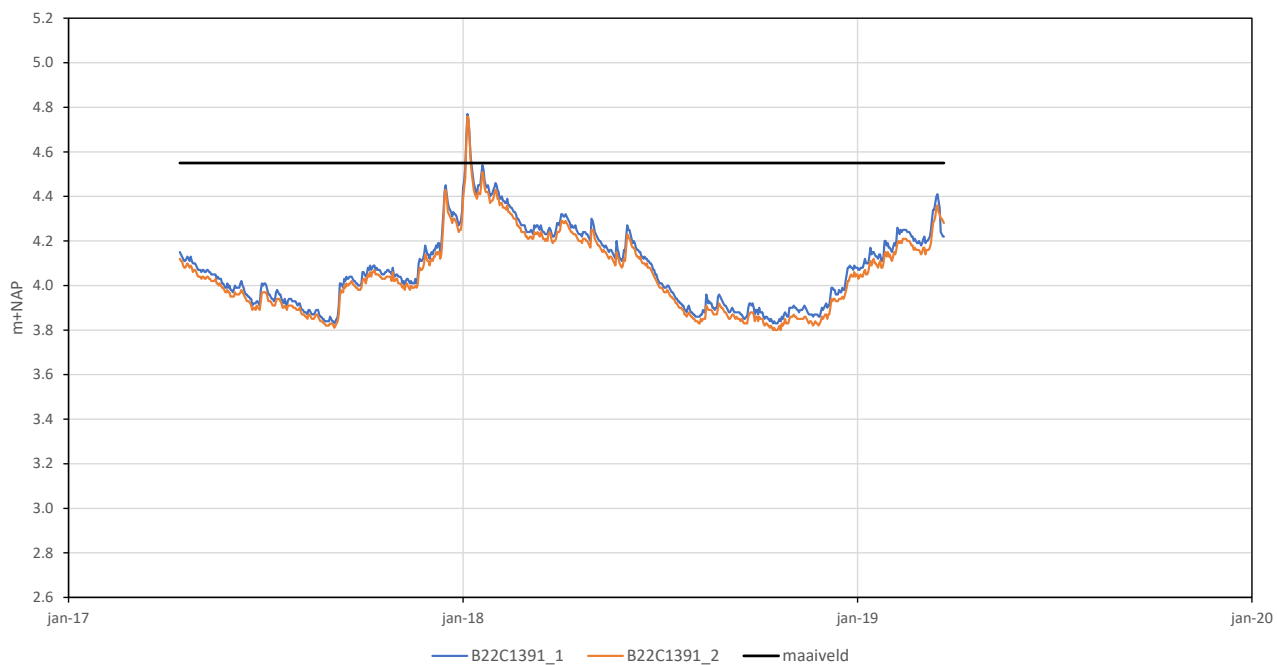
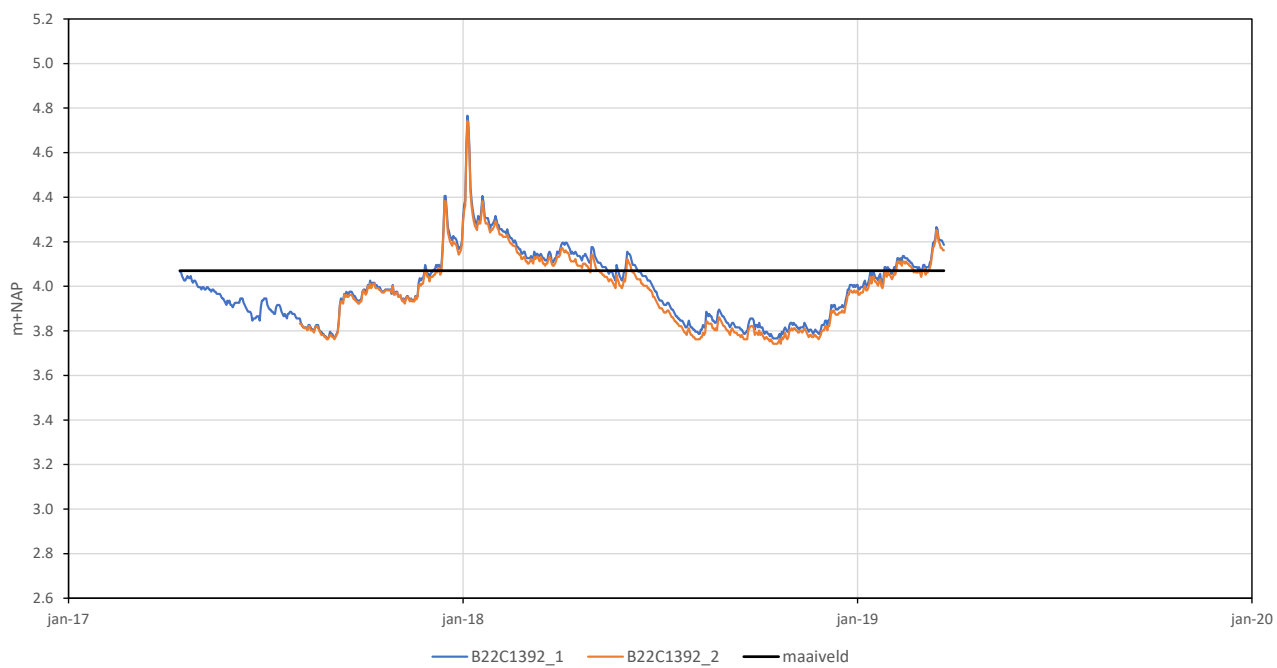
Overzicht bijlagen

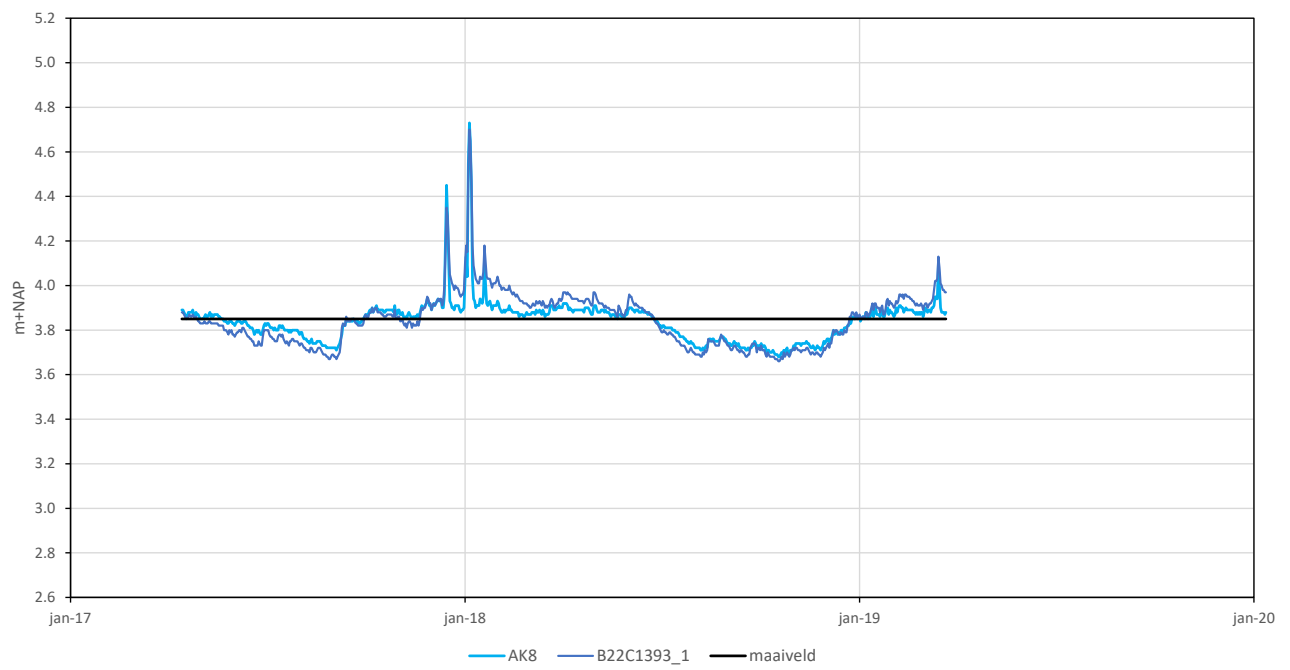
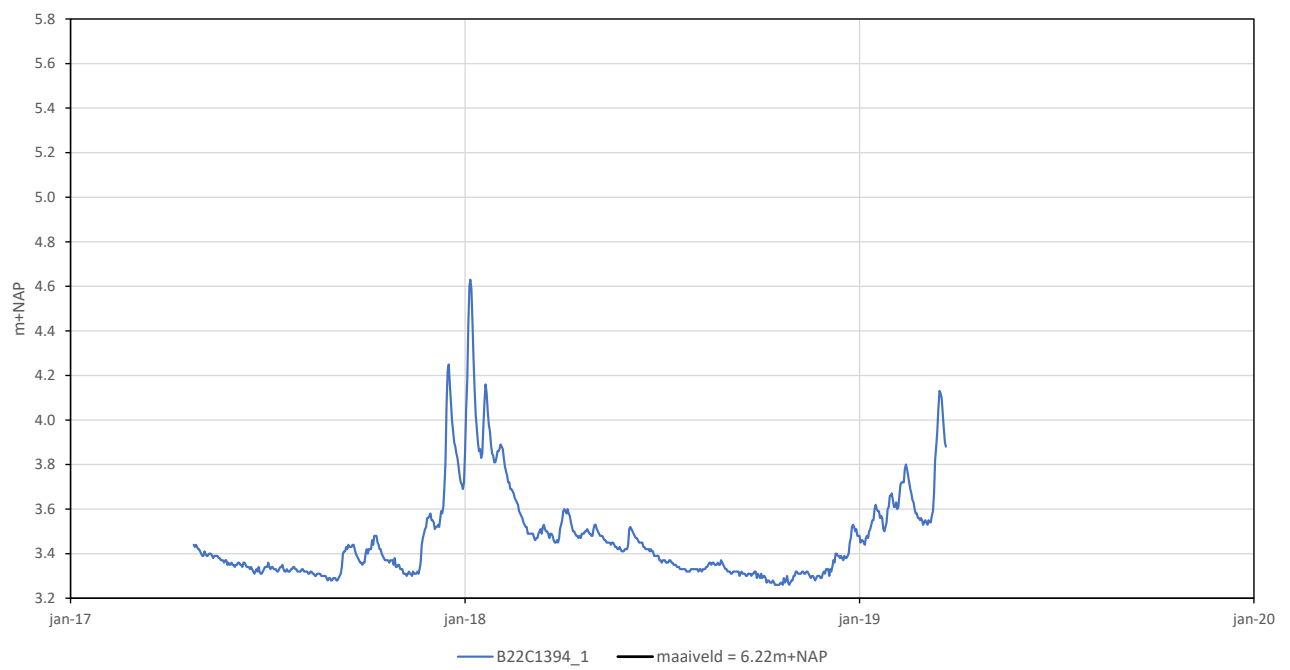
- 1 Grafieken grondwaterstandsverloop
- 2 Resultaten inventarisatie lokale oppervlaktewatersysteem
- 3 Boorbeschrijvingen aanvullende boringen
- 4 B-WARE rapport van het bodem- en hydrochemisch onderzoek Arriër Koeland en Boerenmars

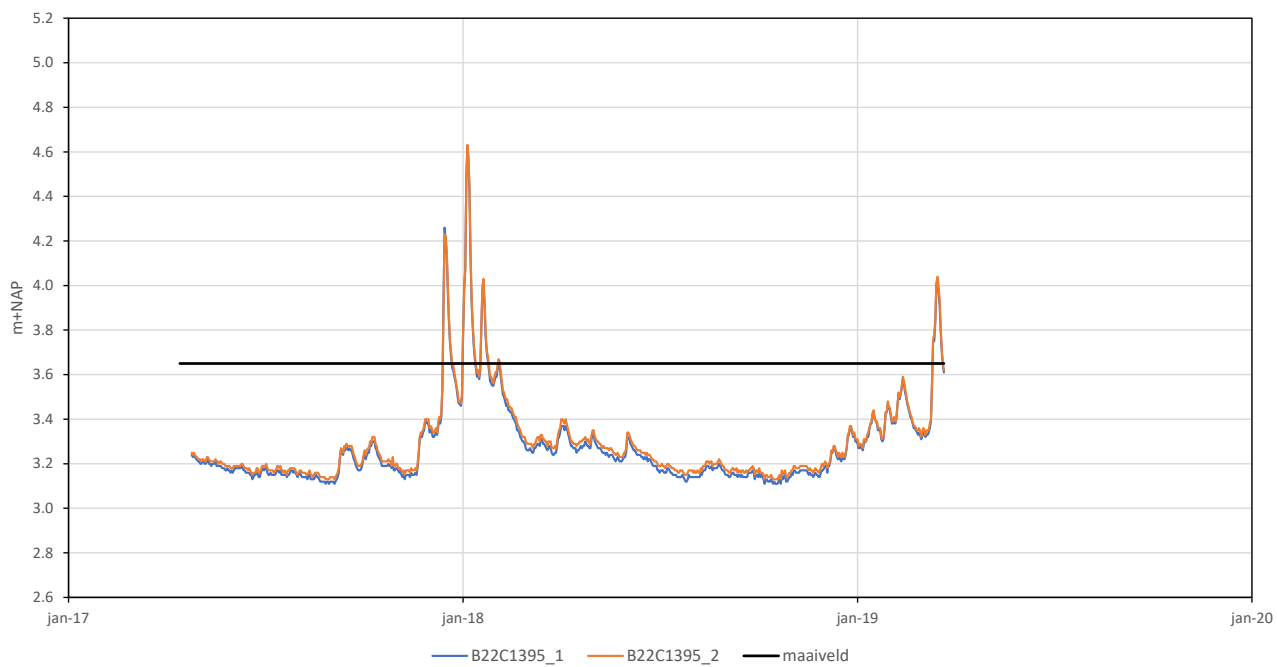
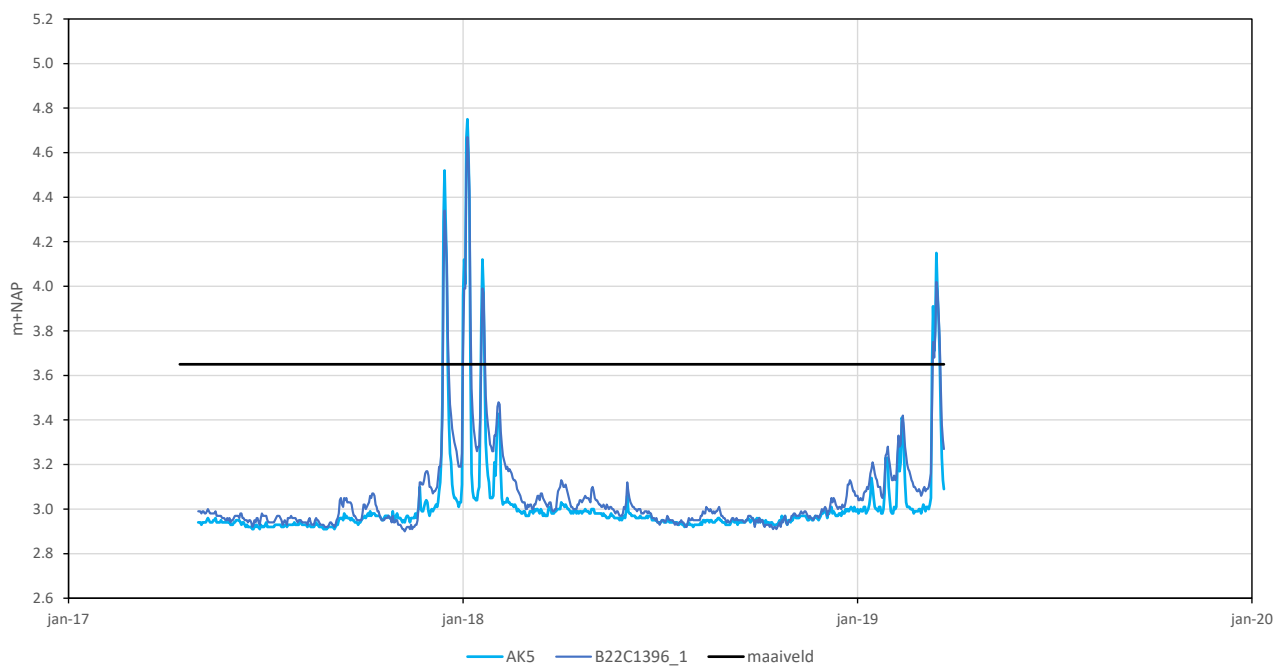
Bijlage 1 Grafieken (grond)waterstandsverloop

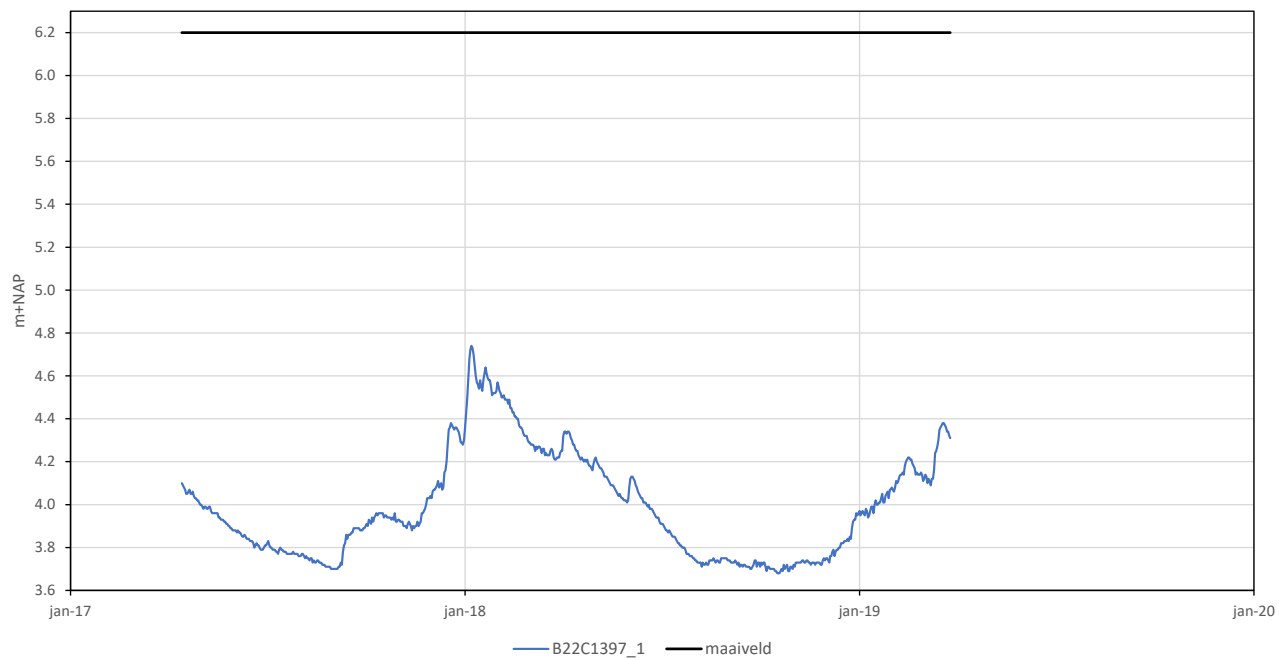


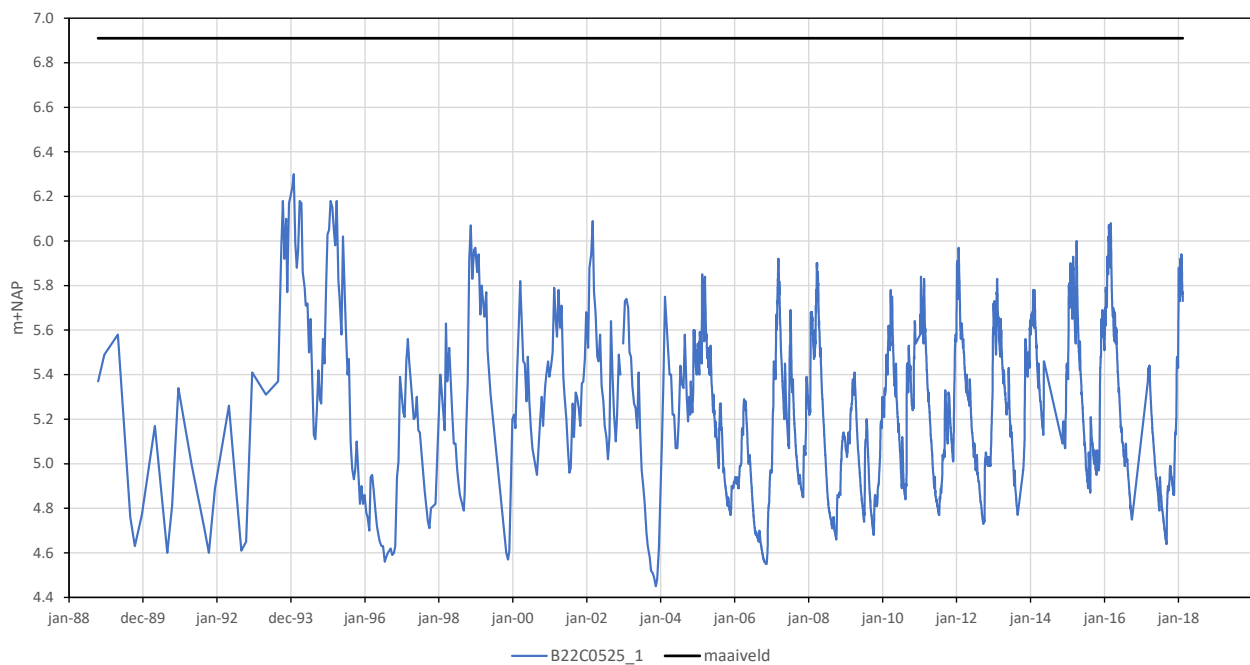
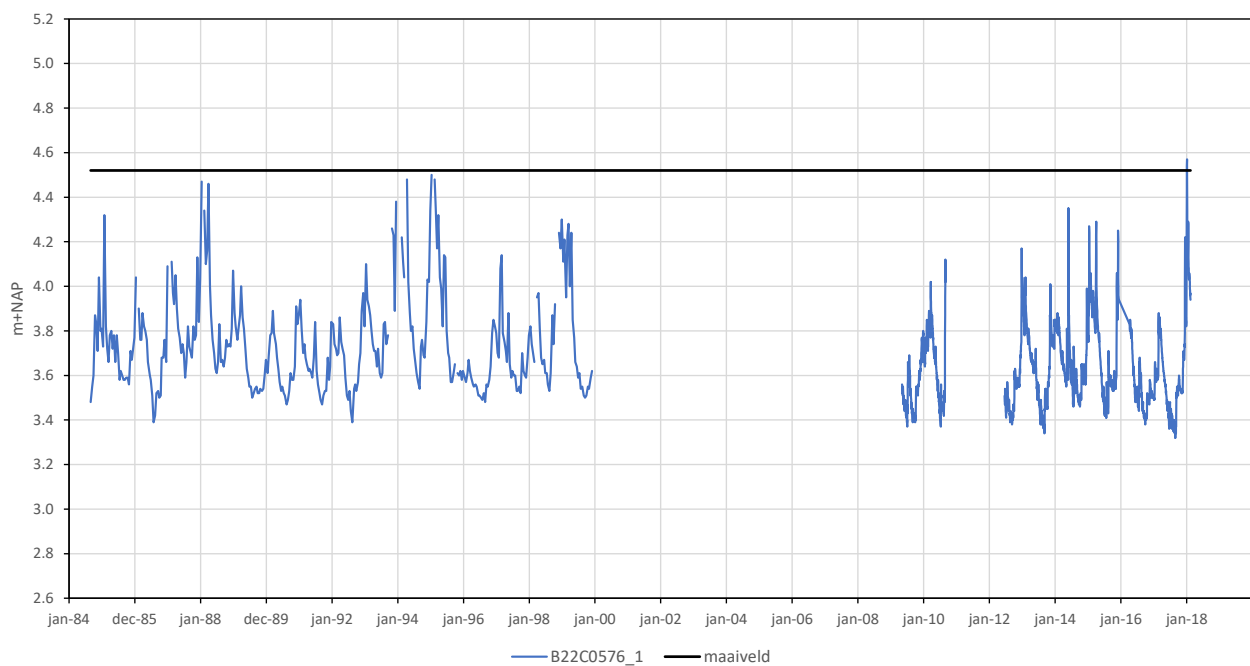


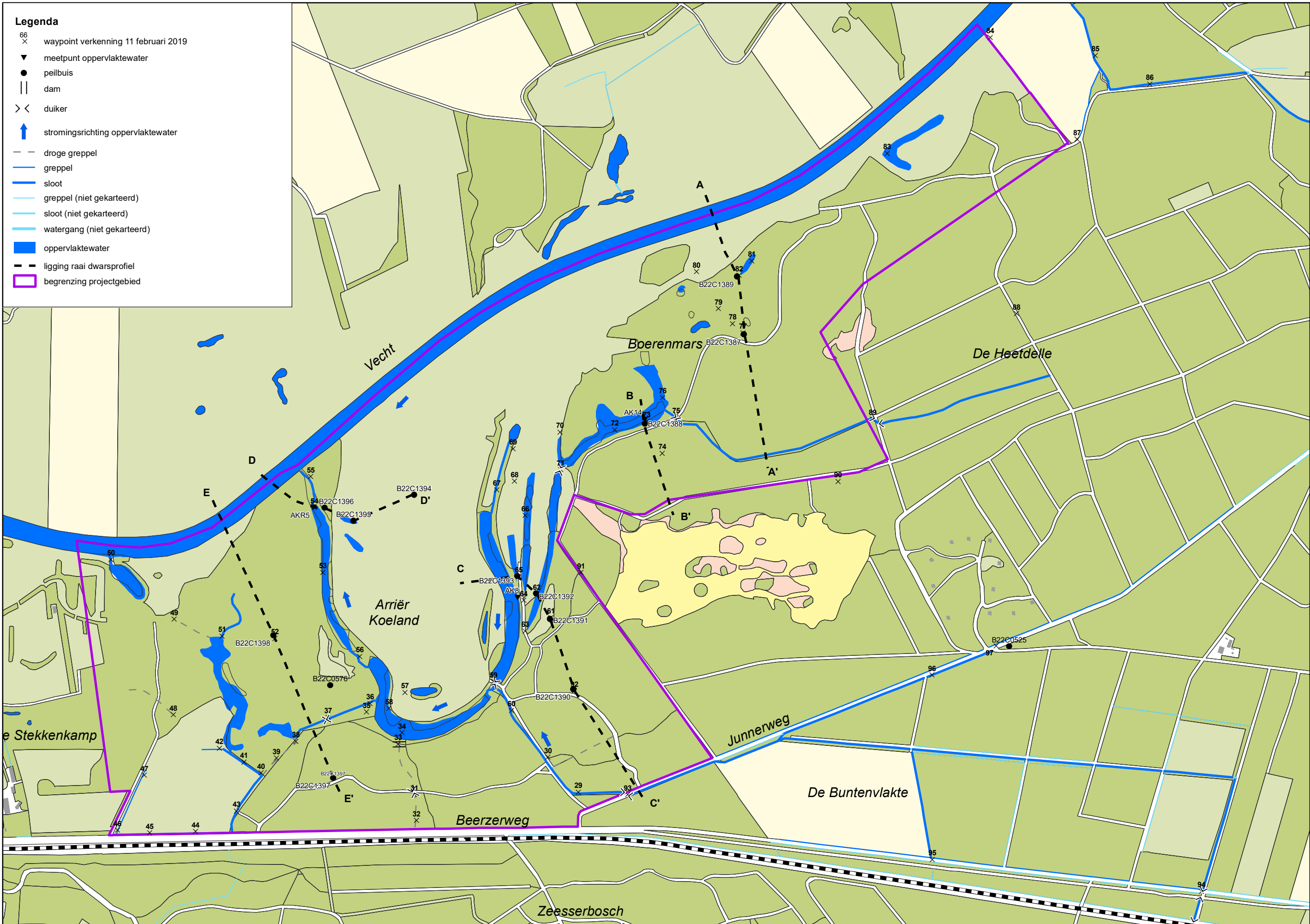












Bijlage 2

Resultaten inventarisatie oppervlaktewatersysteem Arriër Koeland - Boerenmars

Uitgevoerd op 11-2-2019

way-point	diepte	droog-legging	kwel	waarneming
29	190	190	nee	sloot, staat (net) droog (bodem is wel vochtig) / sloot doorsnijdt hier zandrug
30	100	90	nee	sloot, geen afvoer / veel bladafval in loop / hier tevens brug over de sloot; omgeving gemengd bos grove den, berk en eik
31	120	droog		droge sloot (diepte variabel) & duiker (beton) onder pad, voor 95% verstopt met bladafval / in sloot zelf wel 0,5 m blad
32	70	droog		afvoersloot van greppelstelsel, grep 50 cm diep, om de 5m; geen greppel langs weg, weg ligt 70 circa cm hoger
33	50	droog		dam in sloot ter plaatse van wandelpad, geen of volledig verstopte (onvindbare) duiker, ook veel blad in sloot
34			ja	sterk verlande, afgekoppelde, oude rivierloop: wilgenstruweel, riet, waterviolier, veenmos; roestverschijnselen
35	60	droog		slootrestant, sterk verland, houtafval en omgevallen boom in loop
36	180	droog		diepe sloot, doorsnijdt rug, blad- en houtafval en boomstammen in loop.
37	50	droog		sloot met veel bladafval & duiker onder pad, beton, voor 80% verstopt met bladafval
38				sloot sluit aan op laagte; geen doorlopende greppel / sloot in zuidwestelijke richting; greppel 40 cm diep
39	10	droog		greppel hier dus vrijwel geheel verdwenen
40				dam tussen greppel en randsloot van grasland
41	70	droog		randsloot van grasland, afvoer naar laagte / verlande oude rivierloop in bos; hier eutrofe vegetatie (mannagras?)
42	30	droog		brede greppel in grasland, zelfde afvoer naar laagte
43	80	50	nee	sloot met dam & duiker (pvc), voor 70% verstopt, (vanwege verstopping) net geen afvoer.
44	80	60	nee	sloot, geen afvoer; weg ligt circa 70 cm hoger dan grasland, grasland oogt voedselrijk
45	50	droog		grondrempel in loop
46				dam ter plaatse van toegangspad, dus geen (zichtbare) verbinding tussen sloot west en oost; ook dam bij zijgreppel.
47	40	droog		(einde van) greppel
48	30	droog		sloot- / greppelrestant met onderbrekingen: stelt niks meer voor
49	30			sloot- / greppelrestant met onderbrekingen: stelt niks meer voor
50				diep (uitgegraven?) plasje, staat in open verbinding met de Vecht.
51				oude loop in bos, droog, sterk begroeid met Grote brandnetel
52				peilbuis B22C1398, dubbel filter; elzen, brandnetel, braam: zeer ruig
53			nee	diepe, afgekoppelde oude rivierloop, begroeid met wilgenstruweel / elzen langs de oevers
54				oppervlaktewaterstandsmeetpunt AKR5
55	75	0	nee	verbindingssloop tussen oude rivierloop en Vecht, lijkt uitgegraven, veel brandnetel naast loop
56				natuurlijke drempel in oude rivierloop: stroming over houtdam (stammen) heen; sluit aan op walletje; kleine watereppe
57				geïsoleerd gelegen geul met wilgenstruweel
58			ja	oude, sterk verlande rivierloop met wilgenbroek, fraaie zeggenvegetatie en veel kwel
59				duiker (beton, diameter 50 cm) en korte, verlande verbindingssloop (levert stuwung: peil halverwege de duiker)
60	110	100	ja	monding van sloot in oude rivierloop, lichte afvoer; kwel vanaf w60 tot aan oude rivierloop
61				peilbuis B22C1391, dubbel filter
62				peilbuis B22C1392, dubbel filter
63				dam (zonder duiker) in natuurlijke afvoerslenk = toegangspad; peil circa 15 cm onder het drempelniveau van de dam
64				ook hier dam / drempel (zonder duiker) in natuurlijke afvoerslenk = toegangspad; meetpunt AK8
65				peilbuis B22C1393, enkel filter; in kleine slenk, niet in open verbinding met oude rivierarm: drempel van 10 cm boven
66			nee	actueel peil van natuurlijke afvoerslenk
67	60	30		brede loop, lijkt uitgegraven in droge bedding van oude rivierloop, drempel (5 cm beneden actueel peil) op overgang naar
				watervoerende deel oude rivierloop (verder zuidelijk / benedenstrooms)
68				raster: grens SBB/ landgoed Junne; grasland Junne lijkt productiever / struweel in slenk gekapt
69				ook hier drempel in brede loop, drempel ligt 10 à 15 cm boven actueel waterpeil
70			nee	zijslenk
71				dam met duiker (pvc), geen afvoer; ook drempel tussen slenk oost (oude rivierloop) en zijslenk / slenk zuid
72			nee	slenk / (zeer) oude rivierloop in bos, waterdiepte 20 cm; wilgenstruweel
73			nee	peilbuis B22C1388, enkel filter & oppervlaktewaterstandsmeetpunt AK14, waterdiepte 30 cm; wilgenstruweel / open water
74				potentiële boorlocatie in laagte in bos
75	80		droog	sloot & duiker (beton) onder pad; grondwal aan ben str kant van duiker, bijna tot aan bovenzijde van duiker (dus drempel)
76			nee	begin van slenk / geul in bos, plasdras, Elzenbroekbos met hier en daar Pitrus
77			nee	peilbuis B22C1387 (dubbel filter), in droge slenk / geul, enkele elzen / overigens geen duidelijk natte soorten
78				natuurlijke drempel in slenk / geul
79				verbindingssloop / slenk
80				hoge (natuurlijke) drempel in geul
81				geul / slenk met Wilgenstruweel, waterdiepte 30 cm.
82				peilbuis B22C1389 (enkel filter) aan rand van geul, geul staat (net) droog; wilgenstruweel, elzen, brandnetel, braam
83				afvoerlozen geul met water in grasland; waterdiepte 25 cm
84				raster; perceel oost: maïsstoppeles / nu wintergewas
85	100	80		diepe sloot
86	110		droog	smalle, diepe sloot
87	50	40		(begin van) greppel
88				grove dennenbos
89	100		droog	sloot, smal & duiker (beton) onder pad
90				open kapvlakte
91				boomstam blokkeert hier het toegangspad
92				peilbuis B22C1390 (dubbel filter)
93	100		droog	sloot & duiker (beton), 100% open
94	100	90	nee	sloot & duiker onder de weg; geen afvoer
95	55		vochtig	greppel / slootje aan noordzijde van de weg
96	70		droog	slootje aan zuidzijde van de weg / aan noordzijde alleen greppel van 30 cm met onderbrekingen
97				begin van slootje / greppel aa zuidzijde van de weg; wel greppeltje noord, maar met onderbrekingen; tevens peilbuis

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen aanvullende boringen

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo1
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227445
		Y-coördinaat:	503170

Plaatsomschrijving: half open

Hoogte maaiveld: 5.18 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus
20	60	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm)
60	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus, oude toplaag
70	150	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-wit
150	170	zand, matig grof (Mz: 210-300 µm), licht bruin-wit

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Kloeland	Boringnummer:	Bo2
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227415
		Y-coördinaat:	503227

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.57 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	15	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
15	30	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, roest
30	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
70	85	klei, licht bruin-grijs, zwak humeus, kalkloos (<0.5% CaCO ₃)
85	120	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-grijs, kalkloos (<0.5% CaCO ₃)

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo3
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227408
		Y-coördinaat:	503264

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.80 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
10	50	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
50	55	klei, bruin, veel roest
55	145	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
145	150	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs, kalkloos (<0.5% CaCO ₃)

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo4
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227357
		Y-coördinaat:	503378

Plaatsomschrijving: oude rivierloop

Hoogte maaiveld: 3.71 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	veen, onder 20 cm water
20	30	klei, weinig
30	165	veen, houtresten
165	255	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), houtresten

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo5
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227357
		Y-coördinaat:	503378

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.65 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
10	40	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus, roest
40	55	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), veel roest
55	110	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht bruin, roest
110	120	klei, grijs-bruin
120	150	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs-bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo6
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227310
		Y-coördinaat:	503438

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.27 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
10	140	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, veel roest

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo7
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227292
		Y-coördinaat:	503516

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.34 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
10	130	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
130	160	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, veel roest

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo8
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227264
		Y-coördinaat:	503583

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.64 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus
20	50	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
50	160	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
160	180	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, veel roest
180	190	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), zwak lemig
190	200	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo9
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227386
		Y-coördinaat:	503672

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.45 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus
10	100	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
100	200	zand, matig grof (Mz: 210-300 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo10
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227433
		Y-coördinaat:	503661

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 3.36 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	40	veen, matig veraard
40	45	klei
45	60	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo11
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227465
		Y-coördinaat:	503652

Plaatsomschrijving: brandnetels

Hoogte maaiveld: 4.37 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	80	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), humeus
80	125	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), kleiig
125	185	klei, bruin, zandig, veel roest
185	195	klei, zwart-grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo12
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227466
		Y-coördinaat:	503652

Plaatsomschrijving: brandnetels

Hoogte maaiveld: m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), humeus
20	80	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), bruin, kleiig, roest
80	125	klei, bruin, zandig, roest
125	185	klei, zwart-grijs, humeus, zandig
185	195	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo13
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227491
		Y-coördinaat:	503635

Plaatsomschrijving: pitus, rietgras

Hoogte maaiveld: 3.49 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	50	klei, bruin, kalkloos (<0.5% CaCO ₃), roest
50	120	klei, zwart-grijs, humeus, zandig, kalkloos (<0.5% CaCO ₃)
120	140	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs, kalkloos (<0.5% CaCO ₃)

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo14
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227544
		Y-coördinaat:	503645

Plaatsomschrijving: grasland

Hoogte maaiveld: 4.40 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
20	120	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, veel roest, ijzerconcretie op 80-
120	150	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo15
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227725
		Y-coördinaat:	503508

Plaatsomschrijving: grasland

Hoogte maaiveld: 5.35 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	15	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
15	160	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin
160	180	zand, matig grof (Mz: 210-300 µm), rood-bruin
180	200	zand, zeer grof (Mz: 300-420 µm), rood-bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo16
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228332
		Y-coördinaat:	503760

Plaatsomschrijving: schraalgrasland

Hoogte maaiveld: 4.46 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus, spoor roest
20	100	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Kloeland	Boringnummer:	Bo17
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227876
		Y-coördinaat:	503468

Plaatsomschrijving: wilgenbroek

Hoogte maaiveld: 3.90 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	30	veen, bruin, slap, weinig veraard, onder 10 cm water
30	70	klei, grijs, vet
70	80	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo18
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	5-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227857
		Y-coördinaat:	503501

Plaatsomschrijving: schraalgrasland

Hoogte maaiveld: 4.27 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	30	klei, veel roest
30	35	klei, blauw-grijs, zandig
35	60	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), kleiig
60	80	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs
80	100	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs, houtresten

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo19
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228082
		Y-coördinaat:	503871

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 5.60 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
20	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
70	130	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, roest
130	215	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo20
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228246
		Y-coördinaat:	504171

Plaatsomschrijving: grasland

Hoogte maaiveld: 4.81 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	30	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus, roest
30	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), rood-bruin, veel roest
70	200	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo21
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228276
		Y-coördinaat:	504120

Plaatsomschrijving: geul

Hoogte maaiveld: m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	55	veen, zeer sterk veraard
55	65	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm)

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo22
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228281
		Y-coördinaat:	504079

Plaatsomschrijving: jong loofbos

Hoogte maaiveld: 5.60 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), zwak humeus
20	40	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), licht bruin, zwak kleilig
40	85	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), zwak kleilig, bont
85	165	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm), sterk kleilig, veel roest, ijzerconcretie
165	200	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo23
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228289
		Y-coördinaat:	504038

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 4.78 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	10	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), humeus
10	50	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, roest
50	120	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo24
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228136
		Y-coördinaat:	503677

Plaatsomschrijving: wilgenbroek

Hoogte maaiveld: 3.54 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	200	veen, zandig, onder 50 cm water
200	235	veen, sterk humeus, zandig, slap, sterk veraard
235	270	veen, matig veraard
270	275	zand

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo25
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228136
		Y-coördinaat:	503677

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 5.23 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus
20	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
70	140	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo26
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228332
		Y-coördinaat:	503755

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 5.41 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	20	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), zwak humeus
20	80	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
80	140	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin-rood, roest

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo27
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227849
		Y-coördinaat:	503524

Plaatsomschrijving: naast sloot

Hoogte maaiveld: 4.07 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	40	veen
40	75	veen, kleiig
75	110	klei, weinig
110	120	zand

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo28
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227814
		Y-coördinaat:	503529

Plaatsomschrijving: slenk

Hoogte maaiveld: 3.38 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	60	veen, losse drab, onder 50cm water
60	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), grijs

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo29
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227705
		Y-coördinaat:	503251

Plaatsomschrijving: elzenbroek

Hoogte maaiveld: 3.60 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	100	veen, organische slib, onder 10 cm water
100	125	zand

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo30
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	6-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	227512
		Y-coördinaat:	503358

Plaatsomschrijving:

Hoogte maaiveld: 3.32 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

Van	Tot	
0	35	veen, slib onder 20 cm water
35	80	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm)

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Terreinnaam:	Arriër Koeland	Boringnummer:	Bo31
Beschreven door:	van 't Hullenaar	Datum:	18-mrt-19
Kaartblad nr.:	B22	X-coördinaat:	228069
		Y-coördinaat:	503109

Plaatsomschrijving: bos

Hoogte maaiveld: 6.17 m NAP

Boorbeschrijving - diepte in cm beneden mv.

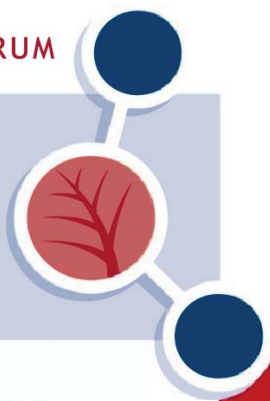
Van	Tot	
0	15	zand, humeus
15	40	zand, zeer fijn (Mz: 105-150 µm)
40	50	zand, humeus
50	70	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin
70	120	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin, spoor roest
120	170	zand, matig fijn (Mz: 150-210 µm), licht bruin

Boring beëindigd.

Boormethode:		Bentoniet:	nee
		GHG:	cm -mv
Opmerkingen:	AGWST:	GLG:	cm -mv

Bijlage 4

**B-WARE rapport van het bodem- en hydrochemisch
onderzoek Arriër Koeland en Boerenmars**



BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK ARRIËR KOELAND - BOERENMARS



- Eindrapportage -

BODEM- EN HYDROCHEMISCH ONDERZOEK

ARRIËR KOELAND - BOERENMARS

Eindrapportage

*Mark van Mullekom
Amber Visscher
Yvon Verstijnen
Fons Smolders*



Titel rapport:

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Arriër Koeland - Boerenmars, eindrapportage

Auteurs:

Mark van Mullekom, Amber Visscher, Yvon Verstijnen & Fons Smolders

Rapportnummer: RP-18.191.19.39

Opdrachtgever:

Waterschap Vechtstromen

Informatie:

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

Contactpersoon:

Mark van Mullekom
Tel: 024-2122207
m.vanmullekom@b-ware.eu
www.b-ware.eu



INHOUDSOPGAVE

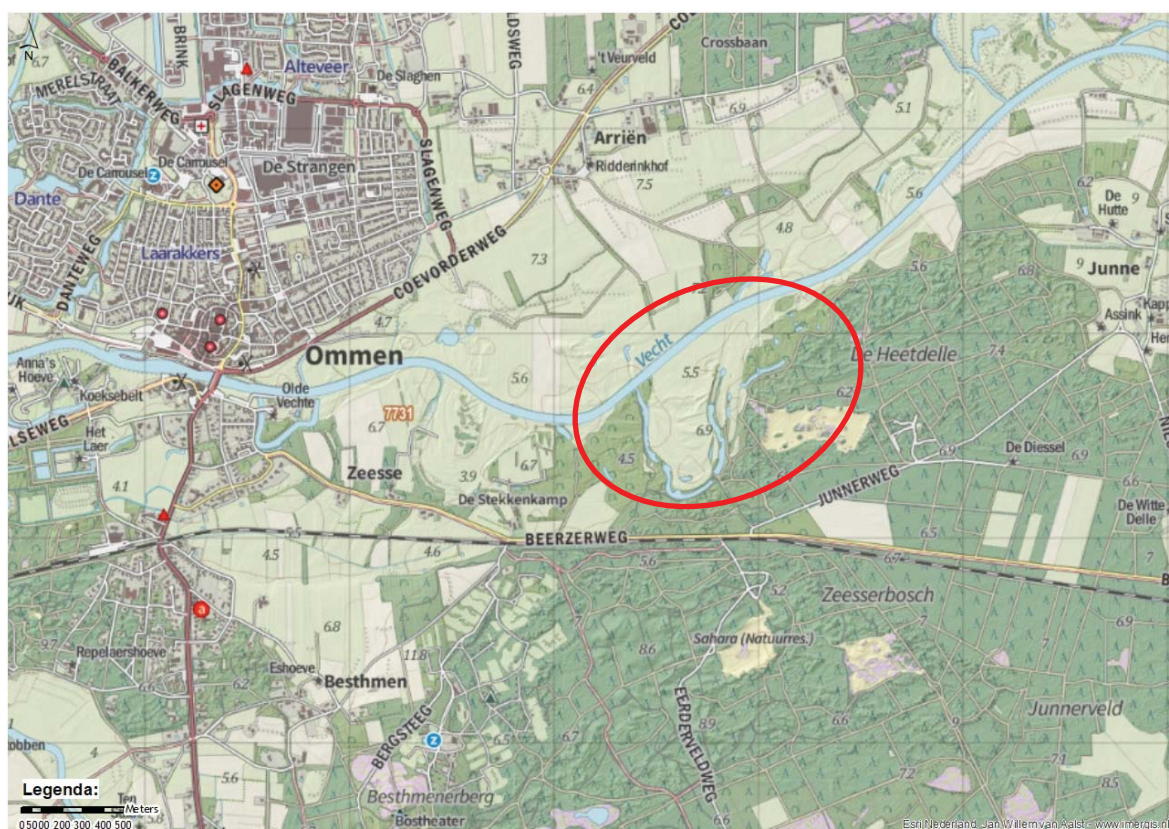
1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek	2
1.3 Leeswijzer	3
2. Materiaal en methoden	4
2.1 Veldwerkzaamheden bodemonderzoek	4
2.2 Veldwerkzaamheden en referentiemetingen 2018	7
2.3 Chemische analyse	8
3. Actuele toestand en potenties grondwaterafhankelijke natuurtypen	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Algemene bodemchemie	11
3.3 Algemene hydrochemie	13
3.4 Actuele toestand en potenties slenken en schraallanden	20
3.5 Actuele toestand en potenties uitbreidingslocaties	31
4. Actuele toestand en potenties van stroomdalgraslanden	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Referentiemetingen 2018 (Van Mullekom e.a., 2018)	37
4.3 Abiotiek van stroomdalgraslanden - overzicht referentiedata	38
4.4 Algemene bodemchemie	40
4.5 Actuele toestand en potenties droge schraalgraslanden	46
5. Conclusies	53
6. Literatuur	59
7. Bijlage 1 Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden	63
8. Bijlage 2 referentiemetingen 2018	69
9. Bijlage 3 Informatie boringen	79
10. Bijlage 4 Herstelstrategie stroomdalgraslanden	81

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

Het gebied Arriër Koeland - Boerenmars maakt deel uit van het Natura2000-gebied Vecht en Beneden Regge en ligt in het stroomgebied van de Vecht. In de hoog gelegen delen is onder andere het habitatype H6120 Stroomdalgraslanden aanwezig en in de laag gelegen delen van het gebied zijn diverse grondwaterafhankelijke habitattypen aanwezig: H91E0C Vochtige alluviale bossen, (de grondwaterafhankelijke vorm van) H6230 Heischrale graslanden, H6410 Blauwgraslanden, H6430A Ruigten met moerasspirea en H7140A Trilvenen. Voor het gebied zijn instandhoudings- en uitbreidingsdoelstellingen vastgesteld.

Door middel van het door Onderzoekcentrum B-WARE uit te voeren bodem- en hydrochemisch onderzoek wordt de actuele situatie in beeld gebracht en kansrijke plekken, knelpunten en oplossingsrichtingen in kaart gebracht. Dit geldt zowel voor de nieuw te ontwikkelen delen in het gebied als voor de te behouden en herstellen aanwezige habitattypen. De bodemchemie (voedselrijkdom, mate van buffering/verzuring) en de poriewater-, grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit spelen hierin een belangrijke rol. Voor de grondwaterafhankelijke natuurtypen is het van belang om te meten in hoeverre basenrijk (kwel)water in staat is tot in de wortelzone van de vegetatie door te dringen.



Figuur 1. Overzicht van de globale ligging van het onderzoeksgebied.

.....

Het onderzoek maakt deel uit van de LESA van Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar uit Zwolle. Belangrijkste doel van deze LESA is het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van het gebied, zodat zowel eventuele kwantitatieve als kwalitatieve knelpunten in de waterhuishouding voor de grondwaterafhankelijke habitattypen kunnen worden vastgesteld en (zo nodig) opgelost. Om de kansen voor behoud, herstel en ontwikkeling van de kwetsbare habitattypen af te kunnen leiden is ook inzicht in de bodemchemische toestand noodzakelijk.

In de meetraaien van Bell Hullenaar wordt bodem- en hydrochemisch onderzoek uitgevoerd om inzicht te bieden in voedselrijkdom en algemene chemie van het grondwater en de bodem. Met de toevoeging van enkele extra meetlocaties in de oude rivierloop rond het Arriër Koeland buiten de raaien wordt ook de aanwezigheid van een eventuele gradiënt in de overstromingsinvloed van de Vecht inzichtelijk gemaakt. Het onderzoek buiten de raaien is tevens nodig voor het afleiden van de uitbreidingsmogelijkheden van de grondwaterafhankelijke habitattypen en de mogelijkheden voor behoud/herstel van de stroomdalgraslanden. Per locatie zullen we bevindingen worden toegelicht.

De resultaten worden door Bell Hullenaar geïntegreerd in de LESA en gebruikt voor het afleiden van de verbeterings- en uitbreidingsmogelijkheden voor deze grondwaterafhankelijke habitattypen.

1.2 Aanpak bodem- en hydrochemisch onderzoek

Op 32 locaties in het gebied zijn op verschillende diepten bodemonsters verzameld en chemisch geanalyseerd. Op basis van de bodemchemische onderzoeksresultaten is bepaald op welke locaties een geschikte uitgangssituatie voor soortenrijke natuurtypen gerealiseerd kan worden en welke verschrappingsmaatregelen daarvoor noodzakelijk zijn. Tevens zijn 43 watermonsters in het gebied genomen van het oppervlaktewater, het bodemvocht of uit de bestaande peilbuizen.

Concreet worden op basis van dit onderzoek de volgende vragen beantwoord:

Droog

- Wat zijn de bodemchemische condities op de monsterlocaties van de (potentiële) stroomdalgraslanden? Het betreft zowel de toplaag als gradiënten in de diepte.
- Is er sprake van vermesting of verzuring (ontkalking van de toplaag of verminderde aanrijking van bufferstoffen door de overstromingsdynamiek)? Zo ja, wat zijn geschikte herstelmaatregelen?

Nat

- Wat zijn de bodemchemische condities op de monsterlocaties van de grondwaterafhankelijke natuurtypen en de potentiële uitbreidingslocaties? Het betreft zowel de toplaag als gradiënten in de diepte.
- Wat zijn de hydrochemische condities op de monsterlocaties van de grondwaterafhankelijke natuurtypen en de potentiële uitbreidingslocaties en in hoeverre is basenrijk (kwel)water in staat tot in de wortelzone van de vegetatie door te dringen?

- Is er sprake van vermesting of verzuring? Zo ja, wat zijn geschikte herstelmaatregelen?
- Wat is de oppervlaktewaterkwaliteit op de 5 monsterlocaties en biedt deze kansen of vormt deze een knelpunt voor de beoogde natuurontwikkeling?
- Wat is de algemene kwaliteit van het diepe en ondiepe grondwater in het gebied?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de toepaste onderzoeksmethoden beschreven. In hoofdstuk 3 en 4 worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek gepresenteerd. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen de natte, grondwaterafhankelijke natuur (hoofdstuk 3) en de droge stroomdalgraslanden (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen beschreven. In hoofdstuk 6 staat een overzicht van de gebruikte literatuur, gevolgd door de bijlagen in hoofdstuk 7, 8 en 9.

Dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de actuele toestand en natuurpotenties op basis van de bodem- en hydrochemische omstandigheden en het bodemtype. Daarnaast zijn ook de (variatie in) grondwaterstanden en grondwaterstromingen van invloed op de natte natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Deze laatstgenoemde hydrologische aspecten maken echter geen onderdeel uit van dit deel van het onderzoek. De resultaten uit dit onderzoek kunnen sterk bepalend zijn voor de keuzes die bij de gebiedsinrichting gemaakt worden. De keuze van de uiteindelijke inrichtingsmaatregelen is echter niet alleen afhankelijk van de kansrijkdom qua bodem- en hydrochemie. Ook andere factoren zoals het beschikbare budget, het ambitieniveau en de ruimtelijke/landschappelijke waarden spelen een belangrijke rol. Een ontgroning kan bijvoorbeeld een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het ecohydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Wel vormen de resultaten van dit project een belangrijke basis voor het maken van goed onderbouwde keuzes die de kansen op een succesvolle herinrichting vergroten.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldwerkzaamheden bodemonderzoek

Op 27 maart, 2 april en 5 april 2019 werden voor het bodemchemisch onderzoek op 34 locaties ondiepe boringen tot maximaal 120 cm onder maaiveld gezet (15x natte locaties en 10x droge locaties) waarbij het bodemprofiel globaal werd beschreven. De locaties werden geselecteerd in overleg met Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar, onder andere tijdens een oriënterend veldbezoek met Staatsbosbeheer en Landschap Overijssel op 20 maart. Voor de exacte ligging van de boorlocaties zie Figuur 3 en Figuur 4 (natte locaties) en Figuur 5 en Figuur 6 (droge locaties). De boringen werden verricht met een Edelmanboor en de exacte boorlocaties werden ingemeten met een GPS.

Uitgangspunten voor de bemonstering en analyse waren:

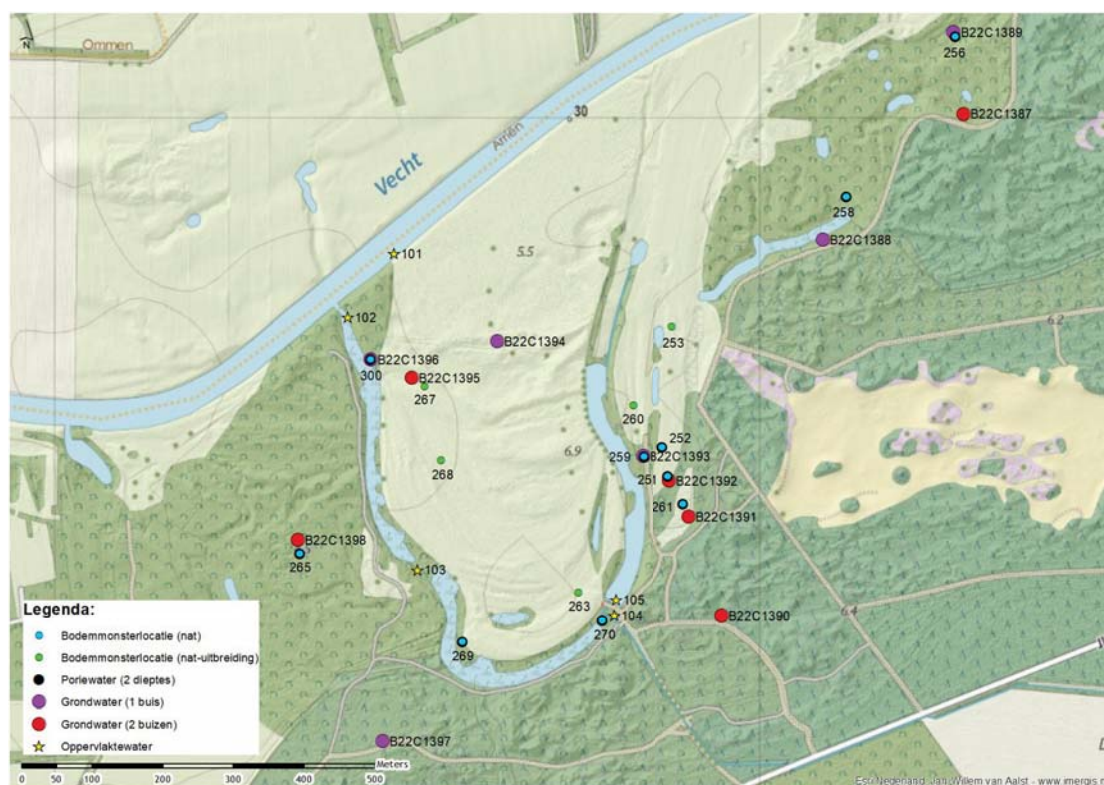
- Op de grondwaterafhankelijke locaties (bestaande natuur) op 3 dieptes bemonsteren;
- Op de grondwaterafhankelijke locaties (uitbreidingslocaties) op 4 dieptes bemonsteren;
- Op de droge locaties (stroomdalgrasland) op 3 dieptes bemonsteren;
- Op de droge locaties (stroomdalgrasland) op de locaties 1, 3, 5 en 7 een extra monster op 80-100 cm-mv verzamelen;
- In een tweetal hoogteraaien alleen de toplaag bemonsteren.

De exacte bemonsteringsdieptes werden in het veld bepaald op basis van de aangetroffen bodemprofielen. De bodemmonsters werden in afgesloten zakken vervoerd naar het lab en bewaard bij 4°C tot verdere verwerking. In totaal werden 93 bodemmonsters geanalyseerd.

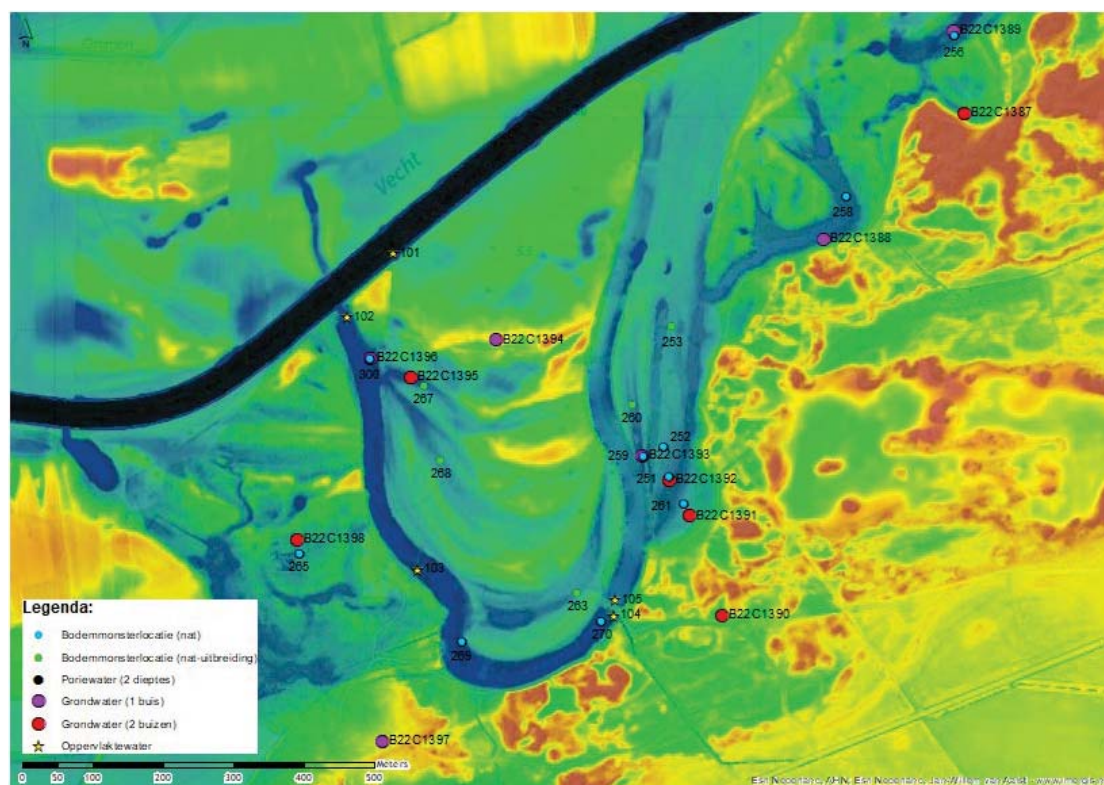
Voor het hydrochemische onderzoek werden op 26 en 27 maart 2019 in totaal 18 peilbuizen bemonsterd waarvan 7 ‘diepe’ peilbuizen (ca. 700 cm-mv) en 11 ‘ondiepe’ peilbuizen (ca. 200 cm-mv). Op 10 locaties werden keramische cups (lysimeters) geplaatst voor het verzamelen van poriewater op 20 en 75 cm-mv.



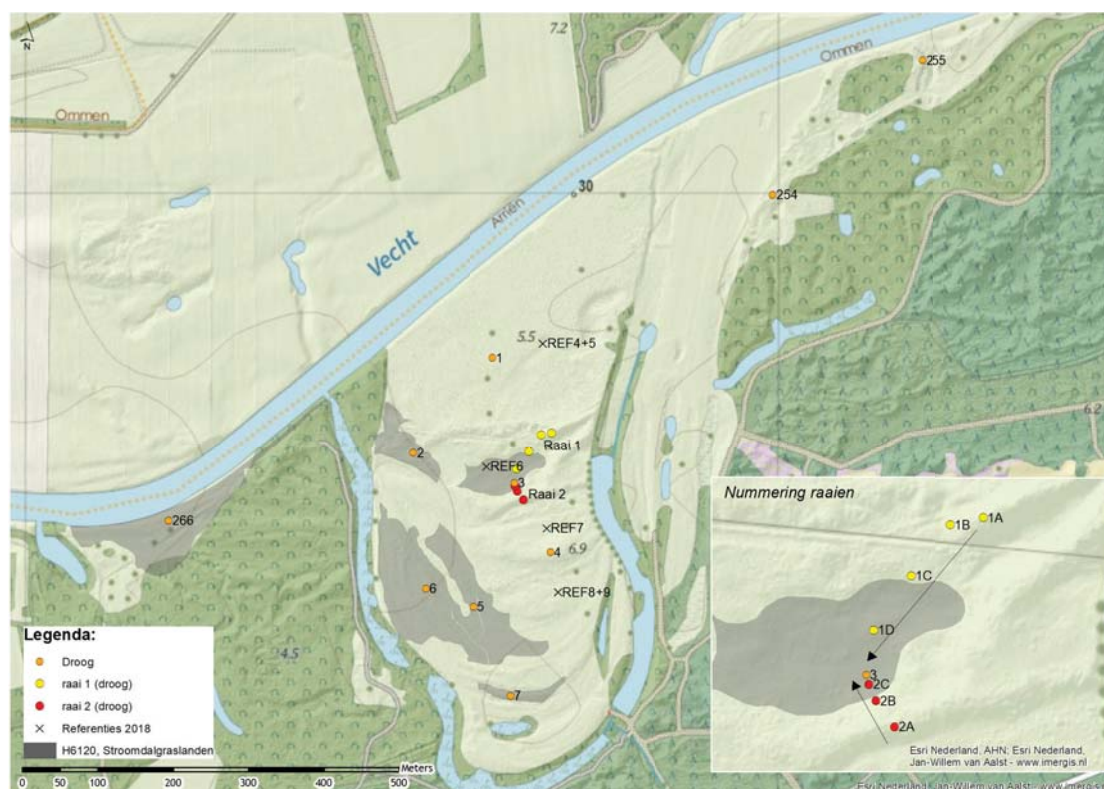
Figuur 2. Foto's van de locaties 261 (links) en 269 (rechts) waar met behulp van keramische cups (lysimeters) poriewater werd verzameld op 20 en 75 cm-mv. Foto's: Mark van Mullekom.



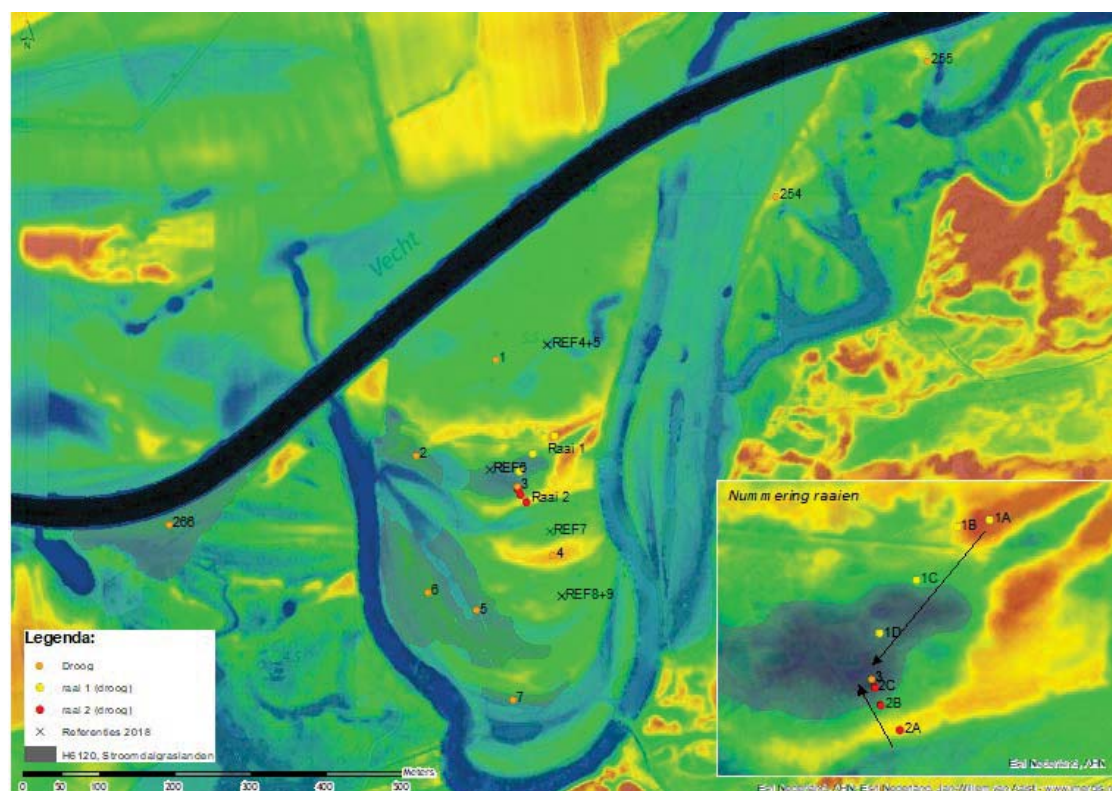
Figuur 3. Overzicht van de exacte ligging van bodem- en watermonsterlocaties op de natte, grondwaterafhankelijke plekken op een topografische kaart.



Figuur 4. Overzicht van de exacte ligging van bodem- en watermonsterlocaties op de natte, grondwaterafhankelijke plekken op een globale hoogtekaart.



Figuur 5. De exacte ligging van de boorlocaties, referenties (2018, zie bijlage 8) en hoogteraaien (alleen toplaag bemonsterd) op de droge locaties (stroomdalgrasland) op een topografische kaart.



Figuur 6. De exacte ligging van de boorlocaties, referenties (2018, zie bijlage 8) en hoogteraaien (alleen toplaag bemonsterd) op de droge locaties (stroomdalgrasland) op een globale hoogtekaart.

Tabel 1. XY-coördinaten, type en aantal dieptes.

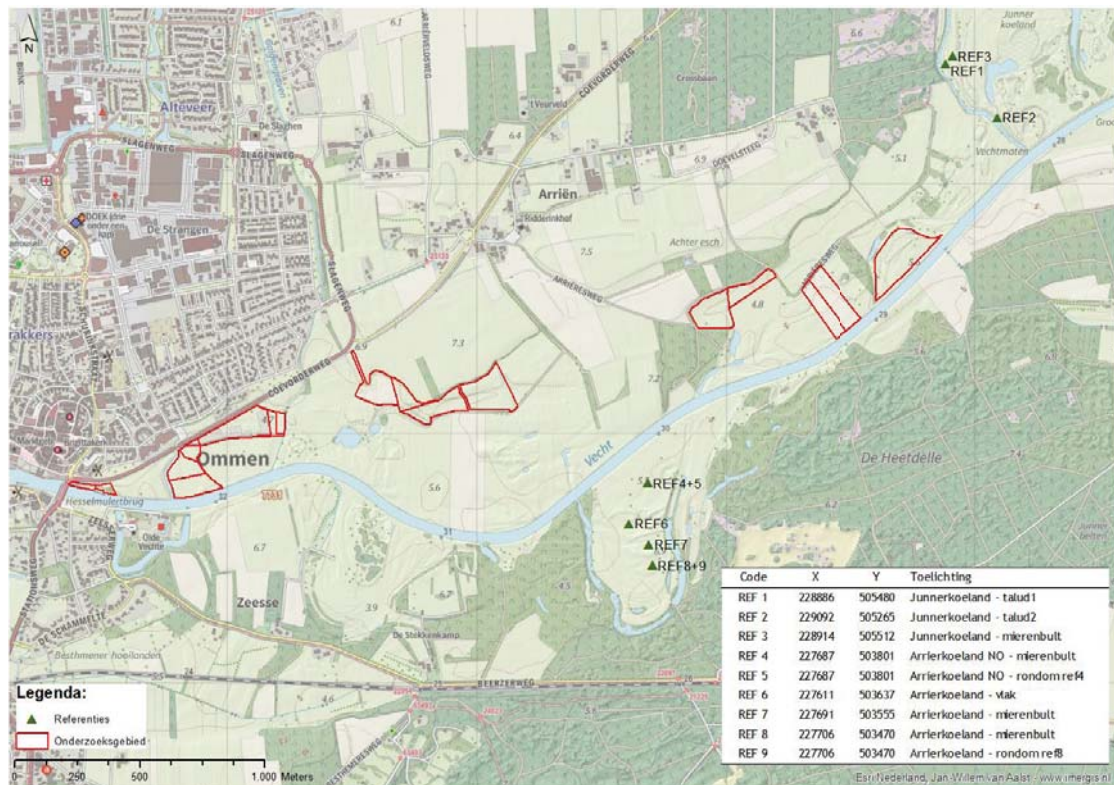
Nr	x	y	Type	Dieptes	Nr	x	y	Type	Dieptes
1A	227698	503682	raai 1 (droog)	1	251	227869	503492	Nat	3
1B	227684	503679	raai 1 (droog)	1	252	227861	503534	Nat	3
1C	227667	503657	raai 1 (droog)	1	256	228275	504116	Nat	3
1D	227651	503634	raai 1 (droog)	1	258	228121	503888	Nat	3
3	227648	503615	raai 1 (droog)	4	259	227833	503520	Nat	3
2A	227660	503593	raai 2 (droog)	1	261	227890	503453	Nat	3
2B	227652	503604	raai 2 (droog)	1	265	227346	503382	Nat	3
2C	227649	503611	raai 2 (droog)	1	269	227576	503257	Nat	3
3	227648	503615	raai 2 (droog)	4	270	227774	503287	Nat	3
1	227620	503782	Droog	4	300	227446	503382	Nat	3
2	227514	503655	Droog	3	253	227874	503704	Nat uitbreiding	4
3	227648	503615	Droog	4	260	227818	503593	Nat uitbreiding	4
4	227696	503523	Droog	3	263	227740	503327	Nat uitbreiding	4
5	227594	503451	Droog	4	267	227522	503260	Nat uitbreiding	4
6	227531	503475	Droog	3	268	227545	503515	Nat uitbreiding	4
7	227643	503333	Droog	4					
254	227991	503998	Droog	3					
255	228190	504177	Droog	3					
266	227189	503565	Droog	3					

2.2 Veldwerkzaamheden en referentiemetingen 2018

Op 23 april 2018 werden door Bas van de Riet van Onderzoekcentrum B-WARE samen met Ruud Jonker van Staatsbosbeheer op een aantal locaties (Figuur 8) (referentie)monsters verzameld van de toplaag (stroomdalgrasland). In totaal werden 9 referentielocaties bemonsterd in het Arriër Koeland en het Junnerkoeland. In het Arriër Koeland lagen 4 locaties, waarbij op 2 locaties ook het koepelnest van de gele weidemier werd bemonsterd (zie Figuur 5 en Figuur 6). Met name op de bodemonsterlocatie locatie REF6 (in mindere mate REF5) was sprake van een soortenrijke vegetatie (Figuur 7). De mierenbulten waren lokaal goed ontwikkeld. Op 25 mei 2018 werden vegetatieopnames gemaakt door Bas van de Riet. In Bijlage 2 worden deze weergegeven.



Figuur 7. Foto van de vegetatieontwikkeling op locatie REF. Het betreft een vrij soortenrijke vegetatie met gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), duizendblad (*Achillea millefolia*), grote tijm (*Thymus pulegioides*), gewone veldbies (*Luzula campestris*), blauwe knoop (*Succisa pratensis*), muizenootje (*Hieracium pilosella*) en knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*). Foto's: Bas van de Riet.



Figuur 8. Topografische kaart met de ligging van de (referentie)monsterlocaties in Arriërkoeland en Junnerkoeland (Van Mullekom e.a., 2018).

2.3 Chemische analyse

Per bodemmonster werden de volgende variabelen bepaald:

- Olsen-P extractie: een maat voor de concentratie plantenbeschikbaar P;
- Drooggewicht, organisch stofgehalte (gloeiverlies) en bodemdestructie, ter bepaling van de algemene bodemchemie (o.a. totaal-P, -Ca, -Fe, -Al, -Mg, -S);
- Zoutextractie (op een selectie van bodems) voor de mate van buffering en stikstofbelasting (o.a. pH, uitwisselbaar calcium en aluminium, indicatieve basenverzadiging, labiel gebonden P wat kan af-/uitspoelen, ammonium, nitraat). Hiermee kunnen tevens de natuurpotenties worden gespecificeerd.

Vochtpercentage, organische stofconcentratie en bodemdichtheid

Het vochtpercentage van het verse bodemmateriaal werd via het vochtverlies bepaald. Dit gebeurde door in duplo bodemmateriaal te drogen gedurende 48 uur bij 60 °C. Omdat de bakjes precies tot aan de rand werden afgevuld (volume = 40 ml) konden later ook de concentraties worden omgerekend naar mol per liter bodemvolume. De fractie organisch stof in de bodem werd berekend door het gloeiverlies te bepalen. Hiertoe werd het bodemmateriaal, na drogen, gedurende 4 uur verast in een oven bij 550 °C. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantenbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen e.a., 1954) bepaald. Het principe van deze extractiemethode is dat natriumbicarbonaat (NaHCO_3) zorgt

voor een daling van de concentratie opgeloste calciumionen via de vorming van onoplosbaar calciumcarbonaat (CaCO_3). Hierdoor stijgt de concentratie opgelost fosfaat. Natriumbicarbonaat brengt ook de labiele, voor planten snel beschikbare, proportie van de organische fractie in oplossing. Voor de Olsen-extractie werd aan 3 gram droog bodemmateriaal 60 ml $0,5 \text{ mol l}^{-1}$ natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd op pH 8,5 gesteld met behulp van NaOH. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars. Het extract werd bij 4 °C bewaard tot verdere analyse. De Olsen-P concentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen/nutriënten in het bodemmateriaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen gedroogde bodem afgewogen in teflon destructievaatjes. Aan het bodemmateriaal werd 4 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 1 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd en geplaatst in een destructiemagnetron (Milestone microwave type mls 1200 mega). De monsters werden vervolgens gedestruëerd in gesloten teflon vaatjes en na afkoelen werden het destruaat nauwkeurig overgebracht en aangevuld tot 100 ml met milli Q water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse. Concentraties van elementen werden berekend in μmol per liter bodem.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden ionen verdrongen door natrium en chloride. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden. Daarnaast kan op basis van de aluminium/calcium-ratio een goede inschatting gemaakt worden van de buffercapaciteit van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml $0,2 \text{ mol l}^{-1}$ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 120 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. De elementenconcentraties werden berekend in μmol per liter bodem.

Analyse grond- en oppervlaktewater

De pH werd gemeten met een standaard Ag/AgCl2 elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (CO_2 en HCO_3) werd bepaald met behulp van infrarood gas analyse (ABB Advance Optima IRGA). De alkaliniteit werd bepaald door een deel van het monster te titreren met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij de alkaliniteit. De EGV werd bepaald met een HACH EGV probe verbonden met een HQD-meter. De turbiditeit van de oppervlaktewatermonsters werd bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). De monsters voor de Auto-analysers werden bewaard bij een temperatuur van -20 °C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en bewaard bij 4 °C.

Elementenanalyse (ICP en Auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) in oppervlaktewater, bodemvocht en bodemextracten werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled

Plasma Spectrofotometer (ICP; Thermo Electron Corporation, ICP-OES iCAP 6000). De concentraties nitraat (NO_3^-) en ammonium (NH_4^+) werden colorimetrisch bepaald met een Bran+Luebbe auto-analyzer III met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat. Chloride (Cl^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer III systeem met behulp van resp. mercuritiocyanide, en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na^+) en kalium (K^+) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control.

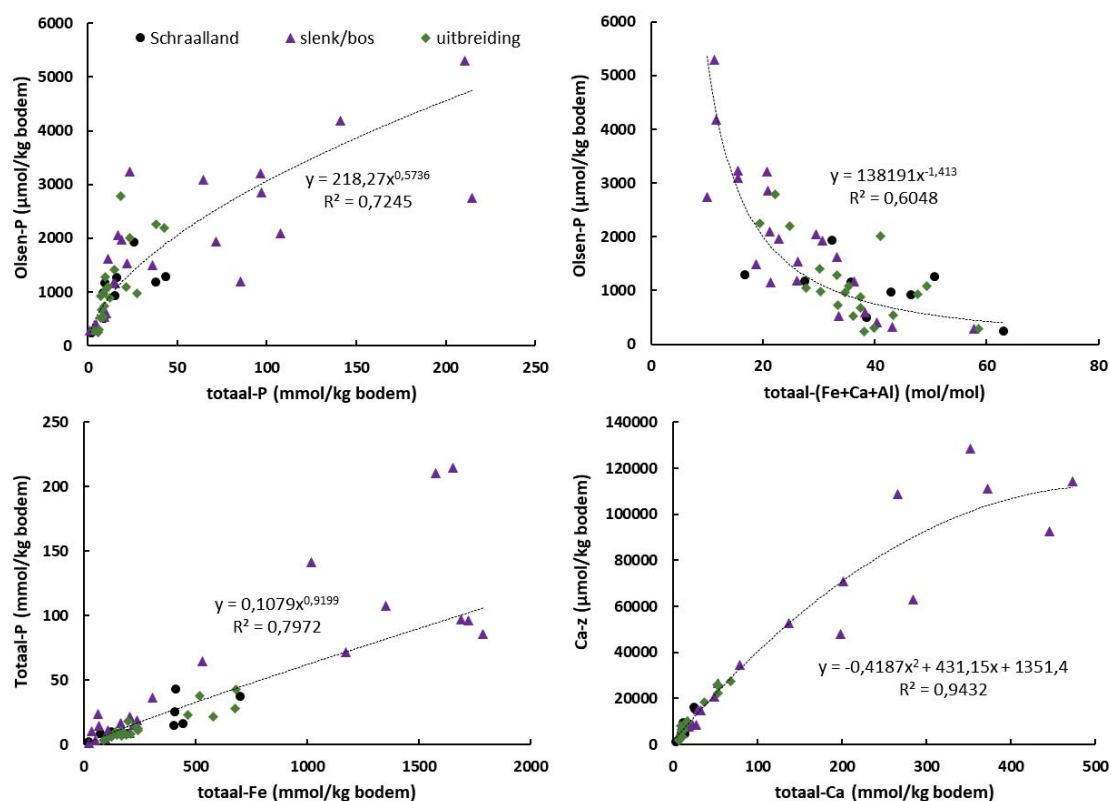
3. ACTUELE TOESTAND EN POTENTIES GRONDWATER-AFHANKELIJKE NATUURTYPEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodem- en hydrochemisch onderzoek op de natte locaties beschreven. In paragraaf 3.2 wordt de algemene bodemchemie beschreven en in paragraaf 3.3 de hydrochemie. In paragraaf 3.4 komen de natuurontwikkelingsmogelijkheden van de slenken en schraalgraslanden aan bod. In paragraaf 3.5 worden ontwikkelingsmogelijkheden van de uitbreidingslocaties besproken.

3.2 Algemene bodemchemie

Voor het ontwikkelen van soortenrijke, grondwaterafhankelijke natuurtypen is het belangrijk dat de fosfaatbeschikbaarheid laag is. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten (zeker bij een verandering van de redoxtoestand van de bodem door het nemen van vernattingsmaatregelen). Vanwege het feit dat planten wortelen in een bepaald bodemvolume en niet in een bepaalde bodemmassa worden de concentraties in deze rapportage meestal uitgedrukt per liter verse bodem.



Figuur 9. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen gemeten op de grondwaterafhankelijke locaties.

.....

De bodemopbouw in het onderzoeksgebied bestaat uit ijzerrijk, en lokaal (sterk) lemig zand, leem/klei en/of (veraard) veen. In Figuur 9 linksboven zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems tegen elkaar uitgezet. In deze correlaties is een verschil gemaakt tussen de huidige schraallanden, de slenken/bossen en de uitbreidingslocaties.

Als gevolg van verschillen in grondgebruik (bemestingsduur en -intensiteit), bodemtype en bodemchemie (variatie in ijzer- en/of calciumconcentraties), zijn er grote verschillen in de Olsen-P en totaal-P gehalten van de bodem. Deze variëren niet alleen in de diepte, maar ook de P-beschikbaarheid varieert tussen de verschillende bodems. Fosfor wordt in ijzerrijkere bodems bijvoorbeeld zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities. De ijzer- en fosforconcentraties correleren sterk (Figuur 9 linksonder) wat erop duidt dat er bij de afzetting van ijzer ook P is afgezet. IJzerrijk grondwater bevat vaak ook fosfor. Wanneer de Fe/P ratio (sterk) positief is, is dat gunstig.

Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook kleideeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 9 rechtsboven is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Uit Figuur 9 rechtsonder blijkt dat de concentratie totaal-Ca en de gemakkelijk uitwisselbare calciumconcentratie (Ca-z) goed correleren. De concentratie totaal-Ca en de concentratie Ca-z, zijn indicatieve parameter voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem. Deze parameters zijn in grote mate bepalend voor de natuurtypen die tot ontwikkeling kunnen komen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van meer dan 20 mmol/l bodem hebben meestal een hoge basenverzadiging (> 90-95%).

Bij de beschrijving van de bodemchemie en hydrochemie per locatie wordt de mate van buffering (van de bodem en het grondwater), evenals de voedselrijkdom, nader toegelicht. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Nat schraalland: (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Kruidenrijk grasland: 900-1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Welke natte natuurbeheertypen zich daadwerkelijk in het gebied kunnen ontwikkelen is onder andere afhankelijk van de voedselrijkdom van de bodem, de mate van buffering van de bodem en de stijghoogte en kwaliteit van het grondwater. In Tabel 2 staan voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten. De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend voor de natuurontwikkelingskansen.

Tabel 2. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Droge natuurbeheertypen, zoals droge heide en droog heischraal grasland, zijn niet afhankelijk van grondwaterinvloed. Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; De Becker (2004). Onder zeer ijzerrijke omstandigheden kunnen bij een optimale ontwikkeling ook hogere fosforconcentraties voorkomen (aangegeven tussen haakjes).

Natuurbeheertype	Specificatie	GHG (cm)	GLG (cm)	pH-H ₂ O	Olsen-P (umol/l FW)	totaal-P (mmol/l FW)
Hoogveen		10 + mv	5 -mv	3.5-5	100-300	0.5-2.5
		10+ tot 20- mv	20- tot 50- mv	3.5-5	100-500	0.5-2.5
Vochtige heide			40- tot 120 - mv			
Schraalgrasland	Nat heischraal grasland	0 tot 40- mv	mv	4.5-6	150-400	1-3
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte zegge)	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	4.5-6.5	100-500	1-6
	Blauwgrasland	0 tot 25- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	200-500	2-10 (tot 20)
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland / Veldruischraalland	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
		20+ tot 0 mv	10+ tot 50- mv	5-7	300-800 (tot 1200)	8-20 (tot 50)
Moeras	Grote zeggenmoeras	20+ tot 0 mv	10+ tot 40- mv	>5	-	-
	Rietmoeras	10+ tot 0 mv	40- tot 80- mv	<5	200-600	1-5
Hoog- en laagveenbos	Berkenbroekbos	20+ tot 20- mv	40- tot 80- mv	5-6.5	300-800 (tot 1200)	5-20 (tot 50)
	Elzenbroekbos					

3.3 Algemene hydrochemie

Poriewater en grondwater

De resultaten van de grondwateranalyses worden door Bell-Hullenaar verwerkt in de ecohydrologische systeemanalyse. Dit maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. De focus in dit onderzoek ligt op de beschrijving van de dieptegradiënten per locatie. In **Figuur 10** worden enkele hydrochemische correlaties weergegeven.

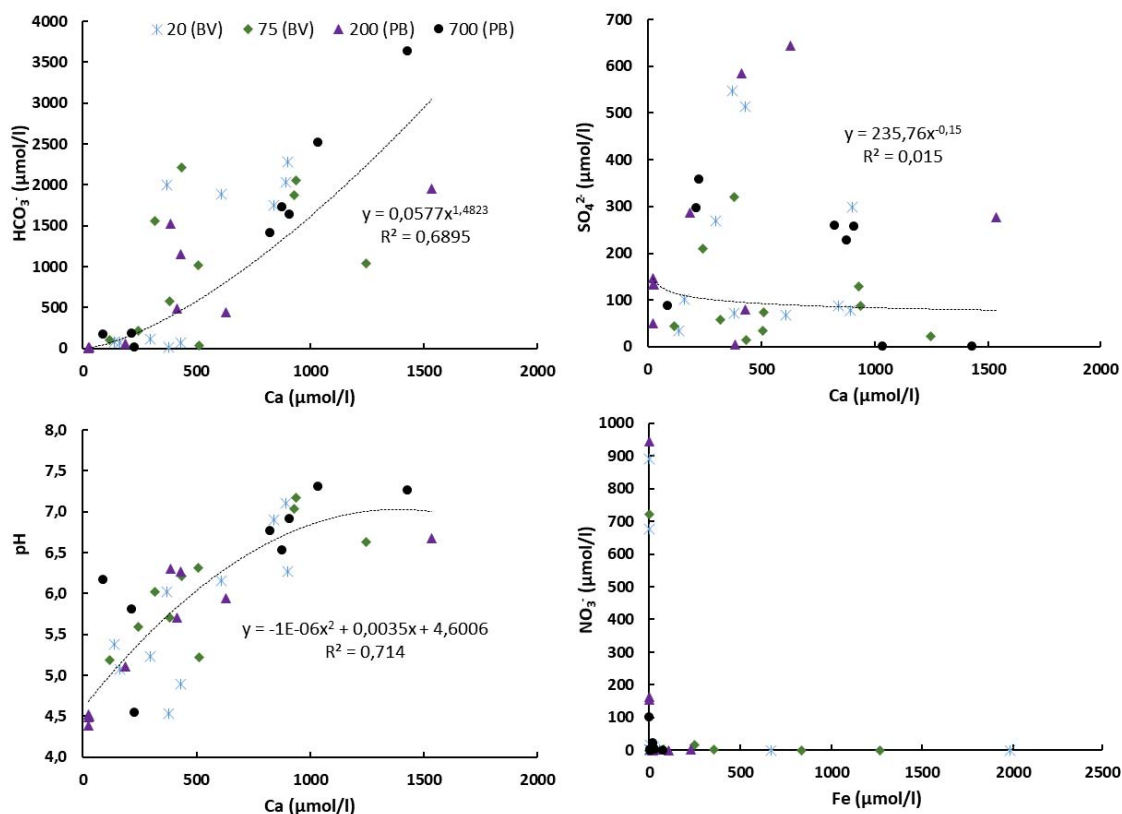
Tabel 3. Overzicht van diepe (circa 700 cm-mv, blauw gearceerd) en ondiepe (circa 200 cm-mv, grijs gearceerd) grondwaterkwaliteit in het onderzoeksgebied. Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV (µS/cm).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
PB	1387 ondiep	148	5,7	0,8	262	2297	488	9	414	104	584	6	<0,1	1075	625	21	1,3	26,6
PB	1387 diep	686	4,6	0,1	196	966	14	41	225	138	360	0	<0,1	547	665	27	103,4	1,6
PB	1388	170	4,5	0,1	91	675	9	16	29	37	134	15	<0,1	349	315	14	2,3	7,4
PB	1389	190	5,1	0,1	147	1138	61	8	186	106	287	14	<0,1	408	444	24	0,3	2,9
PB	1390 ondiep	249	4,5	0,1	110	376	5	73	26	34	51	0	<0,1	399	472	15	154,8	1,1
PB	1390 diep	700	6,8	1,5	279	572	1413	1	821	166	260	2	<0,1	451	594	17	2,7	5,9
PB	1391 ondiep	199	4,4	0,1	158	620	6	160	23	36	133	0	<0,1	556	730	16	162,3	1,4
PB	1391 diep	668	5,8	0,3	162	710	192	5	214	119	299	29	0,1	454	452	21	3,7	4,6
PB	1392 ondiep	149	4,5	0,1	89	710	9	43	24	30	146	19	<0,1	304	264	11	0,1	1,9
PB	1392 diep	684	6,2	0,3	60	291	181	2	88	50	89	9	1,4	159	91	12	0,4	1,1
PB	1393	147	6,3	1,6	185	1812	1525	0	384	124	6	109	<0,1	311	313	9	0,4	31,9
PB	1394	832	7,3	2,5	260	294	2522	0	1034	94	2	3	1,0	278	248	17	1,0	24,4
PB	1395 ondiep	198	6,3	1,2	154	1484	1155	3	429	65	80	229	12,8	264	184	14	2,4	10,0
PB	1395 diep	687	7,3	3,5	353	473	3635	0	1426	153	3	7	0,5	263	257	33	0,0	33,2
PB	1396	198	6,7	2,0	530	994	1953	0	1535	123	277	1	<0,1	1237	1286	13	943,0	2,3
PB	1397	690	6,9	1,7	265	476	1640	0	907	133	259	18	1,9	392	367	15	22,4	6,9
PB	1398 ondiep	298	5,9	0,5	224	1224	445	1	629	104	643	43	0,6	383	144	8	2,3	3,4
PB	1398 diep	693	6,5	1,8	323	1213	1733	2	874	146	228	74	2,8	666	749	26	1,0	32,1

Het diepe grondwater (ca 700 cm-mv) is, met uitzondering van locatie B22C1395 (13 $\mu\text{mol/l}$), over het algemeen fosforarm (<2 $\mu\text{mol/l}$). Op locaties B22C1398 is het diepe grondwater het meest ijzerhoudend (74 $\mu\text{mol/l}$). Het grondwater is zwak sulfaathoudend (200-350 $\mu\text{mol/l}$) wat positief is voor de ontwikkeling van natte natuur. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn eveneens laag (<10-35 $\mu\text{mol/l}$). Alleen op locatie B22C1387 in het noordoosten van het gebied bevat het diepere grondwater 103 $\mu\text{mol/l}$ nitraat. Hogere nitraatconcentraties kunnen het gevolg van zijn van uitspoeling uit landbouwpercelen in de omgeving en stikstofinvang in bossen. Lage nitraatconcentraties zijn positief. Uitspoeling van nitraat kan namelijk leiden tot verrijking van het grondwater met sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie. Daarnaast kan oxidatie van in het grondwater opgelost ijzer ertoe leiden dat grondwater ijzerarm is (het door nitraat geoxideerd ijzer slaat neer in de bodem (**Figuur 10** rechtsonder). De pH van het diepe grondwater is overwegend 6-7. Een uitzondering vormt B22C1389 met een pH van 4,6. De alkaliniteit in het noordoostelijke deel van het gebied (B22C1387, -1391 en -1392) is 0,1-0,3 meq/l (90-225 $\mu\text{mol/l}$ Ca) en in het overige deel van het gebied 1,5-2 meq/l (800-900 $\mu\text{mol/l}$ Ca). Locatie B22C1395 is het sterkst gebufferd (pH 7,3; alkaliniteit 3,3 meq/l en 1426 $\mu\text{mol/l}$ Ca).

Het ondiepe grondwater (ca 200 cm-mv) is over het algemeen fosforarm (<1 $\mu\text{mol/l}$) en ijzerarm tot zwak ijzerhoudend (<30 $\mu\text{mol/l}$). De ijzerconcentraties variëren lokaal sterk. Vooral B22C1393 (109 $\mu\text{mol/l}$) en -1395 (229 $\mu\text{mol/l}$) zijn ijzerrijk. Het ondiepe grondwater is overwegend zwak sulfaathoudend (<300 $\mu\text{mol/l}$) wat positief is voor de ontwikkeling van natte natuur. Alleen op locaties B22C1387 en -1398 bedraagt de sulfaatconcentratie circa 600 $\mu\text{mol/l}$. Onder sulfaatrijke condities is doorstroming van belang ter voorkoming van (extra) mobilisatie van ijzergebonden fosfaat. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn eveneens overwegend laag (<10-35 $\mu\text{mol/l}$). Alleen op locaties B22C1390 en -1391 is het grondwater nitraatrijk (circa 150 $\mu\text{mol/l}$), en op locatie -1396 zeer nitraatrijk (943 $\mu\text{mol/l}$). De pH van het ondiepe grondwater is circa 4,5 in het oostelijke deel van het gebied (B22C1390, -1391 en -1388). Dit grondwater is zeer zwak gebufferd (0,1 meq/l en 25 $\mu\text{mol/l}$ Ca). Op de overige ondiepe locaties varieert de pH van circa 5,5 tot 7 en is het grondwater zwak-matig gebufferd (alkaliniteit 0,5-2 meq/l en circa 500-1000 $\mu\text{mol/l}$ Ca).

Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag zal de bodembuffering afnemen. Een goede parameter voor de mate van buffering is de bicarbonaatconcentratie (HCO_3^-) van het grondwater (of de alkaliniteit). Deze correleert goed met de calciumconcentratie (in tegenstelling tot de sulfaatconcentratie). De pH van het grondwater correleert daarnaast met de calciumconcentratie.



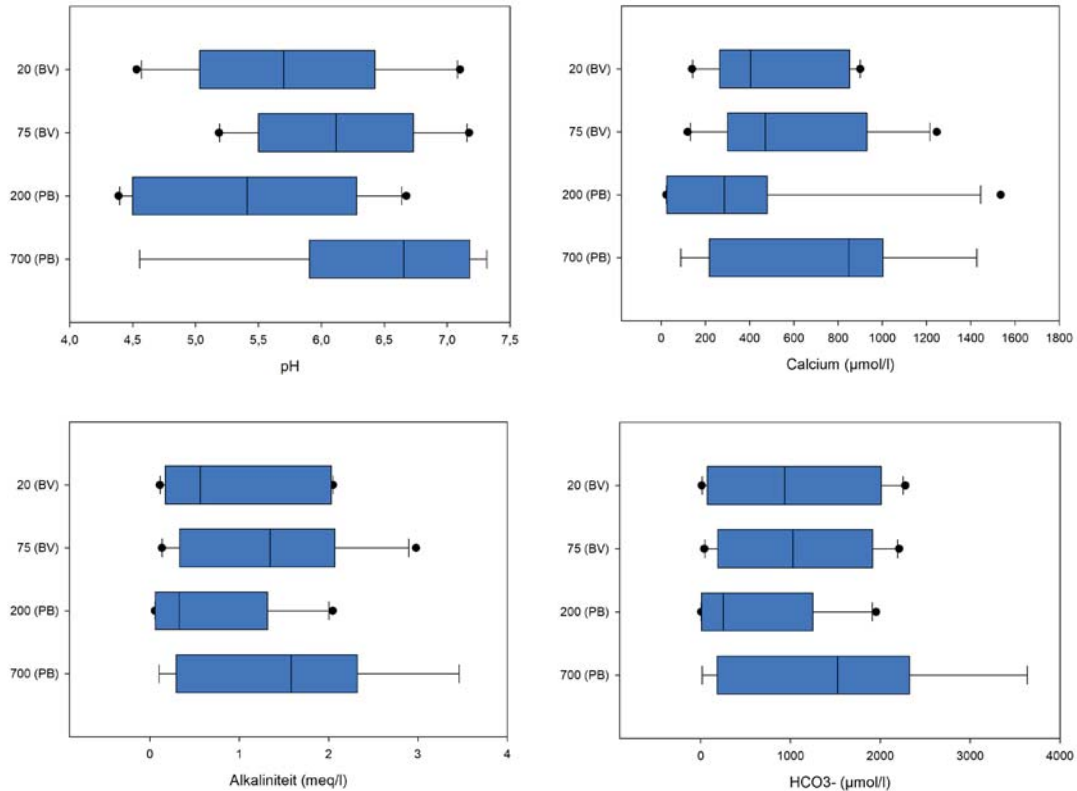
Figuur 10. Correlaties tussen enkele relevante hydrochemische variabelen in het onderzoeksgebied waarbij een onderscheid is gemaakt in de ondiepe (20 cm-mv) en diepe (75 cm-mv) poreuze cups (BV) en de ondiepe (200 cm-mv) en diepe (700 cm-mv) peilbuizen (PB).

In paragraaf 3.4 worden per locatie de actuele toestand en de natuurpotenties toegelicht op basis van de bodem- en hydrochemische dieptegradiënten. Hierbij wordt ook gekeken of er voldoende gebufferd grondwater in het maaiveld komt en of er sprake is van verzuring van de toplaag.

Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen als natte schraallanden en elzenbroekbossen is vereist dat het grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt en door kan stromen. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegen gegaan. Voor heischrale graslanden is het voldoende als zwak-matig gebufferd grondwater nabij maaiveld staat zodat buffering kan plaatsvinden door capillaire opstijging. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of ‘weggedrukt’ door regenwater. Het is voor de ontwikkeling van schraallanden en broekbossen zaak voldoende doorstroming te creëren met droogval van de toplaag in de zomerperiode (KADER 1). Trilvenen dienen daarentegen permanent nat te zijn.

De bemonstering werd uitgevoerd op 26/27 maart 2019 terwijl in 2018 sprake was van een extreem droge zomer waardoor het de vraag is in hoeverre het grondwatersysteem in die periode reeds voldoende ‘op druk’ stond. Aanvullende metingen aan het begin van de natte periode (oktober/november 2019) of een herhaling van de metingen in februari/maart 2020 kunnen van meerwaarde zijn en een interessante aanvulling vormen op deze eenmalige meting.

Figuur 11 bevat enkele boxplots waarin de pH, de calciumconcentratie en de buffering (alkaliniteit en bicarbonaatconcentratie) van het poriewater- en grondwater wordt weergegeven in de diepte. Het gaat hier om een synthese van alle locaties. In paragraaf 3.4 wordt dit per locatie kort toegelicht.



Figuur 11. Boxplots van de pH, alkaliniteit, concentraties HCO₃⁻ en calcium in het grondwater/poriewater waarbij waarbij een onderscheid is gemaakt in de ondiepe (20 cm-mv) en diepe (75 cm-mv) poreuze cups (BV) en de ondiepe (200 cm-mv) en diepe (700 cm-mv) peilbuizen (PB). De Box geeft het bereik tussen het 25e en 75e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitbijters ('outliers') weer.

Uit Figuur 11 valt af te leiden dat de pH en de buffering van het diepe grondwater (700 cm-mv) richting maaiveld (poriewater op 20 cm-mv) afneemt. Opvallend is de afwijking van het ondiepe grondwater (200 cm-mv) in deze gradiënt: dit freatische grondwater is het minst gebufferd en heeft de laagste pH.

De hogere buffercapaciteit in het ondiepe water wordt veroorzaakt door reductieprocessen in de toplaag van de bodem wanneer deze nat is. Hierbij wordt organisch materiaal anaeroob geoxideerd waarbij driewaardig ijzer als alternatieve electronenacceptor optreedt. Bij deze reductie wordt netto alkaliniteit (bicarbonaat) gegeneerd omdat anaorganisch koolstof vrijkomt bij de afbraak van organisch materiaal en er bij de reductie van ijzer(hydr)oxides tot tweewaardig ijzer protonen worden geconsumeerd. Daarnaast wordt calcium vrijgemaakt omdat gereduceerd ijzer calcium verdringt van bodemadsorptiecomplex. Het gaat hierbij dus niet om buffering als gevolg van de aanvoer van gebufferd grondwater maar om buffering als gevolg van zogenaamde redoxgestuurde interne alkalinisering onder natte omstandigheden. De mate waarin verschilt uiteraard sterk tussen de locaties.

Het grondwater op 2 meter diepte is duidelijk minder gebufferd dan he grondwater op 7 meter diepte. Afname van de mate van buffering richting het maaiveld kan veroorzaakt worden door de bijmenging van neerslag/regenwater. Deze zal toenemen wanneer de kweldruk lager is.

Ecohydrologisch Adviesbureau Bell Hullenaar analyseert grondwaterstromingen en (jaar)variatie in peilfluctuaties in het gebied. Dit maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. De focus ligt vooral op toelichting van de bodem- en hydrochemische omstandigheden per locatie en de kansen en knelpunten die dit met zich meebrengt voor de beoogde ontwikkeling.

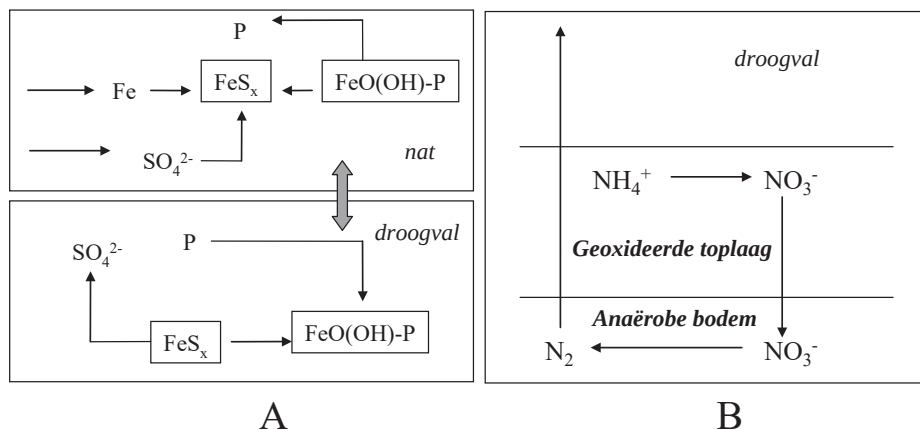
KADER 1. DOORSTROMING EN PEILFLUCTUATIE

Onder permanent natte (reductieve) omstandigheden kan extra P-mobilisatie optreden (interne eutrofiering). IJzerreducerende bacteriën gebruiken onder anaërobe omstandigheden de in de bodem aanwezige ijzer(hydr)oxides om organische stof af te breken. Hierbij wordt ijzer gereduceerd tot Fe^{2+} , waaraan fosfaat minder sterk bindt dan aan de geoxideerde vorm. Hoeveel fosfaat er hierbij vrijkomt, hangt af van de periode en tijdsduur van de inundatie en van de verhouding tussen het aan ijzergebonden fosfaat en het ijzer in het system.

Onder anaërobe omstandigheden wordt sulfaat omgezet in sulfide (rotte-eierengeur). Sulfide is toxisch, maar wordt onder ijzerrijke omstandigheden gebonden aan ijzer (pyrietvorming). Het sulfide is dan niet meer giftig. Dit proces kan echter wel leiden tot het vrijkomen van extra fosfaat, omdat sulfide fosfaat van het ijzer kan verdringen, als er geen overmaat van ijzer in de bodem aanwezig is. Daarnaast kan ammonium zich in stagnante situaties in de bodem ophopen, omdat het onder anaërobe omstandigheden niet omgezet kan worden in nitraat.

Als het grondwater niet wordt opgestuwd/vastgehouden maar kan doorstromen, kan een teveel aan ammonium worden afgevoerd, doordat basen (Ca en Mg) ammonium van het bindingscomplex verdringen. Ook kan er met het grondwater ijzer aangevoerd worden, wat een positief effect heeft op de binding van fosfaat. Als er veel nitraat wordt meegevoerd met het grondwater, uit bijvoorbeeld landbouwpercelen in het gebied, kan dit ervoor zorgen dat ijzer- en sulfaatreductie niet meer op kunnen treden, omdat nitraat als een redoxbuffer werkt. Pyriet wordt door nitraat geoxideerd, waarbij verzuring optreedt en sulfaat vrijkomt.

Periodieke droogval in de zomermaanden kan zorgen voor een lagere beschikbaarheid van nutriënten. Droogval in de zomer is tevens belangrijk omdat het vrijkomen van fosfaat onder natte omstandigheden sneller gaat bij hoge (zomer)temperaturen dan bij lagere (winter)temperaturen. Afhankelijk van de ijzer- en fosfaatconcentratie in de bodem kan enkele weken droogval per jaar al genoeg zijn om ervoor te zorgen dat er niet te veel fosfaat vrijkomt.



Schematisch overzicht van de biogeochemische processen die optreden wanneer sprake is van doorstroming gevolgd door tijdelijke droogval (Smolders et al., 2009).

Oppervlaktewater

In Tabel 4 worden de resultaten van de vijf oppervlaktewaterkwaliteitsmetingen in het gebied weergegeven.

Tabel 4. Overzicht van oppervlaktewaterkwaliteit. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l), EGV ($\mu\text{S/cm}$) en de turbiditeit (NTU).

code	pH	alk	EGV	turb	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	PO ₄ ³⁻	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
OW101	7,6	2,7	542	7,0	171	2823	6	1678	235	550	34	3,3	0,9	953	1096	177	381,4	24,8
OW102	7,5	1,8	110	4,0	157	1944	1	953	102	163	19	2,8	0,8	373	399	18	5,2	6,0
OW103	7,5	1,8	262	2,0	160	1977	0	947	101	169	16	2,6	0,8	376	393	17	5,8	6,1
OW104	6,6	0,7	215	2,0	416	700	5	451	105	216	10	-	0,3	543	657	42	31,0	2,4
OW105	7,3	2,4	325	4,0	336	2659	1	1213	126	148	21	4,4	1,0	396	486	21	1,2	19,6



Figuur 12. Foto's van de oppervlaktewaterlocaties OW102 (linksboven), OW103 (rechtsboven), OW104 (linksonder) en OW105 (rechtsonder). Foto's: Mark van Mullekom.

Uit de data valt het volgende af te leiden:

- Het oppervlaktewater in de Vecht (OW101) is sterk gebufferd (pH 7,6; alkaliniteit 2,7 meq/l; 1678 $\mu\text{mol/l}$ calcium), matig sulfaathoudend (550 $\mu\text{mol/l}$), nitraatrijk (381 $\mu\text{mol/l}$) en matig P-arm (0,9 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 3,3 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P).
- Het water in de westelijke slenk (OW 103 en OW102 ter hoogte van de instroom in de Vecht) is gebufferd (pH 7,5; alkaliniteit 1,8 meq/l; 950 $\mu\text{mol/l}$ calcium), arm aan sulfaat (165 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (5 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm (0,8 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 2,7 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P). De waterkwaliteit van beide monsters is vrijwel identiek.
- In het zuidoostelijke deel van het onderzoeksgebied is de waterkwaliteit gemeten dat uit de oostelijke slenk wordt aangevoerd (OW105) en het water dat vanuit het zuiden wordt aangevoerd (OW104; bos en landbouw).

- o OW104 is zwak-matig gebufferd (pH 6,6; alkaliniteit 0,7 meq/l; 451 $\mu\text{mol/l}$ calcium), relatief arm aan sulfaat (216 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (31 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm (0,3 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P).
- o OW 105 is gebufferd (pH 7,3; alkaliniteit 2,4 meq/l; 1213 $\mu\text{mol/l}$ calcium), arm aan sulfaat (148 $\mu\text{mol/l}$) en nitraat (1 $\mu\text{mol/l}$) en relatief P-arm / zeer licht verrijkt met fosfaat (1,0 $\mu\text{mol/l}$ ortho-P en 4,4 $\mu\text{mol/l}$ totaal-P).

3.4 Actuele toestand en potenties slenken en schraallanden

Per locatie worden de actuele toestand, de kansen en knelpunten op basis van de bodem- en hydrochemische data toegelicht. In Tabel 2 worden voor een groot aantal natte natuurbeheertypen de abiotische randvoorwaarden aangegeven. De grondwaterinvloed (variatie in stijghoogtes) maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek maar wordt door Bell Hullenaar verwerkt in de integrale systeemanalyse.

Het bodemtype en de totale ijzer- en calciumconcentraties van de bodem zijn met name relevant met het oog op de potentiële natuurbeheer-/habitattypen. Bodems met een totaal-Ca concentratie van $>20 \text{ mmol/l}$ en een Ca-z concentratie van meer dan 4.000-5.000 $\mu\text{mol/l}$ zijn over het algemeen voldoende gebufferd voor (matig) gebufferde natuurtypen. Op calciumarme bodems ligt de ontwikkeling van heide (of hoogveen) voor de hand (zeer indicatief: Ca-t $< 10 \text{ mmol/l}$ en Ca-z $< 3.000/4.000 \mu\text{mol/l}$). Op zwak-calciumhoudende bodems (Ca-tot $>10 \text{ mmol/l}$ en Ca-z 3.000/4.000-8.000 $\mu\text{mol/l}$) ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland (of kleine zeggenvegetaties) voor de hand mits er voldoende aanrijking met basen plaatsvindt via capillaire opstijging. Op de meer gebufferde bodems (Ca-z: 8.000-30.000 $\mu\text{mol/l}$) kan onder de juiste hydrologische omstandigheden (essentieel!) een blauwgrasland of veldrusschraalland tot ontwikkeling komen. Op sterk gebufferde bodems (Ca-z: $> 20.000\text{-}50.000 \mu\text{mol/l}$) kan onder vochtige tot natte omstandigheden een dotterbloemhooiland (of Elzenbroekbos) tot ontwikkeling komen (onder droge omstandigheden een kamgrasweide/glanshaverhooiland).

Wanneer een verschrallingsbeheer noodzakelijk is om de fosfaatbeschikbaarheid te reduceren kan op basis van de Olsen-P en totaal-P concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden voor graslanden. De verschrallingsduur voor maaien en afvoeren is berekend op basis van het verschil tussen de actuele totaal-P concentratie en de totaal-P streefconcentratie, uitgaande van een P-afvoer van 10 kg hectare per jaar (Chardon, 2008). De streefconcentratie voor totaal-P is hierbij niet op een standaard waarde vastgesteld, maar berekend aan de hand van de streefwaarde voor Olsen-P en de actuele beschikbare P-fractie (Olsen-P/totaal-P-ratio). Stel dat de actuele P-fractie 0,1 is (10% van het totaal-P is beschikbaar P), dan is bij een streefwaarde van 500 μmol Olsen-P/l de streefwaarde voor totaal-P 5 mmol/l ($(0,5/10) \times 100$). Stel dat bij een ijzer- en kalkrijke bodem de actuele P-fractie slechts 0,05 is (5% van de totale P voorraad is beschikbaar), dan is de streefwaarde voor totaal-P 10 mmol/l ($(0,5/5) \times 100$). Er is bij de berekening wel vanuit gegaan dat de fractie beschikbaar P gedurende de verschrallingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschrallingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschralling in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschrallingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschrallingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. In de tabellen met de bodemchemische data wordt de berekende verschrallingsduur via maaien en afvoeren voor iedere locatie en

.....
diepte gegeven (voor een Olsen-P streefconcentratie van 300 en 800 µmol). Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket van 25 cm bij elkaar worden opgeteld.

Locatie 251 (met B22C1392): trilveen



Figuur 13. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 251 (peilbuis B22C1392). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 5. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld). OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l, met uitzondering van de pH), BV = indicatieve basenverzadiging. M3 en M8 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 (optimaal) en 800 (minimaal) µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschraling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschraling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschraling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschraling II

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/IC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M8
251	0-15	bruinigrijs humeus leem	8	37	0,9	1773	23,5	375	13	373	10	31	14	0,31	300	8291	349	597	4,5	47	2	8	111	92	61
	15-30	grijs leem	4	27	1,4	1596	51,0	435	19	947	8	39	12	0,21	118	6407	320	860	5,1	23	6	13	205	194	119
	30-45	grijs leem	3	26	1,4	1789	60,3	424	14	572	11	50	7	0,11	122	6929	332	1248	5,2	27	4	7	175	236	156

Tabel 6. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV (µS/cm).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	251 ondiep	20	6,0	2,0	323	4641	2003	11	371	72	548	1986	1,3	59	205	6	1,0	8,2
BV	251 diep	75	6,0	1,6	221	3604	1559	17	318	97	59	838	1,3	272	430	5	0,6	5,3
PB	1392 ondiep	149	4,5	0,1	89	710	9	43	24	30	146	19	<0,1	304	264	11	0,1	1,9
PB	1392 diep	684	6,2	0,3	60	291	181	2	88	50	89	9	1,4	159	91	12	0,4	1,1

De leembodem is (zeer) ijzerrijk (>300 mmol/l) en zwak gebufferd (Ca-t 13 mmol/l en Ca-z ±8300 µmol/l). De totaal-P concentraties nemen toe in de diepte. Op 15-45 cm-mv is de bodem ook ijzerrijker. De Olsen-P concentratie is circa 1600 µmol/l van 0-45 cm-mv, maar dit is mogelijk een overschatting als gevolg van de hoge ijzer en totaal-P concentraties in de bodem. Onder permanent natte condities is het, zeker voor trilvenen, belangrijker dat de labiel-P concentratie in het poriewater laag is (<1 µmol/l) om verruiging met mossen en vaatplanten van eutrofe systemen niet de overhand te laten krijgen. Deze is met 1,3 µmol/l beperkt te hoog. Om verzuring door veenmosses tegen te gaan is het belangrijk dat de calcium en bicarbonaatconcentraties beiden hoger zijn dan 1000 µmol/l. De bicarbonaatconcentratie is 2003 µmol/l en de calciumconcentratie 371 µmol/l. Dit is in principe onvoldoende. De calciumconcentraties van het diepere grondwater zijn nog lager (<100 µmol/l). Het poriewater op 20 en 75 cm-mv is wel zeer ijzerrijk.

Het is duidelijk dat voor deze locatie de buffering tot stand komt door de reductie van ijzer(hydr)oxides in de organische leemlaag en niet door de aanvoer van buffering via het grondwater (het grondwater is nauwelijks gebufferd). De P beschikbaarheid is te hoog voor een echte trilveenvegetatie. De hoge ijzerconcentraties in het poriewater kunnen bijdragen aan het verminderen van de concurrentiekracht van verruigende soorten.

Locatie 252: schraalland



Figuur 14. Foto's van poriewater- en bodemonsterlocatie 252. Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 7. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MS	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M8
252	0-15	zw ak zandig Fe-rijk leem, bruin/grijs/rood, humeus	7	31	1,0	1308	16,8	366	26	460	8	38	9	0,14	417	16838	394	497	4,4	95	2	57	145	61	31
	15-30	zw ak zandig leem, ijzervlekken, bruin/grijs/rood	3	24	1,3	1246	20,6	377	35	544	9	47	6	0,07	450	20574	337	429	4,4	96	1	83	32	73	35
	30-45	geelbruin Fe-rijk licht lemig zand/grijs zand, lemig	1	20	1,6	803	14,2	213	21	312	6	35	2	0,04	87	12171	448	350	4,8	69	1	11	137	42	9

Tabel 8. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV (µS/cm).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	252 ondiep	20	5,4	0,3	57	836	84	5	139	26	34	2	1,1	23	262	7	1,6	1,9
BV	252 diep	75	6,3	1,1	154	1180	1016	16	507	59	34	357	1,7	60	299	14	3,4	18,5

De toplaag is ijzerrijk en matig calciumhoudend (Fe-t: 460 mmol/l; Ca-t: 26 mmol/l en Ca-z: $\pm 17000 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is matig voedselrijk (Olsen-P: 1308 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 16,8 mmol/l). De label-P, nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag in zowel de bodem als het poriewater. Het ondiepe poriewater is zwakgebufferd (alkaliniteit 0,3 meq/l). Op 75 cm-mv is het poriewater sterker gebufferd (alkaliniteit 1,1 meq/l). Dit kan erop duiden dat er onvoldoende grondwaterinvloed in het maaiveld is. Aanvoer van bufferstoffen is nodig om de buffering van de toplaag te op peil te houden. Ook hier zal vanwege de ijzerrijke bodemcondities ijzerreductie leiden tot buffering wanneer het nat genoeg is. Onder P-meer gelimiteerde condities (Olsen-P <500 $\mu\text{mol/l}$) in combinatie met de juiste hydrologische omstandigheden kan op deze plek een blauwgrasland/dotterbloemhooiland tot ontwikkeling komen. Het is nu matig ontwikkeld. Dit kan worden geoptimaliseerd door het verbeteren van de hydrologische omstandigheden en het verder verschralen van de toplaag door middel van een beheer van maaien en afvoeren. Het afgraven van 30 cm kan ook worden overwogen (Olsen-P 803 $\mu\text{mol/l}$; mits ecohydrologisch passend) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland/heischraal grasland.

Locatie 261 (met B22C1391): schraalland



Figuur 15. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 261 (peilbuis B22C1391). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 9. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
261	0-15	zw art humeus lemig zand	12	40	0,8	980	8,1	175	10	105	4	11	13	0,60	774	7924	304	200	4,2	85	1	26	116	24	7
	15-25	zw art humeus lemig zand	9	36	1,0	966	8,3	271	12	75	6	18	14	0,48	977	8315	324	190	4,2	84	1	13	74	17	4
	25-40	geelgrijs zand	3	20	1,4	346	2,8	137	6	31	5	11	6	0,38	633	1997	502	75	4,4	68	1	9	57	5	9

Tabel 10. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	261 ondiep	20	5,1	0,1	90	1488	74	28	162	40	102	7	2,0	141	312	12	1,2	14,0
BV	261 diep	75	5,2	0,2	79	1712	109	21	119	33	45	77	1,8	131	329	12	1,5	17,2
PB	1391 ondiep	199	4,4	0,1	158	620	6	160	23	36	133	0	<0,1	556	730	16	162,3	1,4
PB	1391 diep	668	5,8	0,3	162	710	192	5	214	119	299	29	0,1	454	452	21	3,7	4,6

De toplaag is ijzerhoudend en zwak calciumhoudend (Fe-t: 105 mmol/l; Ca-t: 10 mmol/l en Ca-z: $\pm 7900 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is beperkt voedselrijk (Olsen-P: 980 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 8,1 mmol/l). De label-P, nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag in zowel de

bodem als het poriewater en grondwater (alleen het grondwater op 2m diepte is nitraatrijk). De toplaag van de bodem (0-15 cm-mv) is minder gebufferd dan de bodem op 15-30 cm-mv. Dit duidt erop dat de toplaag aan het verzuren is. Het ondiepe poriewater is zwakgebufferd (alkaliniteit 0,1 meq/l). Op 75 cm-mv is het poriewater eveneens zwak gebufferd (alkaliniteit 0,2 meq/l). Op basis van de bodem- en hydrochemische gegevens ligt de ontwikkeling van een heischraal grasland/kleine zeggenvegetatie voor de hand. Bij toename van de verzuring kan dit op termijn leiden tot de ontwikkeling van een natte heide. Aanvoer van bufferstoffen is nodig om de buffering van de toplaag op peil te houden. Dit is belangrijk, zeker aangezien het grondwater eveneens zwak gebufferd is (0,1-0,3 meq/l). Verdere verschraling van de toplaag (Olsen-P <500 µmol/l) is gewenst door middel van een beheer van maaien en afvoeren. Na het afgraven van 25 cm komt een zure bodemlaag (Ca-t: 6 mmol/l en Ca-z: ± 2000 µmol/l) aan de oppervlakte die geschikt is voor de ontwikkeling van een natte heide.

Locatie 256 (met B22C1389): slenk bos (droog)



Figuur 16. Foto van poriewater- en bodemonsterlocatie 256 (peilbuis B22C1389). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 11. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgC _e	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
256	3-15	venig, zandig leem, grof	9	44	0,8	1728	14,0	232	42	140	7	22	15	0,24	91	17535	887	2669	4,8	98	2	37	85	34	23
	15-30	venig zandig leem	7	38	1,0	1603	11,2	233	30	109	6	21	14	0,27	122	15232	594	2656	4,8	98	1	61	51	38	26
	30-50	geel zand, matig grof	1	24	1,4	408	1,9	67	10	31	4	11	4	0,19	84	5854	687	1066	4,9	97	1	65	28	4	16

Tabel 12. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV (µS/cm).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	256 ondiep	20	5,2	0,2	168	1695	120	31	298	72	268	3	1,5	452	534	14	15,5	9,6
BV	256 diep	75	5,6	0,4	137	1335	217	5	242	64	210	2	0,6	353	347	15	0,5	6,4
PB	1389	190	5,1	0,1	147	1138	61	8	186	106	287	14	<0,1	408	444	24	0,3	2,9

De humeuze, ijzerrijke (140 mmol/l) toplaag is matig verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1728 µmol/l en P-t: 14,0 mmol/l) en gebufferd (Ca-t 42 mmol/l en Ca-z ± 17500 µmol/l). De labiel-P, nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag in zowel de bodem als het poriewater en grondwater. Het feit dat de toplaag van de bodem het meeste calcium bevat duidt op voldoende aanrijking van bufferstoffen. Het poriewater is op 70 cm meer gebufferd (alkaliniteit 0,4 meq/l) dan in de toplaag (0,2 meq/l). Het grondwater op 2 meter diepte is (zeer) zwak gebufferd. De drogere condities duiden erop dat er ten tijde van de bemonstering

ook geen sprake was van grondwaterinvloed in het maaiveld waarmee dit kan worden verklaard. Er vindt waarschijnlijk geen aanrijking plaats van bufferstoffen via het grondwater. De buffering wordt verzorgd door de gebufferde ijzerrijke leemlaag in de bovenste 30 cm en mogelijk door aangevoerde bufferstoffen bij inundatie. Te droge condities kunnen leiden tot mineralisatie van het organische materiaal in de toplaag en verzuiging (brandnetels).

Locatie 258 (met B22C1388): slenk



Figuur 17. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 258 (peilbuis B22C1388). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 13. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
258	0-20	lemig veen	16	58	0,6	1781	12,9	147	18	35	4	9	29	1,08	735	8187	666	1538	3,9	87	2	33	43	62	44
	20-40	lemig veen	16	55	0,6	676	8,3	231	31	39	4	16	29	0,61	71	15590	493	4602	4,8	99	1	54	85	29	0
	70-95	veen, zwak zandig	39	79	0,2	142	2,4	50	33	8	1	6	36	0,93	41	12599	396	3538	5,0	99	2	13	192	4	0

Tabel 14. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	258 ondiep	20	4,9	0,3	224	2087	68	91	429	126	514	56	5,2	469	501	52	3,5	19,3
BV	258 diep	75	5,7	0,7	213	2742	578	17	380	144	320	7	2,1	480	517	31	1,6	66,9
PB	1388	170	4,5	0,1	91	675	9	16	29	37	134	15	<0,1	349	315	14	2,3	7,4

De toplaag van de bodem is relatief ijzerarm (35 mmol/l), zwak-matig calciumhoudend (Ca-t 18 mmol/l en Ca-z $\pm$ 8200 $\mu\text{mol/l}$) en verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1781 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 12,9 mmol/l). De labiel-P, nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag. Met een S/Ca+Mg) ratio van 1,08 is de sterk veraarde veenbodem gevoelig voor verzuring bij droogte. De calciumconcentraties zijn hoger vanaf 20 cm-mv. Ook het poriewater is minder gebufferd in de toplaag van de bodem (0,3 meq/l) in vergelijking met 20-40 cm diepte (0,7 meq/l). Het grondwater op 170 cm-mv is zeer zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 meq/l). De ammoniumconcentraties in het poriewater nemen toe in de diepte en de sulfaatconcentraties nemen af (reductieprocessen). Er is geen sprake van aanrijking van de bodem met bufferstoffen vanuit het grondwater. In de toplaag is de P-concentratie 5,2 $\mu\text{mol/l}$. Mogelijk vindt er onvoldoende doorstroming plaats.

Locatie 259 (met B22C1393): slenk



Figuur 18. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 259 (peilbuis B22C1393). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 15. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
259	0-15	bruin lemig organisch materiaal	57	84	0,2	252	6,1	28	34	52	1	4	27	0,70	17	11952	495	1495	5,0	94	1	9	882	19	0
	15-30	bruin (lemig) org. mat./donkergrijs lemig zand	20	68	0,4	578	8,2	109	30	78	3	13	27	0,63	35	13021	447	1634	4,8	96	1	0	598	19	0
	30-45	donkergrijs lemig zand	4	29	1,3	2569	24,7	228	26	312	6	33	27	0,45	50	10054	544	1246	5,2	51	5	8	1685	102	80

Tabel 16. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	259 ondiep	20	6,2	2,0	271	3207	1884	19	607	111	68	672	12,7	331	588	18	0,5	196,3
BV	259 diep	75	6,2	2,1	254	3253	2210	17	433	96	15	1270	7,0	263	445	16	0,5	184,2
PB	1393	147	6,3	1,6	185	1812	1525	0	384	124	6	109	<0,1	311	313	9	0,4	31,9

De venige toplaag van de bodem (0-30 cm-mv) is matig ijzerhoudend (52-78 mmol/l), matig calciumhoudend (Ca-t 30-34 mmol/l en Ca-z $\pm$ 12000 $\mu\text{mol/l}$) en fosfaatarm (Olsen-P: 252-578 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 6,1-8,2 mmol/l). De ammoniumconcentraties zijn zeer hoog (>500 $\mu\text{mol/l}$). De buffering van het poriewater op 20 en 75 cm-mv is vergelijkbaar (alkaliniteit 2,0-2,1 meq/l). Het poriewater is zeer ijzerrijk (672-1270 $\mu\text{mol/l}$), rijk aan ammonium en sulfaat arm. Dit duidt op reductieprocessen waarbij driewaardig ijzer wordt gereduceerd tot goed oplosbaar Fe²⁺ en sulfaat wordt gereduceerd tot sulfide. Bij de afbraak van organisch materiaal kan ammonium vrijkomen (en komt ijzer in oplossing). Hoge ijzerconcentraties in het poriewater zijn gunstig voor de oppervlaktewaterkwaliteit, mits deze zuurstofhoudend is. Hiervoor is het belangrijk dat er voldoende doorstroming plaatsvindt. Het is de vraag of dit in de huidige situatie gebeurt. De stijghoogte van het grondwater dient hoger te zijn dan het oppervlaktewaterpeil naast de peilbuis. In combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode kan een soortenrijk Elzenbroekbos tot ontwikkeling komen in de slenk. Met een S/(Ca+Mg) ratio van 0,70 is de sterk veraarde veenbodem slechts beperkt gevoelig voor verzuring bij droogval.

Locatie 265 (met B22C1398): slenk bos (droog)



Figuur 19. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 265 (peilbuis B22C1398). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 17. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	MB	MB
265	0-20	sterk humeus leem, licht zandig	17	39	0,8	2541	76,4	214	14	1362	6	14	19	0,68	2129	7708	1556	1590	3,3	68	7	473	106	421	327
	20-40	leem, Fe-rijk, zwak humeus, zwak grindig	7	26	1,3	3611	122,7	415	22	2135	9	28	19	0,37	2674	12705	1334	2145	3,3	72	1	337	35	703	597
	40-60	geelrood leemig zand	2	17	1,5	1775	23,3	141	15	343	6	18	3	0,09	745	9104	768	1321	3,9	85	1	260	27	121	80

Tabel 18. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in µmol/l met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV (µS/cm).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	265 ondiep	20	4,5	0,1	209	851	12	53	379	100	71	1	0,5	236	668	62	677,3	14,5
BV	265 diep	75	5,2	0,1	203	566	39	11	510	89	74	0	0,4	242	540	16	721,5	9,9
PB	1398 ondiep	298	5,9	0,5	224	1224	445	1	629	104	643	43	0,6	383	144	8	2,3	3,4
PB	1398 diep	693	6,5	1,8	323	1213	1733	2	874	146	228	74	2,8	666	749	26	1,0	32,1

De humeuze, extreem ijzerrijke (>1000 mmol/l) lemige toplaag is sterk verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2541 µmol/l en P-t: 76,4 mmol/l). De Olsen-P concentraties kan echter een overschatting zijn als gevolg van de zeer Fe- en P-rijke omstandigheden. Er is duidelijk sprake van verdroging en oxidatie van de humeuze bodem. De ijzer- en de ammoniumconcentraties zijn laag en de nitraatconcentraties zijn hoog (473 µmol/l in het zoutextract en meer dan 670 µmol/l in het poriewater). Er groeiden veel brandnetels, een indicator voor N-rijke condities. De toplaag (0-20 cm-mv) is minder gebufferd (lagere totaal en zoutuitwisselbare calciumconcentratie) dan de onderliggende leembodem op 20-40 cm-mv. Dit duidt op verzuring van de toplaag. Er is sprake van relatief droge condities. Het ontbreken van grondwaterinvloed in de toplaag zien we terug in de poriewatermetingen. Dit poriewater is zowel op 20 als 70 cm-mv zeer zwak gebufferd (alkaliniteit 0,1 meq/l en <50 µmol/l bicarbonaat). De alkaliniteit en bicarbonaatconcentraties nemen toe in de diepte. Het is onduidelijk of de grondwaterinvloed in het voorjaar van 2019 zeer beperkt was vanwege het zeer droge voorafgaande jaar (2018). Het grondwater (met name het diepere) is gebufferd. Versterking van de grondwaterinvloed kan bijdragen aan het genereren van meer buffering in de toplaag zodat een gebufferd elzenbroekbos tot ontwikkeling kan komen. Op deze locatie is sprake van nitraatuitspoeling. In het diepere grondwater zien we dat het nitraat verdwenen is maar meten we verhoogde sulfaatconcentraties. Deze sulfaatverrijking wordt mogelijk veroorzaakt door pyrietoxidatie door nitraat. Bij de aanwezigheid van veel ijzer gebonden P in de bodem is het van belang dat, onder natte condities, voldoende doorstroming

plaatsvindt in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode. Onder zeer ijzerrijke condities zijn de effecten van verhoogde sulfaatconcentraties minimaal.

Locatie 269: slenk



Figuur 20. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 269. Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 19. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie **Tabel 5** voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
269	0-20	zw art organisch materiaal	65	89	0,1	337	26,4	17	43	203	1	3	79	1,72	9	15808	571	1252	5,9	93	8	10	402	18	0
	20-40	zw art organisch materiaal, rietresten	63	91	0,1	125	8,9	18	28	187	1	2	225	7,48	15	11387	466	877	6,2	94	4	5	197	0	0
	60-90	grijs zand	2	28	1,3	674	11,8	96	35	264	4	19	62	1,15	8	10924	646	882	6,1	98	2	11	67	61	0

Tabel 20. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	269 ondiep	20	6,9	1,7	238	527	1748	1	839	77	88	25	3,1	270	331	24	10,5	50,0
BV	269 diep	75	7,0	1,9	248	419	1871	1	928	76	129	30	1,8	271	285	14	1,4	13,6

De venige toplaag van de bodem (0-40 cm-mv) is ijzerrijk (187-203 mmol/l), matig calciumhoudend (Ca-t 28-43 mmol/l en Ca-z $\pm$ 11000-16000 $\mu\text{mol/l}$) en fosfaatarm (Olsen-P: 125-337 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 8,9-26,4 mmol/l). De toplaag is verrijkt met ammonium (402 $\mu\text{mol/l}$). De buffering van het poriewater op 20 en 75 cm-mv is vergelijkbaar (alkaliniteit 1,7-1,9 meq/l) wat erop kan duiden dat er voldoende gebufferd grondwater in de toplaag komt of dat er voldoende buffercapaciteit wordt gegenereerd door de reductie van ijzer(III)(hydr)oxides. Het poriewater was op het moment van bemonsteren opvallend genoeg relatief ijzerarm (25-30 $\mu\text{mol/l}$) terwijl de locatie volledig roodgekleurd is van het

geoxideerde ijzer. Het ijzeroxide op de bodem duidt er op dat er ijzer uit de bodem oplost dat vervolgens in de waterlaag wordt geoxideerd. Het is goed mogelijk dat dit slechts in een gedeelte van de slenk gebeurt waarna de oxides zich door de slenk verspreiden en tevens dat er sprake is van temporele verschillen. Bij voldoende doorstroming (de stijghoogte van het grondwater dient hoger te zijn dan het oppervlaktewaterpeil), in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode kan op deze locatie (momenteel gedomineerd door wilgen) een soortenrijk Elzenbroekbos tot ontwikkeling komen. Met een S/Ca+Mg) ratio >1,7 is de veenbodem gevoelig voor verzuring bij droogval waardoor in de winterperiode voldoende aanvoer van gebufferd grondwater dient plaatst te vinden.

Locatie 270: slenk



Figuur 21. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 270. Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 21. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie **Tabel 5** voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	MB
270	0-30	zw art organisch materiaal met houtresten	59	36	0,2	373	19,2	83	84	240	1	4	212	2,41	7	20305	371	1651	6,6	99	4	6	117	35	0
	30-60	zw art organisch materiaal	42	84	0,2	335	12,4	113	65	203	1	4	220	3,21	5	19281	289	1589	6,6	99	3	6	60	12	0
	90-120	grijs zand	3	32	1,2	384	3,6	69	23	62	4	13	31	0,87	3	10081	548	778	6,6	99	2	11	97	5	0

Tabel 22. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	270 ondiep	20	7,1	2,0	244	388	2035	2	893	89	77	5	2,2	269	287	18	0,9	16,3
BV	270 diep	75	7,2	2,0	262	331	2050	4	938	100	87	7	1,9	260	343	17	4,6	20,0

De venige toplaag van de bodem (0-60 cm-mv) is ijzerrijk (203-240 mmol/l), calciumrijk (Ca-t 65-84 mmol/l en Ca-z $\pm 20000 \mu\text{mol/l}$) en fosfaatarm (Olsen-P: $\pm 350 \mu\text{mol/l}$ en P-t: 12,4-19,2 mmol/l). De buffering van het poriewater op 20 en 75 cm-mv is vergelijkbaar (alkaliniteit 2,0 meq/l) wat erop duidt dat er voldoende buffercapaciteit in de bodem wordt gegenereerd en/of dat er gebufferd grondwater in de toplaag komt. Het poriewater is relatief ijzerarm (5-7 $\mu\text{mol/l}$). Er is geen geoxideerd ijzer te zien zoals op locatie 269. Mogelijk vindt er meer doorstroming plaats waardoor er minder ijzer in oplossing komt uit de bodem. De zeer overeenkomstige poriewater chemie op 20 en 75 cm diepte lijkt hierop te duiden. Wanneer er sprake is van doorstroming (de stijghoogte van het grondwater dient hoger te zijn dan het oppervlaktewaterpeil) in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode is deze locatie in principe geschikt voor de ontwikkeling van een soortenrijk Elzenbroekbos. Met een S/Ca+Mg) ratio >2,4 is de veenbodem gevoelig voor verzuring bij

droogval waardoor in de winterperiode voldoende aanvoer van gebufferd grondwater dient plaatst te vinden.

Locatie 300 (met B22C1396): slenk bos (droog)



Figuur 22. Foto van poriewater- en bodemonmonsterlocatie 300 (peilbuis B22C1396). Foto: Mark van Mullekom.

Tabel 23. Overzicht van de bodemchemische parameters op verschillende dieptes. Zie Tabel 5 voor een nadere toelichting.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M3	M8
300	0-20	zw artbruin lemig veraard veen	28	67	0,4	1718	58,0	139	117	418	5	17	18	0,14	18	25797	372	2551	6,1	100	6	487	28	299	194
	20-40	zw artbruin lemig veraard veen	23	61	0,5	1639	34,2	146	105	282	4	18	27	0,22	12	25546	254	2382	6,0	100	4	221	51	175	110
	40-60	geelgrijs zand	2	25	1,3	530	6,3	94	30	130	4	21	5	0,10	9	11356	435	861	6,4	100	4	30	28	17	6
	slib 0-20	venig materiaal	44	77	0,3	1354	53,8	96	114	402	5	13	15	0,12	7	23642	1588	3211	6,1	100	8	127	223		

Tabel 24. Overzicht van poriewater- (20 en 75 cm-mv) en, indien beschikbaar, grondwaterkwaliteit (ca. 200 en 700 cm-mv). Diepte = diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld in centimeters. Parameters zijn weergegeven in $\mu\text{mol/l}$ met uitzondering van de pH, alkaliniteit (alk; in meq/l) en EGV ($\mu\text{S/cm}$).

type	code	Diepte	pH	alk	EGV	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Al	Ca	Mg	S	Fe	P	Na	Cl	K	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
BV	300 ondiep	20	6,3	0,8	409	2982	2278	8	900	115	298	0	0,7	1136	1132	19	889,3	10,1
BV	300 diep	75	6,6	3,0	369	585	1035	8	1246	117	22	248	3,3	500	608	18	16,0	35,1
PB	1396	198	6,7	2,0	530	994	1953	0	1535	123	277	1	<0,1	1237	1286	13	943,0	2,3

Het oppervlaktewater op deze locatie (OW102; Tabel 4) is arm aan sulfaat, nitraat, ammonium en fosfaat. Dit betreft afvoerwater (met name kwelwater dat wordt gedraineerd) van de afgesneden meander. Het poriewater en grondwater is echter zeer rijk aan nitraat (900 $\mu\text{mol/l}$). Eventuele pyrietlagen die kunnen leiden tot sulfaatmobilisatie zitten mogelijk dieper in de ondergrond dan de 2 meter waarop de grondwaterkwaliteit is gemeten. De brandnetelgroei op deze locatie is een gevolg van de hoge nitraatconcentraties. Periodiek vinden inundaties plaats met rivierwater (OW101). Dit lijkt de kwaliteit van de toplaag niet negatief te beïnvloeden aangezien de oppervlaktewaterkwaliteit goed is. De kwaliteit van het slib dat dicht bij de beek (circa 1,5 meter) is gemeten komt namelijk overeen met de humeuze, venige toplaag verder bij de beek vandaag (circa 8 meter). Het lijkt erop dat dit geen slibafzet is maar een natte laagte waarin in het verleden veen is gevormd. Dit calcium (circa 110 mmol/l) en ijzerrijke (circa 400 mmol/l) veen is aan het oxideren waarbij nutriënten vrijkomen. Door de hoge calciumconcentraties is deze veenbodem niet verzuringsgevoelig bij droogval (S(Ca+Mg) ratio < 0,67). De zandbodem op 40 cm diepte is relatief voedselarm en matig gebufferd. Het ontbreken van voldoende grondwaterinvloed in de toplaag zien we terug in de poriewatermetingen. Dit poriewater is in de toplaag (20 cm-

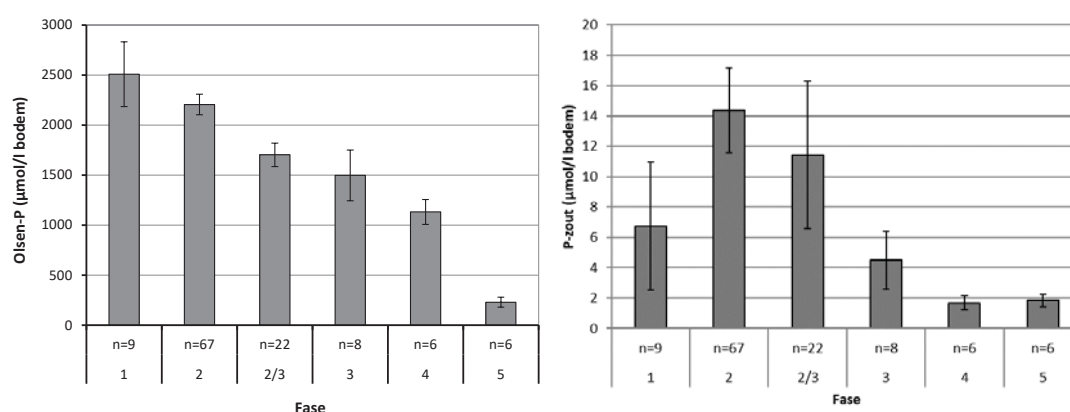
mv) zwak gebufferd (alkaliniteit 0,8 meq/l). De buffering neemt toe in de diepte (alkaliniteit 2-3 meq/l). Op 75 cm-mv is het poriewater daarnaast zeer ijzerrijk (248 $\mu\text{mol/l}$). Dit duidt erop dat er hier reductieprocessen plaatsvinden waarbij ijzer vrijkomt en nitraat wordt geconsumeerd. Merkwaardig genoeg komt het grondwater op 2 meter diepte qua samenstelling erg overeen met het ondiepe poriewater op 20 cm diepte. Dit kan op toeval berusten, want het is niet aannemelijk dat bij een opwaartse grondwater stroming het water op 70 cm diepte sterk afwijkt. De toplaag van de bodem is al sterk gebufferd en grondwaterinvloed zal maar in beperkte mate bijdrage aan de buffering van de bodem. Bij de aanwezigheid van veel ijzergebonden P in de bodem is het van belang dat, onder natte condities, voldoende doorstroming plaatsvindt in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode.

3.5 Actuele toestand en potenties uitbreidingslocaties

Doel van het onderzoek op deze locaties is om actuele toestand en de kansen voor de ontwikkeling van een aantal agrarische percelen te bepalen. De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de Olsen-P en totaal-P concentraties in de bodem (zie bijlage 1). In deze paragraaf worden per monsterlocatie de belangrijkste bodem- en hydrochemische variabelen kort toegelicht. Voor de ontwikkeling van soortenrijke natuurtypen worden de volgende Olsen-P streefconcentraties gehanteerd (de totaal-P concentratie kan sterk variëren):

- Nat schraalland: (<)300-500 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Vochtig hooiland: 300-800/900 $\mu\text{mol/l}$ bodem;
- Kruidenrijk grasland: 900-1200 $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Wanneer de vereiste inrichtingsmaatregelen voor deze doeltypen te ingrijpend of niet te realiseren zijn kan een lager ambitieniveau worden nagestreefd. Hierbij past bijvoorbeeld de ontwikkeling van een kruiden- en faunarijk grasland met een Olsen-P streefconcentratie van circa 900-1200 $\mu\text{mol/l}$. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<900-1200 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 23).



Figuur 23. Olsen-P (links) en P-z (rechts) concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem van graslandpercelen in Overijssel ingedeeld per graslandfase naar Schippers e.a. (2012). Verklaring graslandfasen (van voedselrijk naar schraal): fase 1 = raaigraslanden, fase 2 = witbolgraslanden, fase 3 = gras-kruidenmix, fase 4 = kruidenrijk grasland en fase 5 = heischraal grasland. Bron: Scherpenisse e.a. (2016).

Dit is slechts een indicatieve streefwaarde: ‘kruidenrijk grasland’ is een breed begrip waardoor er geen harde streefconcentratie voor te hanteren is. Het kruidenpercentage zal waarschijnlijk al eerder toenemen wanneer niet meer wordt bemest (met P) en het maaien en afvoeren wordt voortgezet. De soortenrijkdom (ook paddenstoelen) neemt naar verwachting toe zodra de labiele P-fractie voldoende laag is ($P\text{-}z < 2 \mu\text{mol/l}$) en de nitraatconcentraties laag zijn ($<100\text{-}200 \mu\text{mol/l}$).

Per locatie worden de actuele toestand, de natuurpotenties en mogelijke inrichtingsmaatregelen toegelicht. Een eventuele ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht maar wordt geïntegreerd in de plannen van Ecohydrologische Adviesbureau Bell Hullenaar.

Tabel 25. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) op de uitbreidingslocaties voor grondwaterafhankelijke natuurtypen in het onderzoeksgebied. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$, met uitzondering van de pH), BV = indicatieve basenverzadiging. M3 en M8 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 300 (optimaal) en 800 (minimaal) $\mu\text{mol Olsen-P/l}$ bodem (totaal-P $> 3 \text{ mmol/l}$). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	jaren
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0 voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10 kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40 matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80 kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200 matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400 ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400 ongeschikt voor verschralling II

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	S/MgC	Al-z	Ca-z	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M3	M8
253	0-15	sterk lemig Fe-rijk zand, zwak humeus	5	25	1,2	1694	17,7	235	21	278	8	34	7	0,13	219	12240	555	2968	4,5	94	2	32	589	68	44
	15-30	sterk lemig zand, bruin met ijzervlekken	3	19	1,2	1093	15,0	243	21	299	6	34	4	0,08	227	11887	326	2154	4,4	97	1	55	35	51	19
	30-40	geelbruin zwak lemig zand, ijzervlekken	1	16	1,4	429	8,9	157	16	182	7	31	2	0,03	90	9253	488	1630	4,9	98	1	22	17	8	0
	40-50	geelbruin zwak lemig zand, ijzervlekken	1	17	1,5	375	8,7	145	16	171	6	32	1	0,02	88	9064	548	1776	5,0	98	16	15	18	5	3
260	0-10	sterk lemig Fe-rijk zand, zwak humeus, bruin	7	35	1,1	2975	19,4	210	12	210	6	21	12	0,35	1188	6862	416	538	3,9	75	2	46	106	51	44
	10-20	sterk lemig zand, bruin met ijzervlekken	2	21	1,4	1493	15,6	205	12	337	5	26	7	0,18	784	4913	501	516	3,8	53	1	9	70	39	23
	20-30	donkergrigis lemig zand	2	19	1,6	1637	15,9	175	11	255	6	26	12	0,34	94	3159	554	299	4,9	23	3	6	75	40	25
	30-40	donkergrigis lemig zand	2	20	1,6	1535	13,9	176	11	233	6	29	9	0,23	65	2788	539	265	5,1	22	3	8	75	34	21
263	0-15	lemig veraard veen, bruin	22	51	0,6	1433	24,3	120	24	329	4	10	31	0,91	276	11721	565	886	4,1	93	2	44	144	90	50
	15-25	zwartgrigis lemig zand	3	20	1,4	387	4,4	121	17	119	5	20	26	0,69	85	8410	534	612	4,6	82	2	7	123	3	0
	25-35	zwartgrigis sterk lemig zand	3	25	1,4	1038	12,8	154	17	257	6	24	22	0,55	40	4992	500	341	4,9	40	4	6	156	28	9
	35-50	zwartgrigis sterk lemig zand	2	25	1,4	965	11,0	123	14	274	5	21	10	0,30	43	4237	511	306	5,1	36	4	8	158	35	9
267	0-10	grigiszw art zandig Fe-rijk leem, zwak humeus	12	34	0,7	1485	17,3	326	40	346	7	29	12	0,17	107	16435	180	1321	4,5	98	1	107	86	43	25
	10-20	grigis leem, ijzervlekken	8	28	0,9	1024	20,2	396	52	547	8	37	8	0,09	96	23968	218	1238	4,5	99	1	76	35	45	14
	20-30	grigisrood leem, ijzerrijk	4	26	1,3	1242	35,5	291	67	873	6	39	5	0,04	18	33546	122	1666	4,8	100	0	41	11	84	39
	30-40	grigisrood leem, ijzerrijk	5	29	1,2	2715	52,8	382	85	844	9	52	5	0,04	7	34126	104	1909	5,0	100	1	33	16	147	118
268	0-10	bruin zand, zwak humeus, zwak lemig	7	25	0,9	1199	8,9	149	16	132	5	18	8	0	157	9156	859	1301	4,5	96	1	40	151	19	9
	10-20	bruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	3	18	1,2	1145	8,7	189	14	212	5	24	5	0	364	8590	561	894	4,3	93	1	76	78	18	8
	20-30	geelbruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	2	17	1,6	851	13,6	230	19	336	7	33	4	0	370	11984	980	1138	4,4	95	1	22	118	27	3
	30-40	geelbruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	2	18	1,5	795	11,0	158	15	227	6	25	2	0	187	12182	868	1058	4,5	97	1	24	72	21	0

Locatie 253

De toplaag van 30 cm is ijzerrijk en (zwak-)matig calciumhoudend (Fe-t: 278-299 mmol/l; Ca-t: 21 mmol/l en Ca-z: ± 12000 $\mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1093-1694 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 15,0-17,7 mmol/l) en rijk aan ammonium (589 $\mu\text{mol/l}$). Na het afgraven van 30 cm komt een zwak lemige, ijzerrijke (182 mmol/l) zandbodem aan het oppervlak die voldoende fosfaatarm is voor de ontwikkeling van een heischraalgrasland of kleine zeggenvegetatie/blauwgrasland (Ca-t 16 mmol/l en Ca-z: ± 9000 $\mu\text{mol/l}$) onder de juiste hydrologische omstandigheden. Vervolgens een beheer van maaïen en afvoeren hanteren.

Advies: 30 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland of kleine zeggenvegetatie/blauwgrasland.

Locatie 260

De toplaag van 10 cm is ijzerrijk en zwak calciumhoudend (Fe-t: 210 mmol/l; Ca-t: 12 mmol/l en Ca-z: ± 6700 $\mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 2975 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 29,4 mmol/l). Van 10-40 cm-mv is de ijzerrijke bodem nog steeds te rijk aan fosfaat (Olsen-P ca. 1500 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: ca. 16 mmol/l). De buffering (met name de concentraties uitwisselbaar calcium) neemt af in de diepte. Onder ijzerrijke condities is het mogelijk dat de Olsen-P concentratie in de praktijk lager uitvalt. Aangezien sprake is van een relatief soortenarme, verrijkte zode kan geprobeerd worden om 10 cm te plaggen (meest voedselrijke, humeuze toplaag afvoeren) en vervolgens maaïsel op te brengen om de ontwikkeling richting heischraal grasland (vochtig) of kleine zeggenvegetatie (nat) mogelijk te maken. Op basis van de P-concentraties is het mogelijk dat verruiging optreedt en aanvullend verschrallingsbeheer nodig is (maaïen en afvoeren).

Advies: 10 cm plaggen t.b.v. de ontwikkeling van een heischraalgrasland/kleine zeggenvegetatie. Risico op verruiging.

Locatie 263



Figuur 24. Foto van uitbreidingslocatie 263. Foto: Mark van Mullekom.

De sterk humeuze/venige toplaag van 15 cm in deze slenk is ijzerrijk en matig calciumhoudend (Fe-t: 329 mmol/l; Ca-t: 24 mmol/l en Ca-z: ± 11000 $\mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1433 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 24,3 mmol/l). Voor de ontwikkeling van soortenrijkere natuur wordt geadviseerde deze humeuze, P-rijke toplaag af te graven. Van 15-50 cm-mv variëren de bodemchemische condities echter sterk. Afhankelijk van de

hydrologische omstandigheden kan worden overwogen om 15 (Olsen-P 387 $\mu\text{mol/l}$) of 35 cm (Olsen-P 965 $\mu\text{mol/l}$) af te graven voor de ontwikkeling van kleine zeggenvegetaties of mogelijk een zuurdere variant van een dotterbloemhooiland (Ca-t 14-17 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 4200-8400 $\mu\text{mol/l}$). Droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk in verband met het ijzergebonden fosfaat. Een beheer van maaien en afvoeren hanteren.

Advies: 15 of 35 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een kleine zeggenvegetatie (of zuurder dotterbloemhooiland). Risico op verruiging.

Locatie 267

De humeuze toplaag van 10 cm is ijzerrijk en calciumhoudend (Fe-t: 346 mmol/l; Ca-t: 40 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 16500 $\mu\text{mol/l}$). De toplaag is verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1485 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 17,3 mmol/l). Voor de ontwikkeling van soortenrijkere natuur wordt geadviseerde minimaal deze humeuze, P-rijke toplaag af te graven. Van 10-40 cm-mv variëren de bodemchemische condities echter sterk. De Olsen-P concentraties zijn in principe te hoog, maar dit kan een overschatting zijn als de gevolg van de zeer hoge ijzerconcentraties. De ijzerconcentraties nemen toe in de diepte tot circa 850 mmol/l, net als de totaal-P concentraties. Geadviseerd wordt om de humeuzere toplaag (8-12% organische stof) van 20 cm af te graven zodat een ijzerrijke (873 mmol/l) leembodem aan het oppervlak komt (Olsen-P 1242 $\mu\text{mol/l}$; onder ijzerrijke condities in het mogelijk dat de Olsen-P concentratie in de praktijk lager uitvalt) die geschikt is voor de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland (Ca-t 67 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 33500 $\mu\text{mol/l}$). Droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk in verband met het ijzergebonden fosfaat. Vervolgens een beheer van maaien en afvoeren hanteren.

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een dotterbloemhooiland.

Locatie 268



Figuur 25. Foto van uitbreidingslocatie 268. Foto: Mark van Mullekom.

De humeuze toplaag van 10 cm is ijzerrijk en zwak-matig calciumhoudend (Fe-t: 132 mmol/l; Ca-t: 16 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 9000 $\mu\text{mol/l}$). De toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (Olsen-P: 1199 $\mu\text{mol/l}$ en P-t: 8,9 mmol/l). Op 10-20 cm-mv is de bodemchemie vergelijkbaar. Vanaf 20 cm is geel, ijzerrijk zand aangetroffen met een lagere Olsen-P concentratie (851 $\mu\text{mol/l}$). Voor de ontwikkeling van soortenrijkere natuur kan een verschrallingsbeheer van maaien en afvoeren worden gevoerd (circa 50 jaar). Een alternatief is 20 cm afgraven zodat een ijzerrijke (336 mmol/l), matig gebufferde (Ca-t 19 mmol/l en Ca-z: $\pm$ 12000 $\mu\text{mol/l}$) bodem

.....
aan het oppervlak komt (onder ijzerrijke condities in het mogelijk dat de Olsen-P concentratie in de praktijk lager uitvalt) die, mogelijk in combinatie met aanvullen verschrallingsbeheer, geschikt is voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Droogval van de toplaag in de zomerperiode is belangrijk in verband met het ijzergebonden fosfaat. Vervolgens een beheer van maaien en afvoeren hanteren.

Advies: 20 cm afgraven t.b.v. de ontwikkeling van een blauwgrasland. Mogelijk aanvullend verschrallingsbeheer vereist.

4. ACTUELE TOESTAND EN POTENTIES VAN STROOMDALGRASLANDEN

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemchemisch onderzoek op de droge locaties beschreven. Paragraaf 4.2 bevat een overzicht van de metingen in 2018. In paragraaf 4.3 worden abiotische referentiedata van stroomdalgraslanden kort toegelicht. In paragraaf 4.4 wordt de algemene bodemchemie beschreven en in paragraaf 4.5 komen de natuurontwikkelingsmogelijkheden van de droge schraalgraslanden aan bod.

4.2 Referentiemetingen 2018 (Van Mullekom e.a., 2018)

De resultaten van de bodemchemische analyses worden gegeven in Tabel 26. In Bijlage 2 worden foto's van de referentielocaties gegeven. Tevens wordt de vegetatieontwikkeling beknopt toegelicht.

Tabel 26. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) in de toplaag (in cm onder maaiveld) op de referentielocaties in Arriër- en Junnerkoeland. OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$, met uitzondering van de pH), BV = indicatieve basenverzadiging.

Nr	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Pbs	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3	NH4
REF 1	0-15	Junnerkoeland - talud1	3	7,8	0,9	515	4,9	0,11	40	19	47	2	13	3	3	7169	0,00	632	1049	5,9	99	2	245	227
REF 2	0-15	Junnerkoeland - talud2	4,9	8,2	0,9	630	6,2	0,10	53	18	58	3	14	4	12	8111	0,00	817	1751	4,9	97	6	115	465
REF 3	0-15	Junnerkoeland - mierenbult	4,2	8,4	0,8	889	7,8	0,11	74	8	89	8	19	4	25	2854	0,01	4404	1359	4,5	95	4	296	350
REF 4	0-15	Arriërkoeland NO - mierenbult	5,9	7,6	0,9	1622	16,3	0,10	98	15	227	8	17	5	69	6780	0,01	3521	2044	4,2	95	5	109	474
REF 5	0-15	Arriërkoeland NO - rondom ref4	7,6	19	0,8	1230	13,6	0,09	110	15	222	3	18	7	316	6974	0,05	268	1655	4,0	90	1	162	354
REF 6	0-15	Arriërkoeland - vlak	5,2	11	0,8	704	5,4	0,13	54	10	45	2	12	5	96	4124	0,02	313	915	4,1	94	1	5	117
REF 7	0-15	Arriërkoeland - mierenbult	5,1	7,3	0,8	912	6,9	0,13	52	4	69	3	10	6	535	1316	0,41	1063	729	3,7	68	5	11	164
REF 8	0-15	Arriërkoeland - mierenbult	3,6	8,9	0,9	1087	8,9	0,12	76	6	94	4	15	5	998	1175	0,85	581	354	3,6	47	3	203	195
REF 9	0-15	Arriërkoeland - rondom ref8	3,7	11	0,9	974	7,7	0,13	71	7	80	6	16	5	806	2003	0,40	656	993	3,7	63	2	200	327

Met name referentielocatie 1, 2 (Junnerkoeland) 5 en 6 (Arriërkoeland) zijn goed ontwikkelde locaties waar de bodem (en niet de lokaal goed ontwikkelde mierenbulten) is bemonsterd. Locatie 5 is matig soortenrijk. Op deze plek wordt de hoogste Olsen-P concentratie gemeten (1230 $\mu\text{mol/l}$). Op de overige goed ontwikkelde locaties bedraagt de Olsen-P concentratie circa 500-700 $\mu\text{mol/l}$.

In Junnerkoeland is de bodem zwak gebufferd (Ca-t 18-19 mmol/l en Ca-z 7200-8100 $\mu\text{mol/l}$) en werd een pH-NaCl gemeten van 4,9-5,9. De referentielocaties in Arriërkoeland zijn zeer zwak gebufferd (Ca-t 10-15 mmol/l en Ca-z 4100-7000 $\mu\text{mol/l}$) waarbij een pH-NaCl van 4,0-4,1 werd gemeten. Op de soortenarme locatie 9 is sprake van zure omstandigheden (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 2000 $\mu\text{mol/l}$) en werd een pH-NaCl van 3,7 gemeten. Ook de hogere Al-z concentraties en de hogere Al/Ca-ratio wijzen op verzuring in Arriërkoeland. In de vegetatieontwikkeling is de verzuring zichtbaar in de vorm van een dikke moslaag. De verzuring vormt een belangrijk aandachtspunt. Verdere verzuring van de referentielocaties 5 en 6 kan leiden tot achteruitgang van de soortenrijkdom. Locatie 9 is reeds verzuurd en soortenarm.

Om de verzuring tegen te gaan en de buffering te herstellen kan de moslaag worden verwijderd in combinatie met een eenmalige bekalking van (minimaal) 2000 kg/ha Dolokal. Van kaliumgebrek lijkt geen sprake. Na het verwijderen van de moslaag en het uitvoeren van de bekalking dient maaisel uit een goed ontwikkelde referentielocatie te worden opgebracht.

.....

Geadviseerd wordt om dit eerst in enkele proefplots of in maximaal de helft van het te herstellen terrein uit te voeren (de overige delen kunnen eventueel in een later stadium worden hersteld) en de vegetatieontwikkeling te volgen.

Uit promotieonderzoek van Ciska Veen (Veen, 2011) in Junnerkoeland en op Schiermonnikoog bleek dat gele weidemieren met hun graafwerk en luizenhouderij de bovengrondse plantengroei beïnvloeden doordat ze lokaal voor een verandering in de bodemsamenstelling zorgen. De gele weidemier, *Lasius flavus*, is een mierensoort die grote nestbulten maakt en daar in symbiose leeft met wortelluizen. Om nestbulten te bouwen graven ze zand op. Dit zorgt voor open plekken in de plantengemeenschap waar nieuwe soorten zich kunnen vestigen. Daarnaast veranderen graafwerkzaamheden de doorluchting van de bodem en de hoeveelheid voedingsstoffen, vocht, organisch materiaal en wortelpathogenen in de bodem. De mieren woelen grond omhoog uit diepere bodemlagen, met een andere samenstelling en pH (dit bleek echter niet uit de enkele metingen die we in 2018 in Arriër Koeland hebben uitgevoerd). De aanwezigheid van wortelluizen bleek ook van invloed op de vegetatie, omdat de ene plantensoort veel beter tegen wortelluizen kan dan de andere. Op de nestbulten groeien vooral soorten die goed bestand zijn tegen de luizen. Bovengrondse grazers, zoals koeien en hazen, kunnen het effect van de gele weidemier op de plantengroei versterken of juist teniet doen.

4.3 Abiotiek van stroomdalgraslanden - overzicht referentiedata

Bron: Bohnen-Verbaarschot & Loeb (2018), Loeb & Brouwer (2017) en Remke e.a. (2018).

Het habitatype Stroomdalgrasland (H6120 Kalkminnend grasland op dorre zandbodem) is een prioritair habitatype dat in de vorige eeuw een sterke achteruitgang heeft gekend. Het is een soortenrijk habitatype met een schrale, droge en kalkminnende vegetatie dat voorkomt op voedselarme standplaatsen op hogere zandgronden (oeverwallen, stroomruggen, rivierduinen en dijken) langs rivieren. Het habitatype is voor het behoud afhankelijk van overstroming en daarmee van sedimentatie van kalkrijk zand (aanvoer buffering). De overstromingsduur is echter laag. Het habitatype omvat niet alleen het Verbond der droge stroomdalgraslanden (Sedo-Cerastion), maar ook het Verbond van Gewoon struisgras (Plantagini-Festucion) en enkele rompgemeenschappen van de Klasse der droge zandgronden. Lokaal plaggen kan een zinvolle herstelmaatregel zijn om de pioniersituatie te ontwikkelen die nodig is voor het behoud van de kenmerkende soorten. Hierdoor worden minder nutriëntenrijke omstandigheden en betere kiemingsmogelijkheden gecreëerd voor de typerende plantensoorten. Bij plagwerkzaamheden dient rekening te worden gehouden met consequenties voor de inundatiefrequentie.

In Tabel 1 zijn bodemchemische kenmerken van een aantal goed ontwikkelde droge stroomdalgraslanden gegeven. Het betreft locaties uit Cortenoever (2017 en 2012), een referentie uit de Ravenswaarden en het gemiddelde van een aantal stroomdalgraslanden uit de Zelderse Driessen langs de Niers en in de Maasduinen (Jachthuis en Stalberg). Stroomdalgraslanden bevatten vaak enige organische stof, maar niet teveel, tot circa 6%. Bij een hoger organisch stofpercentage houden de bodems meer vocht vast en worden ze te vochtig voor Droog stroomdalgrasland (in het onderzoeksgebied is het gemiddelde percentage organische stof in de toplaag, circa 0-105 cm-mv, 6%; dit neemt sterk af in de diepte van tot 0,5%). Ze zijn over het algemeen goed gebufferd (pH-NaCl 7,3 -7,6). De referenties uit de Zelderse Driessen, Maasduinen-Stalberg en Junner- en Arriërkoeland zijn minder gebufferd (pH-NaCl 4,1-5,4). In de Zelderse Driessen betreft het vegetaties uit het Verbond van Gewoon struisgras, dat ook onder wat zuurdere omstandigheden voor kan komen.

In het Junnerkoeland, een dicht bij De Karshoek gelegen gebied met goed ontwikkelde Stroomdalgraslanden langs de Overijsselse Vecht, komt de Associatie van Schapengras en Tijn (Verbond van Gewoon struisgras) voor (Rotthier & Sykora, 2016). Rotthier & Sykora (2016) maten voor deze gemeenschap een pH-KCl tussen circa 3,5 en 5,2. Voor de opnames in het Junnerkoeland (verschillende gemeenschappen), komen zij echter op een pH-KCl die veel hoger is (7,2). Zie paragraaf 4.2 voor recente referentiemetingen in dit gebied.

In Cortenoever en de tegenoverliggende Ravenswaarden komen stroomdalgraslanden voor op enigszins siltige zandbodems, waardoor ze enerzijds een hoge concentratie uitwisselbaar calcium en magnesium bevatten, en anderzijds het fosfaat goed binden. Hierdoor komen ze in Cortenoever en Ravenswaarden voor bij een relatief hoge totaal-P-concentratie (14 tot 19 mmol P/l bodem), terwijl de totaal-P-concentraties in stroomdalgraslanden in de Zelderse Driessen bijvoorbeeld veel lager zijn, maar een even hoge voor planten beschikbare P-concentratie geven: de Olsen-P, ligt tussen de 400 en 600 µmol/l bodem. Het referentiepunt C3 betreft een kleine zoom met Cypreswolfsmelk, Veldsalie en Echte kruisdistel in een verder wat voedselrijker grasland. Daarnaast is hier, net als op het punt in de Ravenswaarden, de toplaag op 0-10 cm diepte bemonsterd, in plaats van 0-25 cm in de andere onderzoeken. Beide kunnen de oorzaak zijn van de hogere Olsen-P-concentratie (900 µmol/l bodem) en hogere totaal-P-concentratie (19 mmol/l bodem) op dit punt.

Het valt hierbij op dat de nitraatconcentraties hoog op kunnen lopen, tot bijna 600 µmol/l bodem, wat suggereert dat de biomassa-productie hier door P (en door droogte) gelimiteerd wordt. Ook valt op dat de stroomdalgraslanden met de hoogste nitraatconcentraties de laagste Olsen-P-concentratie hebben (400 µmol/l bodem).

Op alle referentielocaties met goed ontwikkelde doelvegetatie binnen het N2000 gebied Maasduinen heeft de toplaag van de bodem een relatief laag organisch stofgehalte van 5-7 %, de pH (NaCl) ligt tussen 5,0 en 7,5, de (indicatieve) basenverzadiging is hoger dan 97%, de nitraatconcentratie (NaCl) is laag met 20-30 µmol/l verse bodem, de voor planten beschikbare fosfaatconcentratie (Olsen-P) is circa 500-700 µmol/l verse bodem en de totale fosfaatconcentraties zijn relatief laag (6-14 mmol/l). Sterk verruigde locaties hebben, in vergelijking met de referenties, een licht verhoogd organische stofgehalte (7-9%), veel hogere nitraatconcentraties (140-230 µmol/l), hogere Olsen-P concentraties (700-1200 µmol/l) en een hogere totaal-P concentratie (15-17 mmol/l).

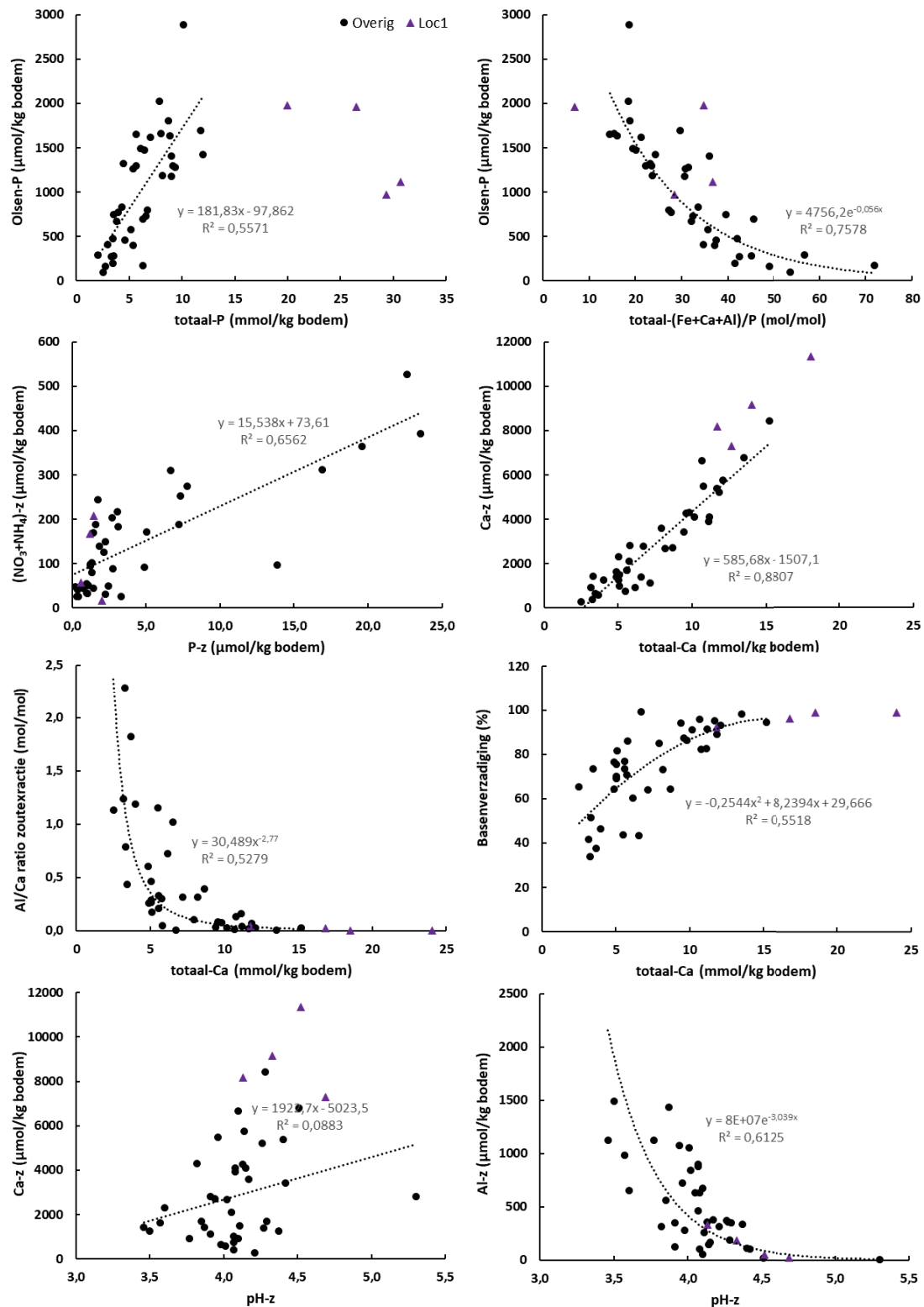
Voor het beoordelen van de geschiktheid van locaties met een hoge nitraatbeschikbaarheid, kan daarom het beste een relatief lage Olsen-P-waarde van 500 µmol/l bodem aangehouden worden.

Tabel 27. Referentiewaarden voor droge stroomdalgraslanden (per liter versgewicht). OS = organisch stofpercentage; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l, met uitzondering van de pH).

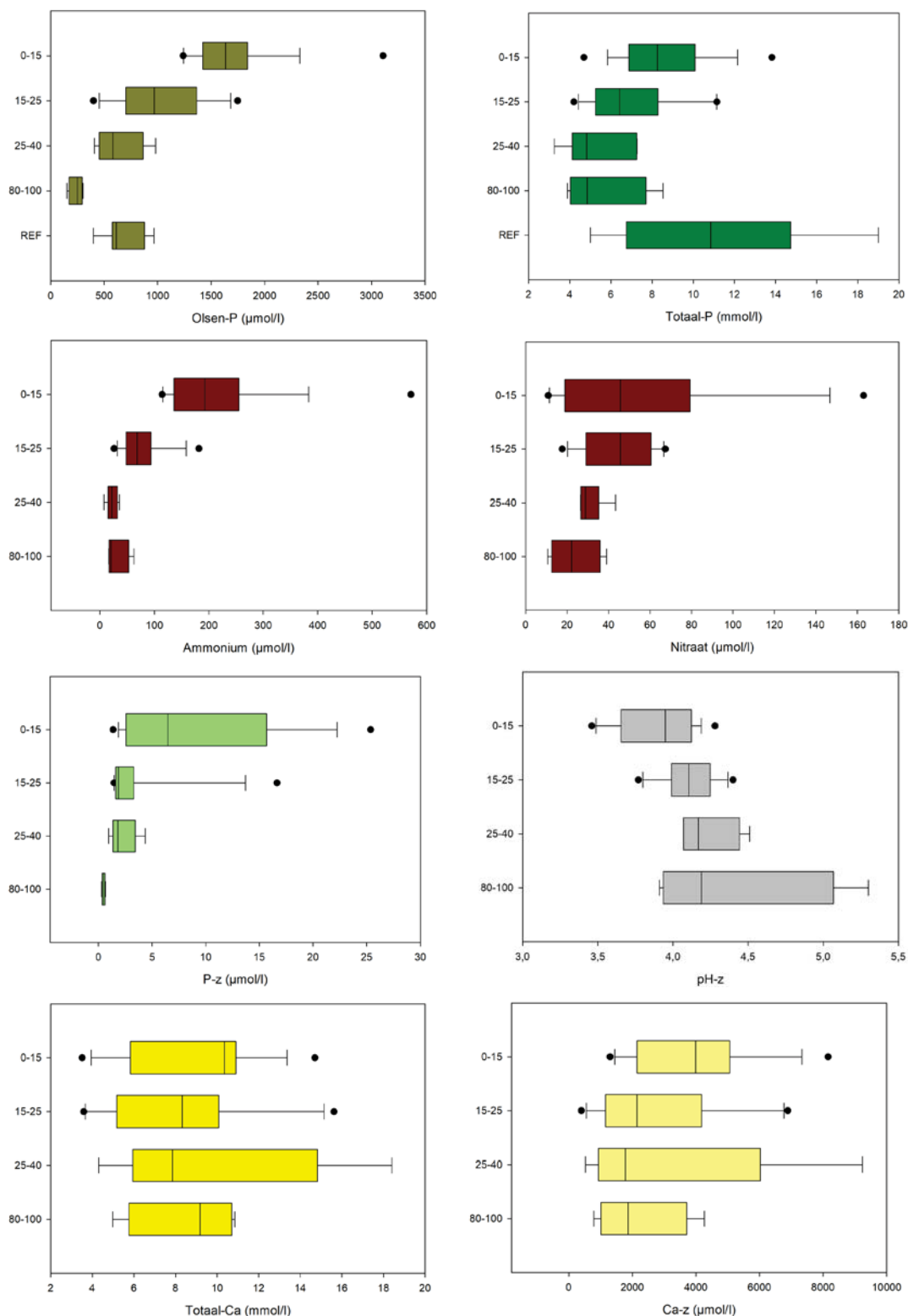
Locatie (bron)	OS	Ols-P	Al-t	Ca-t	Fe-t	Mg-t	P-t	pH-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	Ca-z	K-z	Mg-z
Cortenoever (gemiddeld) (Loeb et al., 2017)	5	400	173	199	141	119	14	7,4	593	129	19117	348	1388
Cortenoever C3 (Van Mullekom et al., 2012)	6	928	190	196	163	114	19	7,3	48	62	26480	406	1913
Ravenswaarden (Van Mullekom et al., 2012)	6	583	180	452	147	126	15	7,6	80	69	22147	807	1968
Zelderse Driessen (gemiddeld) (Brouwer et al., 2010)	5	597	59	15	48	14	5	5,0	262	357	7397	590	1914
Junnerkoeland Ref 1,2 (gemiddeld)	4	573	46	18	52	13	6	5,4	180	346	7640	725	1400
Arriërkoeland Ref 5,6 (gemiddeld)	6	967	82	13	133	15	9	4,1	84	235	5549	290	1285
Jachthuis (gemiddeld) (Remke et al., 2018)	6	629	70	124	67	23	10	7,0	60	426	18172	760	1164
Stalberg (gemiddeld) (Remke et al., 2018)	8	718	249	53	247	71	12	5,3	79	461	20355	662	3725

4.4 Algemene bodemchemie

In Figuur 26 worden een aantal bodemchemische correlaties gegeven waarbij de zeer ijzerrijke locatie 1 apart wordt vermeld. De boxplots in Figuur 27 geven een beeld van de gradiënten in de diepte van enkele karakteristieke parameters.



Figuur 26. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen gemeten in het onderzoeksgebied.



Figuur 27. Boxplots van de Olsen-P, totaal-P (beiden inclusief referenties paragraaf 4.3), ammonium, nitraat, labiel-P (P-z), pH-z, totaal-Ca en zoutuitwisselbaar calcium concentraties van de geanalyseerde bodems, exclusief locatie 1. In de boxplots is onderscheid gemaakt tussen de verschillende bodemlagen. De whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10e en 90e percentiel. De verticale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De stippen geven de uitschieters weer.

.....

Op de droge locaties is sprake van een zandbodem met een humeuze toplaag. Lokaal is de bodem zeer ijzerrijk. Voor het vaststellen van de fosfaatbeschikbaarheid van de bodem zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van belang, waarbij de Olsen-P concentratie een maat is voor de voor planten beschikbare fosfaatfractie. De totaal-P concentratie geeft de totale P voorraad in de bodem waarvan een deel op termijn weer beschikbaar kan komen voor planten. De toplaag is verrijkt met fosfaat (totaal-P, Olsen-P, labiel-P/P-z) en stikstof (Figuur 27). De mediane Olsen-P concentratie in de toplaag is circa 1700 $\mu\text{mol/l}$ en de totaal-P concentratie 8 mmol/l. De nitraatconcentraties zijn relatief laag ($<80 \mu\text{mol/l}$). De toplaag is met name verrijkt met ammonium. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de relatief lage pH van de toplaag (pH-z is circa 4,0) waardoor de nitrificatie kan worden geremd en ammonium kan ophopen. Op de stikstofrijke plekken is de labiel-P (P-z) concentratie eveneens hoger (Figuur 26). De nutriëntenconcentraties nemen af in de diepte (Figuur 27).

In Figuur 26 linksboven zijn de Olsen-P en totaal-P concentraties van de geanalyseerde bodems tegen elkaar uitgezet. Als gevolg van verschillen in grondgebruik en bodemchemie (variatie in ijzer- en/of calciumconcentraties), zijn er verschillen in de Olsen-P en totaal-P concentraties aanwezig. Deze variëren niet alleen in de diepte, maar ook de P-beschikbaarheid varieert tussen de verschillende bodems. Deze is circa 15%. Met name op de ijzerrijke locatie 1 is de P-beschikbaarheid lager (4-7%). Fosfor wordt in ijzerrijkere bodems namelijk zeer effectief geïmmobiliseerd door adsorptie aan ijzer(hydr)oxiden en door de vorming van ijzerfosfaat zouten zoals $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ (onder anaerobe condities) en FePO_4 onder aerobe condities.

Naast ijzer zorgt ook calcium voor fosfaatbinding in de bodem. Dit calcium gebonden-P is meestal slecht oplosbaar en komt slechts zeer langzaam vrij door verweringsprocessen. Ook kleideeltjes (de totaal-aluminium concentratie is indicatief voor het lutumpercentage) zijn een sterke P-binder. De calcium-, ijzer- en aluminiumconcentraties kunnen de beschikbaarheid van fosfaat dus beïnvloeden. In Figuur 10 rechtsboven is deze correlatie weergegeven. Op plaatsen waar de bodem rijk is aan ijzer, calcium en aluminium ten opzichte van totaal-P, blijft de P-beschikbaarheid voor planten doorgaans laag.

Behalve de nutriëntenbeschikbaarheid is de zuurgraad van de bodem in belangrijke mate sturend voor de vegetatieontwikkeling. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een bodem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. Bij bodem-pH(water) waarden hoger dan pH 6,2 hebben we te maken met (bi)carbonaatbuffering. Wanneer in de bodems geen carbonaat meer aanwezig is, komt de bodem in het kation-uitwisselings-buffertraject terecht. Organisch materiaal vormt, samen met lutumdeeltjes, een belangrijk deel van het bodemadsorptiecomplex in de bodem. Dit buffertraject bevindt zich globaal tussen een pH van 4,5 en 6,5. Een zoutextract geeft een beeld van de hoeveelheid gemakkelijk uitwisselbare kationen. De pH-z is overwegend 0,5-1 pH eenheid lager dan de pH-water. In het onderzoeksgebied is sprake van relatief lage calciumconcentraties (circa 10 mmol/l totaal-Ca en 3000 $\mu\text{mol/l}$ zoutuitwisselbaar calcium) en een pH-z van circa 4.0-4.2.

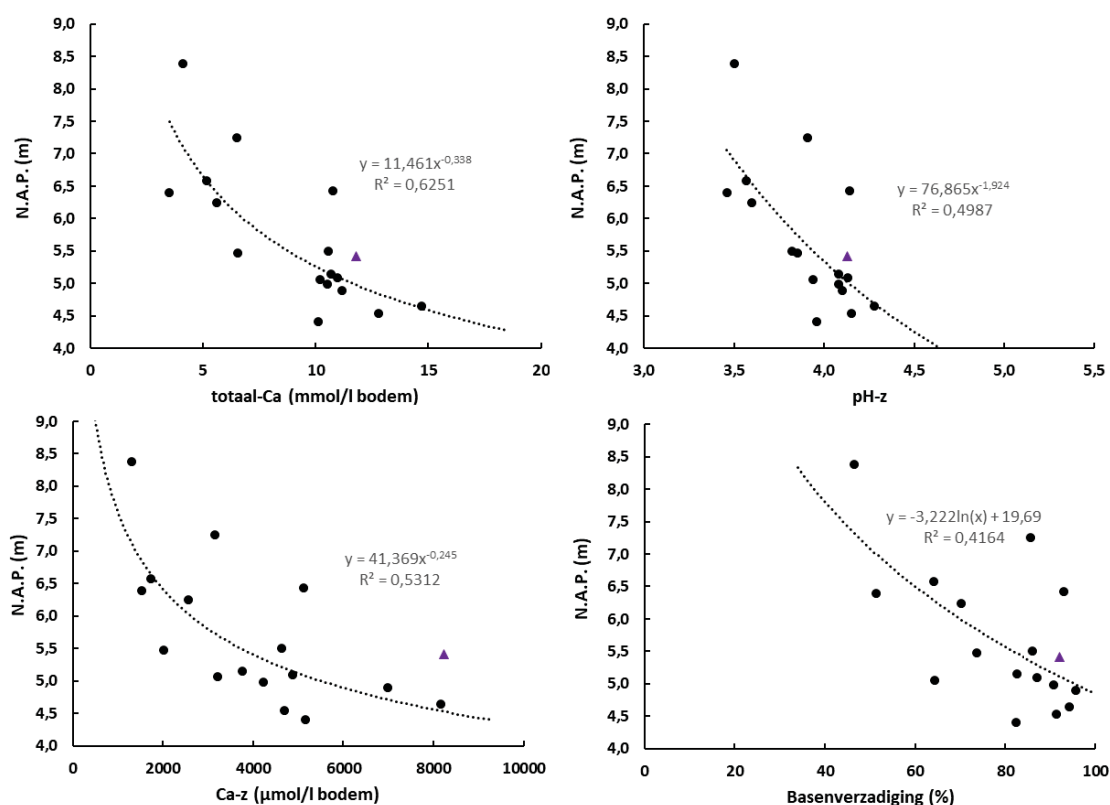
Uit Figuur 26 blijkt dat de concentratie totaal-Ca en de gemakkelijk uitwisselbare calciumconcentratie (Ca-z) goed correleren. De concentraties totaal-Ca en Ca-z zijn indicatieve parameters voor het vaststellen van de mate van buffering van een bodem.

Indien het bodemadsorptiecomplex volledig is opgeladen met basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+) is de basenverzadiging 100%. In het gebied zien we dat bodems met een totaal-Ca concentratie van meer dan 10 mmol/l bodem meestal een hoge basenverzadiging ($> 85\%$) hebben (Figuur 26). In niet tot zwak gebufferde bodems kan de bodem in de

aluminiumbufferrange ($\text{pH}_{\text{water}} < 4,5$) komen. Alle basische kationen zijn dan vervangen door zuurionen of aluminium (H^+ en Al^{3+}) en de concentratie zuurionen in het bodemvocht neemt dan toe en de pH zal dalen. Naarmate de pH lager wordt neemt de aluminiumconcentratie in het zoutextract toe (Figuur 26). Ook de Al/Ca ratio neemt toe (Figuur 26; De Graaf et al., 1994). Dit komt omdat aluminiumhydroxiden in oplossing gaan bij een lage bodem pH waarna deze adsorberen aan het bodemadsorptiecomplex. Een verhoogde Al/Ca ratio is een indicator voor verzurende processen. Een lage bodem pH kan dan ook leiden tot aluminiumtoxiciteit (en de ophoping van ammonium).

De buffering van de bodem (met name de calciumconcentraties) laat in de boxplots (Figuur 27) geen duidelijk patroon zien in de diepte. In paragraaf 4.5 wordt per locatie nader ingegaan op de gradiënten in de diepte, ook qua voedselrijkdom en natuurpotenties.

In Figuur 28 worden enkele parameters die indicatief zijn voor de mate van buffering gecorreleerd aan de hoogteligging van de boorpunten. Hieruit blijkt duidelijk dat de lager gelegen locaties (globaal < 5.0 tot 5.5 meter ten opzichte van N.A.P.) sterker gebufferd zijn. Op deze plekken zijn hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium gemeten evenals een hogere pH-z en basenverzadiging. Extra buffering kan veroorzaakt worden door de aanrijking van bufferstoffen uit grondwater (lijkt minder waarschijnlijk; het betreft relatief droge locaties) of door middel van periodieke inundaties met oppervlaktewater uit de Vecht. Uit het ecohydrologisch onderzoek van Bell Hullenaar kan dit mogelijk nader worden afgeleid.



Figuur 28. Correlaties tussen enkele relevante bodemchemische variabelen gemeten op de referentielocaties en landbouwpercelen in Punt- en Stroothuizen.

In Tabel 28 worden de bodemchemische analyseresultaten gegeven die zijn uitgevoerd in een tweetal raaien. Hierbij is de toplaag (0-15 cm-mv) verzameld langs een hoogtegradiënt om vooral te kijken naar de verschillen in de mate van buffering / verzuring. Locatie 3 vormt het

laagste punt van beide raaien. Zie Figuur 5 en Figuur 6 voor een gedetailleerd beeld van de ligging van de monsterlocaties.

Tabel 28. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) in de toplaag (in cm onder maaiveld) op in 2 raaien in het onderzoeksgebied. N.A.P. = maaiveldhoogte in meters t.o.v. N.A.P.; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties ($\mu\text{mol/l}$, met uitzondering van de pH), BV = indicatieve basenverzadiging. M5 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 μmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO3-z	Maaien en afvoeren (M)	
%	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	jaren	
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0	voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10	kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40	matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80	kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200	matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400	ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400	ongeschikt voor verschralling II

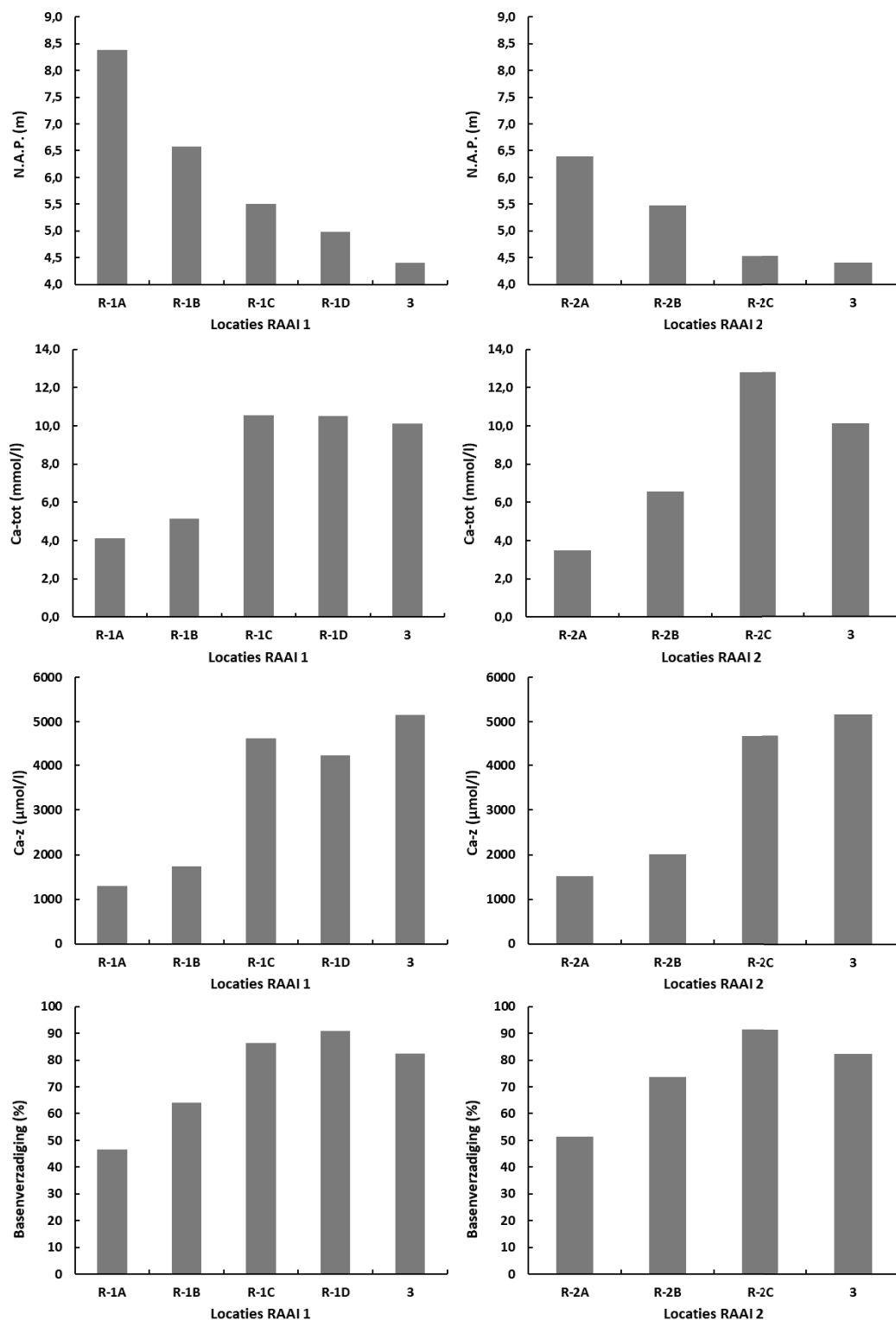
Nr	NAP	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO3-z	NH4-z	M5
R-1A	8,38	0-15	zw artbruin humeus zand, leemarm	8	19	1,0	1713	8,2	62	4	61	4	6	10	1543	1300	1,19	915	1019	3,5	47	20	163	213	25
R-1B	6,58	0-15	zw artgrijs/buin humeus zand, leemarm	7	16	1,1	1567	6,8	64	5	69	5	7	9	1043	1735	0,60	925	1784	3,6	64	8	140	128	18
R-1C	5,50	0-15	bruin zw ak humeus zand, leemarm	5	13	1,1	3108	10,9	86	11	105	7	12	7	340	4624	0,07	533	1765	3,8	86	18	78	257	37
R-1D	4,99	0-15	bruin zw ak humeus zand, leemarm	5	11	1,0	1870	9,0	71	11	89	4	14	7	106	4229	0,03	1159	1672	4,1	91	8	67	216	28
3	4,41	0-15	zw art zand, humeus, zw ak leemig	10	28	0,9	1532	8,3	85	10	37	4	7	11	676	5150	0,13	650	1165	4,0	82	3	46	157	25
R-2A	6,40	0-15	zw artgrijs/buin humeus zand, leemarm	8	15	1,1	1402	4,7	50	4	54	3	5	6	1188	1518	0,78	1005	810	3,5	51	7	80	248	8
R-2B	5,47	0-15	zw art zand, zw ak humeus, leemarm	4	10	1,2	1530	6,6	74	7	76	4	10	7	663	2007	0,33	1013	1398	3,9	74	6	60	141	17
R-2C	4,54	0-15	zw art zand, zw ak humeus, leemarm	5	14	1,1	1705	7,0	76	13	47	5	12	7	190	4685	0,04	683	1052	4,2	91	2	11	134	19
3	4,41	0-15	zw art zand, humeus, zw ak leemig	10	28	0,9	1532	8,3	85	10	37	4	7	11	676	5150	0,13	650	1165	4,0	82	3	46	157	25

In Figuur 30 worden de variaties in maaiveldhoogte en de concentraties totaal en zoutuitwisselbaar calcium in figuurvorm weergegeven. Op de lager gelegen locaties zijn de concentraties totaal en zoutuitwisselbaar calcium en de basenverzadiging hoger. Dit is mogelijk te verklaren doordat de lager gelegen locaties (potentie stroomdalgrasland; H6120) onder invloed staan van inundaties met rivierwater terwijl deze invloed ontbreekt bij de hoger gelegen locaties (potentie zandverstuivingen; H2330). Het valt op dat locatie Raai 1C (5,50 m N.A.P.) en Raai 2B (5,47 m N.A.P.) ongeveer op dezelfde hoogte liggen maar toch verschillen in de mate van buffering. De aanwezigheid van natuurlijke barrières (zandruggen) kan er mogelijk voor zorgen dat maaiveldhoogte die lokaal periodiek inundeert kan variëren.



Figuur 29. Foto's van raai 1 (links) en raai 2 (rechts). Foto's: Mark van Mullekom.

De trend is dat locaties met een maaiveldhoogte <5.0 - 5.5 meter ten opzichte van N.A.P. sterker gebufferd zijn. In paragraaf 4.5 wordt geprobeerd uit de diepteprofielen af te leiden in hoeverre er sprake is van verzuring van de toplaag op de verschillende locaties, bijvoorbeeld als gevolg van atmosferische, verzurende depositie of het gebrek aan periodieke inundaties met water uit de Vecht.



Figuur 30. Overzicht van de N.A.P hoogtes en de concentraties totaal-Ca en zoutuitwisselbaar Ca (Ca-z) per locaties per raai.

4.5 Actuele toestand en potenties droge schraalgraslanden

Tabel 5 bevat een overzicht van de analyses op de 10 locaties waar de ontwikkeling van stroomdalgrasland het doel is. De analyses zijn uitgevoerd op verschillende dieptes. Op vijf locaties (1, 3, 5, 7, 255) werd een bodemonmonster op 80-100 cm diepte verzameld. Van noord naar zuid nemen de totaal-Ca concentraties af van 19 (loc1) naar 11 (loc3) naar 10 (loc5) en 8 (locatie 7) mmol/l. Op locatie 255 in het noordoosten van het onderzoeksgebied is de totaal-Ca concentratie op 80-100 cm-mv slechts 5 mmol/l. De calciumconcentraties van de diepere ondergrond zijn relatief laag (zuur tot zwak/matig gebufferd).

Tabel 29. Overzicht van de bodemchemische parameters (per liter versgewicht) in de toplaag (in cm onder maaiveld) op in 2 raaien in het onderzoeksgebied. N.A.P. = maaiveldhoogte in meters t.o.v. N.A.P.; OS = organisch stofpercentage; V = vochtpercentage; MV = massavolume in kg droge bodem per liter verse bodem; Ols-P = Olsen-P (µmol/l); -t = totale concentratie (mmol/l), -z = zoutuitwisselbare concentraties (µmol/l, met uitzondering van de pH), BV = indicatieve basenverzadiging. M5 = berekende verschrallingsduur (jaren) via maaien en afvoeren tot een streefconcentratie van 500 µmol Olsen-P/l bodem (totaal-P > 3 mmol/l). De volgende kleurarceringen zijn in de tabel gebruikt:

Org. stof	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	P-z	NO ₃ -z	Maaien en afvoeren (M)
%	mmol/l	mmol/l	µmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	jaren
<5	<150	<10	<4000	<40	<1	<50	0 voldoende P-arm
6-10	151-250	10-20	4001-8000	41-100	2-5	51-100	<10 kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
11-25	251-400	21-30	8001-15000	101-250	6-10	101-200	11-40 matig kansrijk voor verschralling d.m.v. maaien en afvoeren
26-50	401-750	31-50	15001-25000	251-500	11-30	201-400	41-80 kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
>50	>750	51-80	25001-40000	501-800	31-50	401-800	81-200 matig tot beperkt kansrijk voor verschralling d.m.v. uitmijnen
		>80	>40000	>800	51-100	801-1200	201-400 ongeschikt voor verschralling I
					>100	>1200	>400 ongeschikt voor verschralling II

Nr	NAP	Diepte	Grondsoort	OS	V	MV	Ols-P	P-t	Al-t	Ca-t	Fe-t	K-t	Mg-t	S-t	Al-z	Ca-z	Al/Ca	K-z	Mg-z	pH-z	BV	P-z	NO ₃ -z	NH ₄ -z	M5
1	5,42	0-15	bruin zand, zw ak humeus, zw ak lemig	7	18	1,0	1991	20,0	176	12	510	4	15	8	336	8231	0,04	444	2211	4,1	92	1	77	133	70
		15-30	bruin zand, zw ak humeus, zw ak lemig	5	14	1,2	1344	36,9	191	17	1148	3	15	6	220	11012	0,02	574	2005	4,3	96	1	97	104	109
		30-45	roodgeel zand, ijzerrijk, zw ak lemig	2	10	1,3	1285	38,9	136	24	949	4	18	3	64	15038	0,00	388	2171	4,5	99	1	44	32	112
		80-100	geel zand, ijzervlekken, zw ak lemig	1	8	1,5	2877	38,8	83	19	166	5	23	0	29	10694	0,00	470	1004	4,7	99	3	16	8	200
2	5,06	0-15	bruin zand, zw ak humeus, zw ak lemig	4	15	1,2	1994	13,8	178	10	222	5	21	8	1265	3201	0,40	532	1000	3,9	64	2	15	272	49
		15-25	geelbruin gevlekt zand, zw ak lemig	2	11	1,2	1747	11,1	172	8	220	5	22	5	1781	1747	1,02	448	362	3,9	43	2	65	62	25
		25-35	geelbruin zand, zw ak lemig	1	6	1,4	824	7,3	109	8	142	8	20	2	1243	1077	1,15	557	284	4,1	44	1	27	19	9
3	4,41	0-15	zw art zand, humeus, zw ak lemig	10	28	0,9	1532	8,3	85	10	37	4	7	11	676	5150	0,13	650	1165	4,0	82	3	46	157	25
		15-30	zw artbruin zand, zw ak lemig	3	19	1,5	976	5,6	110	8	61	4	13	5	924	3058	0,30	716	721	4,1	71	2	56	88	12
		30-40	geelbruin zand, ijzersporen	1	17	1,6	469	3,3	98	8	79	5	16	2	578	2263	0,26	1047	750	4,3	77	2	30	25	0
		80-100	grijs zand, ijzervlekken	0	21	1,5	302	5,2	101	11	104	6	25	1	529	1692	0,31	1159	459	3,9	64	0	11	62	0
4	7,25	0-10	zw artgrijs zand, zw ak humeus, leemarm	7	16	1,1	1854	6,3	41	7	44	4	7	7	138	3145	0,04	1163	2851	3,9	86	25	19	571	10
		10-20	roodbruin zand, leemarm	2	4	1,4	1086	5,5	64	5	84	4	13	2	398	912	0,44	802	1173	4,0	73	7	33	96	8
		20-30	geelbruin zand, leemarm	1	2	1,4	579	4,2	61	4	81	4	11	1	451	398	1,13	850	764	4,2	65	3	18	26	2
5	4,65	0-15	zw artbruin zand, matig humeus, zw ak lemig	6	23	1,0	1239	9,1	145	15	125	5	20	8	182	8158	0,02	499	1202	4,3	94	1	12	152	25
		15-25	bruin zand, ijzervlekken, zw ak lemig	2	14	1,3	922	8,3	175	16	188	5	27	4	490	6890	0,07	456	591	4,3	89	2	51	74	12
		25-35	witgrijs zand, ijzervlekken, zw ak lemig	1	11	1,4	410	5,1	112	14	102	6	22	1	150	4959	0,03	326	532	4,4	94	2	28	36	0
		80-100	roodgrijs zand, ijzerrijk, grof	0	18	1,5	152	3,9	74	10	123	4	15	1	5	4270	0,00	747	374	5,3	99	1	39	24	0
6	5,15	0-10	bruin zand, matig humeus, zw ak lemig	6	16	1,0	1363	11,4	124	11	144	6	19	7	605	3751	0,16	1170	1560	4,1	83	2	27	116	23
		10-20	bruin zand, matig humeus, zw ak lemig	3	11	1,2	1458	11,2	153	10	178	7	23	5	1041	3320	0,31	1407	1231	4,0	73	2	67	104	23
		20-30	geel zand, ijzervlekken, zw ak lemig	1	6	1,4	635	6,3	110	8	119	6	24	2	926	1279	0,72	1441	484	4,1	60	2	28	44	4
7	5,09	0-10	bruin zand, zw ak humeus, zw ak lemig	5	16	1,1	1481	10,4	101	11	119	5	16	7	410	4874	0,08	930	1605	4,1	87	3	19	213	22
		10-20	bruin zand, zw ak humeus, zw ak lemig	3	11	1,2	907	8,2	115	10	140	4	18	5	473	4464	0,11	608	935	4,2	85	2	52	182	11
		20-30	geelbruin zand, ijzervlekken, leemarm, grof	1	6	1,5	400	4,9	102	8	100	5	18	2	517	2494	0,21	638	370	4,3	77	1	28	54	0
		80-100	geelrood zand, ijzerrijk, leemarm, grof	0	15	1,6	270	4,5	93	8	118	6	20	1	541	2034	0,27	1210	380	4,4	75	1	28	16	0
254	6,43	0-15	geel zand/ zw art zand	7	15	0,9	1797	7,0	53	11	65	5	9	8	131	5126	0,03	960	2563	4,1	93	21	46	303	19
		15-30	fijn geel zand, ijzerhoudend	1	3	1,2	998	5,2	76	6	92	7	16	2	315	1791	0,18	565	1083	4,1	82	17	41	76	10
		30-45	fijn geel zand, ijzerhoudend	1	6	1,3	615	4,4	81	6	98	5	18	1	595	1284	0,46	628	836	4,1	69	3	33	31	4
255	6,25	0-15	zw art zand, humeus	5	12	1,1	1796	7,8	68	6	91	4	9	7	727	2563	0,28	966	1075	3,6	70	8	94	114	22
		20-30	geelbruin zand	2	9	1,2	1532	6,5	84	4	112	4	9	4	1372	1112	1,23	541	350	3,8	42	3	62	46	11
		30-40	geel ijzerhoudend zand	1	6	1,3	980	4,6	93	4	85	4	14	1	1184	517	2,29	625	184	4,1	34	4	26	7	5
		80-100	geel zand, ijzervlekken	1	16	1,4	229	8,5	146	5	462	3	12	2	1430	783	1,83	626	367	4,0	38	0	18	18	0
266	4,89	0-20	donkerbruin zand	4	11	1,0	1243	8,6	81	11	110	4	17	4	60	6985	0,01	500	1596	4,1	96	3	20	172	32
		20-35	geelbruin fijn zand	2	8	1,2	959	8,1	84	14	122	4	18	3	129	6489	0,02	589	642	4,4	95	2	40	57	18
		35-50	geelbruin fijn zand	1	9	1,4	551	7,3	105	18	146	6	25	2	23	9247	0,00	485	984	4,5	98	1	43	18	3



Figuur 31. Foto's ter hoogte van de locaties 7 (links) en 255 (rechts). Foto's: Mark van Mullekom.

Locatie 1

Er is sprake van een zeer ijzerrijke bodem (510-1148 mmol/l). De Olsen-P concentratie van de zwak-matig humeuze (7% organische stof) toplaag is 1991 $\mu\text{mol/l}$ en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland of heischraal grasland. Met de afzetting van ijzer is echter ook fosfor afgezet. De totaal-P concentraties bedragen 20-39 mmol/l. Het is mogelijk dat de voor planten beschikbare P-concentratie wordt overschat. De labiel-P (1 $\mu\text{mol/l}$), nitraat- (<100 $\mu\text{mol/l}$) en ammoniumconcentraties (<150 $\mu\text{mol/l}$) zijn relatief laag. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is zwak gebufferd (tot-Ca 12 mmol/l en Ca-z 8231 $\mu\text{mol/l}$; pH-z 4,1). De buffering neemt toe in de diepte wat erop duidt dat de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 15 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 1344 $\mu\text{mol/l}$), meer gebufferde (tot-Ca 17 mmol/l) en ijzerrijkere (1148 mmol/l) bodem (5% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland of droog heischraal grasland. Op 30-45 cm diepte is de bodem net zo voedselrijk maar sterker gebufferd en minder humeus.

Locatie 2

De zwak humeuze (4% organische stof), ijzerrijke (222 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 13,8 mmol/l en Olsen-P: 1994 $\mu\text{mol/l}$) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (2 $\mu\text{mol/l}$) en nitraatconcentraties (<50 $\mu\text{mol/l}$) zijn relatief laag. De ammoniumconcentratie bedraagt 272 $\mu\text{mol/l}$. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is (zeer) zwak gebufferd (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 3201 $\mu\text{mol/l}$; pH-z 3,9). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) de bron kan zijn van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Gelet op het feit dat de bodems ook arm zijn aan Ca op 1 meter diepte gaat het hier waarschijnlijk om van nature kalkarme afzettingen. Wanneer lokaal 15 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 1747 $\mu\text{mol/l}$, 62 $\mu\text{mol/l}$ ammonium), minder gebufferde (tot-Ca 8 mmol/l) bodem (2% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland (of 25 cm afgraven indien de

.....
hoogteligging dit toelaat). Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld.

Locatie 3

De humeuze (10% organische stof), zwak ijzerhoudende (37 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 8,3 mmol/l en Olsen-P: 1532 µmol/l) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (3 µmol/l), nitraat- (<50 µmol/l) en ammoniumconcentraties (<160 µmol/l) zijn relatief laag. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is (zeer) zwak gebufferd (Ca-t 10 mmol/l en Ca-z 5150 µmol/l; pH-z 4,0). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de beperkte aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 15 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 976 µmol/l, 88 µmol/l ammonium), minder gebufferde (tot-Ca 8 mmol/l), ijzerhoudende (61 mmol/l) bodem (3% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld. Op 30-40 cm diepte is de bodem voedselarmer (469 µmol/l Olsen-P).

Locatie 4

De zwak-matig humeuze (7% organische stof), zwak ijzerhoudende (44 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 6,3 mmol/l en Olsen-P: 1854 µmol/l) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (25 µmol/l) en ammoniumconcentraties (571 µmol/l) zijn eveneens hoog. Dit beperkt de mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is relatief zuur tot zeer zwak gebufferd (Ca-t 7 mmol/l en Ca-z 3145 µmol/l; pH-z 3,9). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 10 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 1086 µmol/l, P-z 7 µmol/l, 96 µmol/l ammonium), zuurdere (tot-Ca 5 mmol/l), ijzerhoudende (84 mmol/l) bodem (2% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld. Op 20-30 cm diepte is de bodem voedselarmer (579 µmol/l Olsen-P) waardoor 20 cm plaggen ook kan worden overwogen.

Locatie 5

De Olsen-P concentratie van de zwak-matig humeuze (6% organische stof), ijzerrijke (125 mmol/l) toplaag is 1239 µmol/l en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (1 µmol/l), nitraat- (<50 µmol/l) en ammoniumconcentraties (<160 µmol/l) zijn relatief laag. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van

.....

kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is zwak gebufferd (tot-Ca 15 mmol/l en Ca-z 8158 $\mu\text{mol/l}$; pH-z 4,3). Op basis van de concentraties totaal en zoutuitwisselbaar calcium in de diepte is niet duidelijk of de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van een eventuele verzuring zijn de verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 15 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 922 $\mu\text{mol/l}$), zwak gebufferde (tot-Ca 16 mmol/l) en ijzerrijke (188 mmol/l) bodem (3% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Op 25-35 cm diepte is de bodem voedselarmer (410 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P) waardoor 25 cm plaggen ook kan worden overwogen.

Locatie 6

De zwak-matig humeuze (6% organische stof), ijzerrijke (144 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 11,4 mmol/l en Olsen-P: 1363 $\mu\text{mol/l}$) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (2 $\mu\text{mol/l}$) en nitraatconcentraties (<50 $\mu\text{mol/l}$) zijn relatief laag. De ammoniumconcentratie bedraagt 116 $\mu\text{mol/l}$. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is (zeer) zwak gebufferd (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z 3751 $\mu\text{mol/l}$; pH-z 4,1). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 20 cm (10 cm plaggen levert weinig 'winst' op) wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder voedselrijke (Olsen-P 635 $\mu\text{mol/l}$, 44 $\mu\text{mol/l}$ ammonium), minder gebufferde (tot-Ca 8 mmol/l) bodem (1% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld.

Locatie 7

De zwak-matig humeuze (5% organische stof), ijzerrijke (119 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 10,4 mmol/l en Olsen-P: 1481 $\mu\text{mol/l}$) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (3 $\mu\text{mol/l}$) en nitraatconcentraties (<50 $\mu\text{mol/l}$) zijn relatief laag. De ammoniumconcentratie bedraagt 213 $\mu\text{mol/l}$. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is (zeer) zwak gebufferd (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z 4874 $\mu\text{mol/l}$; pH-z 4,1). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 20 cm (10 cm plaggen levert weinig 'winst' op) wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder voedselrijke (Olsen-P 400 $\mu\text{mol/l}$, 54 $\mu\text{mol/l}$ ammonium), minder gebufferde (tot-Ca 8 mmol/l) bodem (1% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld.

.....
Locatie 254

De zwak-matig humeuze (7% organische stof), matig ijzerhoudende (65 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 7,0 mmol/l en Olsen-P: 1797 µmol/l) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (21 µmol/l) en ammoniumconcentraties (303 µmol/l) zijn eveneens hoog. Dit beperkt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is zeer zwak gebufferd (Ca-t 11 mmol/l en Ca-z 5126 µmol/l; pH-z 4,1). De buffering neemt af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 15 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 998 µmol/l, P-z 17 µmol/l, 96 µmol/l ammonium), zuurdere (tot-Ca 6 mmol/l), ijzerhoudende (92 mmol/l) bodem (1% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld. Op 30-40 cm diepte is de bodem voedselarmer (579 µmol/l Olsen-P en 3 µmol/l P-z).

Locatie 255

De zwak-matig humeuze (5% organische stof), ijzerhoudende (91 mmol/l) toplaag is beperkt verrijkt met fosfaat (totaal-P: 7,8 mmol/l en Olsen-P: 1796 µmol/l) en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P concentratie (8 µmol/l) is eveneens hoog. Dit beperkt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn relatief laag (circa 100 µmol/l). De toplaag van de bodem is relatief zuur tot zeer zwak gebufferd (Ca-t 6 mmol/l en Ca-z 2563 µmol/l; pH-z 3,6). De buffering neemt verder af in de diepte. Dit duidt erop dat op deze locatie inundatie met water uit de Vecht (of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden?) waarschijnlijk de bron is van de aanrijking van de toplaag met bufferstoffen. Doordat geen eerdere metingen beschikbaar zijn is het niet duidelijk in hoeverre de toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of verminderde rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 20 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 1532 µmol/l, P-z 3 µmol/l, 46 µmol/l ammonium), zuurdere (tot-Ca 4 mmol/l), ijzerhoudende (112 mmol/l) bodem (2% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Door middel van een eenmalige bekalking met 2000 kg Dolokal/ha kan de buffering worden hersteld. Op 30-40 cm diepte is de bodem voedselarmer (980 µmol/l Olsen-P) waardoor 30 cm plaggen ook kan worden overwogen.

Locatie 266

De Olsen-P concentratie van de zwak-matig humeuze (4% organische stof), ijzerrijke (110 mmol/l) toplaag is 1243 µmol/l en daarmee te hoog voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. De labiel-P (3 µmol/l), nitraat- (<50 µmol/l) en ammoniumconcentraties (<200 µmol/l) zijn relatief laag. Dit biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties. De toplaag van de bodem is zeer zwak gebufferd (tot-Ca 11 mmol/l en Ca-z 6985 µmol/l; pH-z 4,1). De buffering neemt toe in de diepte wat erop duidt dat de

toplaag verzuurd is. Mogelijke oorzaken van de verzuring zijn een verzurende depositie en/of vermindere rivierdynamiek (overstromingsfrequentie). Wanneer lokaal 20 cm wordt geplagd (in combinatie met herintroductie) komt een minder (maar nog steeds te) voedselrijke (Olsen-P 959 $\mu\text{mol/l}$), zwak gebufferde (tot-Ca 14 mmol/l) en ijzerrijke (122 mmol/l) bodem (2% organische stof) aan het oppervlak voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland. Op 35-50 cm diepte is de bodem voedselarmer (551 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P) waardoor 25 cm plaggen ook kan worden overwogen.

5. CONCLUSIES

Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit algemeen

- Het diepe grondwater (ca 700 cm-mv) is over het algemeen fosforarm en zwak sulfaathoudend. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn eveneens laag. Alleen op locatie B22C1387 in het noordoosten van het gebied is het diepere grondwater nitraatrijk. Hogere nitraatconcentraties kunnen het gevolg van zijn stikstofinval in bossen (in de directe omgeving van deze peilbuis liggen geen landbouwpercelen). Lage nitraatconcentraties zijn positief. Uitspoeling van nitraat kan namelijk leiden tot verrijking van het grondwater met sulfaat als gevolg van pyrietoxidatie. Daarnaast kan oxidatie van in het grondwater opgelost ijzer ertoe leiden dat grondwater ijzerarm is (het door nitraat geoxideerd ijzer slaat neer in de bodem. De pH van het diepe grondwater is overwegend 6-7. In het noordoostelijke deel van het gebied (B22C1387, -1391 en -1392) is het diepe grondwater het minst gebufferd.
- Het ondiepe grondwater (ca 200 cm-mv) is over het algemeen fosforarm, zwak sulfaathoudend (met uitzondering van B22C1387 en -139)) en ijzerarm tot zwak ijzerhoudend. Alleen B22C1393 en -1395 zijn ijzerrijk. De nitraat- en ammoniumconcentraties zijn eveneens overwegend laag. Alleen op locaties B22C1390, -1391 en -1396 is het grondwater (zeer) nitraatrijk. De pH van het ondiepe grondwater is circa 4,5 in het oostelijke deel van het gebied. Dit grondwater is zeer zwak gebufferd. Op de overige ondiepe locaties varieert de pH van circa 5,5 tot 7 en is het grondwater zwak-matig gebufferd.
- Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke (zwak)gebufferde natuurtypen is vooral de mate van buffering van het grondwater relevant. Wanneer het grondwater niet hoog en/of lang genoeg in de toplaag van de bodem doordringt om aanrijking van de basenvoorraad te bewerkstelligen ter compensatie van de zuurvorming die plaatsvindt als gevolg van oxidatieprocessen in de toplaag zal de bodembuffering afnemen. In natte schraallanden en elzenbroekbossen is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uitteedt en door kan stromen. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegen gegaan. Voor heischrale graslanden is het voldoende als zwak-matig gebufferd grondwater nabij maaiveld staat zodat buffering kan plaatsvinden door capillaire opstijging. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of 'weggedrukt' door regenwater. Trilvenen dienen daarentegen permanent nat te zijn (grondwaterstand net boven of onder maaiveld) en onder invloed te staan van P-arm ($< 1 \mu\text{mol/l}$) gebufferd ($> 1000 \mu\text{mol/l}$ calcium en bicarbonaat) water.
- De pH en de buffering van het diepe grondwater (700 cm-mv) neemt richting maaiveld (poriewater op 20 cm-mv) af. Opvallend is de afwijking van het ondiepe grondwater (200 cm-mv) in deze gradiënt: dit freatische grondwater is het minst gebufferd en heeft de laagste pH. Afname van de mate van buffering richting het maaiveld kan veroorzaakt worden door de bijmenging van neerslag/regenwater. Deze zal toenemen wanneer de kweldruk lager is. De hoger buffering in de natte

toplagen laten zien dat redoxprocessen (reductie van ijzer(hydr)oxiden), hier sterk bijdragen aan de buffering van de toplaag van de bodem.

- De bemonstering werd uitgevoerd op 26/27 maart 2019 terwijl in 2018 sprake was van een extreem droge zomer. Het is dan ook sterk de vraag of de metingen representatief zijn voor een normaal jaar. Aanvullende metingen aan het begin van de natte periode (oktober/november 2019) of een herhaling van de metingen in februari/maart 2020 kunnen van meerwaarde zijn en een interessante aanvulling vormen op deze eenmalige meting.
- Het oppervlaktewater in de Vecht is sterk gebufferd, matig sulfaathoudend, nitraatrijk en relatief P-arm.

Grondwaterafhankelijke locaties – bestaande schraallanden en slenken

- Voor de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuurtypen als natte schraallanden en elzenbroekbossen is vereist dat grondwater gedurende een langere periode (circa oktober t/m april) in het maaiveld uittreedt en door kan stromen. Door de aanrijking met basen wordt (verdere) verzuring van de toplaag tegen gegaan. Voor heischrale graslanden is het voldoende als zwak-matig gebufferd grondwater nabij maaiveld staat zodat buffering kan plaatsvinden door capillaire opstijging. Door te zorgen voor voldoende afvoer van regenwater middels ondiepe, reguleerbare greppels of via laagtes in het landschap (mits deze laagte hydrologisch optimaal functioneert) wordt voorkomen dat het grondwater lokaal wordt verdund of ‘weggedrukt’ door regenwater. Het is voor de ontwikkeling van schraallanden en broekbossen zaak voldoende doorstroming te creëren met droogval van de toplaag in de zomerperiode (KADER 1). Trilvenen dienen daarentegen permanent nat te zijn (grondwaterstand net boven of onder maaiveld) en onder invloed te staan van P-arm ($< 1 \mu\text{mol/l}$) gebufferd ($> 1000 \mu\text{mol/l}$ calcium en bicarbonaat) water.
- In het trilveen (locatie 251) zijn de calciumconcentraties van de toplaag relatief laag. Er is wel sprake van zeer ijzerrijke omstandigheden (bodem en poriewater) waardoor de nutriënten beschikbaarheid laag blijft. In het matig ontwikkelde schraalland (locatie 252) is aanvullend verschrallingsbeheer vereist of eventueel een ontgroning van 30 cm voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Er lijkt sprake van te onvoldoende invloed van gebufferd grondwater in de toplaag. Het redelijk goed ontwikkelde schraalland (locatie 261) kan eveneens worden geoptimaliseerd door middel van een verschrallingsbeheer. Vanaf 25 cm-mv is de bodem calciumarm. De toplaag is calciumarmer dan de onderliggende bodemlaag. Voldoende invloed van het (zeer) zwak gebufferde grondwater is nodig om de buffering op peil te houden of te optimaliseren.
- In 3 relatief droge en 4 zeer natte slenken werd de bodemchemie op circa 3 dieptes en de poriewaterkwaliteit op 2 dieptes gemeten. Lokaal kon ook de kwaliteit van het diepere grondwater worden vergeleken omdat er peilbuizen stonden die bemonsterd konden worden. Op de drogere plekken (26, 265 en 300) zien we in de toplaag minder gebufferd poriewater in de toplaag. Onvoldoende invloed van gebufferd grondwater in de toplaag kan leiden tot verzuring. De drogere omstandigheden kunnen bovendien leiden tot de afbraak van organisch materiaal waardoor hoge nitraatconcentraties worden gemeten. Dit zien we in het veld terug in massale brandnetelontwikkeling, een indicator voor hoge stikstofconcentraties. Het grondwater is zwak-matig

gebufferd. In de natte slenken wordt extra buffering gegenereerd door reductieprocessen. Wanneer op deze locaties een soortenrijk broekbos wordt ontwikkeld (locatie 258 is minder kansrijk) is het belangrijk dat voldoende doorstroming plaatsvindt (de stijghoogte van het grondwater dient hoger te zijn dan het oppervlaktewaterpeil), in combinatie met droogval van de toplaag in de zomerperiode. Afname van reductieprocessen kan leiden tot minder gebufferde condities en is afhankelijk van de mate van buffering van het grondwater. Omdat S/(Ca+Mg) ratio van de veenbodems >0,67 is, zijn deze gevoelig voor verzuring bij droogval waardoor het van belang is dat in de winterperiode voldoende aanvoer van gebufferd grondwater plaatsvindt.

Grondwaterafhankelijke locaties – mogelijke uitbreidingslocaties

- Op de potentiële uitbreidingslocaties kunnen door middel van het plaggen/afgraven van circa 10-30 cm de condities worden geoptimaliseerd (humeuze toplaag afvoeren, verlaging P-concentraties) voor de ontwikkeling van een heischraal grasland of kleine zeggenvegetatie onder zwak gebufferde condities of een blauwgrasland/dotterbloemhooiland onder matig tot sterk gebufferde condities. Lokaal is de Olsen-P concentraties nog te hoog, maar dit kan een overschatting zijn als gevolg van de ijzerrijke condities (waardoor de bodem ook relatief veel totaal-P bevat). Overigens kan de Olsen-P concentratie, onder ijzerrijke condities, na afgraving in de praktijk lager uitvallen doordat ijzer(hydr)oxides zorgen voor extra P-immobilisatie. De hydrologische omstandigheden dienen te worden geoptimaliseerd voor deze schraallanden. Droogval van de toplaag en doorstroming is belangrijk in verband met het ijzergebonden P.
- Na afgraving of het bereiken van de gewenste verschraling (na verwijdering van de dichte soortenarme zode) wordt geadviseerd maaisel en/of plagsel uit een referentieterrein op te brengen (eventueel één of twee opeenvolgende jaren herhalen zolang de zode nog niet gesloten is). Het achterwege laten van deze maatregel is zonde van de vele inspanningen die zijn gedaan om de juiste abiotische randvoorwaarden (zowel bodemchemisch als mogelijk hydrologisch) te creëren voor de beoogde doelsoorten. Het kan bovendien de ontwikkeling van ruigtesoorten en exoten (zoals watercrassula) onderdrukken;
- Een ontgronding kan een geschikte maatregel zijn om de biogeochemische omstandigheden te optimaliseren, maar dient altijd te worden getoetst op de inpassing in het ecohydrologische systeem. Deze toetsing maakt geen onderdeel uit van deze opdracht. Het hydrologische aspect (zowel kwantitatief als kwalitatief) maakt eveneens geen onderdeel uit van het onderzoek. De resultaten van dit onderzoek worden door de opdrachtgever gebruikt voor het maken van weloverwogen keuzes bij het opstellen van de definitieve inrichtingsplannen en bijbehorende maatregelen.

Droge locaties

- Stroomdalgraslanden zijn soortenrijke, relatief open tot tamelijk gesloten, grazige begroeiingen op droge, relatief voedselarme, zandige tot zavelige en meestal kalkhoudende standplaatsen langs de grote en kleine rivieren. Zij komen voor op stroomruggen, oeverwallen, rivierduinen en op dijken en soms op erosie-steilrandjes,

.....

terrasranden op langs de winterbedrand. De optimale overstromingsfrequentie is incidenteel in de winter: alleen bij extreme hoogwaters, met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 10 dagen. Voor het behoud van deze vegetaties zijn een laag nutriëtniveau en een maai- of begrazingsbeheer noodzakelijk. Zie bijlage 4 voor meer informatie over stroomdalgraslanden en herstelstrategieën (Adams e.a.);

- Op de potentiële locaties voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland in het onderzoeksgebied is sprake van fijn tot grof zand dat lokaal zeer ijzerrijk is. De toplaag (0-15 cm-mv) is zwak humeus (overwegend 5-7%) en beperkt verrijkt met fosfaat (6-14 mmol/l totaal-P en 1200-2000 $\mu\text{mol/l}$ Olsen-P; Figuur 27). De Olsen-P streefconcentratie voor stroomdalgraslanden is circa 500 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem. De P-concentraties nemen af in de diepte wat duidt op de verrijking van de toplaag;
- Het is positief dat de labiel-P concentraties van de toplaag overwegend laag zijn (<3 $\mu\text{mol/l}$). Locatie 4 en 254 (21-25 $\mu\text{mol/l}$) en in mindere mate locatie 255 (8 $\mu\text{mol/l}$) vormen een uitzondering. Ook de nitraatconcentraties zijn relatief laag (<50-100 $\mu\text{mol/l}$). De ammoniumconcentraties in de toplaag variëren overwegend van 100-200 $\mu\text{mol/l}$ en zijn het hoogst op de locaties 4 en 254 (303-571 $\mu\text{mol/l}$) waar de labiel-P concentraties ook hoger zijn. Onder zuurdere omstandigheden kan ophoping van ammonium plaatsvinden omdat de nitrificatie wordt geremd. Lage concentraties labiel-P, nitraat en ammonium bieden kansen voor de ontwikkeling van kruidenrijkere vegetaties bij hogere Olsen-P en totaal-P concentraties. Voor een optimale ontwikkeling van de beoogde doelvegetatie zijn echter ook lagere Olsen-P concentraties gewenst;
- Mogelijke oorzaken van de P-verrijking van de toplaag kunnen landbouwkundig gebruik in het verleden of inundaties met voedselrijk water/slib in het verleden zijn. Door middel van een begrazingsbeheer;
- Op calciumarme referentielocaties (paragraaf 4.2 en 4.3) is de pH-z van de toplaag overwegend 5,0-5,5. De pH-z van de toplaag in het onderzoeksgebied is circa 3,9-4,2 en daarmee relatief laag (zuur). De pH-z neemt toe in de diepte (Figuur 27). Dit duidt op verzuring van de toplaag.
- De toplaag van bodem is overwegend (zeer) zwak calciumhoudend tot matig calciumhoudend (tot-Ca 6-12 mmol/l en Ca-z circa 2500-8000 $\mu\text{mol/l}$). De dieptegradiënten variëren;
- Op de locaties 1, 5 en 266 is sprake van een zwak-matig gebufferde toplaag en een toename van de totaal-Ca concentraties in diepte (op deze plekken zullen de gele weidemieren kalkrijker zand naar boven halen). Mogelijk is hier kalkrijker zand afgezet of de invloed van inundaties groter (geweest). De toplaag lijkt verzuurd aangezien de calciumconcentraties toenemen in de diepte (gemeten tot circa 50 cm-mv);
- Op de overige locaties is sprake van een (zeer) zwak gebufferde toplaag en afname van de totaal-Ca concentraties in de diepte. Op deze plekken zullen gele weidemieren kalkarmer zand naar boven halen. Hier lijkt kalkarmer zand afgezet waarbij de buffering van de toplaag mogelijk tot stand is gekomen door de rivierdynamiek (inundaties zorgen voor de aanrijking met basen) of bekalking tijdens landbouwkundig gebruik in het verleden. Mogelijk is de toplaag in de loop van de

jaren verzuurd. Aangezien geen historische metingen beschikbaar zijn kan dit niet worden vastgesteld;

- In het gebied zien we dat bodems met een totaal-Ca concentratie van meer dan 10 mmol/l bodem meestal een hoge basenverzadiging (> 85%) hebben. Bij lagere concentraties neemt de Al/Ca ratio toe. De toename van de aluminiumconcentraties in het zoutextract (zuurdere condities) neemt sterk toe bij een pH-z < 4,5 (Figuur 26);
- Uit correlaties (Figuur 28) en metingen in raaien (Figuur 30) blijkt dat de lager gelegen locaties (globaal < 5.0 tot 5.5 meter ten opzichte van N.A.P.) sterker gebufferd zijn. Op deze plekken zijn hogere concentraties totaal en uitwisselbaar calcium gemeten evenals een hogere pH-z en basenverzadiging. De extra buffering lijkt met name veroorzaakt door middel van periodieke inundaties met oppervlaktewater uit de Vecht (grondwaterinvloed lijkt niet van toepassing).
- Oorzaken van de verzuring van de toplaag (de bodems zijn van oorsprong overwegend relatief calciumarm tot zwak calciumhoudend) zijn verzurende depositie of afname van de overstromingsfrequentie (stroomdalgraslanden overstroomd overwegend minder dan 3 dagen per jaar);
- Voor het herstel en/of de ontwikkeling van stroomdalgraslanden in het onderzoeksgebied wordt het volgende geadviseerd:
 - Lokaal 10-30 cm plaggen (zie advies per locatie). Dit leidt tot een afname van het percentage organische stof en de concentraties ammonium en Olsen-P. Lokaal blijven de Olsen-P concentraties ook na plaggen nog steeds te hoog. Op de locatie 3-7 en 254 kan door middel van 20-30 cm plaggen een Olsen-P concentratie van circa 500 µmol/l worden gerealiseerd;
 - De effecten van plaggen op de inundatiefrequentie dient mee te worden genomen in de planvorming. Dit maakt geen onderdeel uit van het onderzoek;
 - Om de buffering te herstellen wordt (met uitzondering van de locaties 1, 5 en 266) geadviseerd om (na plaggen) eenmalig te bekalken met 2000 kg Dolokal/ha. Het betreft calciumarme locaties (tot-Ca <10 mmol/l en/of Ca-z <4000 µmol/l). Bekalking van een humeuze toplaag kan leiden tot afbraak van organisch materiaal en verzuiging;
 - Na plaggen en bekalken wordt geadviseerd om maaisel uit een referentielocatie op te brengen om de ontwikkeling van doelsoorten te stimuleren;
 - Geadviseerd wordt om dit lokaal uitproberen in proefstroken en bodemchemie en vegetatieontwikkeling volgen. Met bekalking van stroomgraslanden is relatief weinig ervaring. In de herstelstrategie (bijlage 4) wordt dit als een kennislacune omschreven waar aanvullend onderzoek voor kan worden uitgeschreven;
 - Door het verhogen van de overstromingsfrequentie kunnen lokaal extra bufferstoffen worden aangevoerd waarmee de verzuring kan worden tegen gegaan;
 - Het is niet bekend of alleen het herstellen van de buffering voldoende is voor het herstellen van de stroomdalgrasland vegetaties (op de locaties 1, 5 en

266 is de bodem bijvoorbeeld gebufferd). Vegetatieopnames maakten echter geen onderdeel uit van de opdracht. Zoals vermeld is de toplaag beperkt verrijkt met fosfaat;

- Begrazingsbeheer leidt niet tot een verdere verschraling. Wellicht kan maaien en afvoeren bijdragen aan een verdere verschraling;
- Herbezanding (na afgraving) met kalkrijk zand dat vrijkomt tijdens werkzaamheden aan/in de Vecht vormt, in combinatie met herintroductie, is mogelijk ook een geschikte herstelmaatregel;
- Door middel van aanvullend onderzoek naar de abiotische omstandigheden van goed ontwikkelde stroomdalgraslandvegetaties (koppeling abiotiek, beheer, rivierdynamiek en vegetatieontwikkeling) kan een beter beeld worden verkregen van de lokale eisen van de doelvegetatie waardoor gericht herstelmaatregelen kunnen worden geformuleerd.

6. LITERATUUR

- Adams, A.S., H.P.J. Huiskes, K.V. Sýkora & N.A.C. Smits. Herstelstrategie H6120: Stroomdalgraslanden
- Bobbink, R., M.J. Weijters, A. van der Bij & R. van Diggelen (2016) Het belang van bodemleven bij heideherstel op voormalige landbouwgrond. *Vakblad Natuur Bos Landschap* maart: 10-13.
- Bohnen-Verbaarschot, E. & R. Loeb (2018). Bodemchemisch onderzoek Karshoek-Stegeren. Opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen. Rapportnummer: RP-17.163.18.9. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Boxman, A.W. (2002). Is stikstofverzadiging in Nederlandse bossen omkeerbaar? *Vakblad Natuurbeheer* nr.8.
- Brouwer, E., E.C.H.E.T. Lucassen, M. Buiks & T. Onkelinx (2017). Competitive strength of Australian swamp stonecrop (*Crassula helmsii*). *Aquatic Invasions* 12 (3): 321-331.
- De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno*/*Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma (2005) OGOR Natuur in Noord-Brabant. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuuroeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009) Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.
- Graaf, M.C.C. de, P.J.M. Verbeek, M.J.R. Cals & J.G.M. Roelofs (1994). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering van matig mineraalrijke heide en schraallanden. Eindrapportage monitoringsprogramma eerste fase, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 248 pages.
- Klimkowska, A., R. van Diggelen, J.P. Bakker & A.P. Grootjans (2007). Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation* 140: 318-328.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2005) Fosfaat als adder onder het gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H₂O* 38 (17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs (2009) Verpitrussing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.
- Lekkerkerk, L.J.A., Heij, G.J., Hootsmans, M.J.M. (1995). Dutch priority programme on acidification- ammoniak: de feiten. Rapport nr. 300-06 RIVM.
- Loeb, R. & E. Brouwer (2017). Biogeochemisch onderzoek Cortenoever. B-WARE-rapportnr. RP-17.147.17.98. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Lucassen, E.C.H.E.T., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., E. Remke, S, de Kort & J. Roelofs (2011) Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van jeneverbes (*Juniperus communis*). *De Levende Natuur* 112 (6): 235-239.

-
- Lucassen, E., Van den Berg, L., Aben, R., Smolders, A., Roelofs, R. & R. Bobbink (2014) Bodemverzuring en achteruitgang zomereik. *Landschap* 4: 185-193.
- Lucassen, E., E. Brouwer, J. Roelofs & F. Smolders (2015) Bekalkingsproeven in de Hatertse vennen. B-WARE rapport 2016.27. In opdracht van Smeding Advies.
- Mullekom, M. van, A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs (2009) Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Mullekom, M. van & F. Smolders (2012) Bodemchemisch onderzoek Gooiermars. Onderzoek naar de natuurontwikkelingsmogelijkheden op voormalige landbouwgronden. Rapport 2012.34, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Weijters, H.B.M. Tomassen, R. Bobbink & A.J.P. Smolders (2013) Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur* 114: 120-126.
- Mullekom, M. van & A.J.P. Smolders (2017) Bodemonderzoek landbouwpercelen Landgoederenzone Oldenzaal. Onderzoekcentrum B-WARE rapportnummer: RP-16.124.17.12. In opdracht van Provincie Overijssel.
- Mullekom, M. van, H.B.M. Tomassen & A.J.P. Smolders (2017) Bodem- en hydrochemisch onderzoek Galgenslat. Rapportnummer: RP-16.145.17.48, Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Mullekom, M. van, B. van de Riet & A. Smolders (2018). Bodemchemisch onderzoek voormalige landbouwgronden Arriën. Rapportnummer: RP-18.021.18.27. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. In opdracht van Waterschap Vechtstromen.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe & L.A. Dean (1954) Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture* circular No. 939.
- Remke, E.S., M. Poelen & J.G.M. Roelofs (2018). Vooronderzoek voor geschikte plaglocaties stroomdalgraslanden in het Natura 2000-gebied Maasduinen (PAS onderzoek 20). Opdrachtgever: Stichting Limburg Landschap, Arjan Ovaa. Rapportnummer: RP-18.088.18.65. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.
- Rotthier, S. & K.V. Sykora, 2016. Zandafzetting, standplaats, beheer en botanische kwaliteit van Stroomdalgrasland. VBNE, Driebergen.
- Scherpenisse, M. C., E. Verbaarschot, R. Bobbink & P.J.M. Verbeek (2016) Graslanden in Overijssel. Advies voor kwaliteitsverbetering van kruiden- en faunarijk grasland. *Natuurbalans - Limes Divergens BV & Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen.*
- Schoumans, O. (2004) Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4. 50 blz.; 11 fig.; 5 tab.; 35 ref.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, C. van der Salm, M. Pleijter (2008). Methodiek voor het karakteriseren van fosfaatlekkende gronden; PLEASE: technische beschrijving. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1724. 76 blz.; 22. Fig.; 4 tab.; 83 ref.

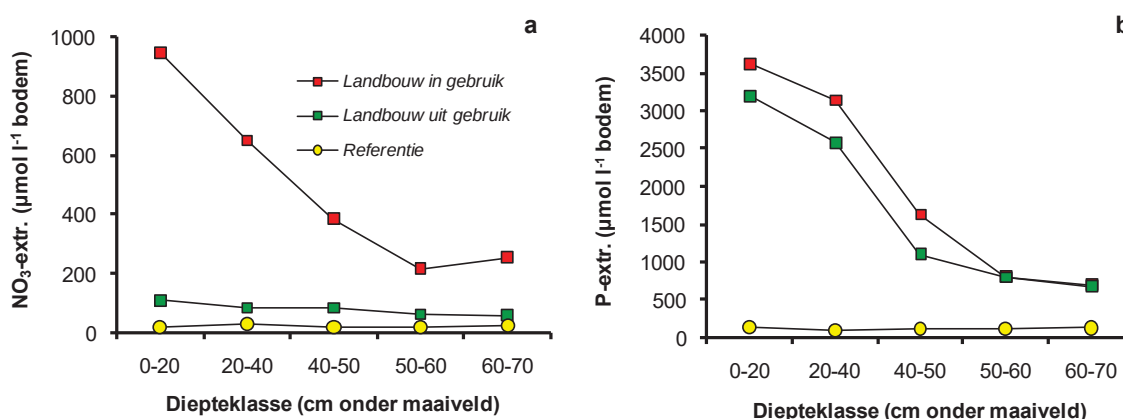
- Smolders, A., E. Lucassen, H. Tomassen, L. Lamers & J. Roelofs (2006) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 3(4): 5-11.
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2016) Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards. *Journal of Environmental Quality* 45: 701-708.
- Tsiafouli, M.A., E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C. de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T. D' Hertefeldt, S. Hotes, W.H.G. Hol, J. Frouz, M. Liiri, S.R. Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters & K. Hedlund (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Veen, G. F. (2011). Living apart together: Interactions between aboveground grazers, plants and soil biota. Groningen: s.n.
- Weijters, M., R. Bobbink, E. Verbaarschot, B. van der Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel (2018). Herstel van heide door middel van slow release mineralengift - resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek. OBN222-DZ. VBNE, Driebergen.

7. BIJLAGE 1 NATUURONTWIKKELING OP VOORMALIGE LANDBOUWGRONDEN

Belang fosfaatlimitatie

De kansen voor de ontwikkeling van soortenrijke vegetatietypen op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de beschikbaarheid van nutriënten als fosfor (P) en stikstof (N). Stikstoflimitatie is moeilijk te bereiken vanwege de hoge stikstofdepositie in Nederland en ook omdat onder relatief stikstofarme omstandigheden stikstofbindende soorten zich sterk uitbreiden. Het is daarom van belang om te sturen op fosforlimitatie.

Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (Figuur 32; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (Figuur 32; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Het is daarom van belang om met maatregelen de beschikbaarheid van fosfor in de bodem te reduceren (zie paragraaf 0).



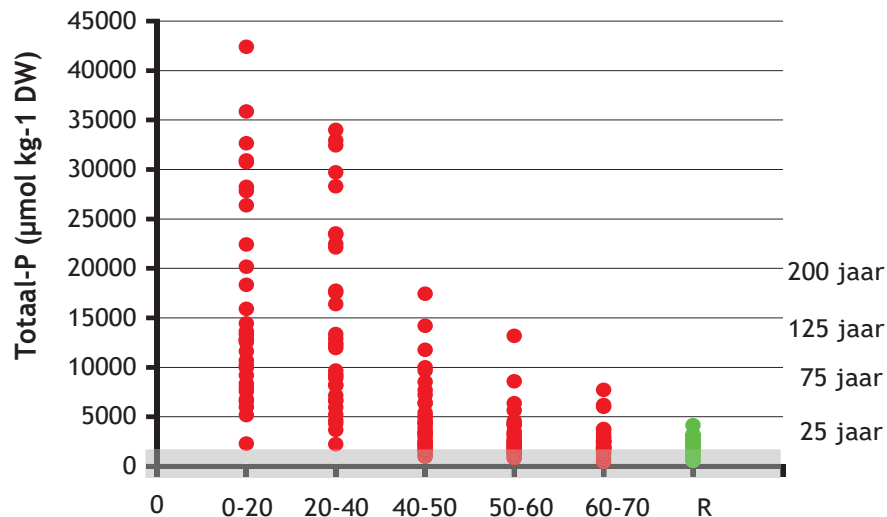
Figuur 32. Nitraat- (a) en fosfaatconcentratie (b) op verschillende dieptes (in cm onder maaiveld) in de bodem van percelen in landbouwkundig gebruik, van percelen die sinds 5-10 jaar niet meer in landbouwkundig gebruik zijn en van natuurgebieden (referentie). Nitraat verdwijnt uit de bodem wanneer de bodem niet meer in landbouwkundig gebruik is doordat het uitspoelt naar het grondwater of wordt gedenitrificeerd. Het sterk in de bodem gebonden (immobiele) fosfaat verdwijnt echter niet op een natuurlijke wijze uit de bodem. Bron: Lamers e.a. (2009).

Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet door uitspoeling sterk af. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (Figuur 32; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009). Om de ontwikkeling van waardevolle vegetaties mogelijk te maken is het verwijderen van de P-rijke toplaag meestal onontkoombaar. Hierbij is het belangrijk om vast te stellen tot hoe diep ontgrond moet worden om een voldoende P-arme uitgangssituatie te creëren. Dit kan

door op verschillende diepten de P-beschikbaarheid te meten (Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006; van Mullekom e.a., 2013).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om rekening te houden met veranderende redoxcondities (Smolders e.a., 2006). In de bodem zorgen geoxideerde ijzerverbindingen (ijzer(hydr)oxiden; roest) in belangrijke mate voor de vastlegging van fosfaat. Onder natte condities kan er geen zuurstof meer in de bodem doordringen waardoor geoxideerde ijzerverbindingen worden gereduceerd. Hierdoor neemt het fosfaatbindende vermogen van de bodem sterk af en kan fosfaat uit de bodem vrijkomen.



Figuur 33. Totaal-P concentraties in verschillende voormalige landbouwgronden (rood) en referentiegebieden (R, groen). Op de X-as wordt de diepte in cm weergegeven waarop de monsters zijn genomen. Het grijze gebied geeft de streefwaarde van 2500 µmol totaal-P per kilogram droge bodem. Rechts wordt het aantal jaren gegeven dat nodig is om de totaal-P waarden te laten dalen tot deze referentiewaarde door middel van maaien en afvoeren, aannemende dat er 10 kg P per hectare per jaar kan worden afgevoerd. Bron: Smolders e.a. (2006).

Verschralingsmaatregelen

Verschraling (limitatie van voedingsstoffen) op voormalige landbouwgronden kan op verschillende manieren bereikt worden. De verschillende gangbare methoden worden in de volgende alinea's beknopt toegelicht en kunnen met elkaar gecombineerd worden:

Extensieve begrazing

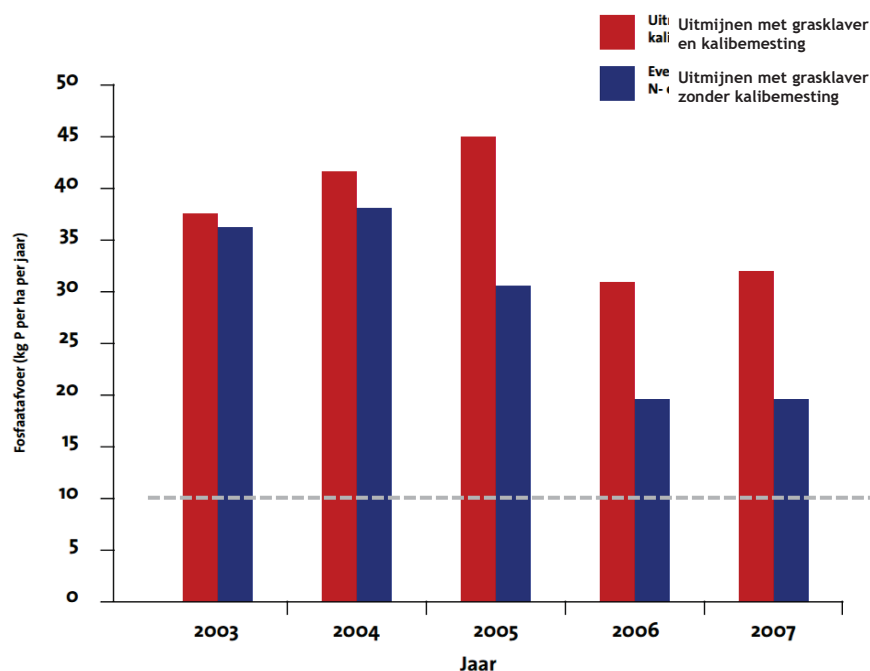
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), niet of weinig gegeten, waardoor de dominantie van deze soort alleen maar toeneemt (Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2009).

Intensief beheer met maaien en afvoeren

Intensief beheer in de vorm van maaien en afvoeren levert in veel gevallen voldoende resultaat op om de bestaande (gewenste) vegetaties in stand te houden. Nutriënten in het bovengrondse organisch materiaal worden afgevoerd, waardoor ze uit het systeem worden onttrokken (Smolders e.a., 2006). Echter, bij landbouwgronden, die intensief zijn bemest, is deze vorm van beheer niet afdoende om de hoeveelheid fosfaat in de bodem snel te verlagen. Het kan vele jaren duren, bij sterk bemeste percelen vaak tot 200 jaar, voordat zoveel nutriënten zijn verwijderd dat er sprake is van een voedselarme bodem (Figuur 33, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschralling door middel van een gewas waarvan de productie op peil wordt gehouden door middel van aanvullende bemesting opdat de afvoeren van het doelnutriënt (fosfor) maximaal is. Door middel van het zaaien van grasklaver in combinatie met kalibemesting en een maaibeheer kan fosfaat versneld (40 kg P/ha/jaar: 4x sneller als met maaien en afvoeren) aan de bodem worden onttrokken (Timmermans & van Eekeren, 2012). Klaver houdt met haar stikstofbinding de productie gaande en kalibemesting wordt gebruikt om klaver optimaal te laten groeien. Ook met deze beheersmaatregel duurt het op voormalige landbouwgronden vaak tientallen jaren voordat het gewenste verschrallingsniveau is bereikt (van Mullekom e.a., 2013). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 34. Fosfaatafvoer (in kg fosfor per ha per jaar) door uitmijnen met grasklaver (klaver voor het vastleggen van stikstof) en kalibemesting en met grasklaver zonder kalibemesting (start eind 2002). De fosfaatafvoer werd bereikt door het maken van vier tot vijf maaisneden per jaar. Na enkele jaren daalt de afvoer van fosfaat in het deel zonder aanvullende kalibemesting. Stikstof- en kalibronnen zijn nodig voor een hoge fosfaatafvoer. Op de lange termijn is de gemiddelde afvoer bij uitmijnen ongeveer 40 kg fosfor per ha per jaar. Dit komt overeen met circa 90 kg fosforpentoxide (P_2O_5) per ha

.....
per jaar. Met jaarlijks eenmalig maaien en afvoeren kan een fosfaatafvoer van ca. 10 kg P per ha per jaar worden bereikt (grijze stippellijn). Bron: Timmermans & van Eekeren (2012; 2016).

Ontgronden

Bij ontgronden (toplaagverwijdering/maaiveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd (Smolders e.a., 2009). Voordat de toplaag afgegraven wordt, moet de diepte van het fosfaatfront bepaald worden. Dit komt namelijk niet altijd overeen met de dikte van de bouwvoor (Smolders e.a., 2009). Fosfaat kan door uitspoeling namelijk dieper in de bodem terecht komen. Door middel van ontgroning kan een snelle vershraling plaatsvinden. Daarbij wordt ook meteen de afstand tot het grondwater verlaagd, wat positieve effecten kan opleveren (van Mullekom e.a., 2007; 2013). Potentiële nadelen van ontgronden zijn een aantasting van de geomorfologie van het gebied en dat de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te hoog kunnen worden. Andere nadelen van ontgronden die vaak genoemd worden zijn het verlies van bodemleven en de nog aanwezige zaadbank. In de toplaag van de bodem van intensief bemeste landbouwgronden is het bodemleven echter sterk verstoord (zie o.a. Tsiafouli e.a., 2015; Bobbink e.a., 2016) en is geen vitale zaadbank van de oorspronkelijke vegetatie meer aanwezig (zie paragraaf 0), zodat deze verliezen over het algemeen beperkt zijn. Bij onvolledige ontgroning van de fosfaatrijke toplaag (zeker in combinatie met vernatting) kan alsnog verrijking met nutriënten plaatsvinden.

Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend vershralingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere vershraling van het terrein. Nadat een P-gelimiteerde uitgangssituatie is gecreëerd is er vaak nog geen sprake van de gewenste vegetatieontwikkeling. Met name de zeldzame en bijzondere soorten (meestal tevens de doelsoorten) vestigen zich doorgaans niet of slechts na lange tijd. Op voormalige landbouwgronden is van de oorspronkelijke zaadbank meestal weinig meer over. Door de hoge nitraatconcentraties in deze bodems zijn de meeste zaden reeds gekiemd omdat nitraat werkt als kiemhormoon. De nog resterende zaadbank wordt vaak gedomineerd door zeer algemene soorten met een hoge zaadproductie, zoals Pitrus. Het uitzaaien van diasporen (zaden, sporen, stekken) via maaisel of plagsel van een geschikte referentievegetatie zal de ontwikkeling van de gewenste vegetatie sterk bevorderen (van Mullekom e.a., 2009; 2013). Wanneer plagsel wordt gebruikt voor herintroductie worden tevens mycorrhiza's (schimmels die planten helpen bij de opname van voedingsstoffen op voedselarme gronden) van de doelsoorten en andere essentiële bodem micro-organismen in het gebied geïntroduceerd (Bobbink e.a., 2016). Zonder introductie van doelsoorten is de kans op vestiging van deze soorten te verwaarlozen indien er geen bronpopulaties in de nabije omgeving aanwezig zijn (Klimkowska e.a., 2007).

Uiteraard is het voor het realiseren van een gewenst natuurdoeltype niet alleen van belang dat de bodemchemie geschikt is maar tevens dat de hydrologie van het systeem op orde is. Met name in grondwaterafhankelijke systemen (bijv. nat schraalland en dotterbloemhooiland) zullen veelal aanvullende hydrologische maatregelen nodig zijn. Deze maatregelen moeten vaak in de omgeving genomen worden omdat grondwaterafhankelijke systemen vaak gevoed worden door grondwater dat inrijgt op aanzienlijke afstand. Een

bijkomend voordeel van verschralen via ontgronden is dat door verlaging van het maaiveld de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld stijgen, waardoor waarschijnlijk minder ingrijpende hydrologische maatregelen in de omgeving noodzakelijk zijn.

8. BIJLAGE 2 REFERENTIEMETINGEN 2018

Referentie 1 - Junnerkoeland

Talud langs oude meander van de Overijsselse Vecht met een soortenrijke graslandvegetatie met o.a. soorten als Grote tijm (*Thymus pulegioides*), Voorjaarsganzerik (*Potentilla verna*), Geel walstro (*Galium verum*) en Steenanjer (*Dianthus deltoides*). De moslaag is redelijk bedekkend, maar niet heel dicht en bestaat voornamelijk uit Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*).



Figuur 35. Foto's van referentielocatie 1. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 2 - Junnerkoeland

Talud langs oude meander van de Overijsselse Vecht met een soortenrijke graslandvegetatie met o.a. soorten als Grote tijm (*Thymus pulegioides*), Voorjaarsganzerik (*Potentilla verna*), Geel walstro (*Galium verum*) en Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*). De moslaag is redelijk bedekkend, maar niet heel dicht en bestaat voornamelijk uit Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*). Een aanspoelgordel van strooisel laat zien dat de vegetatie af en toe kan overstromen.



Figuur 36. Foto's van referentielocatie 2. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 3 - Junnerkoeland

In delen van Junnerkoeland wordt de vegetatiesamenstelling beïnvloedt door de aanwezigheid van koepelnesten van de Gele weidemier (*Lasius flavus*). De monsterlocatie betreft een mierenbult met daarop soorten als Klein tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*), Akkerhoornbloem (*Cerastium arvense*), Voorjaarszegge (*Carex praecox*; *linksonder*) en Grasklokje (*Campanula rotundifolia*; *rechtsonder*). De bodem is redelijk open, op de bult komen qua mossen voornamelijk Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*) en Groot laddermos voor (*Pseudoscleropodium purum*).



Figuur 37. Foto's van referentielocatie 3. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 4 - Arriërkoeland

Mierenbult met soorten als Grote tijm (*Thymus pulegiodes*), Grasklokje (*Campanula rotundifolia*) en Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*). Daarnaast zijn op deze locatie soorten als Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*), Gewone veldbies (*Luzula campestris*), Liggend walstro (*Galium saxatile*) en Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) aangetroffen. Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*) en Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*) vormen een dichte moslaag.



Figuur 38. Foto's van referentielocatie 4. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 5 - Arriërkoeland

Matig soortenrijke graslandvegetatie met soorten als Rood zwenkgras (*Festuca rubra*), Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) en Gewone veldbies (*Luzula campestris*) met daarin algemene graslandsoorten als Veldzuring (*Rumex acetosa*), Witte klaver (*Trifolium repens*) en verspreid heischrale soorten als Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Bortselgras (*Nardus stricta*) en Blauwe knoop (*Succisa pratensis*). Gewoon haakmos (*Rhytiadelphus squarrosus*) vormt een dichte moslaag.



Figuur 39. Foto's van referentielocatie 5. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 6 - Arriërkoeland

Vrij soortenrijke vegetatie met Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Duizendblad (*Achillea millefolia*), Grote tijm (*Thymus pulegioides*), Gewone veldbies (*Luzula campestris*), Blauwe knoop (*Succisa pratensis*), Muizenootje (*Hieracium pilosella*) en Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*). De moslaag is dik en bestaat hoofdzakelijk uit Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*).



Figuur 40. Foto's van referentielocatie 6. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 7 - Arriërkoeland

Soortenarme, schrale heidevegetatie op een koepelnest van gele weidemier. Dominante soorten zijn Struikheide (*Calluna vulgaris*), Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*), Purpersteeltje (*Ceratodon spec.*) en daarbij groeien soorten als Zandzegge (*Carex arenaria*), Muizenootje (*Hieracium pilosella*), Liggend walstro (*Galium saxatile*) en Schapenzuring (*Rumex acetosella*).



Figuur 41. Foto's van referentielocatie 7. Foto's: Bas van de Riet.

Referentie 8 - Arriërkoeland

Soortenarme, schrale vegetatie op een koepelnest van gele weidemier met Schapengras (*Festuca cf. ovina*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*). Daarin verspreid komen Liggend walstro (*Galium saxatile*), Klein tasjeskruid (*Teesdalia nudicaulis*), Veldzuring (*Rumex acetosa*) en Schapenzuring (*Rumex acetosella*) voor. De moslaag bestaat hoofdzakelijk uit Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*) en Purpersteeltje (*Ceratodon* sp.).



Figuur 42. Foto van referentielocatie 8. Foto: Bas van de Riet.

.....

Referentie 9 - Arriërkoeland

Vrij soortenarme vegetatie met Schapengras (*Festuca cf. ovina*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*). Daarin verspreid komen Liggend walstro (*Galium saxatile*), Knolboterbloem (*Ranunculus bulbosus*), Mannetjesereprijs (*Veronica officinalis*), Gewone ereprijs (*V. chamaedrys*), Veldzuring (*Rumex acetosa*) en Muizenootje (*Hieracium pilosella*) voor. De moslaag is dik en bestaat hoofdzakelijk uit Gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarrosus*) en Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*).



Figuur 43. Foto's van referentielocatie 9. Foto's: Bas van de Riet.

.....

9. BIJLAGE 3 INFORMATIE BORINGEN

locatie	monsters	dieptes	bodemprofiel	bodembeschrijving	extra
251	251-1	0-15	0-15	bruingrijs humeus leem	
	251-2	15-30	15-60	grijs leem	
	251-3	30-45	60-120	grijs lemig zand	
252	252-1	0-15	0-15	zwak zandig leem, ijzervlekken, bruin/grijs/rood, zwak humeus	
	252-2	15-30	15-30	zwak zandig leem, ijzervlekken, bruin/grijs/rood	
	252-3	30-45	30-40	geelbruin gevlekt ijzerrijk licht lemig zand	
			40-120	grijs zand, lemig	
253	253-1	0-15	0-15	sterk lemig zand, zwak humeus, bruin met ijzervlekken	
	253-2	15-30	15-30	sterk lemig zand, bruin met ijzervlekken	
	253-3	30-40	30-120	geelbruin zwak lemig zand, ijzervlekken	
	253-4	40-50	90-120	vanaf 90 cm ijzeroer	
254	254-1	0-15	0-1	geel zand	
	254-2	15-30	1-15	zwart zand	
	254-3	30-45	15-45	fijn geel zand, ijzerhoudend	
			45-70	geel zand, iets minder fijn, ijzerhoudend	
			70-90	zand ijzerhoudend, iets lemig	
			90-120	zand, ijzerhoudend, sporen ijzeroer	
255	255-1	0-15	0-20	zwart zand, humeus	
	255-2	20-30	20-30	geelbruin zand	
	255-3	30-40	30-70	geel ijzerhoudend zand	
	255-4	80-100	70-100	geel zand, ijzervlekken	
			100-120	geel zand, ijzervlekken, iets lemig	
256	256-1	3-15	0-3	strooisel	
	256-2	15-30	3-15	venig, zandig leem, grover om	
	256-3	30-50	15-30	venig zandig leem	
			30-50	geel zand, matig grof	
			50-120	grijs zand, matig grof	
258	258-1	0-20	0-70	lemig veen	10 cm water
	258-2	20-40	70-95	veen, zwak zandig	
	258-3	70-95	95-110	grijs zand, houtresten	
259	259-1	0-15	0-10	water	10 cm water
	259-2	15-30	10-15	bruin organisch materiaal	monsterdieptes geteld vanaf bodem
	259-3	30-45	15-30	bruin lemig organisch materiaal	
			30-80	donkergrijs lemig zand	
260	260-1	0-10	0-10	sterk lemig zand, zwak humeus, bruin met ijzervlekken	
			10-20	sterk lemig zand, bruingrijs met ijzervlekken	
			20-30	donkergrijs lemig zand	
			30-40	grijs zwak lemig zand	
	260-4	30-40	40-120	grijs zwak lemig zand	
261	261-1	0-15	0-25	zwart humeus lemig zand	
	261-2	15-25	25-120	geelgrijs zand	
	261-3	25-40			
263	263-1	0-15	0-15	lemig veraard veen, bruin	pitrus, brandnetel
	263-2	15-25	15-25	zwartgrijs lemig zand	
	263-3	25-35	25-60	zwartgrijs sterk lemig zand	
	263-4	35-50	60-100	donkergrijs lemig zand	
			100-120	grijs zand	
265	265-1	0-20	0-5	organisch materiaal, licht lemig	
	265-2	20-40	5-20	sterk humeus leem, licht zandig	
	265-3	40-60	20-35	leem, zwak humeus, zwak grindig	
			35-40	ijzerrijk leem, zwak grindig	
			40-80	geelrood lemig zand	
			80-90	grijs lemig zand	
			90-100	grijs ijzerrijk leem	
			100-120	grijs zwak lemig zand	
266	266-1	0-20	0-20	donkerbruin zand	
	266-2	20-35	20-55	geelbruin fijn zand	
	266-3	35-50	55-90	sterk lemig zand	
			90-110	bruin ijzerrijk zand, zwak lemig	
			110-120	geel ijzerrijk zand, zwak lemig	
267	267-1	0-10	0-10	grijszwart zandig leem, zwak humeus, ijzervlekken	pitrus
	267-2	10-20	10-20	grijs leem, ijzervlekken	
	267-3	20-30	20-50	grijsrood leem, ijzerrijk	
	267-4	30-40	50-120	grijs lemig zand	

Bodem- en hydrochemisch onderzoek Arriër Koeland – Boerenmars

locatie	monsters	dieptes	bodemprofiel	bodembeschrijving	extra
268	268-1	0-10	0-10	bruin zand, zwak humeus, zwak lemig	pitrus
	268-2	10-20	10-20	bruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	
	268-3	20-30	20-40	geelbruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	
	268-4	30-40	40-60	geelbruin zand, ijzervlekken, matig lemig	
			60-80	grijs zand, ijzervlekken, zwak lemig	
			80-100	roodgeel zand, zwak lemig	
			100-120	grijs zand, zwak lemig	
269	269-1	0-20	0-25	zwart organisch materiaal	10 cm water, soort drijfzand
	269-2	20-40	25-50	zwart organisch materiaal met rietresten	
	269-3	60-90	50-60	water	
			60-120	grijs zand	
270	270-1	0-30	0-30	zwart organisch materiaal met houtresten	10 cm water
	270-2	30-60	30-90	zwart organisch materiaal	
	270-3	90-120	90-120	grijs zand	
300	300-1	0-20	0-40	zwartbruin lemig veraard veen	
	300-2	20-40	40-80	geelgrijs zand	
	300-3	40-60	80-120	donkergrijs zand	
	300-slib	3m van beek verzameld			
1	1-1	0-15	0-30	bruin zand, zwak humeus, zwak lemig	
	1-2	15-30	30-65	roodgeel zand, ijzerrijk, zwak lemig	
	1-3	30-45	65-80	geel zand, ijzerrijk, zwak lemig	
	1-4	80-100	80-100	geel zand, ijzervlekken, zwak lemig	
			100-120	witgeel zand, zwak lemig	
2	2-1	0-15	0-15	bruin zand, zwak humeus, zwak lemig	
	2-2	15-25	15-25	geelbruin gevlekt zand, zwak lemig	
	2-3	25-35	25-35	geelbruin zand, zwak lemig	
			35-90	geel zand, zwak lemig	
			90-120	geel zand, ijzervlekken, zwak lemig	
3	3-1	0-15	0-15	zwart zand, humeus, zwak lemig	
	3-2	15-30	15-30	zwartbruin zand, zwak lemig	
	3-3	30-40	30-40	geelbruin zand, ijzersporen	
	3-4	80-100	40-80	geelbruin zand, ijzerrijk	
			80-120	grijs zand, ijzervlekken	
4	4-1	0-10	0-10	zwartgrijs zand, zwak humeus, leemarm	
	4-2	10-20	10-20	roodbruin zand, leemarm	
	4-3	20-30	20-110	geelbruin zand, leemarm	
			110-120	geel zand, leemarm	
5	5-1	0-15	0-15	zwartbruin zand, matig humeus, zwak lemig	
	5-2	15-25	15-25	bruin zand, ijzervlekken, zwak lemig	
	5-3	25-35	25-45	witgrijs zand, ijzervlekken, zwak lemig	
	5-4	80-100	45-70	grijsbruin zand, ijzerrijk, matig lemig	
			70-80	grijs zand, ijzervlekken	
			80-120	roodgrijs zand, ijzerrijk, grof	
6	6-1	0-10	0-20	bruin zand, matig humeus, zwak lemig	
	6-2	10-20	20-120	geel zand, ijzervlekken, zwak lemig	
	6-3	20-30			
7	7-1	0-10	0-20	bruin zand, zwak humeus, zwak lemig	
	7-2	10-20	20-40	geelbruin zand, ijzervlekken, leemarm, grof	
	7-3	20-30	40-80	geelbruin zand, ijzerrijk, leemarm, grof	
	7-4	80-100	80-120	geelrood zand, ijzerrijk, leemarm, grof	
raai 1	E=3-1				
	D	0-15	0-15	bruin zwak humeus zand, leemarm	
	C	0-15	0-15	bruin zwak humeus zand, leemarm	
	B	0-15	0-5	zwartgrijs humeus zand, leemarm	
			10-15	zwartbruin zand, leemarm	
	A	0-15	0-15	zwartbruin humeus zand, leemarm	
raai 2	D=3-1				
	C	0-15	0-15	zwart zand, zwak humeus, leemarm	
	B	0-15	0-15	zwart zand, zwak humeus, leemarm	
	A	0-15	0-5	zwartgrijs humeus zand, leemarm	
			10-15	zwartbruin humeus zand, leemarm	

.....

10. BIJLAGE 4 HERSTELSTRATEGIE STROOMDALGRASLANDEN

Herstelstrategie H6120: Stroomdalgraslanden

Adams, A.S., H.P.J. Huiskes, K.V. Sýkora & N.A.C. Smits

Leeswijzer

Dit document start met de kenschets uit het profieldocument (paragraaf 1) en geeft daarna een overzicht van de ecologische randvoorwaarden van het habitatype (paragraaf 2). Vervolgens wordt ingegaan op de effecten van atmosferische stikstofdepositie op het habitatype (paragraaf 3) en op andere processen die de kwaliteit beïnvloeden (paragraaf 4). Vervolgens komen in paragraaf 5 en 6 maatregelen aan bod om de achteruitgang te stoppen, dan wel de kwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen dienen in aanvulling op het reguliere beheer (paragraaf 2) te worden uitgevoerd. In paragraaf 7 worden maatregelen voor uitbreiding besproken en in paragraaf 8 komt de effectiviteit en duurzaamheid van de maatregelen aan bod. In paragraaf 9 worden de maatregelen in een overzichtstabel samengevat en het document wordt afgesloten met literatuurreferenties in paragraaf 10.

1. Kenschets

De tekst in onderstaand kader betreft de kenschets van het profielendocument van het habitatype.

Stroomdalgraslanden zijn soortenrijke, relatief open tot tamelijk gesloten, grazige begroeiingen op droge, relatief voedselarme, zandige tot zavelige en meestal kalkhoudende standplaatsen langs de grote en kleine rivieren. Zij komen voor op stroomruggen, oeverwallen, rivierduinen en op dijken en soms op erosie-steilrandjes, terrasranden op langs de winterbedrand.

In de Stroomdalgraslanden komen zes soorten voor van de Vogelrichtlijn waarvoor de stikstofgevoeligheid van het type een probleem kan vormen voor de kwaliteit van het leefgebied. Er zijn geen typische diersoorten waarvoor in dit habitatype mogelijke problemen als gevolg van stikstofdepositie worden verwacht. De specifieke effecten voor fauna worden beschreven in Deel I (paragraaf 2.4). Afhankelijk van het belang en de functie van dit habitatype voor de soorten, kunnen ook andere habitats noodzakelijke onderdelen van het leefgebied vormen. Voor een volledig overzicht van de deelhabitats, zie bijlage 1 en 2 van Deel II.

Soortgroep	VHR soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	effecten van stikstofdepositie
Vogels	Boomleeuwerik	Klein: foerageer- en voortplantingsgebied	ja	Koeler en vochtiger microklimaat (1) + afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Grauwe klauwier	Klein: foerageergebied	ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Nachtswaluw	Klein: foerageergebied	ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Paapje	Klein: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)
Vogels	Roodborsttapuit	Groot: foerageer- en voortplantingsgebied	mogelijk	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Soortgroep	VHR soort	belang en functie	N-gevoeligheid van leefgebied	effecten van stikstofdepositie
Vogels	Tapuit	Klein: foerageergebied	ja	Afname prooibeschikbaarheid (6)

Voor een goed begrip van de onderstaande paragrafen, is het essentieel om uit te gaan van de definitie van het habitatype en zijn kwaliteitseisen (abiotische randvoorwaarden, samenstellende vegetatietypen, typische soorten en overige kenmerken van goede structuur en functie). Zie daarvoor het profielendocument

(http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/profiel_habitatype_6120.pdf).

2. Ecologische randvoorwaarden

Voor de abiotische randvoorwaarden (Runhaar et al. 2009) wordt uitgegaan van de omstandigheden van vier kenmerkende subassociaties, te weten van de Associatie van Vetkruid en Tijm (14Bc01AB) en van de Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver (14Bc02AB), aangevuld met een drietal minder kenmerkende gemeenschappen (14Bb01AB, 31Ca02; Schaminée et al. 1996).

Landelijk gezien is er een vierdeling in drie graslandtypen en één secundaire pioniervegetatie met duidelijk verschillende standplaatsen, die allemaal tot dit habitatype worden gerekend:

(1) op zandige tot lichtzavelige, zwak tot matig humeuze, kalkrijke, licht tot matig voedselrijke, droge tot matig droge bodem de Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver (Vreugderijkerwaard, Cortenoever, Benedenwaarden, Winssense Waarden, Koekoekswaard; lokale varianten op de Kop van de Oude Wiel en Bylanddijk), (2) op zandige, relatief kalkarme en droge bodem, direct in contact met hooggelegen gronden, zoals stuwwallen en Maasterrassen, langs de Vecht, de IJssel en in het noordelijk Maasdal de Associatie van Vetkruid en Tijm (Oeffelter Meent, Zeldersche Driessen), (3) op zandige, humusarme, kalkarme en droge bodem, met name langs kleine rivieren zoals de Dinkel en de Overijsselse Vecht de Associatie met Schapengras en Tijm (de subassociatie met Gewoon reukgras) en (4) een pioniervegetatie op droge, zonnige plaatsen op kalk- en stikstofrijke zand- en zavelgrond, de Kweekdravik-associatie. Binnen deze graslanden varieert het aandeel van de pionierplanten en -dieren sterk als gevolg van verschil in erosie en sedimentatie tijdens overstromingen (Schaminée et al. 1996; Schaminée et al. 1998; Weeda et al. 2002; Schaffers et al. 2008; www.natuurkennis.nl).

Stroomdalgraslanden groeiden oorspronkelijk op oeverwallen, rivierduinen, dekzandruggen en stuifzanden. In de laatste twee gevallen onder invloed en overstroomd door kleine rivieren als de Dinkel en de Vecht. Later hebben zij zich ook ontwikkeld op zandige en zavelige winter- en zomerdijken. Afhankelijk van het type van de opgebrachte bodem kan de soortensamenstelling verschillen en kunnen voedselrijkere of voedselarmere varianten ontstaan.

2.1 Zuurgraad

Stroomdalgraslanden komen voor op matig zure tot basische groeiplaatsen, vanaf een pH-H₂O van 5. Suboptimaal zijn matig zure situaties tot een pH van 4,5 (Runhaar et al. 2009).

Het kalkgehalte van het vers afgezette riviersediment op oeverwallen varieert: in het Rijnsysteem en in de Maas stroomopwaarts van Venlo bevat het vrij veel kalk, elders meestal weinig (www.natuurkennis.nl).

2.2 Voedselrijkdom

De standplaats van het stroomdalgrasland wordt gekarakteriseerd als licht voedselrijk tot matig voedselrijk. De meeste associaties komen voor op licht voedselrijke standplaatsen. De Associatie met Schapengras en Tijn (subassociatie met Zandblauwtje) komt ook optimaal voor op matig voedselarme standplaatsen. De Associatie van Sikkellaver en Zachte haver en de pioniervegetatie van de Kweekdravik-associatie komen optimaal juist iets voedselrijker, op matig voedselrijke standplaatsen voor ([Runhaar et al. 2009](#)). Bemesting leidt tot verdichting van de zode en vergroten van de concurrentie van grassen, waardoor de kritische soorten, en daarmee het habitatype, verdwijnen.

Binnen stroomdalgraslanden bestond in het verleden een aanzienlijke variatie in omgevingscondities. Binnen de gemeenschap van Sikkellaver en Zachte haver wordt onderscheid gemaakt in de zuurdere en voedselarmere subassociatie met Gewone veldbies en de meer basische, voedselrijkere subassociatie met Glanshaver. De huidige stroomdalgraslanden bestaan hoofdzakelijk uit de laatste subassociatie ([Schaffers et al. 2008](#)).

2.3 Vochttoestand

Stroomdalgrasland komt voor op matig droge tot droge standplaatsen, dat wil zeggen met een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van meer dan 40 cm beneden maaiveld, gecombineerd met meer dan 14 (tot meer dan 32) dagen droogtestress. Bij matig droge standplaatsen is de bodemtextuur (zavel) bepalend voor iets betere vochtvoorziening ([Runhaar et al. 2009](#)).

2.3.1 Overstromingstolerantie

De optimale overstromingsfrequentie is incidenteel in de winter: alleen bij extreme hoogwaters, met een gemiddelde overstromingsduur van minder dan 10 dagen. De iets ruigere pionierbegroeiingen behorende tot de Kweekdravik-associatie komen ook voor op standplaatsen die regelmatig overstromd worden (jaarlijks of tweejaarlijks, gemiddelde overstromingsduur meer dan 10 dagen). Zij ontwikkelen zich als secundaire pioniervegetatie nadat door hoogwater veel zand wordt afgezet en verdwijnen als dat enige jaren niet meer gebeurt ([Sykora et al. 2009ab](#)). De graslanden behorende tot de Associatie van Sikkellaver en Zachte haver en de Associatie met Schapengras en Tijn gedijen ook nog wel goed zonder overstroming ([Runhaar et al. 2009](#)) mits er geen verzuring plaatsvindt door uitloging of humusopbouw. Inundatie in het groeiseizoen met een periode van meer dan 10 dagen leidt tot het afsterven van planten en bijgevolg afbraak van de gemeenschap. De benedengrens van het voorkomen van het merendeel van de karakteristieke soorten ligt ruim boven het niveau van zomerhoogwater. Bij zandigere bodems komen stroomdalgraslanden lager voor, waarschijnlijk doordat de bodem hier gedurende kortere tijd na overstroming met water verzadigd blijft ([Sykora et al. 1988](#)).

2.4 Landschapsecologische processen

In de riviersystemen treedt enerzijds een jaarlijks terugkerende piekafvoer van rivierwater in de winter en het voorjaar op, en anderzijds zijn er 's zomers droge periodes met lage rivierwaterstanden. Gedurende deze seizoensgebonden cyclus wordt langs de rivieren op veel plaatsen grond weggespoeld die elders als sediment weer wordt afgezet. Welk sediment wordt afgezet is

afhankelijk van de stroomsnelheid van het water en de hoogte van de overstroming. Op de hogere delen waar het stroomdalgrasland zich bevindt wordt uitsluitend bij zeer hoge rivierstanden zand afgezet.

Oeverwalvorming is een langdurig proces. Langs de grote rivieren begint een oeverwal als een zandbank. Na ongeveer 50 jaar sedimentatie staat de zandbank het grootste deel van het jaar droog en kunnen vegetaties die goed bestand zijn tegen regelmatige en langdurige overstroming zich vestigen. Op dat moment is de sedimentatie nog centimeters per jaar. De sedimentatie neemt vervolgens af met de toenemende afstand tot de geul en de hoogte van de oeverwal. De afstand tot de geul is de belangrijkste factor voor de afname van het zandgehalte van het sediment. Na enkele honderden jaren is de oeverwal zover opgeslibd met inmiddels licht, zavelig sediment dat het nog maar eens in de 4 a 5 jaar overstroomt en de sedimentatie enkele millimeters per jaar bedraagt. Deze hoge oeverwallen zijn, net na vorming, door het droge, kalkrijke, zandige substraat zeer geschikte fysiotopten voor stroomdalgraslanden. Verdergaande sedimentatie vindt alleen nog plaats tijdens extreem hoog water (eens per 10–100 jaar), waarbij gemiddeld minder dan 1 mm kleiig sediment wordt afgezet. Door de nutriëntenverrijking die hiermee gepaard gaat, gaat het stroomdalgrasland over in glanshavervegetatie. Als door winddynamiek rivierduinen zijn opgestuwd die geheel buiten bereik van het hoogwater liggen, zal de ondergrond langzaam ontkalken, waardoor schrale graslanden ontstaan zonder kenmerkende (kalkminnende) stroomdalsoorten (Maas et al. 2003). De belangrijkste sturende processen bij ontstaan en behoud van stroomdalgraslanden in een natuurlijke situatie zijn dan ook rivierdynamiek (overstroming, zandafzetting, erosie), winddynamiek (nodig voor rivierduinvorming) en ijsgang.

De situatie in kleine rivieren (bijvoorbeeld Vecht, Regge, Dinkel, Roer, Niers) is anders dan in grote rivieren. Omdat het stroomgebied van een kleine rivier kleiner is, kan het water, afhankelijk van het stroomgebied, heel specifieke eigenschappen hebben. De bodem bestaat vaak uit ijzerrijk kalkarm zand, waarop na elke overstroming iets kalkhoudend sediment achterblijft (Hommel et al. 1994; 1996; Hoegen 1999; Wolfert et al. 2002; Takman et al. 2010). In tegenstelling tot de grote rivieren komt rivierklei nauwelijks voor. Daarnaast is een kleine rivier ook iets heel anders dan een grote beek: beken voegen zich naar het landschap, terwijl kleine rivieren wel zo veel kracht hebben dat ze het landschap kunnen vormen door overstromingen, meanders, het aan- of afvoeren van sediment (Takman et al. 2010). In tegenstelling tot bij de grote rivieren hoeft bij de inrichting geen rekening gehouden met commerciële scheepvaart. Hoewel vaak wel stuwen en oeververstevingen aanwezig zijn, meanderen kleine rivieren vaak nog wel over tenminste een deel van het traject.

Door meandering ontstaat een cyclus waarin de fysiotopten kronkelwaard, natte laagte en oeverwal elkaar opvolgen. Dit proces is het meest intensief op plaatsen waar oudere fluvioperiglaciale en eolische zanden (oude stuifzanden) aangesneden worden. De duur van deze cyclus ligt naar schatting in de orde van grootte van enkele eeuwen. In dit proces verschuiven de optimale groeiplaatsen van het “Dinkelgrasland” steeds verder stroomopwaarts (Hommel et al. 1994; 1996; Wolfert et al. 2002). In het Vechtdal waren er tot halverwege de vorige eeuw ook regelmatig zandverstuivingen. Die stoven diagonaal over het dal heen en blokkeerden daarbij soms de Vecht, waarop dan nieuwe meanders ontstonden. Die zandverstuivingen zijn tegenwoordig vastgelegd en zullen door klimaatveranderingen waarschijnlijk niet meer terugkomen (Takman et al. 2010).

De verschillende subassociaties die tot het habitattype behoren, komen in verschillende landschappen voor, zoals beschreven in de landschapsdoorsneden (Deel III):

- langs de kleine zandrivieren (type 1) komt de Associatie met Schapengras en Tijn en de Associatie van Vetkruid en Tijn voor.
- in het terrassenlandschap van de Maas (type 3) behoort het stroomdalgrasland voornamelijk tot de Associatie van Vetkruid en Tijn.
- langs de grote rivieren (type 4) komt op de lagere delen de Kweekdravik-associatie voor en hogerop de Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver.
- In het zoetwatergetijdengebied (type 5) komen bijzondere vormen van Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver voor.

2.5 Regulier beheer

Voor het behoud van deze vegetaties zijn een laag nutriëntenniveau en een maai- of begrazingsbeheer noodzakelijk (Sykora & Liebrand 1987). In elk geval is het van belang dat het stroomdalgrasland kort de winter uit komt, omdat de warmteminnende stroomdalsoorten gebaat zijn bij een snelle opwarming in het voorjaar.

Wanneer de basenverzadiging van stroomdalgraslanden op orde is, kan de kwaliteit van goed ontwikkelde stroomdalgraslanden door middel van begrazing behouden blijven. Zeker voor zich nieuw ontwikkelende stroomdalvegetaties op morfologisch jonge locaties is beweiding het optimale beheer. Begrazing zorgt voor oppervlakkige bodemverwonding en in het geval van oppervlakkige verzuring kan door het naar bovenbrengen van meer gebufferd bodemmateriaal de verzuring tegen worden gegaan. Daarnaast kunnen zo nieuwe kiemingsmogelijkheden ontstaan (Schaminée et al. 1998; Hoegen 1999; Maas et al. 2003). Voor de Associatie van Vetkruid en Tijn vormt beweiding de aangewezen beheersvorm. Zeer laag blijvende kruiden met een grote lichtbehoefte zoals Liggende ereprijs (*Veronica prostrata*), Voorjaarsganzerik (*Potentilla verna*) en vetkruidsoorten (*Sedum*) kunnen zich alleen handhaven in een lage begroeiing, waarvan het voortbestaan het best gewaarborgd wordt door begrazing (Van der Ploeg 1994). Ook de Kweekdravik-associatie is sterk afhankelijk van begrazing en betreding, naast zandafzetting (Sykora et al. 2009ab). Het beheer van de Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver kan bestaan uit begrazing en uit hooien of een combinatie daarvan (Schaffers et al. 2008).

In kleine terreinen is begrazing van de kwetsbare vegetaties echter vaak lastig te sturen, waardoor maaien noodzakelijk kan zijn om verruiging van de stroomdalgraslanden tegen te gaan. Zo vindt bijvoorbeeld al heel lang een hooilandbeheer plaats van de stroomdalvegetaties op de Bylanddijk (bijv. Van den Bos et al. 1997). Op deze zandige dijk lijkt eenmaal per jaar maaien met afvoeren in de nazomer voldoende te zijn voor de instandhouding van het stroomdalgrasland. Indien gekozen wordt voor een hooibeheer dan dient dit bij voorkeur in de nazomer (augustus/september) plaats te vinden (Van Eck et al. 1997). Het is van essentieel belang dat het maaisel wordt afgevoerd. Intensiveren of vervroegen van het hooibeheer om meer nutriënten af te voeren is niet wenselijk in goed ontwikkelde situaties, vanwege de zaadzetting van een aantal typische plantensoorten (Klimkowska et al. 2011). Een groot nadeel van maaien is dat dit vaak leidt tot een afname van microreliëf en daarmee een afname in de diversiteit aan standplaatscondities en bijgevolg afname van biodiversiteit in het systeem. In een aantal terreinen wordt hooibeheer in juni gevolgd door nabeweiding. Door het stroomdalgrasland kort de winter in te laten gaan door nabeweiding wordt voorkomen dat het grasland vervilt. Op deze manier kunnen stroomdalgraslanden zich ontwikkelen onder (extensief) landbouwbeheer, hetgeen uit

oogpunt van draagvlak of cultuurhistorie van belang kan zijn, zonder de nadelen van alleen maaien.

In sommige uiterwaarden vindt, vaak al heel lang, seizoens- of zomerbeweiding plaats, meestal met landbouwvee (bijvoorbeeld in de Oeffeltermeent) in de periode tussen april en november. In het grootste deel van het rivierengebied vindt echter momenteel natuurontwikkeling op grote schaal plaats, de stroomdalgraslanden maken daarom tegenwoordig vaak deel uit van een grootschalig natuurgebied. In deze gebieden vindt extensieve jaarrondbegrazing plaats, ook wel 'natuurlijke begrazing' genoemd. Over het algemeen hebben de runderen en paarden hier de vrijheid om in een groot en divers gebied, met rijkere en schralere graslanden, ruigtes en bossen te grazen waar ze willen. Deze beheersvorm kan leiden tot een mozaïek van struweel, ruigte en grasland.

Het selectieve gedrag van de grazende dieren in het heterogene landschap kan echter ten koste gaan van de aanwezige of te ontwikkelen stroomdalgraslanden. Grote grazers hebben voorkeur voor de voedselrijkere vegetaties en zullen in grotere, heterogene gebieden de neiging hebben om niet langer op de rivierduinen met voedselarme en vezelrijke vegetatie te grazen met verruiging (bijvoorbeeld met duinriet) tot gevolg. In de Millingerwaard bleken bij een graasdruk van 0,9 dieren per ha (jaarrond) de Associatie van Sikkelklaver en Zachte haver en de stroomdalplanten, na een uitbreiding in de beginjaren over de hogere zandige delen en over die delen van de voormalige akker waar zand was afgezet, vrijwel te verdwijnen. Dit kwam doordat de vegetatie (vooral door duinrietdominantie) ruiger werd, waardoor korte grazige vegetaties op de hogere zandige delen sterk achteruitgingen. Door de selectieve voedselkeuze van de grazers en de aankoppeling van een relatief groot oppervlak voedselrijk weiland werd de begrazingsintensiteit te laag voor verdere instandhouding van soortenrijke stroomdalgraslanden (Sykora et al. 2009ab). Het verschijnsel dat de grazers een voorkeur hebben voor de rijkere standplaatscondities in het systeem, waardoor de effectieve graasdruk in de stroomdalgraslanden te laag wordt, is ook geconstateerd in de Zeldersche Driessen (Hoegen 1999).

Uit de Millingerwaard kan geleerd worden dat bij integrale begrazing beter met aansluiting van voedselrijke gebieden gewacht kan worden tot deze gebieden zijn verschraald. Maar ook dan zullen waarschijnlijk de lagere delen door slibafzetting een voedselrijkere vegetatie behouden en bij voorkeur worden begraasd. Verhoging van de begrazingsdruk is in zo'n geval meestal niet aan te bevelen, omdat dit juist in andere delen van het terrein weer tot overbegrazing zou kunnen leiden. Bovendien is dit niet goed uitvoerbaar omdat volgens de ervaring teveel dieren door voedselgebrek aan het eind van de winter een te slechte conditie hebben. Bovendien zou een te hoge graasdruk tot problemen kunnen leiden bij stroomdalgraslandsoorten die dit slecht verdragen. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar welke soorten dat zijn en bij welke graasdruk de schade plaats vindt (kennislacune). Uit projecten langs de Maas blijkt dat de meeste soorten wel stand houden, maar in veel lagere dichtheden. Aan de andere kant komen er wel soorten bij die bij puur hooilandbeheer niet voorkomen (Peters & Kurstjens 2008).

Het effect dat een bepaalde graasdruk heeft op de ontwikkeling van het habitattype is naast de mate van stikstofdepositie ook afhankelijk van (onder andere) de bodemchemische eigenschappen van het te begrazen terrein. Verschillen in beide parameters leiden ertoe dat een bepaalde graasdruk in het ene terrein positieve resultaten oplevert, maar in een ander terrein leidt tot ofwel overbegrazing, ofwel voortschrijdende vergrassing. Bovendien grazen koeien in terreinen waar de bodem vooral zuur is het meest op plekken waar de basenminnende soorten voorkomen, vanuit hun eigen calciumbehoefte (Ruiter 2005). Daarnaast kan het wegblijven van

variatie in graasdruk een negatief effect hebben op de variatie in standplaatscondities en bijgevolg leiden tot een afname aan totale biodiversiteit. Bij te intensieve begrazing van stroomdalgraslanden worden juist de bloeistengels en de bijzondere soorten voornamelijk gegeten, wat ook niet gewenst is. Beheerders dienen daarom een in tijd en ruimte variërende graasdruk in een terrein in te stellen, afgestemd op de specifieke eigenschappen van het te begrazen terrein. Dit kan bijvoorbeeld door het perceleren van het stroomdalgrasland, in de Vreugderijkerwaard zijn hiermee inmiddels goede ervaringen. Het aantal runderen en paarden wordt aangepast aan de vegetatieproductie om de voor stroomdalgraslanden gewenste vegetatiehoogte in stand te houden. Als de dieren te veel op het kwetsbare stroomdalgrasland lopen worden ze overgebracht naar de dijk (en andersom) en gaat het verbindingshek dicht. Dit gebeurt ook als te hoog water wordt verwacht. Een andere optie is het experimenteren met het scheperen van runder- of schapenbegrazing, zoals in het verleden ook plaats met een 'koejer' (Junner en Ariër Koeland). Dit heeft als nadeel dat het kostenintensiever is en er weinig tot geen recente ervaring bestaat met het goed uitvoeren van deze vorm van begrazing.

Voor het voortbestaan van specifieke locaties met zeer goed ontwikkelde zeldzame vegetaties, zoals de Associatie van Vetkruid en Tijm of met het voorkomen van de zeldzame soorten, zoals de typische soorten Wilde averuit (*Artemisia campestris campestris*), Zandwolfsmelk (*Euphorbia seguieriana*) of Liggende ereprijs (*Veronica prostrata*) kan als extra maatregel korte tijd terplekke intensief begraasd worden, zodat de vegetatie in elk geval kort is in de winter en er open plekken met vers zand ontstaan (Klimkowska et al. 2011).

De beste resultaten met begrazing worden over het algemeen behaald in terreinen waar meerdere soorten grazers actief zijn, dus paarden en runderen naast bijvoorbeeld soorten als bever, konijn en ree. Zo lijkt begrazing van konijnen een rol te spelen bij het in stand houden van de openere, soortenrijkere delen van het stroomdalgrasland in de Zeldersche Driessen (Hoegen 1999). Begrazing met alleen paarden leidt tot zeer kort gegraasde delen afgewisseld met dichte ruigten. Runderen kunnen ruigten openbreken, maar houden de vegetatie weer niet zo kort als paarden (Peters & Kurstjens 2008).

Voor het behoud van de insectenfauna, waaronder de typische soort Geelsprietdikkopje, en een typische soort als de Graspieper is het van belang dat niet het gehele terrein kort afgemaaid of afgegraasd wordt, maar dat hier en daar stukken overgeslagen worden, waar vegetatie blijft staan. Hierbij lijkt het voor de fauna voldoende te zijn om slechts kleine stukjes eenmalig over te slaan, als zoveel mogelijk afvoeren van biomassa van belang is voor verschraling (Wallis de Vries & Knotters 2000; Keizer 2000). Ook voor soorten als Grauwe klauwier, Nachtzwaluw, Paapje en Roodborsttapuit die hier hun leefgebied hebben lijkt gefaseerd maaien gunstig voor een groter voedselaanbod (hypothese).

3. Effecten van stikstofdepositie

Voor het Eunistype E1.12 Euro-Siberian pionier calcareous sand swards dat overeenkomt met dit habitatype is geen empirische kritische depositiewaarde vastgesteld (Bobbink et al. 2003; Bobbink & Hettelingh 2011). Van Dobben et al. (2012) berekenen op basis van de Associatie van Vetkruid en Tijm en de Associatie van Sikkellaver en Zachte haver een kritische depositiewaarde

van 1286 mol N/ha/jr (18 kg N/ha/jr). Deze waarde is een gemiddelde modeluitkomst en passend binnen de empirische ranges van het op basis van overeenkomsten in aanwezige soorten en abiotiek vergelijkbare kalkgrasland (H6210), glanshaver- en vossenstaarthooiland (H6510) en heischraal grasland (H6230).

3.1 Verzuring

Stroomdalgraslanden zijn systemen die zonder bufferende processen van nature verzuren. Verhoogde stikstofdepositie leidt tot een verhoogde verzuringssnelheid van deze systemen. Dit wordt nog versterkt doordat natuurlijke regulerende processen (dynamiek en grondwaterinvloed) niet meer voorkomen. Met name de stroomdalgraslanden, die op kalkarme tot kalkloze gronden met een zwakke buffering voorkomen, blijken gevoelig voor verzuring. De stroomdalgraslanden van de Associatie met Schapengras en Tijn langs de Dinkel bijvoorbeeld komen voor bij een pH van 4,8 tot 5,4. Deze zuurgraad komt overeen met de ondergrens van de pH-range waarin sprake is van effectieve kationenbuffering (zie koepeldocument). Bij verdere aanvoer van H⁺-ionen kan geen uitwisseling met calciumionen meer plaatsvinden en raakt de verzuring in een stroomversnelling (Hommel et al. 1996).

3.2 Vermesting

De afname van kwaliteit van de stroomdalgraslanden uit zich vooral in een toename van stikstofindicerende soorten en verschuiving naar voedselrijkere associaties (Schaffers et al. 2008). Vergrassing en verstruweling treedt op en de vegetatie verruigt en wordt eenvormiger op veel plaatsen (o.a. Ruiter 2005; Kerkhof 2009; Sykora et al. 2009ab). Waarschijnlijk speelt stikstofdepositie hierbij een rol. Hoe groot die invloed is, in relatie tot veranderingen in frequentie van overstroming, nutriënten in het sediment, grondgebruik en beheer, is echter onbekend. In (praktisch) overstromingsvrije schraalgraslandjes kan wel een effect merkbaar zijn, bijvoorbeeld op de oude rivierduintjes langs de Vecht (JunnerKoeland), de Niers (Zeldersche Driessen) en de Maas (rivierduintjes Mook, Stalberg) (Hoegen 1999, Peters 2008).

3.3 Fauna

Voor het leefgebied van de VHR en/of typische diersoorten geldt dat de effecten van stikstofdepositie via de volgende factoren doorwerkt: afname voedselaanbod en verandering microklimaat. Een uitsplitsing van deze factoren naar de onderscheiden soorten is terug te vinden in de kenschets en een beschrijving van de specifieke factoren is terug te vinden in paragraaf 2.4 van Deel I.

Omdat de typische soorten Graspieper en het Geelsprietdikkopje juist gebruik maken van de ruigere delen van dit habitatype, wordt verwacht dat ze niet gevoelig zijn voor verhoogde stikstofdepositie]. Herstelmaatregelen die leiden tot het verdwijnen van in de winter overstaand gras (waardplanten) of het verdwijnen van nectarplanten, zijn echter wel schadelijk voor het geelsprietdikkopje.

4. Andere omstandigheden die de effecten van stikstofdepositie beïnvloeden

4.1 Oeverwalvorming en successie

Bij de vorming van oeverwallen en rivierduinen raken de verse afzettingen van kalkrijk zand en zavel eerst begroeid met pionierplanten van tamelijk voedselrijke milieus. Stikstof spoelt al binnen enkele jaren uit. Ook de hoeveelheid beschikbaar fosfaat neemt spoedig af, vooral in grofkorrelige of kalkrijke bodems. De ontkalking verloopt veel minder snel. Na een pionierfase met kalkrijke, voedselrijke omstandigheden volgt dus een periode met droge, kalkrijke, zandige, tamelijk voedselarme omstandigheden. Dit zijn zeer geschikte standplaatsen voor de vestiging van kalkminnende stroomdalgraslanden. Afhankelijk van het kalkgehalte en de aanvoer van zuurbufferende stoffen door overstroming en hoge grondwaterstanden zal na verloop van tijd echter verzuring op gaan treden. Oppervlakkige verzuring vindt vooral plaats op droge zandbodems, minder op zavel. Zolang de verzuring beperkt blijft tot de toplaag, bestaat het stroomdalgrasland uit een mozaïek van oppervlakkig wortelende, zuurtolerante plantensoorten en van diep wortelende, kalkminnende soorten. Als ook de diepere bodemlaag verzuurt, gaan de soorten van droge, zwak zure bodem op de voorgrond treden. Dit proces leidt in de loop van honderden jaren tot ontwikkeling van het stroomdalgrasland tot heischrale graslanden, heidevegetaties en zuur bos of heide (Maas et al. 2003; www.natuurkennis.nl). De stroomdalgraslanden vormen daarmee een stadium in een successiereeks, die deels door riviermorphologische en bodemkundige processen wordt gestuurd. De huidige achteruitgang is daarmee voor een deel een gevolg van voortgaande natuurlijke successie van oeverwallen en rivierduinen die al honderden jaren loopt (Maas et al. 2003).

De indruk bestaat dat het verzuringsproces (ontkalking), eventueel tegengegaan door basenverzadiging door overstromingswater en overzanding (zie hieronder), nog slechts voor kleine oppervlaktes een rol speelt. Nutriëntenaanrijking door kleiafzetting lijkt een belangrijk proces te zijn waardoor stroomdalgraslanden neigen tot verandering in de richting van graslanden van het glanshavertype. De oeverwal wordt dan nog wel overstroomd, maar door de grotere afstand tot de geul wordt lichter en voedselrijker sediment afgezet (Maas et al. 2003). Het sediment zorgt voor aanvoer van een hoeveelheid stikstof die 5 tot 6 keer hoger ligt dan de jaarlijkse stikstofdepositie. Dit stikstof komt niet direct voor de planten beschikbaar, waardoor het effect pas na enkele jaren zichtbaar is (Beltman et al. 2007). De ontstane graslanden kunnen lang stand houden, omdat verstuing van de relatief zware bodem niet aan de orde is en voortgaande opslibbing en verminderde inundatie niet zal leiden tot verzuring van deze zeer goed gebufferde standplaatsen (Maas et al. 2003).

4.2 Herstel buffercapaciteit

4.2.1 Inundatie

De buffering van de grond wordt onder natuurlijke omstandigheden lange tijd in stand gehouden door de aanwezigheid van dynamische processen. Incidentele overstroming door rivierwater (bij voorkeur in de winter) zorgt voor een tijdelijk herstel van de buffering, bovendien wordt strooisel afgevoerd. Bij extreem hoog water wordt bovendien vers zand afgezet, wat leidt tot een langduriger herstel van de buffercapaciteit. Als de standplaats buiten bereik van het hoog water ligt kan verzuring worden tegengegaan als bij overstromingen wel basenrijk water tot in de

wortelzone weet door te dringen (Maas et al. 2003). Het gebrek aan overstromingsfrequentie is vermoedelijk de oorzaak van de achteruitgang van het hoger gelegen deel van het stroomdalgrasland in de Zeldersche Driessen (Hoegen 1999).

Langs de Dinkel is de ligging van de zogenaamde Dinkelgraslanden, stroomdalgraslanden behorend tot de Associatie met Schapengras en Tijm, beperkt tot droge, schrale, leemarme bodems, die ontwikkeld zijn in de hogere oeverwallen. De graslanden komen in de hoogte voor in een smalle zone. De hoogteligging hangt samen met een gecombineerd effect van grondwater en inundatie. Aan de bovenkant wordt het voorkomen begrensd op de hoogte waar inundatie onvoldoende is om via aan slib gebonden calcium de buffercapaciteit van de bovengrond regelmatig te herstellen. Door verdergaande bodem- en humusvorming en uitspoeling wordt de grond daarboven te zuur. Naar schatting ligt de snelheid van bodemverzuring zonder buffering door rivierwater langs de Dinkel in de orde van grootte van enkele jaren, met buffering door periodieke inundaties (of anderszins) in de orde van grootte van (vele) tientallen jaren (Hommel et al. 1994; 1996; Wolfert et al. 2002).

4.2.2. Zandinwaai

Ook de inwaai van vers zand kan verzuring tegengaan, door buffering door aangevoerd zand of zelfs het terugzetten van de successie naar pionierstadia in geval van sterke overstuiving. Deze processen treden echter in de huidige situatie op veel standplaatsen nauwelijks meer op als gevolg van ingrijpende veranderingen in zowel het functioneren van het riviersysteem als het functioneren van het lokale hydrologische systeem.

4.2.3 Bioturbatie

Sommige stroomdalgraslanden blijken ook zonder hernieuwde zandafzetting (bijvoorbeeld in de Vreugderijkerwaard) stand te houden, zonder dat eutrofiëring of verzuring optreedt. Hierbij kan bioturbatie een belangrijke rol spelen. Graafactiviteiten, met name van mieren, konijnen en mollen, zorgen voor plaatselijk herstel van de buffercapaciteit van oeverwallen met een dunne laag ontkalkte bovengrond. Door het graven wordt kalkrijkere grond uit de ondergrond naar boven gehaald. Dit is een bekend verschijnsel in stroomdalgraslanden: in Cortenoever, Vreugderijker Waard, Koekoekswaard, Kop van het Oude Wiel etc. zijn het vooral mollen. In de stroomdalgraslanden langs de Dinkel en de Vecht spelen mieren een belangrijke rol. Omdat mieren van warmte overdag houden is het kort houden van de vegetatie goed voor mieren. Ook konijnen zijn gebaat bij een relatief korte vegetatie, omdat ze daar beter van kunnen eten (Hommel et al. 1994; 1996, Wolfert et al. 2002; Takman et al. 2010). Voor de relatie tussen het voorkomen van plantensoorten en mierenbulten zie o.a. King (1977).

4.3 Overzanding en successie (kennislacune)

Voor vegetaties met een pionierkarakter die niet gemaaid of begraasd worden, is het noodzakelijk dat de bestaande vegetatie wegspoelt, of dat nieuwe zandpakketten worden afgezet. Hierdoor wordt verdere successie voorkomen en kunnen planten van rivierduinen zich opnieuw vestigen. De grote hoeveelheid zand die in 1993 en 1995 in de Millingerwaard werd afgezet heeft bijvoorbeeld geleid tot het ontstaan van pionierssituaties, met onder andere de Kweekdravik-associatie waarin o.a. veel Zeepkruid (*Saponaria officinalis*) voorkomt. Door het uitblijven van nieuwe zandafzetting is deze vegetatie hier weer vrijwel verdwenen en door een dichte duinrietvegetatie vervangen. Hoe de vegetatie precies reageert op het overzanden is echter nog niet bekend, omdat de ontwikkelingen niet overal op dezelfde manier blijken te verlopen.

Mogelijk worden kenmerkende soorten van minder dynamische, stabielere omstandigheden juist beperkt door overzanding, wanneer de afgezette zandlaag te dik is. Als in deze graslanden te veel zand wordt afgezet, kunnen alleen de pioniervegetaties zich handhaven en verdwijnen de meer stabiele stroomdalgraslanden op iets humeuze bodems.

Aan de andere kant is het nog onbekend in hoeverre zandafzetting verruiging kan tegengaan. Mogelijk groeit een soort als duinriet door het afgezette zand heen om snel erna bij onvoldoende begrazing weer dominant te worden. Op dit moment wordt onderzoek opgezet naar de effecten van bodemchemie, overzanding en dynamiek op het vestigen van stroomdalgrasland op oeverwallen (lopend onderzoek Rotthier, WUR).

4.4 Eutrofiëring door inundatie

Eutrofiëring door inundatie met oppervlaktewater verloopt vooral via de vochtthuishouding in de bodem. De directe invloed van de bemesting door voedselrijk water is op de hoger gelegen terreingedeelten waarschijnlijk van ondergeschikt belang.

In het zeer droge en kalkarme milieu waar stroomdalgraslanden langs de Dinkel (Associatie met Schapengras en Tijn) voorkomen verloopt de mineralisatie van organische stof normaalgesproken erg traag. Als er veel organisch materiaal aanwezig is kan de mineralisatie echter onder vochtige omstandigheden, die kortstondig optreden na zware regenval of na (korte) inundaties, sterk toenemen en kan plotseling veel stikstof vrij komen, met name bij hogere temperaturen. Winterinundaties zijn dan ook gunstiger, omdat dan de opname van nutriënten door de plantenwortels en de mineralisatie van stikstof geringer zijn. Door het vaak hoge ijzergehalte van de bodem is er in principe sprake van een zeer efficiënte buffering tegen vermist met fosfaten. Onder anaërobe omstandigheden (bij langere inundaties) kunnen de aan het ijzer gebonden fosfaten vrij komen en door de plantenwortels worden opgenomen. Het voorkomen van de schrale stroomdalgraslanden is dan ook beperkt tot de zone waar zelden tot nooit anaërobe omstandigheden kunnen optreden vanwege de korte duur van de inundaties (Hommel et al. 1994; 1996, Wolfert et al. 2002).

4.5 Ontoereikend regulier beheer

Intensivering van regulier agrarisch beheer, zowel maaibeheer als begrazingsbeheer en omzetting naar akkerbouw hebben dit habitatype in de uiterwaarden grotendeels gemarginaliseerd tot een lijnvormig vegetatietype onder een prikkeldraad, met relicten in enkele reservaten. Anderzijds heeft gebrek aan of te extensief beheer, in combinatie met aanvoer van voedingsstoffen via rivierwater of uit de lucht, geleid tot verruiging en daarmee tot het verdwijnen van de lichtminnende stroomdalsoorten. Voorbeelden hiervan zijn de Stalberg rond 1980, de steilwand van de Donderberg en het rivierduin van de Millingerwaard. In het algemeen geldt dat de ontwikkeling van hoge vegetatie slecht is voor de stroomdalsoorten, die warmteminnaars zijn en dus gebaat zijn bij een snelle opwarming in het voorjaar. Beheer in de vorm van begrazing of hooien (al dan niet met nabeweiding) is dus wel noodzakelijk, en wel met een redelijke intensiteit en zodanig dat de vegetatie kort de winter uit komt. Zoals bijvoorbeeld de Vreugderijkerwaard en de Koekoekswaard laten zien kan, ondanks de stikstofdepositie, bij een voldoende intensieve begrazing of maaibeheer stroomdalgrasland met een goede kwaliteit in stand worden gehouden (Ruiter 2005; Peters & Kurstjens 2006, 2007, 2008; Peters et al. 2006; Kerkhof 2009; Sykora et al. 2009ab). Zie voor problemen met begrazingsbeheer bij grote beheerseenheden paragraaf 2.5 regulier beheer. Ontoereikend regulier beheer wordt niet apart onder paragraaf 5 of 6 behandeld.

5. Maatregelen tegen de effecten van stikstofdepositie

5.1 Toevoegen basische stoffen (kennislacune)

Wanneer rivierdynamiek onder de huidige omstandigheden niet aanwezig kan zijn, kunnen mogelijk alternatieve maatregelen ingezet worden bijvoorbeeld bevordering van zandbuffering door actief herstelbeheer (het actief toevoegen van zand). Een extremere variant hierop is het bekalken van stroomdalgraslanden. De effectiviteit van beide maatregelen is tot op heden echter niet tot nauwelijks onderzocht. Gefundeerde uitspraken over de effectiviteit en de duur waarop de buffercapaciteit op een gewenst niveau gehouden wordt door inzet van deze ingrepen kunnen dan ook niet gemaakt worden (**kennislacune**).

5.2 Begrazing

Begrazing zorgt voor oppervlakkige bodemverwonding, in het geval van oppervlakkige verzuring kan door naar het bovenbrengen van meer gebufferd bodemmateriaal de verzuring tegen worden gegaan. Daarnaast kunnen zo nieuwe kiemingsmogelijkheden ontstaan (**Schaminée et al. 1998; Hoegen 1999; Maas et al. 2003**). De ervaring heeft geleerd dat seizoensbeweidning niet effectief is voor herstel van dichte, voorheen bemeste graslanden. Met alleen zomerbeweidning ontwikkelen zich eenvoudige dichte, hoogopgaande graslandvegetaties met relatief onsmakelijke grassoorten als Glanshaver, Kropaar en Gestreepte witbol. Bij volledig ontbreken van grazers in de winter komt de vegetatie, ongeacht de zomerdichtheden, nog steeds relatief lang en dicht de winter uit, omdat het in de winter en vroege voorjaar nog doorgroeit. Hierdoor ontstaat minder kiemgelegenheid voor stroomdalplanten. Dichte grasmatten van relatief onsmakelijke, productieve grassen worden vooral in perioden van voedselschaarste gegeten (winter, vroege voorjaar). Dit maakt dat winterbegrazing vaak bepalender is voor de ontwikkeling van een gebied dan zomerbegrazing. Hierdoor kan het totale aantal grazers soms zelfs omlaag, wat bijvoorbeeld betekent dat andere terreindelen in de zomer niet overmatig vertrapt of begraasd worden. Vooral langs de Maas zijn recent goede ervaringen met extensieve jaarrondbegrazing en de ontwikkeling richting stroomdalgraslanden (**Peters & Kurstjens 2006, 2007, 2008; Peters et al. 2006**).

Voor het voortbestaan van specifieke locaties met zeer goed ontwikkelde vegetaties van de Associatie van Vetkruid en Tijn of met het voorkomen van de zeldzame typische soorten wilde averuit (*Artemisia campestris campestris*), zandwolfsmelk (*Euphorbia seguieriana*) of liggende ereprijs (*Veronica prostrata*) kan als extra maatregel korte tijd intensief begraasd worden, zodat de vegetatie in elk geval kort is in de winter en er open plekken met vers zand ontstaan.

5.3 (Extra) maaien en afvoeren

Bij verschraling van sterk vermeste en verruigde stroomdalgraslanden kan enige jaren maaien en afvoeren van de vegetatie in juni plaats vinden, waarna alsnog overgegaan kan worden op begrazingsbeheer. Op relatief zavelige tot zandige gronden lijkt de eerste paar jaren een substantiëlere afvoer van nutriënten plaats te vinden door maaibeheer dan door begrazing (**Peters & Kurstjens 2008**). Ook kan, bij verruigende vegetatie bij jaarrondbegrazing, ingegrepen worden door middel van enkele maaibeurten. Het specifiek maaien van distels is weinig zinvol, omdat ze verdwijnen doordat ze de concurrentie met grassen en kruiden verliezen, door schimmelziektes en door natuurlijke uitspoeling van de bodem. Bovendien verdwijnen ze vanzelf en even snel onder een beheer van ‘natuurlijke’ begrazing (**Peters & Kurstjens 2006; Sykora et al. 2009ab**).

Voor het behoud van de insectenfauna, waaronder de typische soort Geelsprietdikkopje, en een typische soort als de Graspieper is het hierbij van belang dat niet het gehele terrein kort afgemaaid wordt, maar dat hier en daar stukken overgeslagen worden, waar vegetatie blijft staan. Hierbij lijkt het voor de fauna voldoende te zijn om slechts kleine stukjes eenmalig over te slaan, als zoveel mogelijk afvoeren van biomassa van belang is voor verschraling (Wallis de Vries & Knotters 2000; Keizer 2000).

5.4 Kleinschalig plaggen (tbv urgent bedreigde soorten en vegetaties)

Als het voortbestaan van specifieke locaties met zeer goed ontwikkelde vegetaties van de Associatie van Vetkruid en Tijm of met het voorkomen van de zeldzame typische soorten (allen kensoorten van het Verbond der droge stroomdalgraslanden) Wilde averuit (*Artemisia campestris campestris*), Zandwolfsmelk (*Euphorbia seguieriana*) of Liggende ereprijs (*Veronica prostrata*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om specifieke aanvullende maatregelen uit te voeren. Als dynamisch waterbeheer niet mogelijk is, de zandbodem optimaal is en de vegetatie alleen voorkomt op vroeger uitgegraven plekken, kan kleinschalig plaggen of afgraven een mogelijkheid zijn om de Associatie van Vetkruid en Tijm te handhaven (Zeldersche Driessen). Dit is niet mogelijk bij een te hoge grondwaterstand, omdat dan de omstandigheden te nat worden voor de typische soorten. Mogelijk kan kleinschalig plaggen dichtbij de bestaande standplaatsen van de genoemde typische soorten, in combinatie met uitzaaien, ook zorgen voor minder nutriëntenrijke omstandigheden en betere kiemingsmogelijkheden, zodat de populaties kunnen uitbreiden (zie ook Klimkowska et al. 2011).

6. Maatregelen gericht op functioneel herstel

6.1 Maatregelen gericht op herstel wind- en waterdynamiek

6.1.1 Cyclisch beheer uiterwaarden (verjongen) – grote rivieren

Stroomdalgraslanden zijn een stadium in een successiereeks, die deels door riviermorphologische en bodemkundige processen wordt gestuurd. De natuurlijke degradatie van stroomdalgraslanden die voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door klei-afzetting en ontkalking is moeilijk tegen te gaan (zie 4.1). Het proces wordt versneld door vermindering van de overstromings- en overstuivingsdynamiek van de hoger gelegen stroomdalgraslanden door de verlaging van de waterstanden sinds de normalisatie van de rivieren. Het laten ontstaan van nieuwe standplaatsen door natuurlijke morfologische processen is de beste manier om stroomdalgraslanden als vegetatietype op lange termijn langs de grote rivieren te behouden. Er zijn nu al enkele plaatsen die potentie hebben om zich tot een nieuwe oeverwal te ontwikkelen, bijvoorbeeld in de Gelderse Poort (Elrecomse Waard), de Rijswaard en de Vreugderijkerwaard. Die locaties zijn zandige, langgerekte banken langs de oevers, waarvan sommige inmiddels hoog genoeg zijn om als oeverwal te classificeren, andere bevinden zich nog onder het gemiddelde niveau van de uiterwaardvlakte. Deze fysiotopten hebben gemeen dat zijn door hoge sedimentatiesnelheden en afzetting van zeer zandig materiaal binnen afzienbare tijd zeer gunstige condities voor vestiging van stroomdalvegetaties kunnen bieden. Hierbij moet gedacht worden aan een periode in de orde van 50 jaar. Voorwaarde is uiteraard dat het natuurlijke sedimentatieproces ongestoord door kan gaan en dat de ontwikkeling van deze locaties niet wordt teruggezet door vergraving. Een andere voorwaarde voor de kolonisering van nieuwe, veelbelovende locaties door stroomdalsoorten is dat in de nabijheid stroomdalsoorten voorkomen die als zaadbron kunnen dienen (Maas et al. 2003).

Daarnaast kunnen zich hier op termijn alleen stroomdalgraslanden ontwikkelen als de vegetatie te zijner tijd door beheer voldoende kort wordt gehouden.

Zand- en grindsedimentatie op oeverwallen blijkt één van de belangrijkste motors achter het herstel van karakteristieke riviernatuur (stroomdalplanten, insectenfauna) langs de grote rivieren te zijn (o.a. [Peters 2008](#)). Dit kan bevorderd worden door sediment na overstroming niet meer te verwijderen. Dit is vooral in de Waaluitewaarden goed zichtbaar. Rivierafzettingen mogen hier weer op voormalige landbouwgronden blijven liggen. De bemeste toplaag verdwijnt onder de zandafzettingen en er ontstaat optimaal vestigingsklimaat voor rivierdalsoorten, waaruit zich op termijn stroomdalgraslanden kunnen ontwikkelen ([Peters & Kurstjens 2006; 2007](#)).

De regulering van de hoofdstroom blijft altijd beperkingen opleveren voor verjongingsprocessen, omdat de rivierloop vastligt, erosie op veel plaatsen ongewenst is en de sedimentaanvoer beperkt blijft. In het huidige vastgelegde riviersysteem is daardoor weinig ruimte voor laterale aanwas van uiterwaarden. Successie onder invloed van rivierafzettingen, natuurlijke begrazing en spontane vegetatieontwikkeling is nog wel mogelijk, maar verjonging niet of nauwelijks meer. Nu opbouwende processen door natuurontwikkeling weer een kans krijgen, liggen er ook kansen om verjonging van de uiterwaarden weer toe te laten om het dynamisch evenwicht tussen opbouw en afbraak te herstellen en daarmee de vorming van nieuwe oeverwallen te bevorderen. Verjongen van de uiterwaard kan door pleksgewijs in hoogopgeslibde, bekade, kleiige uiterwaarden een strook van 50 tot 100 m breed langs het zomerbed 1 a 2 m diep af te graven. Door delen van uiterwaarden af te graven wordt het proces van opslibben enkele eeuwen teruggezet: nieuwe opslibbing en geleidelijke verdroging vindt opnieuw plaats. Als afwisselend op verschillende plaatsen afgegraven wordt zijn voortdurend alle ontwikkelingsstadia in de uiterwaarden aanwezig ([Maas et al. 2003; Peters et al. 2006](#)). Aangezien de ontwikkeling van de oeverwallen en de bijbehorende stroomdalgraslanden lange tijd (tientallen tot honderden jaren) in beslag nemen, moet deze maatregel slechts af en toe en met beleid worden toegepast. Voor meer informatie over cyclisch beheer van uiterwaarden, basisprincipes en randvoorwaarden zie [Peters et al. 2006](#). Uit onderzoek van Maas et al. (2003) blijkt afgraven per cm gemiddeld de oeverwalontwikkeling 1 jaar terug zet. [Peters & Kurstjens \(2006\)](#) constateren dat processen van oeverwalvorming en zand- en grindsedimentatie extra voorspoedig verlopen op locaties waar de rivieroeveren door bijvoorbeeld delfstofwinning in het verleden zijn verlaagd (Meers), en veel minder waar hoge zomerkades of oeverdammen langs de rivier liggen (Amerongse Bovenpolder). Ook [Kerkhof \(2009\)](#) constateert dat door afticheling van klei- en zaveldekken op zand nieuwe geschikte standplaatsen kunnen ontstaan, zoals bij Vianen.

6.1.2 Verlagen deel oeverwal – grote rivieren

Ook bestaande oeverwalreservaten met waardevolle stroomdalflora zijn gebaat bij extra rivierdynamiek in de vorm van zand- en grindafzettingen. Dit zijn de natuurlijke processen die de verruiging of vervilting en de natuurlijke verzuring afremmen. In feite zijn het natuurlijke verschrallingsprocessen, waarbij de oude voedselrijke toplaag onder een laag vers, kalkrijk zand en/of grind bedekt wordt, met een open structuur. Veel stroomdalsoorten vestigen zich juist bij voorkeur in dit soort open situaties. Overstroming is ook van belang voor verspreiding van soorten ([Maas et al. 2003, Peters & Kurstjens 2006; 2007, Kerkhof 2009](#)). Door [Rotthier](#) (in prep.) wordt momenteel onderzoek gedaan naar het effect van zandafzetting op rivierduinen. Vaak liggen stroomdalgraslanden inmiddels zo hoog geleden dat ze zich buiten het bereik van het rivierwater bevinden, dus lokaal verlagen of doorsteken van oeverwallen is nodig om afzetting mogelijk te maken, uiteraard niet ter hoogte van de relictpopulaties van bijzondere soorten. Voor

meer details over uitvoering van doorgraven van oeverwallen, rivierduinen en grindruggen wordt verwezen naar [Peters et al. 2006](#).

6.1.3 Aanleg nevengeul – grote rivieren

Omdat hermeanderen van de hoofdstroom vanwege de scheepvaart niet mogelijk is, is een andere maatregel om de dynamiek te vergroten het aanleggen van (meestromende) nevengeulen die kunnen meanderen. Daardoor treedt overstroming eerder op, neemt de hoeveelheid zandafzetting toe en kunnen nieuwe rivierduinen gevormd worden. Een hoofdvoorwaarde voor succes is dat er voldoende zandaanvoer vanuit het bovenstroomse gebied optreedt en de nevengeul dit ook goed kan transporteren. Het ontwikkelen van pioniersstadia kan op de nieuwe rivierduinen optreden, die op termijn kunnen ontwikkelen naar stroomdalgraslanden ([Peters et al. 2006](#)).

6.1.4 Kribverlaging – grote rivieren (kennislacune)

Het verwijderen of verlagen van kribben in de vaargeul zou voor meer dynamiek en mogelijkheden voor erosie en sedimentatie kunnen zorgen. Vanwege de scheepvaart is dit echter niet overal mogelijk. Het lijkt erop dat kribben en scheepvaart stromingen zodanig beïnvloeden dat er netto toevoer van zand plaats vindt op de zandige oevers tussen de kribben. Het extra afgezette zand kan dan weer omhoog geblazen worden. Op kleine schaal is dit effectief om de buffering van de hoger gelegen oeverwal te verbeteren. De vraag is vervolgens of dit proces nog plaats kan vinden als kribben verlaagd worden en daarmee wat het netto effect is op de zandaanvoer naar de oeverwal (**kennislacune**). Aan de andere kant valt de dynamiek van aangeslibde (zand)strandjes tussen de kribben weg, wat juist weer nadelig zou kunnen zijn.

6.1.5 Verwijderen oeverbestorting

Het verwijderen van steenbestorting langs de oevers zorgt voor meer dynamiek ter plekke en voor meer beschikbaar zand om af te zetten ([Peters et al. 2006](#); [Peters & Maris 2006](#)).

6.1.6 Hermeandering – kleine rivieren

Herstel van de specifieke dynamiek van de kleine rivieren is van belang om ook hier de stroomdalgraslanden te herstellen. Een analyse van het stroomgebied, de oorspronkelijke dynamiek en de werking van het riviersysteem is zeer aan te bevelen bij het herstel ervan. Voor de Dinkel ([Hommel et al. 1994; 1996](#); [Wolfert et al. 2002](#)) en de Vecht ([Duursema 2004](#); [Maas et al. 2007](#); [DHV 2009](#); [Viveen et al. 2009](#); [Wolfert & Maas 2007](#); [Wolfert et al. 2009](#)) zijn hier al de nodige studies gedaan. De ontwikkeling van nieuwe groeiplaatsen van de Dinkelgraslanden is het meest gediend bij grote afvoeren waarbij erosie en sedimentatie van zand door meandering weer op grote schaal kunnen plaatsvinden. Omdat afzetting van voldoende zand afhankelijk is van de mate van erosie stroomopwaarts is het van belang daar oeververstevingingen te verwijderen. Dit zorgt er tevens voor dat sedimentatie blijft plaats vinden op bestaande voorkomens, waardoor die langer behouden kunnen blijven.

Het afvoerregiem van de Overijsselse Vecht kenmerkt zich door snelle reactie op periodes van veel neerslag in de winter en bijna afwezigheid van stroming in de zomer. Omdat de stuwen bij hoog water open staan en de stromingskracht dan nog ruim voldoende is, is de huidige gekanaliseerde Vecht nog steeds in staat om te meanderen. Bij de Vecht zijn de hoge concentraties kalk van het water bepalend voor de plantengroei op de oevers. Dit hoge kalkgehalte is te danken aan het kalkrijke achterland in Duitsland ([Takman et al. 2010](#)). Voor de stroomdalgraslanden zijn vooral de relicten die aanwezig zijn op de Koelanden van belang.

Een belangrijk knelpunt bij het herstellen van bestaande of ontwikkelen van nieuwe stroomdalgraslanden is dat de meeste karakteristieke planten van stroomdalgraslanden een kortlevende zaadbank hebben. De soorten van stroomdalgraslanden kunnen zich goed verspreiden via inundatie en sedimentatie van rivierwater. Wanneer er echter stroomopwaarts of in de directe omgeving geen bronpopulaties aanwezig zijn, leidt herstel van standplaatscondities niet tot herstel van vegetatie. Door de sterke achteruitgang van het stroomdalgrasland, is dit een reëel risico. Herintroductie van soorten is naar verwachting op verschillende plaatsen dan ook nodig, maar kan pas plaatsvinden als aan de abiotische randvoorwaarden is voldaan. Herintroductie kan zowel op passieve wijze (door het verplaatsen van grazers bevorderen van zaaddispersie) als actieve wijze (het opbrengen van maaisel tot actief herintroduceren met behulp van zaaien) uitgevoerd worden. Verschillen in effectiviteit zijn tot op heden weinig onderzocht.

7. Maatregelen voor uitbreiding

Een uitbreiding van het areaal stroomdalgrasland draagt bij aan het kostenefficiënter maken van herstel- en regulier begrazingsbeheer, aangezien het meer en goedkopere oplossingen biedt om tot een variërende graasdruk te komen. Een voorbeeld is het mogelijk maken van percelering, waardoor het tijdelijk op stal zetten niet meer nodig is. Zie ook Herstel wind- en waterdynamiek (6.1). Voor meer informatie over locatiekeuze, randvoorwaarden en technieken van cyclische verjonging van uiterwaarden wordt verwezen naar [Peters et al. 2006](#). Voor kansrijke plekken langs de grote rivieren zie ook [Maas & Hobo, in prep](#). Voor de graslanden langs de Dinkel zie [Hommel et al. \(1994\)](#).

Voor het stimuleren van open bodems door natuurlijke morfodynamiek of (verantwoorde) graafwerkzaamheden blijkt zeer effectief voor de vestiging van bijzondere soorten, daarom is het van belang morfodynamiek door sedimentatie en erosie zo veel mogelijk toe te laten ([Peters & Kurstjens 2007; 2008](#)). Hierbij moet ervoor worden gezorgd dat ook laagdynamische situaties met minder zandafzetting voorkomen. De beschikbaarheid van voldoende zand en grind in de rivier is van groot belang voor de ontwikkeling van natuurgebieden in de overstromingsvlakte, bijvoorbeeld voor soortenrijke oeverwalvegetaties ([Peters & Kurstjens 2008](#)).

Verder zijn er mogelijkheden bijvoorbeeld bij dijkverlegging in het kader van Ruimte voor de Rivier. Als bij de inrichting van de nieuw aangelegde dijken de toplaag voorzien wordt van zand of lichte zavel in plaats van klei, ontstaan er nieuwe mogelijkheden voor de ontwikkeling van stroomdalgrasland.

8. Effectiviteit en duurzaamheid

Samenvattend kan gesteld worden dat voor het duurzaam instandhouden van huidige stroomdalgraslanden twee voorwaarden van belang zijn. Ten eerste moeten de standplaatsen voldoende gebufferd blijven door middel van zandaanvoer door overstroming of inwaaien of door

aanvoer van bufferende stoffen in het rivierwater of onder invloed van het grondwater. Ten tweede moet een maai- of grasbeheer van de juiste intensiteit uitgevoerd blijven worden.

Maatregelen die op de lange termijn leiden tot duurzaam herstel vragen om ingrepen op systeemniveau. Ook in een volledig natuurlijk systeem, bij een optimaal beheer en bij lage stikstofdepositie zal een oudere stroomdalvegetatie langzaam achteruit gaan door (1) natuurlijke ontkalking als geen overstroming meer plaats vindt of (2) nutriëntenaanrijking als door laterale aanwas alleen nog fijn materiaal afgezet wordt. Het ontstaan van nieuwe standplaatsen door natuurlijke morfologische processen is de beste manier om de stroomdalgraslanden als vegetatietype op de lange termijn langs de rivier te behouden (Maas et al. 2003). Langs de grote rivieren kan dit het beste door aan te sluiten op grootschalige projecten die lopen in het kader van Ruimte voor de Rivier en bij het zogenaamde cyclisch beheer van uiterwaarden. Hierbij moet wel goed gelet worden op de landschapsecologische inpassing. Langs de kleine rivieren kan gedacht worden aan hermeandering, maar ook hierbij geldt dat een gedegen analyse van het stroomgebied en het landschap noodzakelijk is.

De effectiviteit en de duur waarop de buffercapaciteit op een gewenst niveau gehouden wordt door zandbuffering en bekalking zijn niet bekend. Maatregelen die leiden tot een continue aanvulling van bufferstoffen zijn naar verwachting duurzamer dan een eenmalige toevoeging van bufferstoffen. Wanneer de basenverzadiging van stroomdalgraslanden op orde is, kan de kwaliteit van goed ontwikkelde stroomdalgraslanden door middel van begrazing behouden blijven. De begrazing moet voldoende zijn om de vegetatie in de winter kort te krijgen en het stroomdalgrasland in de zomer plaatselijk niet te veel begraasd en vertrapt wordt. Daarnaast is het gunstig als er variatie in graasdruk plaats vindt en er verschillende soorten grazers zijn. Wanneer voormalige stroomdalgraslanden in sterke mate vergrast en vervilt zijn, is de inzet van een hoge graasdruk of een hooibeheer in de beginsituatie noodzakelijk. Een nadeel van hooien is dat dit vaak leidt tot een afname van microreliëf en daarmee een afname in de verscheidenheid aan standplaatscondities en bijgevolg afname van biodiversiteit in het systeem (mond. meded. Takman). Inzet van begrazing geniet dan ook de voorkeur boven de inzet van maaibeheer. In alle gevallen geldt dat de vegetatie voornamelijk kort de winter uit moet komen, maar dat tevens rekening moet worden gehouden met de overwinteringsmogelijkheden van een typische soort als het Geelsprietdikkopje.

Als het voortbestaan van specifieke locaties met een zeer goed ontwikkelde Associatie van Vetkruid en Tijn of met het voorkomen van de zeldzame typische soorten Wilde averuit (*Artemisia campestris campestris*), Zandwolfsmelk (*Euphorbia seguieriana*) of Liggende ereprijs (*Veronica prostrata*) in hun voortbestaan bedreigd worden, kan het noodzakelijk zijn om ten opzichte van hierboven genoemde maatregelen nog aanvullende maatregelen uit te voeren (zie ook (Klimkowska et al. 2011)).

9. Overzichtstabel

Deze overzichtstabel is bedoeld als ondersteuning bij de te nemen maatregelen uit paragraaf 5 en 6 en dient slechts samen met de tekst te worden toegepast.

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
Toevoegen basische stoffen – Actief toevoegen zand	H/U	Herstel buffercapaciteit	groot	Indien herstel natuurlijke dynamiek niet mogelijk Redelijk open vegetatiestructuur Kleinschalig	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	H
Toevoegen basische stoffen – Bekalken	H/U	Herstel buffercapaciteit	groot	Indien herstel natuurlijke dynamiek niet mogelijk Redelijk open vegetatiestructuur Kleinschalig	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	H
Begrazing – jaarrond	H	Afvoeren nutriënten	Matig/ Klein bij groot terrein met heterogene bodem	Verschillende soorten grazers; voldoende intensiteit en variatie/spreiding, in plaats van seizoensbeweiding	Op standplaats	Zo lang als nodig	Lang	V
Maaien en afvoeren + nabeweiding	H/U	Afvoeren nutriënten	Matig tot groot	Vooraf in verruigde situaties, in plaats van alleen begrazing of 1 x maaien	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld tot lang, afhankelijk van bodem	V
Kleinschalig plaggen	H/U	Behoud urgent bedreigde vegetaties en typische soorten	klein	Indien herstel dynamiek niet mogelijk en mits bodem in orde	Op standplaats	Zo lang als nodig	Even geduld	H
Cyclisch beheer	H/U	Herstel sedimentatie/	Groot	Variëren van locatie, langs	LESA	Beperkte	Lang	H

maatregel	type	doel	potentiële effectiviteit	randvoorwaarden / succesfactoren	vooronderzoek	herhaalbaarheid	responstijd	mate van bewijs
uiterwaarden		erosie/buffering; afgraven deel uiterwaard: verjongen		de grote rivieren		duur		
Verlagen deel oeverwal/rivierduin	H/U	Herstel sedimentatie/ erosie/buffering	Groot	Relictpopulaties sparen langs de grote rivieren	LESA	Beperkte duur	Lang	H
Aanleg nevengeul	H/U	Herstel sedimentatie/ erosie/buffering	Groot	langs de grote rivieren	LESA	Eenmalig	Lang	H
Kribverlaging	H/U	Herstel sedimentatie/ erosie/buffering	Matig	Veiligheid en scheepvaart	LESA	Eenmalig	Lang	H
Verwijderen oeverbestorting	H/U	Herstel sedimentatie/ erosie/buffering	Groot	Veiligheid en scheepvaart	Op standplaats	Eenmalig	Lang	V
Hermeandering kleine rivieren	H/U	Systeemherstel stroomgebied	Groot	Analyse van riviersysteem	LESA	Eenmalig	Lang	H

Verklaring kolommen:

Maatregel: soort maatregel, corresponderend met informatie uit paragraaf 5, 6 en 7

Type: H = herstelmaatregel, U = uitbreidingsmaatregel

Doel: beoogde effect van de maatregel (ten behoeve van behoud, herstel en/of uitbreiding)

Potentiële effectiviteit: klein/matig/groot. Effectiviteit van de maatregel (als regime) ten opzichte van andere maatregelen en gerelateerd aan het beoogde effect

Randvoorwaarden / succesfactoren: de belangrijkste randvoorwaarden en succesfactoren van de maatregel

Vooronderzoek: niet noodzakelijk, op standplaats (in het HT zelf of in de directe omgeving), LESA (LandschapsEcologische SysteemAnalyse: Van der Molen 2010).

Herhaalbaarheid: eenmalig (kan maar eenmalig worden uitgevoerd, bijv. dempen sloten); beperkte duur (bij intensivering gaan nadelen opwegen tegen voordelen) of zo lang als nodig (geen negatieve trade-off tussen intensiteit en effectiviteit. Kun je altijd mee doorgaan, geen negatieve gevolgen).

Responstijd: dit betreft het effect van de maatregel (regime): Direct (< 1 jr); Even geduld (1 tot 5 jr); Vertraagd (5 tot 10 jr); Lang (meer dan 10 jr).

Mate van bewijs:

B – Bewezen: de maatregel heeft onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) met zekerheid het in de tekst beschreven positieve effect als hij in de praktijk wordt uitgevoerd. In de regel zal dat onderbouwd moeten zijn met (OBN-)literatuur, maar het kan eventueel ook met (nog niet eerder gepubliceerde) goed gedocumenteerde waarnemingen en o.a. OBN handleidingen.

V – Vuistregel: de maatregel kan onder de in de tekst gegeven voorwaarden (gebiedssituatie + manier van uitvoeren) in veel gevallen het in de tekst beschreven positieve effect hebben als hij in de praktijk wordt uitgevoerd, maar dat is niet zeker. Redenen voor de onzekerheid kunnen zijn dat uit monitoring is gebleken dat er ook (onverklaarde) mislukkingen zijn of dat de voorwaarden voor succesvol herstel nog niet goed bekend zijn.

H – Hypothese: door logisch nadenken is een maatregel geformuleerd die in de praktijk nog niet of nauwelijks is uitgetoetst, maar die in theorie effectief zou kunnen zijn. De aanleiding van de hypothese kan gelegen zijn in analogieën (de maatregel is een vuistregel of bewezen maatregel in een sterk verwant habitatype) of in processen waarvan we denken dat we ze goed begrijpen, maar die echter nog niet op praktijkschaal zijn getoetst.

10. Literatuur

- Beltman, B., J.H. Willems & S. Güsewell 2007. Flood events overrule fertiliser effects on biomass production and species richness in riverin grasslands. *Journal of Vegetation Science* 18: 625–634.
- Bobbink, R., M. Ashmore, S. Braun, W. Fluckiger, I.J.J. van den Wyngaert 2003. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. In: B. Achermann & R. Bobbink (eds.) *Empirical critical loads for nitrogen*. Environmental Documentation No. 164 Air, pp. 43–170. Swiss Agency for Environment, Forest and Landscape SAEFL, Berne.
- Bobbink, R. & J.P. Hettelingh (eds) 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. *Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23–25 June 2010*. RIVM rapport 680359002, 244p.
- DHV 2009. De Vecht, een grenzenloze halfnatuurlijke rivier. Grensoverschrijdende Vechtvisie; uitvoeringsprogramma Vecht en Vechtdal 2009–2013. In opdracht van internationaal samenwerkende overheden. Amersfoort, Zwolle.
- Duursema, G. 2004. Leidraad voor ecologisch herstel van de Overijsselsche Vecht. WVV, Coevorden.
- Hoegen, A.C. 1999. Vegetatiekartering Zeldersche Driessen 1993–1996. Instituut Bos- en Natuuronderzoek/Staatsbosbeheer, Wageningen.
- Hommel P.W.F.M., G.H.P. Dirkx & A.H. Prins 1994. Natuurbehoud en natuurontwikkeling langs Bloemenbeek en Boven-Dinkel : gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding van het Dinkelsysteem voor enkele karakteristieke vegetatietypen Wageningen: DLO–Staring Centrum Rapport / DLO–Staring Centrum.
- Hommel, P.W.F.M., A.H. Prins & H.P. Wolfert 1996. Stroomdalgraslanden en rivierdynamiek. Behoud en ontwikkeling van bloemrijke graslanden langs de Boven-Dinkel. *Landschap* 13: 299–316.
- Keizer, P.J. 2000. Een kanttekening bij gefaseerd maaibeheer. *De Levende Natuur* 101: 41–42.
- Kerkhof, Th. B.M. 2009. Stroomdalgrasland langs de Lek – knelpunten en kansen. *Stratiotes* 39: 21–45.
- King, T.J. 1977. The plant ecology of ant-hills in calcareous grasslands. I. Patterns of species in relation to ant-hills in southern England. *Journal of Ecology* 65: 235–256.
- Klimkowska, A., H. Keizer-Vlek, M. Wallis de Vries, R.J. Bijlsma, A. Schotman & H. van Dobben, 2011. Urgente maatregelen tot behoud van bedreigde typische soorten en vegetatietypen van de Habitatrichtlijn. Alterra-rapport.
- Maas G. & N. Hobo, in prep. Locaties voor ontwikkeling van stroomdalgrasland en hardhoutoibos in de uiterwaarden van de Waal, Nederrijn-Lek en IJssel.
- Maas, G.J., A. Corporaal, R. Kranendonk & H.P. Wolfert 2007. Ruimte voor kleine rivieren. Overijsselse Vecht op koers? Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1512.
- Maas, G.J., B. Makaske, P.W.F.M. Hommel, B.S.J. Nijhof & H.P. Wolfert 2003. Verstoring en successie. Rivierdynamiek en stroomdalvegetaties in de uiterwaarden van de Rijntakken. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 759.
- Peters, B. & G. Kurstjens 2006. Rivierenland in ontwikkeling. Deel 1: Praktijkervaringen met 20 jaar natuurontwikkeling in het riviereengebied. Bureau Drift, Berg en Dal.
- Peters, B. & G. Kurstjens 2007. Rivierenland in ontwikkeling. Deel 2: Resultaten van natuurontwikkeling in het riviereengebied. Bureau Drift/Kurstjens ecologische adviesbureau, Berg en Dal/Beek Ubbergen.

- Peters, B. & G. Kurstjens 2008. Maas in beeld: Succesfactoren voor een natuurlijke rivier. Projectgroep Maas in Beeld. Bureau Drift/Kurstjens ecologische adviesbureau, Berg en Dal/Beek Ubbergen.
- Peters, B. & M. Maris 2006. Op weg naar natuurlijke Maasoevers. *Natuurhistorisch Maandblad* 95: 147–154.
- Peters, B. 2008. Preadvies Rivierengebied. Trends, knelpunten en kennisvragen uit het rivierengebied. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2008/dk093–O.
- Peters, B.W.E., E. Kater & G.W. Geerling 2006. Cyclisch beheer in uiterwaarden: Natuur en veiligheid in de praktijk. Centrum voor Water en Samenleving, Radboud Universiteit, Nijmegen.
- Ruiter, H. 2005. Stroomdalflora in het dal van de Overijsselse Vecht, hoelang nog? *De Levende Natuur* 106: 162–165.
- Runhaar, H., M.H. Jalink, H. Hunneman, J.P.M. Witte & S.M. Hennekens 2009. Ecologische vereisten habitattypen. KWR 09–018, 45 pp.
- Schaffers, A.P., K.V. Sykora, H.P.J. Huiskes & J.H.J. Schaminée 2008. De droge stroomdalgraslanden van het Sedo–Cerastion in Nederland – Verspreiding en soortensamenstelling van het Medicagini–Avenetum en het Sedo–Thymetum vóór 1960 en daarna. Rapport DK nr. 2008/DK092–O, Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede. 193 p.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda 1996. De vegetatie van Nederland deel 3. Graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press. Uppsala/Leiden.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff 1998. De vegetatie van Nederland deel 4. Kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press. Uppsala/Leiden.
- Sykora, K.V. & C. Liebrand 1987. Natuurtechnische en civieltechnische aspecten van rivierdijkvegetaties. Vakgroep V.P.O. LU Wageningen.
- Sykora, K.V., E. Scheper & F.F. van der Zee 1988. Inundation and the distribution of plant communities on Dutch river dikes. *Acta botanica Neerlandica* 37:279–290.
- Sykora, K.V., H.J. Stuiver, I. de Ronde & L.J. de Nijs 2009a. Fourteen years of restoration and extensive year round grazing with free foraging horses and cattle and its effect particularly on dry species rich riverine levee grasslands. *Phytocoenologia* 39: 265–286.
- Sykora, K.V., H.J. Stuiver, I. de Ronde & L.J. de Nijs 2009b. Stroomdalgrasland en veertien jaar verwildering in de Millingerwaard. *Stratiotes* 39: 21–45.
- Takman, B., R. Jonker, G. Maas, P. Hommel & M. Nijssen 2010. Verslag veldwerkplaats Rivierenlandschap: Morfodynamiek en verschillende vormen van beheer: Arriën, 23 juni 2010.
- Van den Bos, H., C. Dijkhuis, T. Hermanussen & J. Rademakers 1997. Riviernatuur in ontwikkeling. Ervaringen van beheerders. Grontmij en Staatsbosbeheer, De Bilt/Driebergen.
- Van der Ploeg, N. 1994. Liggende Ereprijs (*Veronica prostrata* L.) in de Vreugderijkerwaard. *Gorteria* 20: 41–47.
- Van Dobben, H.F., R. Bobbink, A. van Hinsberg & D. Bal 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra–rapport, Wageningen.
- Van Eck, J.M.C., M.P. van Zuizen & K.V. Sykora 1997. De invloed van het beheer op de vegetatie van de Bylanddijk en Helicopterveldje. *Stratiotes* 14: 3–18.

- Viveen, W., G.J. Maas & J.M. Schoorl 2009. Sedimenthuishouding in het stroomgebied van de Nederlands-Duitse Vecht. Potenties voor herstel van natuurlijke rivierdynamiek. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1939.
- Wallis de Vries, M.F. & J.C. Knotters 2000. Effecten van gefaseerd maaibeheer op de ongewervelde fauna van graslanden. *De Levende Natuur* 101: 37-41.
- Weeda E.J., J.H.J. Schaminée & L. van Duuren 2003. Atlas van de Plantengemeenschappen in Nederland deel 3: Kust en binnenlandse pioniermilieus. KNNV-uitgeverij, Utrecht, 256 p.
- Wolfert, H., A. Corporaal, G. Maas, K. Maas, B. Makaske & P. Termes 2009. Toekomst van de Vecht als een halfnatuurlijke laaglandrivier. Bouwstenen bij de grensoverschrijdende Vechtvisie. Alterra-rapport 1897. Alterra Wageningen, 36 p.
- Wolfert, H.P. & G.J. Maas 2007. Downstream changes of meandering styles in the lower reaches of the River Vecht, the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw* 86: 257 – 271.
- Wolfert, H.P., P.W.F.M. Hommel, A.H. Prins & M.H. Stam 2002. The formation of natural levees as a disturbance process significant to the conservation of riverine pastures. *Landscape Ecology* 17: 47-57.
- www.natuurkennis.nl. Website Ontwikkeling + Beheer Natuurkwaliteit.

