

Onderbouwing Ontwerp (integrale rapportage)

**Deelgebied Strijpen De Berk
Waterschap Brabantse Delta**

1 november 2023 - Internal

*Aangepaste DO-tekeningen n.a.v. zienswijzen
toegevoegd, d.d. 8-10-2024*

Contactpersoon

ARJAN TER HARMSEL

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Doel	5
1.2	Aanpak	5
2	Plangebied & Watersysteem Analyse (AGOR)	6
2.1	Gebiedsschets (huidige situatie)	6
2.2	Oppervlaktewater (kwantiteit)	8
2.2.1	Watersysteem	8
2.2.2	Drooglegging	11
2.2.3	Toetsing wateroverlast	12
2.3	Oppervlaktewater (kwaliteit en ecologie)	14
2.4	Grondwater en ondergrond	15
2.5	Ecologie, bestaande natuurwaarden en potenties	18
2.6	Bestemmingen, eigendom en gebruik	19
2.6.1	Vigerend bestemmingsplan	19
2.6.2	Landgebruik toetsing	20
2.6.3	Grondeigendom	21
2.6.4	Peilbesluitfunctiekaart	22
2.6.5	Recreatie	22
3	Optimale situatie (OGOR)	23
3.1	Natuurdoelstellingen	23
3.1.1	Ambitiekaart 2021	23
3.1.2	Bijstelling ambitiekaart (voorstel)	24
3.2	Randvoorwaarden aan de waterhuishouding (natuur)	26
3.2.1	Randvoorwaarden waterkwaliteit	26
3.3	Andere ecologische/natuur opgaven	26
3.4	Watersysteem opgaven	27
4	Inrichtingsmaatregelen (GGOR)	28
4.1	Verantwoording op hoofdlijnen	28
4.2	Stapsgewijze totstandkoming van het ontwerp	28
4.3	Definitief Ontwerp	29
4.3.1	Waterhuishouding	31

4.3.2	Grondverzet	33
4.3.3	Kunstwerken	33
4.3.4	Aanleg bos, petgaten en poelen	33
4.3.5	Recreatie	33
4.4	Nieuwe peilgebieden en drooglegging	34
5	Effecten	37
5.1	Toetsing aan watersysteem opgaven	37
5.2	Hydrologische effecten	37
5.2.1	Effecten op oppervlaktewater (NBW, wateroverlast)	37
5.2.2	Effecten op grondwater	39
5.3	Effecten op ruimtegebruik	42
5.3.1	Toetsing aan landbouw	42
5.3.2	Toetsing wegen, bebouwing, kabels en leidingen	43
5.3.3	Toetsing aan waterkeringen	43
5.3.4	Toetsing aan natuur(ambities)	44
5.3.5	Bijdrage aan andere (ecologische) doelstellingen	48
Bijlage A Modelstudie Grondwater		
Bijlage B Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA)		
Bijlage C Haalbaarheidsonderzoek natuurdoelen		
Bijlage D Definitief Ontwerp		
Colofon		54

1 Inleiding

Met de realisatie van Strijpen - de Berk als Natte Natuurparel binnen het Natuurnetwerk Brabant (NNB) wordt de 3^e van de 3 deelprojectgebieden in het project Noordrand Midden West (NRM-W) heringericht als waterrijk natuurgebied. Het doel is een deelgebied met een watersysteem dat voldoet aan de hydrologische randvoorwaarden voor natte natuurgebieden, extreme neerslagsituaties kan opvangen en rekening houdt met de omliggende landbouwfuncties.

Dit rapport geeft de hydrologische en ecologische onderbouwing weer van de maatregelen die nodig zijn om de beoogde natuurdoelen in dit deelgebied te realiseren. Ook gaat het in op de eventuele effecten van deze maatregelen binnen en buiten het plangebied, en compenserende maatregelen.

Voor dit plangebied is eerder al veel onderzocht en ontworpen. Er liggen ontwerpen uit 2010 en 2016. Met de resultaten in dit onderzoek stellen we het bestaande ontwerp bij tot een nieuw ontwerp.

1.1 Doel

Deze technische-inhoudelijke onderbouwing kent meerdere doelen. In de eerste plaats vormt het de onderbouwing van het inrichtingsplan/planontwerp. In de tweede plaats levert het de verantwoording van dit plan in documenten als Projectplan Waterwet en Peilenplan. Tenslotte wordt hiermee ook de onderbouwing geleverd voor eventuele aanpassingen aan de nu nog geldende natuur-ambitiekaart van de provincie.

De focus van dit onderzoek ligt op hydrologie en ecologie. Het uiteindelijke inrichtingsplan zal ook bestaan uit andere aspecten, zoals recreatie en landschap. Dit komt in het later op te stellen Projectplan Waterwet (dat ook functie doet als inrichtingsplan) integraal aan bod. Het op te stellen Peilenplan vormt de onderbouwing voor het peilbesluit.

1.2 Aanpak

De aanpak is gebaseerd op de GGOR-systematiek. Deze bestaat uit een aantal opeenvolgende stappen, waarin de huidige situatie wordt vergeleken met de optimale situatie voor de gestelde doelen. Vaak is het nodig om maatregelen te treffen om de optimale situatie te bereiken c.q. benaderen. Op grond van onder andere een beschouwing van effecten en neveneffecten van maatregelen, beschikbaarheid van percelen, kostenefficiëntie e.d. wordt er een gewenste situatie bepaald, die in het ontwerp wordt uitgewerkt.

Daarbij komen deze termen en afkortingen voor:

Afkorting	Voluit	Betekenis
AGOR	Actueel grond- en oppervlaktewaterregime	De fysiek aanwezige huidige situatie
OGOR	Optimaal grond- en oppervlaktewaterregime	Optimum behorend bij functie/ruimtegebruik
GGOR	Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime	Nieuwe situatie, na afweging belangen

In het geval van Strijpen - de Berk is al veel informatie over de benodigde maatregelen beschikbaar. De onderbouwing richt zich nu dan ook met name op die onderdelen die nog onvoldoende in beeld zijn. Concreet komt dit neer op de gedetailleerde modellering van het grondwater, en de optimalisatie van de natuur-ambitiekaart in relatie tot de kansen die er zijn en de voorgenomen inrichtingsmaatregelen, waaronder aanpassing van het oppervlaktewatersysteem.

2 Plangebied & Watersysteem Analyse (AGOR)

2.1 Gebiedsschets (huidige situatie)

Het plangebied van de natte natuurparel Noordrand Midden ligt in noordwest Brabant op de overgang van vrij afwaterende zandgronden naar peilbeheerste kleigronden (zie zwart vierkant in Figuur 2-1)



Figuur 2-1. Ligging Mark-Dintel-Vliet met onderscheid in vrij-afwaterend (blanco) en peilbeheerst (licht geel) gebied. In roze en groen zijn de waterkeringen langs de boezem weergegeven. Ook zijn de namen van de sluizen weergegeven en de locaties van de poldergemalen. Het zwarte vierkant geeft globaal de ligging van de natte natuurparel aan.

De Mark-Vliet-boezem, waar de natte natuurparels deel van uit maken, is het restant van een ooit dynamisch brakwatergetijdengebied dat onder de invloed stond van eb en vloed. De zee heeft hier nog voor de Middeleeuwen honderden jaren klei afgezet. Op sommige locaties, op de overgang van zand naar klei zoals ten noorden van Breda, zit ook veen in de ondergrond.

In de Middeleeuwen wordt begonnen met het indijken van de overstromingslanden. De gorzen of kwelders maken plaats voor landbouwpolders. De meeste kreken staan dan via de Mark en Vliet nog in open verbinding met de zee. Door de verdere bedijking neemt de bewoonbaarheid toe. Ook wordt in die tijd de lengte van de Mark al verkort (eerste melding 1570). Tegen 1800 is het merendeel van de Mark en Vliet bedijkt. Het is begin 1800 wanneer de uitwaterende sluizen Benedensas en Dintelsas (sas = sluis) worden aangelegd. De invloed van het reguliere getij is landinwaarts dan nog gewoon merkbaar, maar de pieken nemen af.

Naar aanleiding van de watersnoodramp van 1953 zijn de Zuid-Hollandse en Zeeuwse zeearmen afgesloten, waardoor de Dintel en Vliet sinds 1987 uitmonden in het Volkerak Zoommeer. Het Volkerak Zoommeer heeft een vast waterpeil van ca. NAP 0 m en het water verzoet. Daardoor is sinds 1987 het getij op de Mark-Dintel-Vliet (MDV) geheel verdwenen en is het water van de MDV ook zoet geworden.

Het deelgebied Strijpen - de Berk is in onderstaande figuur aangegeven. Het ligt ten oosten van de Leursche Haven en Halsche Vliet, tussen Etten-Leur en de Mark. Het deel ten noorden van de Strijpenseweg heet Strijpen, het deel ten zuiden van deze weg heet De Berk. Bij gemaal Halle – Halse Vliet ligt een losliggend stuk dat ook onderdeel uitmaakt van dit plangebied.

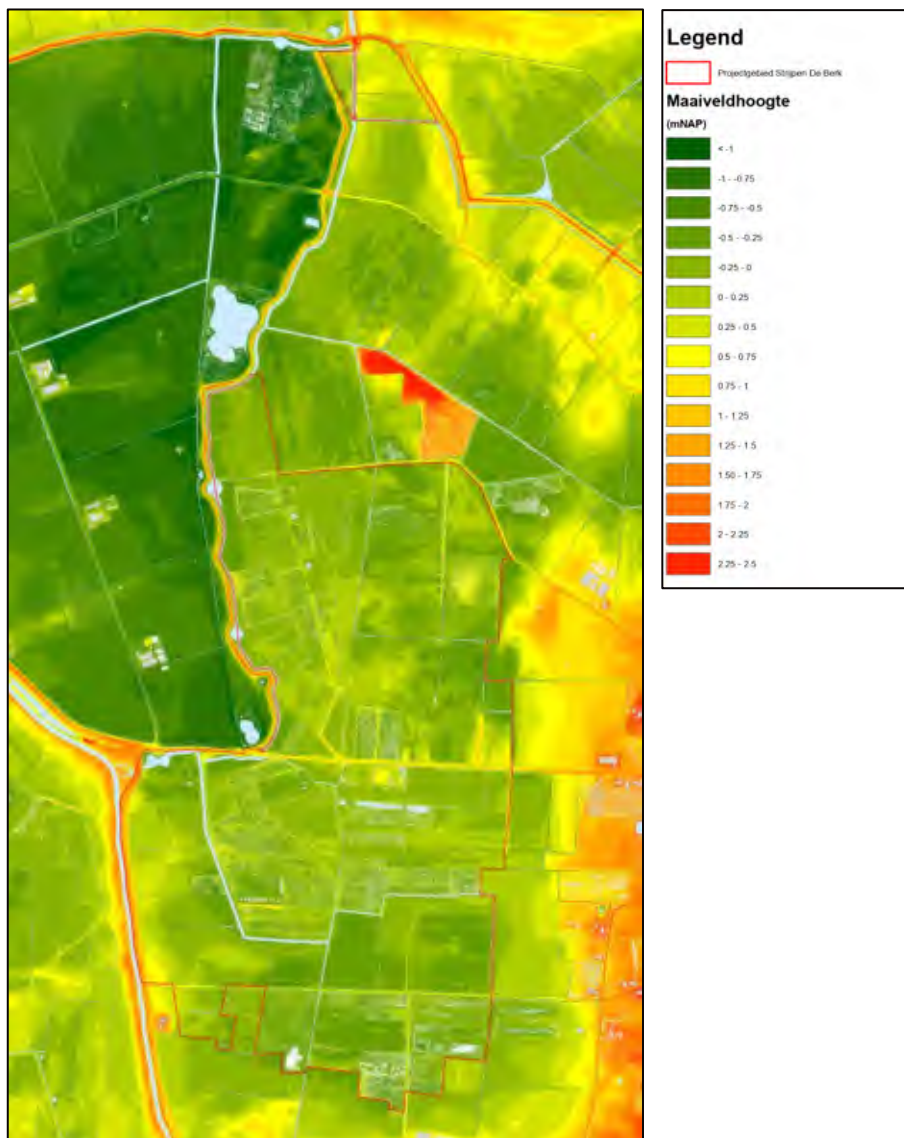


Figuur 2-2. Deelgebied Strijpen - de Berk, met gemeentegrens

Het westelijk deel van De Berk ligt in de gemeente Etten-Leur. Het overige plangebied ligt in de gemeente Breda. Het restant van het voormalige beekje Attelaken vormt hier de gemeentegrens.

Maaiveldhoogte

In Figuur 2-3 is de maaiveldhoogte van het plangebied Strijpen - de Berk en omgeving weergegeven. Het plangebied kent een hoogte rond NAP 0 m., en ligt op de overgang tussen de hogere gronden ten (zuid-)oosten en de lagergelegen polder ten westen, de Zwartenbergse polder. Langs de Leursche haven ligt een wat hogere rug, een oeverwal. Direct naast het plangebied, naast de Hooglaarsestraat, ligt een voormalige vuilstort die opvalt door een hogere ligging. Binnen het plangebied zijn de hoogteverschillen zeer beperkt.



Figuur 2-3. Maaiveldhoogte in het projectgebied en omgeving.

2.2 Oppervlaktewater (kwantiteit)

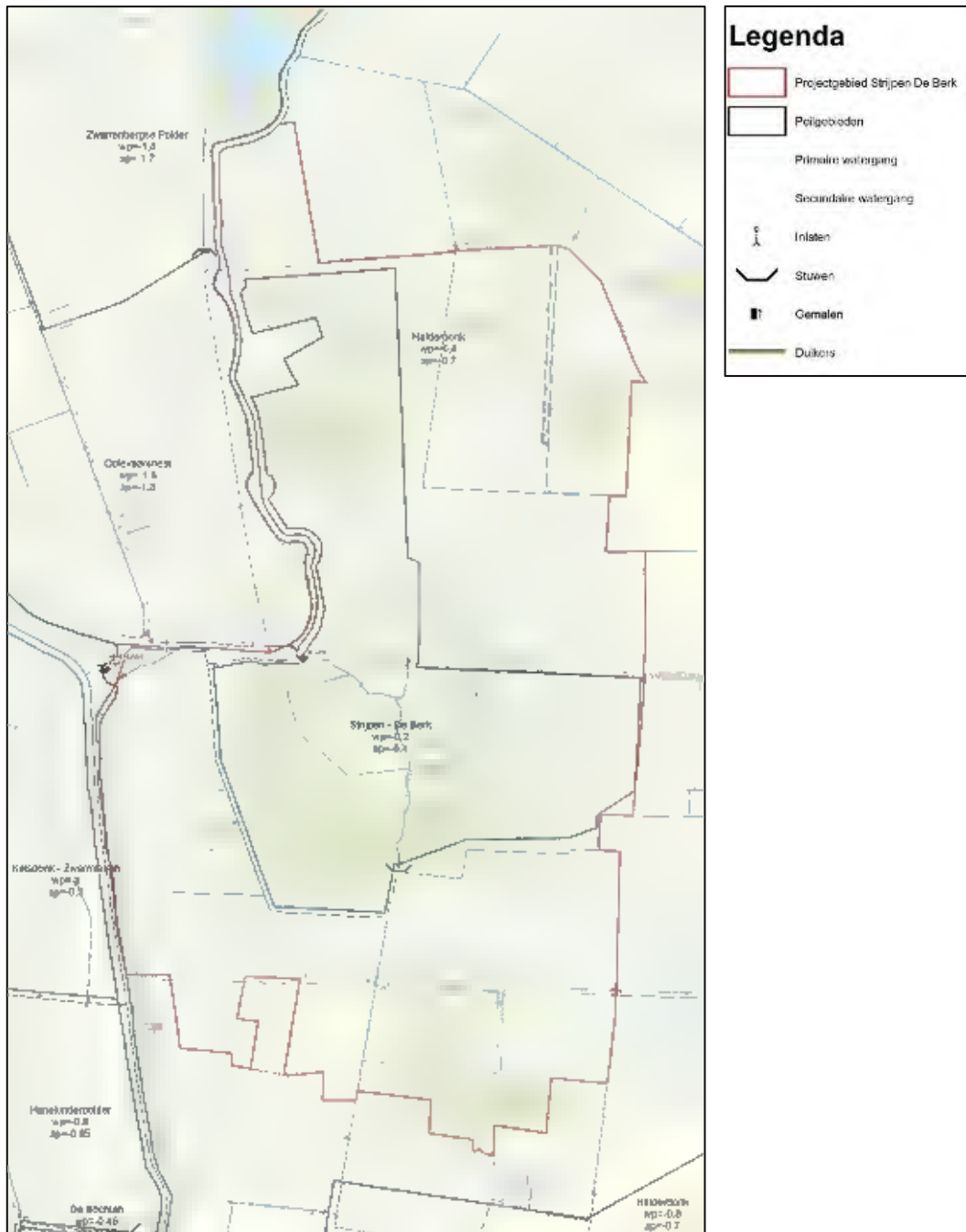
2.2.1 Watersysteem

In figuur 2-4 is een overzicht van het watersysteem in en om het plangebied weergegeven. De peilgebieden staan in figuur 2-5 en tabel 2-1.

Het plangebied (inclusief de naastliggende gebieden) watert af via de Halsche Vliet die wordt bemalen door gemaal Halle – Halse Vliet. Het gemaal Halle – Halse Vliet watert uit op de Mark in het noorden van het plangebied. Het plangebied en omgeving maakt onderdeel uit van peilgebied Halderdonk, met een zomer- en winterpeil van NAP -0,70 / -0.80 m. Daarbinnen, en binnen het plangebied, ligt het peilgebied De Berk, met een niet gestuurd flexibel peil van

NAP -0,20 / -0,40 m. Het peilgebied De Berk wordt van water voorzien via het gemaal De Berk vanuit de Halsche Vliet. In de praktijk is de grens van het peilgebied De Berk niet zo duidelijk. De indruk is dat het deel ten noorden van de Strijpenseweg en het deel ten oosten van de Attelaken niet goed op peil gehouden kunnen worden. Het omliggende gebied, met landbouw en woonbebouwing, watert af via of langs het plangebied. De Leursche Haven staat onder normale omstandigheden in open verbinding met De Mark en kent een peil rond NAP 0m.

Het peilverloop door het jaar is niet in detail bekend, maar het peil zakt normaliter uit in de zomer (zie bijlage A, peilbuizen in het plangebied).



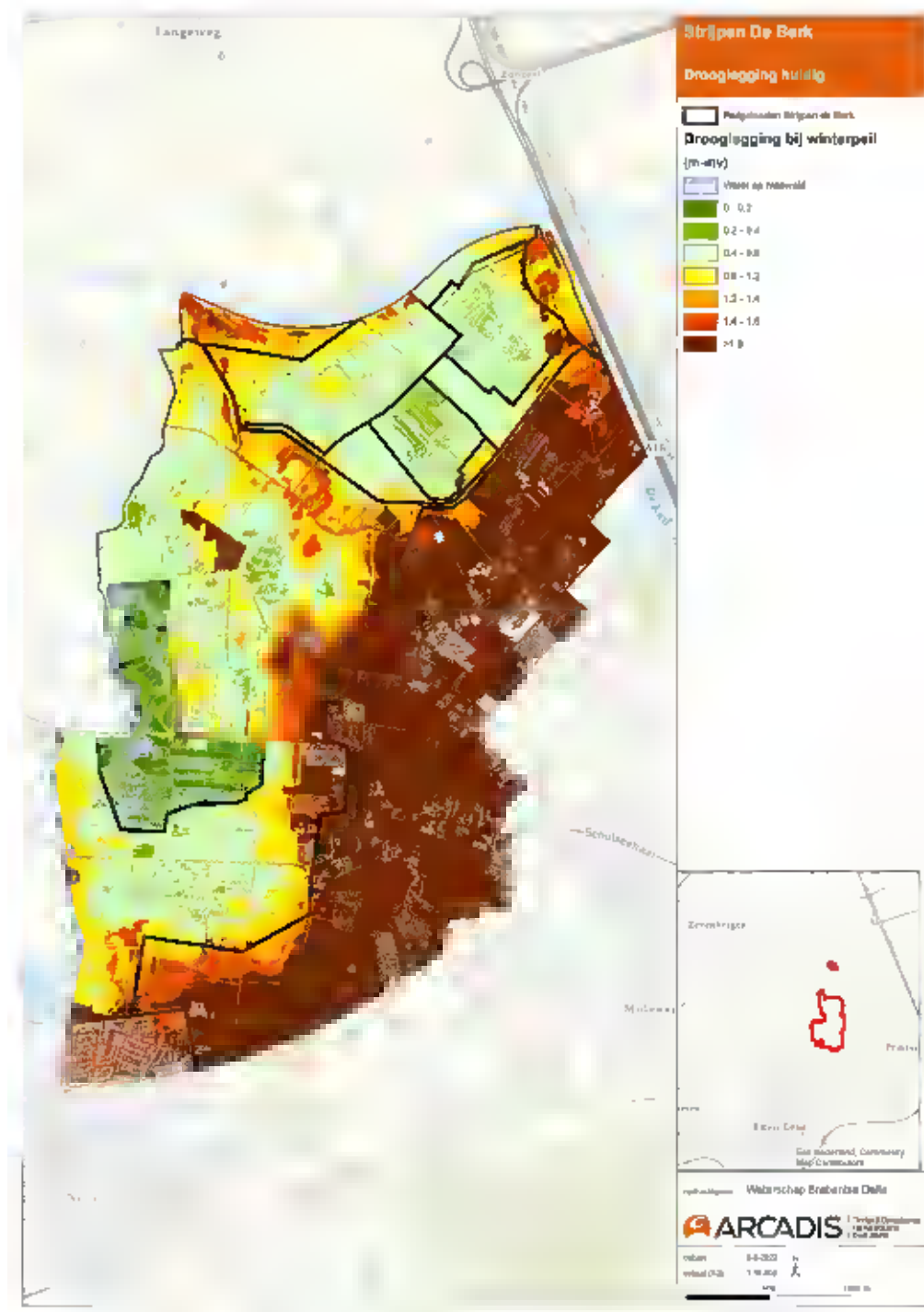
Figuur 2-4. Overzicht van het watersysteem in en om de natte natuurparel Strijpen - de Berk



2.2.2 Drooglegging

In figuur 2-6 is de drooglegging van het bemalingsgebied bij winterpeil weergegeven. Dit betreft de in praktijk gehanteerde peilen, de praktijk is soms anders (droger), zeker binnen het plangebied.

De omgeving kent een landbouwkundige drooglegging, het plangebied is wat natter en kent een kleinere drooglegging. Dit geldt vooral voor het centrale deel met het hogere peil.



Figuur 2-6. Drooglegging (bij winterpeil) in het plangebied Striijen - de Berk en omgeving.

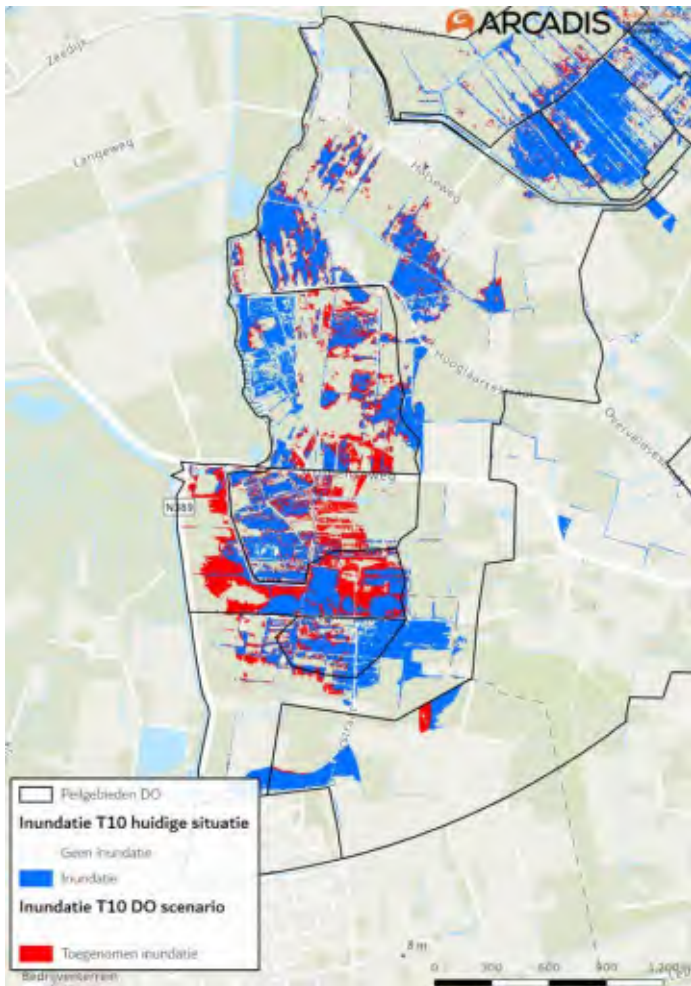
In Tabel 2-1 is per peilgebied het zomer- en winterpeil, marge, gemiddelde maaiveldhoogte en de gemiddelde drooglegging bij winterpeil weergegeven. In de modellering is overigens gebruik gemaakt van de ingeschatte praktijkpeilen, zie bijlage A.

Tabel 2-1. Overzicht per peilgebied

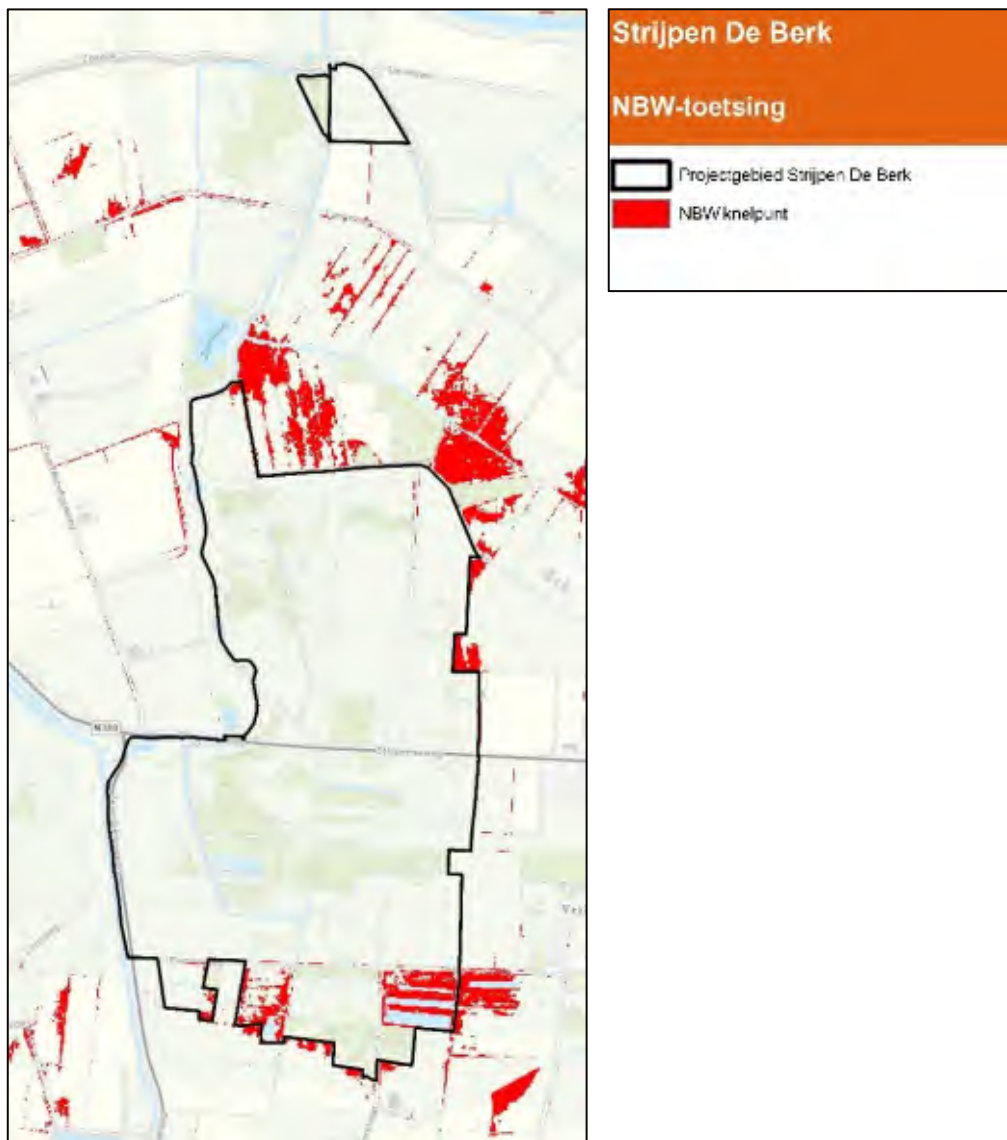
CODE	PGIDENT	NAAM (en type)	ZP of Max.	WP of Min.	Marge (dagelijks) cm	Marge (dynamisch) cm
MO2	GPG00426	Strijpen - De Berk (niet gestuurd flexibel peil)	-0.20 (maximum)	-0.40 (minimum)	0	30
MO1	GPG00453	Halderdonk (zomer- en winterpeil)	-0.70 (zomerpeil)	-0.80 (winterpeil)	15	30

2.2.3 Toetsing wateroverlast

In 2018 is een NBW (Nationaal Bestuursakkoord Water)- wateroverlast toetsing uitgevoerd voor onder andere dit plangebied. Er zijn verschillende inundaties in en om het plangebied berekend, zie figuur 2-6. Figuur 2-7 laat zien of deze inundaties uiteindelijk knelpunten veroorzaken. Wanneer de inundaties vaker voorkomen dan de toegestane normering, wordt er een knelpunt berekend. Binnen het plangebied zijn zeer beperkt knelpunten berekend. Langs de zuidrand en ten noorden van Strijpen zijn wat uitgebreidere gebieden als knelpunt aangeduid.



Figuur 2-7. Berekende inundaties (Bron: Waterschap Brabantse Delta)



Figuur 2-8. Berekende knelpunten voor Strijpen - de Berk en omgeving (Bron: Waterschap Brabantse Delta)

2.3 Oppervlaktewater (kwaliteit en ecologie)

Er waren weinig gegevens beschikbaar over de chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater binnen het plangebied. In het kader van dit project is nader veldwerk uitgevoerd. In de LESA (bijlage B) is kort ingegaan op de bestaande situatie en de potenties. Daarna (2021, zie ook Bijlage B) is ter plekke van de bestaande petgaten een veldbezoek uitgevoerd. Tenslotte is in het nader onderzoek “Haalbaarheidsstudie natuurdoelen Strijpen - de Berk” (2022, zie bijlage C) de bodem- en grondwaterkwaliteit in relatie tot de natuurambities en -potenties bepaald, alsmede de oppervlaktewaterkwaliteit op enkele punten.

Voor wat betreft flora en fauna in het gebied kan worden verwezen naar de nu uitgevoerde QuickScan (“QuickScan Wnb ontwikkeling natte natuurparel Strijpen - de Berk”, d.d. 12-01-22). Daaruit blijkt onder andere dat de grote modderkruiper waarschijnlijk aanwezig is in het plangebied, en dat primaire waterlopen geschikt zijn als voorplantingswater voor de alpensalamander en de poelkikker.

Invasieve exoten zijn de afgelopen jaren aangetroffen in het plangebied, zowel planten als dieren (o.a. de Amerikaanse rivierkreeft).

De kwaliteit van het inlaatwater vanuit de Halsche Vliet / Leursche Haven kan invloed hebben op de vegetatie in watergangen en oevers. In het naastgelegen Kelsdonk Zwermlassen is dat ingelaten water wat voedselrijker dan het gebiedseigen water. Dit is meegenomen in het hiervoor genoemde nader onderzoek.

2.4 Grondwater en ondergrond

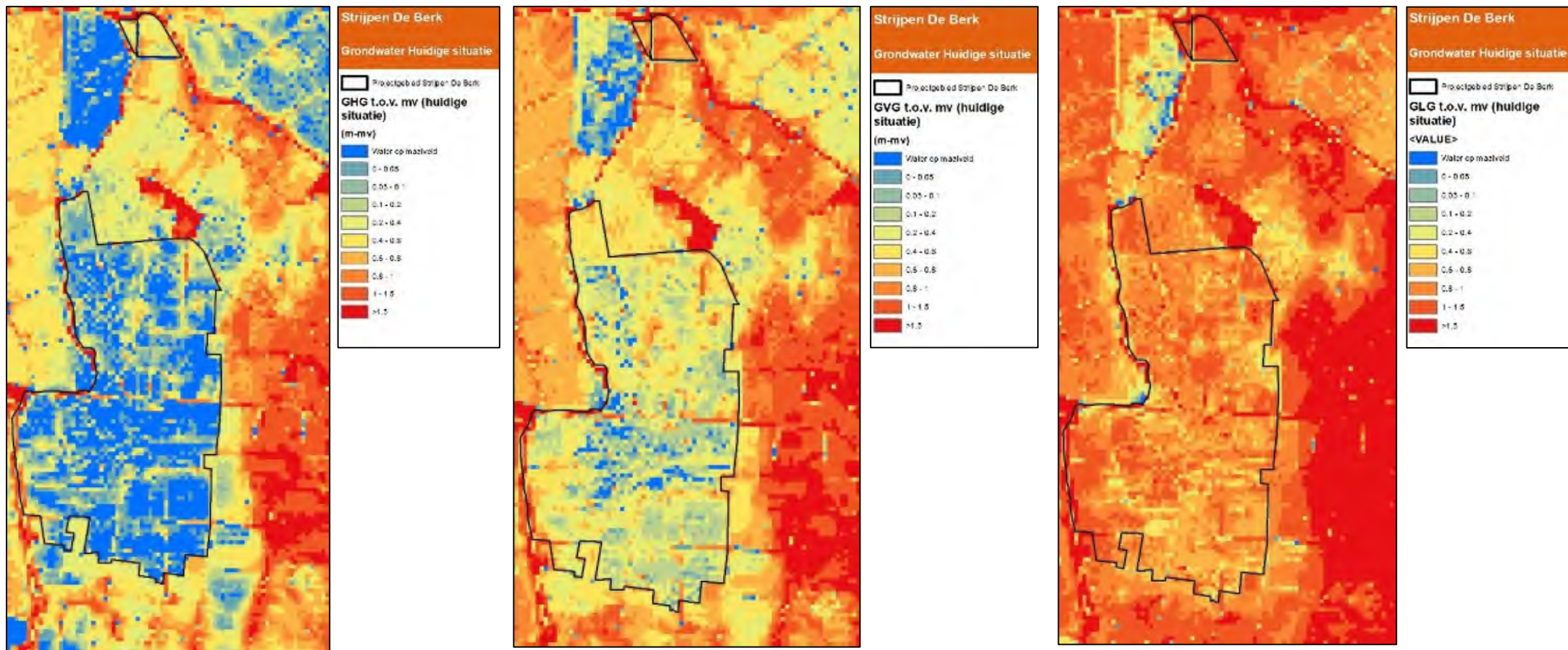
Voor een uitgebreide beschrijving van het grondwatersysteem wordt verwezen naar de modelstudie die als Bijlage A is bijgevoegd. Hieronder is een korte samenvatting opgenomen van die zaken die direct samenhangen met de onderbouwing van het ontwerp.

Ten behoeve van dit project is het bestaande Brabant model gebruikt als basis. Vervolgens is er een uitsnede gemaakt en verfijnd ten behoeve van dit project.

Na de laatste ijstijd (einde Pleistoceen) was het gebied zandig en kende het gebied veel meer reliëf dan nu. In het Holoceen is er een dunne deklaag ontstaan, bestaande uit veen en klei. De hoogste zandkoppen (donken) bleven boven de deklaag uitsteken of zitten er net onder. De deklaag varieert in het projectgebied van dikte van enkele decimeters tot enkele meters dik en bestaat voornamelijk uit veen, klei of klei op veen. De deklaag is in het oosten vaak dun (tot minder dan 40cm) en neemt in dikte toe naar het westen van het plangebied. Onder de deklaag bevindt zich het 1^e watervoerende pakket dat in het projectgebied bestaat uit de Pleistocene zanden van de formatie van Bortel. De formatie van Bortel is zandig en dus veel beter doorlatend dan de deklaag van klei en veen.

Onderstaand figuur 2-9 geeft de gemiddelde grondwaterstanden voor de huidige situatie weer (winter, voorjaar, zomer). Het ruimtelijk patroon hiervan volgt het maaiveldverloop en de peilgebieden. De lage delen zijn nat, de hoge delen droog. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is vaak het relevantst voor de natuurdoelen, maar in dit gebied is zeker ook het te ver uit zakken in de zomer een probleem. Ondanks wateraanvoer zakt de grondwaterstand uit in de (na)zomer. Er is kennelijk onvoldoende aanvoer en/of het aangevoerde water kan niet overal komen, bijvoorbeeld doordat sloten en duikers onvoldoende capaciteit hebben of verstopt zitten.

Met het grondwatermodel is ook bepaald of er sprake is van kwel. Kwel is in dit geval gedefinieerd als een stroming van grondwater naar de deklaag toe, zie figuur 2-10. Over het algemeen is het plangebied nu een infiltratiegebied. Met name in en langs de waterlopen is vaak wel sprake van kwel. De mate van kwel of infiltratie is veelal beperkt, in enkele grotere sloten is de kwelflux relatief groot.



Figuur 2-9. Van links naar rechts: de weergave van de GHG, GVG en GLG

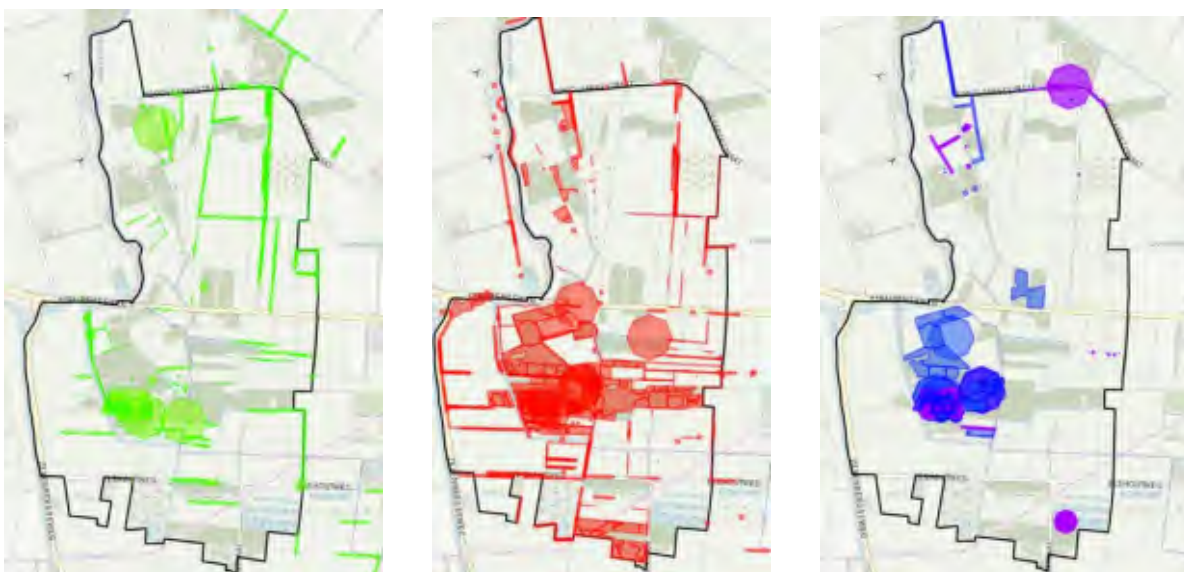


2.5 Ecologie, bestaande natuurwaarden en potenties

In bijlage B is een globale landschapsecologische analyse opgenomen. Deze paragraaf vat die samen; de focus ligt op de indicaties die de bestaande vegetatie geeft en de potenties die daaruit kunnen worden afgeleid.

Strijpen en De Berk zijn van oudsher de natste deelgebieden van Noordrand Midden West, waar de meeste kritische soorten voorkwamen. En nog steeds komen met name in de Berk de meeste bijzondere soorten voor van de drie deelgebieden. De floristische waarden bevinden zich in de bossen, de petgaten, enkele schraallanden en recent geplagde percelen (zie figuur 2-11). In een oud petgat zijn vegetaties aanwezig die duiden op voedselarme, matig zure condities, maar ook soorten die wijzen op een hogere basenrijkdom. In enkele nieuw gegraven petgaten zijn uitsluitend algemene soorten van voedselrijk water aangetroffen. Bij een veldbezoek in het najaar van 2021 is vastgesteld dat de petgaten sterk van elkaar verschillen, en dat ook zeldzamere soorten voorkomen. Een vegetatiekartering in De Berk uit 2008 geeft aan dat moeraszegge sterk toeneemt. Dominantie van moeraszegge is een sterke indicatie dat er basenrijke kwel tot in het maaiveld reikt. Ten noorden van de Strijpense weg zijn de genoemde soorten veel minder aanwezig. In het oosten van Strijpen beperken kwelindicatoren zich tot de sloten. Opvallend is dat in beide gebieden, maar meer in Strijpen, soorten van vrij voedselarm, zwak gebufferde omstandigheden in het water zijn aangetroffen. Dit geeft aan hoe voedselarm het water is; geenszins de kwaliteit van inlaatwater uit de Halsche Vliet. Dit is een sterke indicatie dat hier meer potenties liggen voor schrale natuur, zoals nat schraalland of vochtig heischraal grasland. Dit indiceert dat er sprake is van basenrijke natte, en voedselrijke condities en dat een ontwikkeling naar vochtig hooiland waarschijnlijk goed mogelijk is. Ten zuidoosten van de petgaten, vlak bij de stuw, ligt een perceel dat gekarakteriseerd kan worden als een matig ontwikkeld nat schraalland. Dit geeft aan dat hier zeker potenties liggen voor de ontwikkeling van nat schraalland. In het zuidwestelijkste deel van het gebied is vooral intensief agrarisch grasland aanwezig.

Uit de grondwatermodellering blijkt dat er vooral in de grote sloten in het gebied grote hoeveelheden kwel optreden; meer dan 3 mm/dag. Ondanks het intensieve landbouwkundige gebruik worden in en langs deze sloten veel soorten aangetroffen die duiden op een goede waterkwaliteit en/of vrij voedselarme omstandigheden. Dit is een sterke indicatie dat er hier inderdaad kwel optreedt en dat deze van goede kwaliteit is. Op een aantal plaatsen treedt de kwel niet alleen in de sloten op, maar zelfs in het maaiveld. Dit zijn vrijwel allemaal percelen die in het verleden zijn afgegraven (voor veen- en/of zoutwinning) of recent zijn afgeplagd. Afgraven kan dus in dit gebied leiden tot kwel in maaiveld en schrale natuur, zeker als dit gecombineerd wordt met enige peilopzet van de nu sterk drainerende sloten.



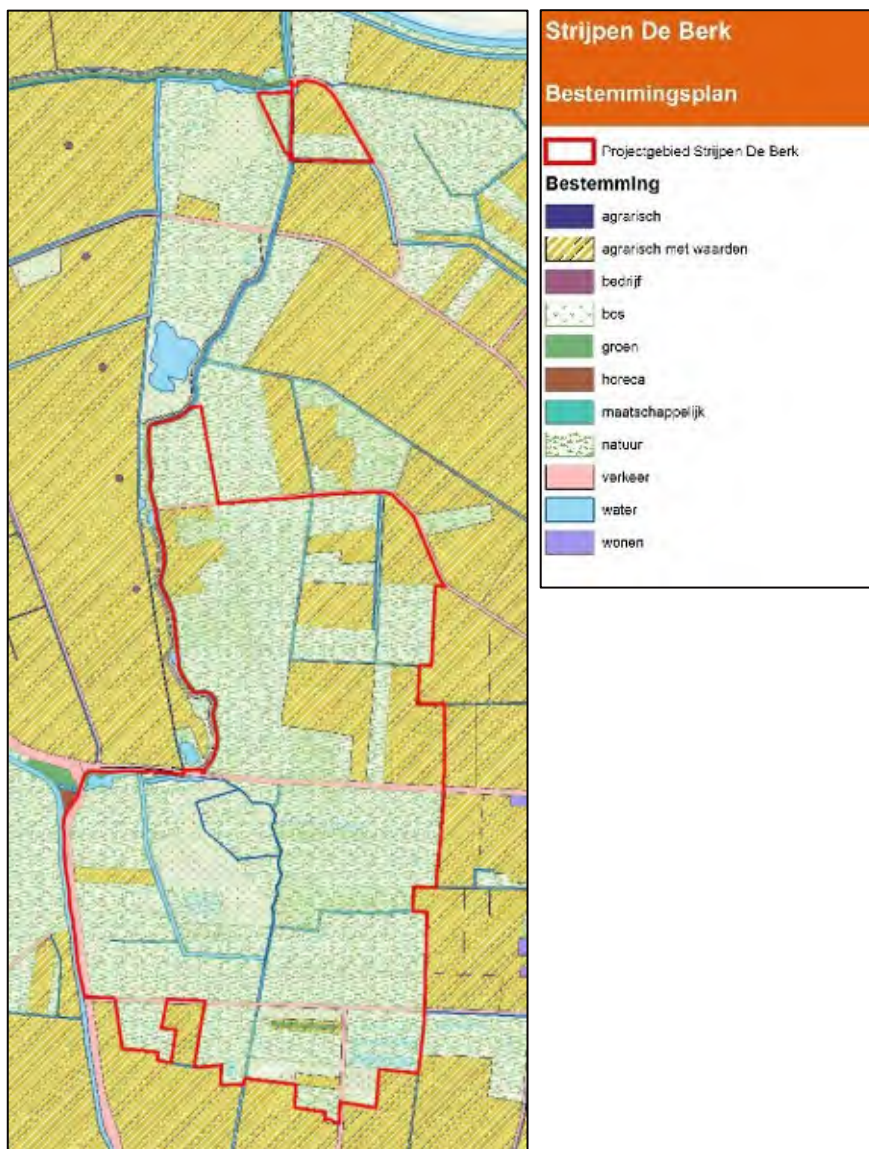
Figuur 2-11. Voorkomen van indicatieve plantensoorten in Strijpen - de Berk na 1990. Indicaties voor kwel in groen, voor basenrijke kwel in rood, voor zure omstandigheden (regenwater) in blauw en voor zwak gebufferde omstandigheden (veenachtig) in paars. Bron: NDFF. Voor soorten en hun indicaties zie bijlage B

2.6 Bestemmingen, eigendom en gebruik

Bestemming, eigendom en gebruik van de percelen zijn medebepalend voor de na te streven waterhuishoudkundige situatie. Uit het onderstaande blijkt dat er mogelijk nog enkele belemmeringen liggen op deze aspecten om de natte natuurparel hier te realiseren. Voor de planvorming gaan we uit van de aanwijzing tot natte natuurparel. Het ontwerp zal daarop worden gericht.

2.6.1 Vigerend bestemmingsplan

In figuur 2-12 zijn de vigerende bestemmingen binnen het plangebied weergegeven. Het grootste deel van het plangebied kent de bestemming natuur of bos. Er liggen echter nog diverse agrarisch bestemde percelen in het plangebied (agrarisch met waarden). Daarnaast o.a. de bestemming verkeer. Om uiteindelijk de Natte Natuurparel volledig te ontwikkelen is het van belang dat het gebied als bestemming Natuur of Bos heeft. Het is ook mogelijk dat de eigenaren van de percelen vrijwillig mee willen werken in het ontwikkelen van de Natte Natuurparels.

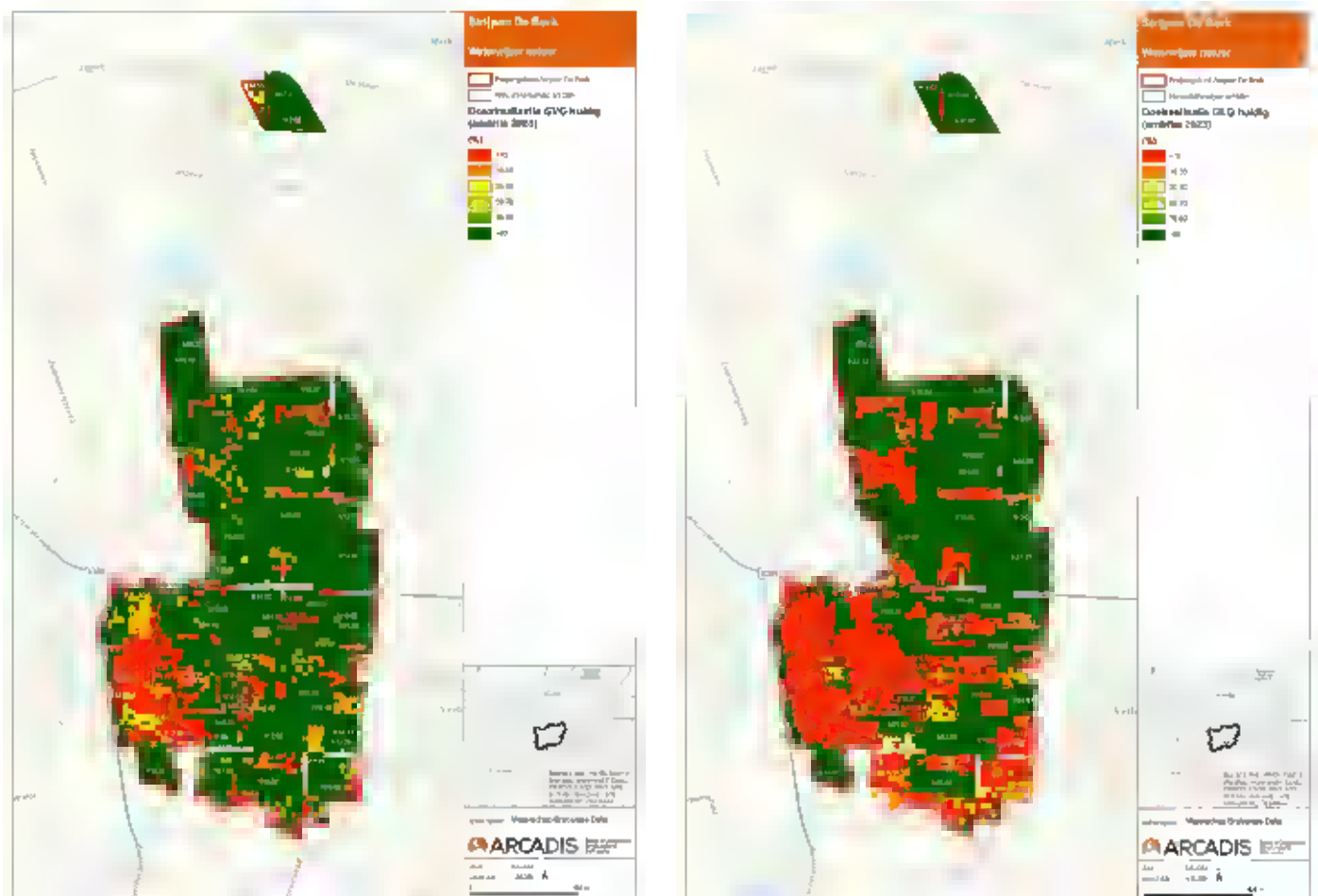


Figuur 2-12. Bestemmingsplan in het projectgebied (Bron: Ruimtelijkeplannen.nl).

2.6.2 Landgebruik toetsing

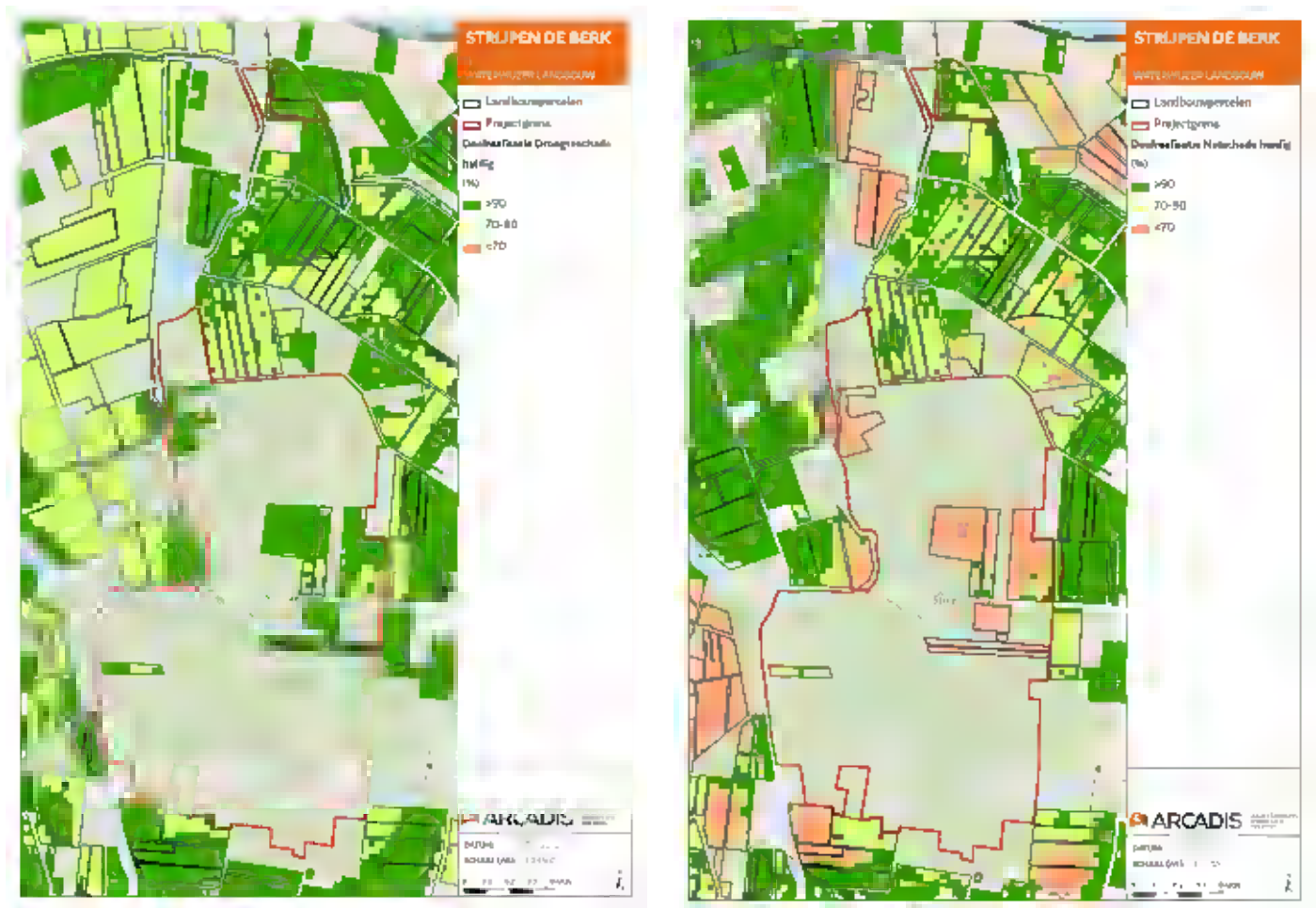
Het grootste deel van het plangebied is bestaande natuur, voornamelijk grasland en bos. Daarbinnen komen enkele agrarische percelen voor. De omgeving is agrarisch, weiland en bouwland. Binnen het plangebied zijn geen woningen aanwezig, wel diverse wegen en kabels en leidingen.

Voor een deel is de doelrealisatie voor nu beoogde natuur redelijk goed, maar niet voor de meer kritische typen zoals petgaten en laagveenbossen (zie figuur 2-12). Daarvoor zakt het grondwater nu te ver uit, en is mogelijk de kwaliteit onvoldoende.



Figuur 2-13. Doelrealisatie Natuur (GVG en GLG), voor de beoogde natuur (o.b.v. voorgestelde natuurambitiekaart)

De beoordeling van de bestaande situatie voor landbouw is onderstaand weergegeven. De direct omgeving van het plangebied is aan de natte kant vanuit landbouw geredeneerd. Dit geldt zeker voor de inliggende landbouwgebieden (binnen de natte natuurparel). Het ruimtelijk patroon komt overeen met de droogleggingskaart.



Figuur 2-14. Doelrealisatie Landbouw (links droogte, rechts nat) huidige situatie

2.6.3 Grondeigendom

In Figuur 2-15 zijn de grondeigendommen binnen het projectgebied weergegeven. Het grootste deel is in eigendom van Staatsbosbeheer. Verspreid zijn enkele percelen in particulier bezit (kleur roze en lichtgroen). Het waterschap werkt aan de verwerving van enkele landbouw percelen. Voor enkele particuliere percelen geldt dat de eigenaar akkoord is met de natuurfunctie, maar wel het eigendom behoudt.

Voor dit plan is uitgegaan van de doelstelling Natte Natuurparel voor het gehele plangebied.



Figuur 2-15. Eigendommen binnen het plangebied Strijpen - de Berk (Bron: Waterschap Brabantse Delta).

2.6.4 Peilbesluitfunctiekaart

Het waterschap hanteert een “peilbesluitfunctiekaart” die aangeeft welke functie maatgevend is voor de in te stellen peilen. Het beeld komt overeen met de bestemmingen en eigendom. Voor dit plan is uitgegaan van de doelstelling natte natuurparel. Dit komt onder andere terug in de toetsing van effecten op de omgeving.

2.6.5 Recreatie

Het plangebied kent extensief recreatief medegebruik. Over de inliggende paden kan worden gewandeld (zoals Natuurpad De Berk – Strijpen), op en langs verharde wegen / fietspaden kan worden gefietst. Een klein deel van de Halsche Vliet en enkele zijlopen is verpacht als viswater.

De gemeente zal een fietsbrug aanbrengen over de Halsche Vliet die de Hooglaarsestraat verbindt met de Haagsedijk.

3 Optimale situatie (OGOR)

Aanleiding tot dit plan is de aanwijzing tot Natte Natuurparel. Hoofddoel is daarmee om de waterhuishouding en inrichting van het plangebied aan te laten sluiten op de natuurambities die voor het plangebied zijn vastgesteld. Tegelijkertijd dient overlast op andere functies buiten het plangebied voorkomen te worden. In dit hoofdstuk komt aan bod wat de doelstellingen voor natuur en water zijn, en welke randvoorwaarden die stellen aan de waterhuishouding.

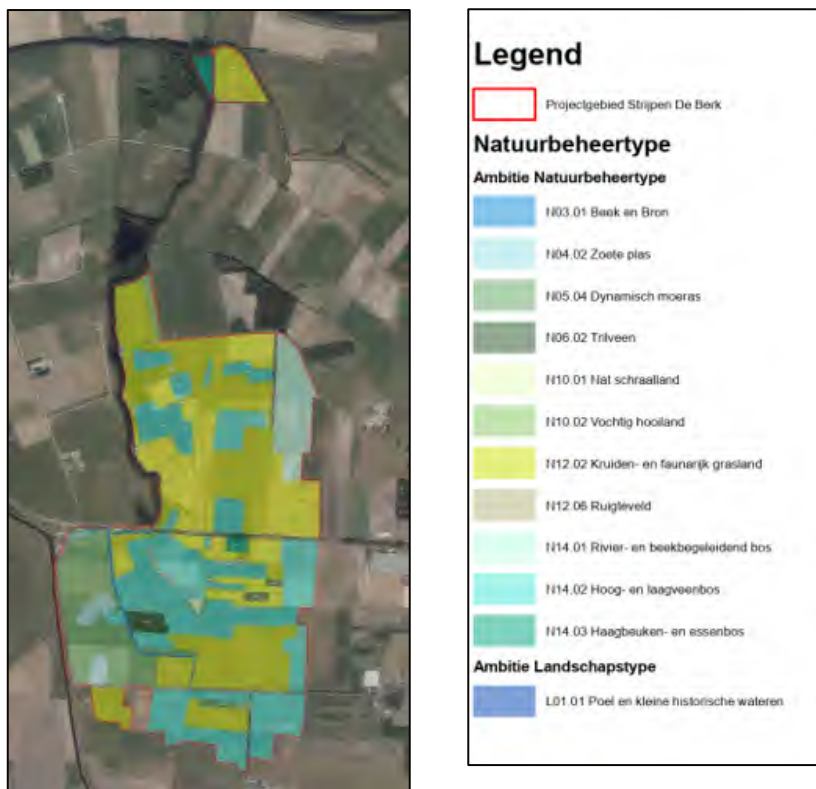
3.1 Natuurdoelstellingen

Op grond van nader onderzoek is de ambitiekaart natuur geoptimaliseerd – zie verderop. Hieronder is eerst kort de ambitiekaart van 2021 beschreven, gevolgd door de bijgestelde ambitiekaart 2022.

3.1.1 Ambitiekaart 2021

Voor Strijpen - de Berk zijn in 2021 door de provincie de volgende natuurtypen vastgesteld in de natuurambitie kaart, zie ook figuur 3-16 hieronder. Op hoofdlijn volgt de natuurambitie de bestaande situatie, het plangebied bestaat grotendeels uit graslanden met inliggende bossen.

- De graslanden zijn grotendeels aangeduid als kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), en enkele percelen nat schraalland (N10.01) en vochtig hooiland (N10.02).
- De bestaande bossen zijn veelal hoog- en laagveenbos (N14.02), de nieuw te realiseren bossen ook wel rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01).
- In De Berk liggen enkele poelen (N04.02, zoete plas en L01.01 Poel)
- In Strijpen liggen enkele percelen trilveen (N06.02), haagbeuken- en essenbos (N14.03), dynamisch moeras (N05.04)
- Aan de zuidwesthoek, tussen Halsche Vliet en Leursche Haven is een dynamisch moeras (N05.04) geprojecteerd, met inliggende plassen (N04.02)



Figuur 3-16. Kaart met natuurambitie deelgebied Strijpen - de Berk (Provincie Brabant, oktober 2021)

3.1.2 Bijstelling ambitiekaart (voorstel)

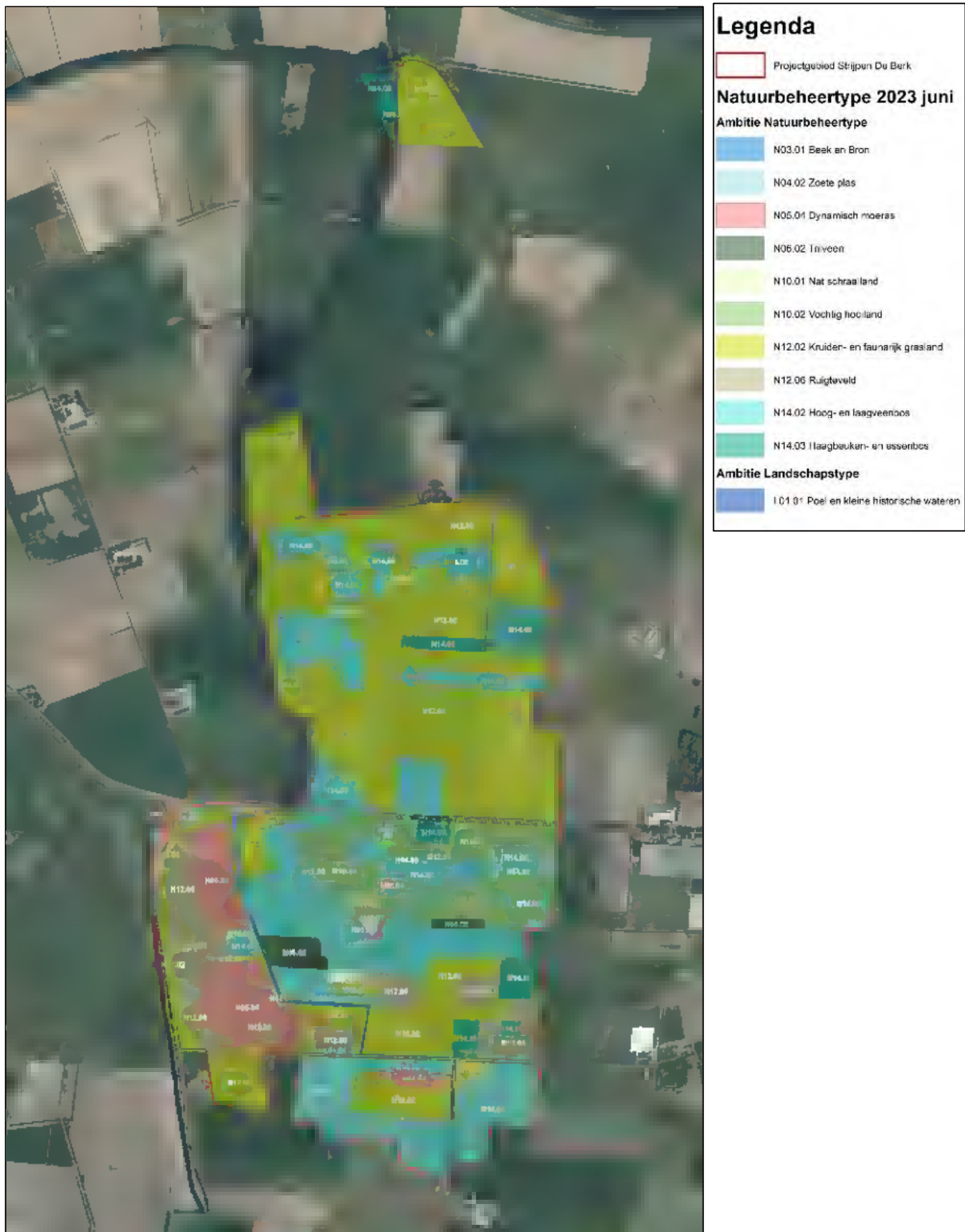
In Strijpen - de Berk lijken de potenties hoger dan eerder gedacht (zie ook paragraaf 2.5):

- Op enkele percelen waar de kleilaag is verwijderd heeft zich wel degelijk nat schraalland ontwikkeld;
- Andere percelen laten een ontwikkeling zien in de richting van dotterbloemhooiland (onderdeel van vochtig hooiland), maar voedselrijkdom en pitrus zijn een probleem. De beschikbare fosfaatgehalten in de bouwvoor zijn hoog, maar direct onder de bouwvoor zijn ze vrijwel overal laag genoeg voor schrale vegetaties;
- Er zijn sterke indicaties dat in de Berk basenrijk water in de sloten en lokaal ook in de percelen komt en dat plaatselijk voedselarm, zwak gebufferd kwelwater aan de oppervlakte komt.

Om dit te onderbouwen heeft zomer 2022 een nader onderzoek plaatsgevonden naar de mogelijke bodem- en watercondities. De rapportage hiervan is opgenomen als Bijlage C bij dit rapport. Er blijken inderdaad kansen te liggen, op grond waarvan de natuurambities worden aangepast. Hierin zijn meteen ook de laatste aanpassingen aan de beoogde boslocaties verwerkt.

- In de noordoosthoek, langs de Hooglaarsestraat, liggen kansen voor een graslandengradiënt, die met de aanleg van een flauw talud, als natuurvriendelijke oever wordt uitgevoerd.
- Het bos ten zuiden daarvan is kansrijk voor Haagbeuken Essen bos (N14.03)
- In het oosten van De Berk worden de nieuwe petgaten (N06.02) wat opgeschoven, op basis van de bodemsamenstelling.
- In het zuiden van De Berk ligt een perceel waar kansen zijn voor blauwgrasland-ontwikkeling (N10.01).
- De moeraszone (N05.04) in het zuidwesten wordt geoptimaliseerd qua ontgraving en inrichting. Een deel van de kleilaag wordt verwijderd, geen onderliggend veen of zand, op de overgangszone naar het westen komt een ruigteveld (N12.06)
- Ruigteveld (N12.06) is ook passender in de zuidoosthoek, direct ten noorden van de Elshoutweg, omdat dit gebied natter wordt dan eerder gedacht.
- Rivier en beekbegeleidende bossen (N14.01) komen te vervallen, omdat deze inundatie met oppervlaktewater vereisen. Hiervoor in de plaats komt dan Laagveenbos (N14.02) en Haagbeuken Essen bos (N14.03)
- Delen van De Berk, direct ten zuiden van de Strijpenseweg, worden geschikt voor vochtig hooiland (N10.02), in plaats van kruiden- en faunarijk grasland.
- Op diverse plekken worden poelen (L01.01) toegevoegd (niet zichtbaar op onderstaande figuur, zie ontwerp)

Dit alles resulteert in de onderstaande Natuurambitiekaart. Deze zal worden voorgelegd aan de provincie ter vaststelling, in de jaarlijkse bijstelling van het natuurbeheerplan. Dit plan gaat ondertussen al wel van deze kaart uit.



Figuur 3-17. Voorstel aanpassing Ambitiekaart

3.2 Randvoorwaarden aan de waterhuishouding (natuur)

De tabel hieronder geeft weer welke hydrologische randvoorwaarden zijn gehanteerd in dit plangebied. Deze komen overeen met de GGOR-methodiek van de provincie Noord-Brabant. Voor elk "beheertype" is daarin aangegeven wat de abiotische randvoorwaarden zijn. Dit betreft de GVG, de GLG en de droogtestress (afgeleid van bodemtype en GLG). Als toelichting: de optimale range ligt tussen de kolommen B1 en B2, met uitloop naar A1 en A2.

Als voorbeeld: vochtig hooiland (N10.02) vraagt idealiter een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) tussen 13 cm boven en 45 cm beneden maaiveld, en komt niet meer voor bij waterstanden hoger dan 25 cm boven maaiveld en lager dan 60 cm beneden maaiveld. De waarden 999 / -999 / blanco geven aan dat dit aspect niet relevant is.

Code	Beheertype	GVG				GLG				DSTRESS			
		A1	B1	B2	A2	A1	B1	B2	A2	A1	B1	B2	A2
N03.01	Beek_en_bron	-999	-999	999	999	-999	-999	999	999	-999	-999	999	999
N04.02	Zoete_plas	-999	-999	999	999	-999	-999	999	999	-999	-999	999	999
N06.02	Trilveen	-15	-10	3	10	-999	-999	20	45	-	-	-	-
N10.01	Nat_schraalland	-20	-10	38	50	-	-	-	-	-999	-999	28	35
N10.02	Vochtig_hooiland	-25	-13	45	60	-	-	-	-	-999	-999	38	45
N11.01	Droog_schraalland	-10	10	999	999	-	-	-	-	0	9	999	999
N12.02	Kruiden- en faunarijk grasland	-20	-3	999	999	-	-	-	-	2	10	38	45
N12.03	Glanshaverhooiland	15	25	999	999	-	-	-	-	0	9	38	45
N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos	-40	-18	999	999	-	-	-	-	-999	-999	28	40
N14.02	Hoog- en laagveenbos	-40	-18	28	40	-999	-999	50	70	-	-	-	-
N14.03	Haagbeuken- en Essenbos	10	30	999	999	-	-	-	-	-999	-999	25	40
N15.02	Dennen-, Eiken- en Beuken	30	40	999	999	-	-	-	-	5	15	999	999

Uit de vergelijking van deze randvoorwaarden met de actuele situatie in het plangebied, blijkt dat delen van het plangebied 'te droog' zijn voor de gestelde natuurambities – zie paragraaf 2.6.2.

Vernatting en stabilisering van de peilen is nodig voor met name de petgaten en laagveenbos, en te bereiken door peilopzet, maaiveld verlaging of een combinatie hiervan.

3.2.1 Randvoorwaarden waterkwaliteit

Enkele van de natuurbeheertypen stellen eisen aan de bodem- en waterkwaliteit. In dit plangebied is het trilveen (N06.02) het meest kritisch. Het vereist voedselarme en basenrijke omstandigheden, liefst met grondwateraanvoer. De bos-beheertypen in dit gebied variëren hierin. Het laagveenbos vereist permanent nat veen, en een matige voedselrijkdom. De andere bossen zijn minder kritisch, maar voldoende basenrijkdom is wenselijk.

Zie verder Bijlage C.

3.3 Andere ecologische/natuur opgaven

Er zijn verder geen gebiedsspecifieke doelstellingen geformuleerd voor dit plangebied voor wat betreft de waterkwaliteit en de watergebonden flora en fauna. Het gebied maakt wel onderdeel van een ecologische verbindingszone. De generieke doelstellingen gelden natuurlijk wel voor dit plangebied, zoals te beschermen soorten en de waterkwaliteit passend bij deze Natte Natuurparel.

Op grond daarvan is het streven:

- De kwel te versterken en te benutten;
- Het peilverloop natuurlijk te laten zijn (hoog in winter, laag in zomer);
- Voldoende gevarieerde waterdiepte te bieden voor de grote modderkruiper, met een dikke modderlaag en plantengroei, en de watergangen geschikt te houden als voortplantingswater voor andere amfibieën;
- Exoten te bestrijden en te voorkomen.
- Migratie mogelijk te maken voor fauna, in water en op land (doelsoorten hermelijn en roodrandzandbij, en model "moeraszone" met doelsoorten als blauwborst, meervleermuis, waterspitsmuis, otter, bever en grote modderkruiper)

3.4 Watersysteem opgaven

Op grond van het beleid van Waterschap Brabantse Delta gelden onderstaande algemeen geformuleerde opgaven, waarmee bij de herinrichting en beheer dus rekening wordt gehouden (zie ook de Beleidsnota peilbesluiten);

- De hoofdfunctie van het plangebied is natuur, dat van de directe omgeving is landbouw.
 - De waterhuishouding van plangebied en omgeving van elkaar isoleren, zodat geen vermenging plaatsvindt.
- Overige functies waarmee ook rekening wordt gehouden zijn onder andere archeologie en infrastructuur.
- Vanuit de hoofdfunctie watersysteem geldt:
 - Een zo natuurlijk mogelijk peilverloop.
 - Beperken aanvoer van minder schoon water.
 - Grote peilgebieden (geen versnippering).
 - Peil inzetten om uitzakken van grondwater te beperken.
 - Een duurzaam ingericht watersysteem dat doelmatig beheer en onderhoud mogelijk maakt.
 - Zoveel mogelijk behoud van waterberging.
 - Zoveel mogelijk beperken van bodemdaling.
- Geen peilverlaging binnen een natte natuur parel en veengebieden.
- Per peilgebied wordt het volgende vastgelegd:
 - De peilen.
 - Het type peilbeheer.
 - Eventuele dagelijks beheermarge (10 cm).
 - Eventuele dynamische beheermarge (30 cm) voor incidentele omstandigheden.
- Er wordt gewerkt met peilbeheertypes:
 - De omliggende gebieden kennen een “regulier zomer- en winterpeil”, net als in het bestaande peilbesluit.
 - Binnen het plangebied geldt “vast peil”, met een dagelijkse marge van +/- 10 cm.
- Deze peilbeheertypes sluiten aan op de voorkeur zoals aangegeven in de beleidsnota peilbeheer.

4 Inrichtingsmaatregelen (GGOR)

In dit hoofdstuk is beschreven wat het ontwerp inhoudt qua maatregelen, welke effecten dat heeft binnen en buiten het plangebied en of dat overeenkomt met de natuur- en waterambities.

4.1 Verantwoording op hoofdlijnen

Maatregelen zijn nodig om inrichting en beheer van het plangebied aan te laten sluiten op de ambities, en op de kansen die er zijn geïdentificeerd. Bij het ontwerpen van benodigde maatregelen, is gewerkt vanuit een integrale visie op het plangebied, opgebouwd uit de onderstaande principes:

- In het peilgebied Strijpen liggen de waardevolste, al bestaande natuurwaarden. Deze moeten beschermd worden, en niet negatief beïnvloed door de maatregelen. Concreet betekent dit geen verlaging van de grondwaterstanden en geen afname van de kwel in dit gebied.
- In gebieden met veenbodems is een peilverlaging niet toegestaan, en veen wordt zo mogelijk niet afgegraven.
- Besef van de landschapsecologische positie en cultuurhistorie van het plangebied. Elementen als de ligging op de grens van zand en veen/klei, gradiënten binnen het gebied, functioneren als ecologische verbindingzone en verkaveling benutten.
- Voor de gestelde natuurambities en kansen, is de drooglegging te groot. Om de gewenste grondwatersituatie te bereiken wordt als eerste gezocht naar een peilverhoging. Pas in tweede instantie wordt maaiveld verlaging overwogen, mede wanneer dit wenselijk is om het nutriënten niveau te verlagen van de bovengrond.
- Robuust watersysteem, met scheiding van natuur- en landbouwwater; de bestaande afvoer door het plangebied heen via de Halsche Vliet wordt opgeheven, en de natte natuurparel wordt geïsoleerd van de omgeving (bv. door dammen).
- Omliggend landbouwgebied behoudt zijn peilbeheer, en er komt een vervangende water aan- en afvoer.
- Water wordt zo lang mogelijk vastgehouden in de natte natuurparel, aanvoer van oppervlaktewater moet mogelijk zijn om te ver uitzakken van de grondwaterstand te voorkomen.
- Beheer en onderhoud, zowel van water als het terrein, dient mogelijk te zijn op efficiënte en kosteneffectieve wijze.

Het toekomstig watersysteem ziet er dan als volgt uit. Het gebied tussen Strijpenseweg en Elshoutweg krijgt een peil gelijk aan de bovengrens van het centrale deel nu. Het overige deel van de natte natuurparel ten noorden van de Strijpenseweg krijgt een peil hoger dan het huidige, maar lager dan ten zuiden van de Strijpenseweg. De omgeving, buiten de natte natuurparel behoudt het huidige peil. Via inlaten kan het gebied van water worden voorzien. Stuwen en dammen houden het water vast, met stuwen is de afvoer regelbaar. De waterhuishouding van de omgeving is gewaarborgd door een nieuwe aan- en afvoer route direct langs het plangebied.

4.2 Stapsgewijze totstandkoming van het ontwerp

In 2016 is al een ontwerp opgesteld op grond van de destijds geldende natuurambities en overwegingen. Dit ontwerp kende vrij forse afgravingen, voor moeras en bos. Via een schets- en een voorlopig ontwerp is nu een nieuw Definitief Ontwerp gemaakt. Uitgaande van het ontwerp uit 2016 en de recent verworven inzichten, is de maaiveldkaart aangepast en ook de bodemkaart aangepast. Op basis hiervan, en de nieuwe peilen, is met het grondwatermodel berekend wat de toekomstige grondwatersituatie zal zijn. Zie voor details Bijlage A. De overgang naar een hoger peil voor het buitenste deel van het plangebied heeft positieve gevolgen. De GHG wordt gemiddeld iets hoger, maar bij de sloten net iets lager. Voor een groot deel van het gebied leidt dit tot water op of aan maaiveld in de winter. In de petgaten neemt de kwel iets toe, buiten het gebied verandert er weinig. Bovengenoemde aandachtspunten zijn verwerkt in het nieuwe Voorlopig Ontwerp voor het plangebied. Uiteindelijk is gebruikmakend van diverse onderzoeken en via afstemming met betrokken instanties en belanghebbenden, een Definitief Ontwerp gemaakt – zie hierna.

4.3 Definitief Ontwerp

Op de volgende pagina's is in figuren 4-18 en 4-19 het definitief ontwerp weergegeven in de vorm van een maatregelkaart, zie ook Bijlage D.

De inrichtingsmaatregelen betreffen in hoofdzaak:

- Scheiden watersysteem natuur en omgeving
- In natuur water vasthouden door stuwen en dammen. Wateraanvoer onder vrij verval vanuit de Leursche Haven.
- Behoud waterhuishouding omgeving door aanleg omleidingssloot
- Wateraanvoer voor omliggende gebied door nieuwe inlaat
- Afgraven deel deklaag klei voor moerasgebied en veen voor petgaten (
- De aanleg van bos aan de oostkant en enkele andere plekken van het plangebied (groen op tekening)
- Aanleg wandelroutes en -paden, inclusief brug of dam
- Verbeteren ecologische verbindingen door inrichting terrein, aanleg faunapassages en geleiding
- Versterken landschappelijke structuur door aanleg poelen en singelbeplanting.

Dit is hierna verder toegelicht.



Figuur 4-18 Definitief Ontwerp, d.d. 9-10-2024, zuidelijk deel (De Berk)



4.3.1 Waterhuishouding

In de onderstaande figuur is de waterhuishouding schematisch weergegeven die hoort bij dit DO.

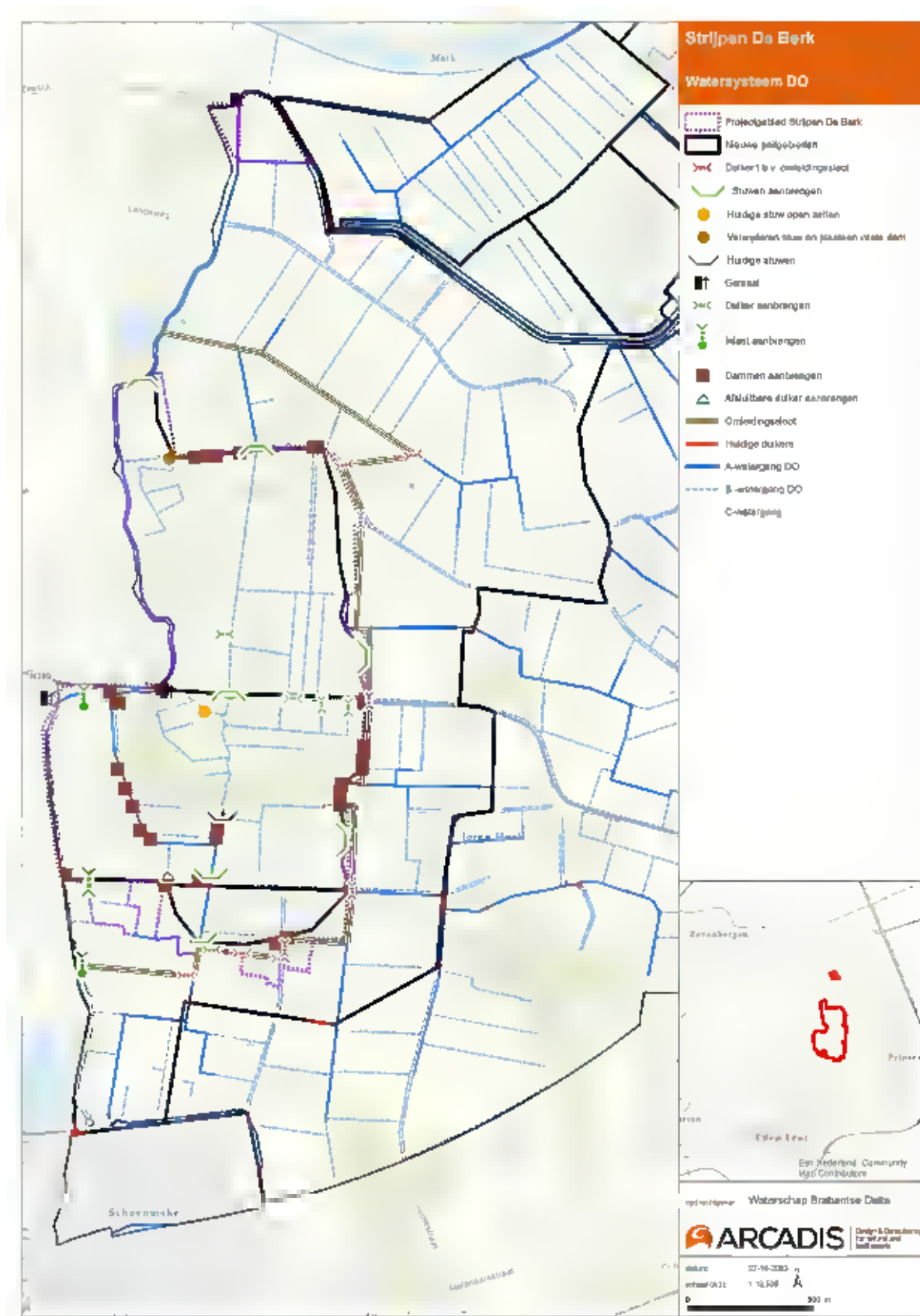
In het midden ligt het peilgebied De Berk – Hoog met het hoogste peil. Water wordt hier vastgehouden door diverse dammen en stuwen. Aanvoer kan vanuit de Leursche Haven via de moeraszone en Halsche Vliet naar locatie gemaal De Berk. Afvoer verloopt via stuwen aan de noordzijde en de zuidzijde.

Strijpen, ten noorden van de Strijpenseweg, krijgt een peil tussen dat van de omgeving en het centrale deelgebied in. Ook hier wordt water vastgehouden door dammen en een stuw aan de noordgrens van het natuurgebied, en een nieuwe stuw in de Halsche Vliet. Aanvoer van water is mogelijk vanuit het zuiden, onder de Strijpenseweg door, vanuit De Berk - Hoog. Ten noorden van de Strijpenseweg is een duiker voorzien om de doorstroom te verbeteren, en een nieuwe stuw bij de Hooglaarsestraat om het peil te reguleren. Langs de rand van de natte natuurpleel zijn enkele dammen voorzien om de peilgebieden te scheiden.

Ten zuiden van de Elshoutweg zijn enkele dammen en stuwen nodig om dit gebied (peilgebied De Berk – Laag) af te grenzen van het landbouwgebied. Het oostelijk deel kan van water worden voorzien vanuit het noorden, via de huidige Halsche Vliet. Het westelijk deel kent geen wateraanvoer mogelijkheid.

De drooglegging van de Elshoutweg is geborgd door de berm sloten op voldoende laag peil te houden.

Het omliggende peilgebied wordt kleiner, en behoudt het huidige peilbeheer. Door dit gebied, meestal nabij de rand van de natte natuurpleel, loopt een nieuwe aan- en afvoerwatergang ter vervanging van de huidige afvoer door het gebied heen, en ter vervanging van de wateraanvoer ten noordoosten van Strijpen. Er komt een nieuwe inlaat vanuit de Leursche Haven. Het tracé van de aan- en afvoerwatergang is gekozen op grond van hoogteligging, bestaande waterlopen en beschikbaarheid van percelen. Het tracé bestaat uit een afwisseling van bestaande waterlopen, te verbreden waterlopen en nieuwe waterlopen. De afmetingen ervan zijn gebaseerd op de reguliere normen van het waterschap. Grofweg komt dit neer op een bodembreedte van 1m bovenstrooms uitgroeiend tot 3m bodembreedte in het noorden, benedenstrooms.



Figuur 4-20. Aanpassingen waterhuishouding.

4.3.2 Grondverzet

Het meeste grondverzet vindt plaats ten behoeve van het nieuw te ontwikkelen moerasgebied en de omliggende watergang. In het moerasgebied is de ontgraving beperkt tot delen van de kleilaag, de onderliggende veen- en zandlagen worden niet afgegraven. Aanpassing van de omliggende watergang betreft vooral zandgrond. Een deel van de vrijkomende grond (vooral klei) wordt benut om delen van de Halsche Vliet te verondiepen. Hiermee wordt de doorsnijding van de deklaag ten dele hersteld, wat positief is voor de stabilisatie van de grondwaterstanden in het centrale peilgebied. Veen komt vrij bij de nieuwe petgaten. Verder komt grond vrij bij de aanleg van waterlopen, poelen en natuurvriendelijke oevers.

Grond wordt zo direct toegepast voor het verondiepen van de Halsche Vliet, de aanleg van dammen, ophogen van landbouwperceel en een wandelpad op kade die het historische dijktracé volgt. Het overschot op de grondbalans wordt naar verwachting toegepast in de regionale keringen in de omgeving.

4.3.3 Kunstwerken

Op de ontwerp-tekening zijn de nieuwe en aan te passen kunstwerken aangegeven. Het betreft verplaatsing van stuwen, nieuwe stuwen, nieuw inlaten, vervangen en plaatsen van duikers en afdammen door middel van vaste dammen. Op basis van een stromingsberekening is bekeken of de huidige kunstwerken voldoen.

4.3.4 Aanleg bos, petgaten en poelen

Aan de oostgrens van het plangebied is op enkele percelen de aanleg van bos voorzien. Het betreft dan laagveenbos (elzenbroekbos) en haakbeuken-/essenbos, passend bij de plaatselijke bodem- en grondwatersituatie. Ten opzichte van de natuurambitiekaart 2021 zal op enkele plekken alsnog geen bos worden aangelegd. Het betreft een deel van het perceel in het noordoosten, direct langs de Hooglaarsestraat. Daar liggen kansen voor schrale graslanden. In het centrale deel van De Berk betreft het een waardevol grasland dat zich goed ontwikkelt. Op grond van cultuurhistorie en verkaveling zijn enkele percelen langs de oostgrens uitgezonderd van bosontwikkeling.

Een complex van nieuwe petgaten wordt aangelegd ten zuiden van de Strijpenseweg, halverwege de Attelaak en de plangrens. De locatie en diepte zijn gebaseerd op het daartoe uitgevoerde nadere onderzoek.

Op enkele plekken worden poelen aangelegd, in het noordelijk deel wordt de landschapsstructuur hersteld door de aanleg van singels.

4.3.5 Recreatie

De bestaande wandelmogelijkheden in en door het gebied blijven behouden en worden uitgebreid. Van noord naar zuid worden toegevoegd:

- Vrijliggende wandelroute vanaf de Hooglaarsestraat, langs de nieuwe stuw in de Halsche Vliet, naar het noorden, tot aan de Lageweg. In dit traject komt een brug om een watergang te kunnen passeren. Langs de route komen enkele nieuwe poelen.
- Vrijliggende wandelroute ten zuiden van de Strijpenseweg, vanaf de oostelijke grens van het plangebied naar het westen, als verbinding naar het noorden.
- Vrijliggend voetpad vanaf de toekomstige rotonde in de provinciale weg tot aan het maaiseldepot tussen de Strijpenseweg en de Halsche Vliet. Dit pad volgt het tracé van de voormalige dijk die hier vroeger lag. De Halsche Vliet wordt gekruist met een grond dam. Bij de provinciale weg komt een voetbrug over de watergang die water aanvoert via de Zwartenbergse Molen naar het plangebied.

4.4 Nieuwe peilgebieden en drooglegging

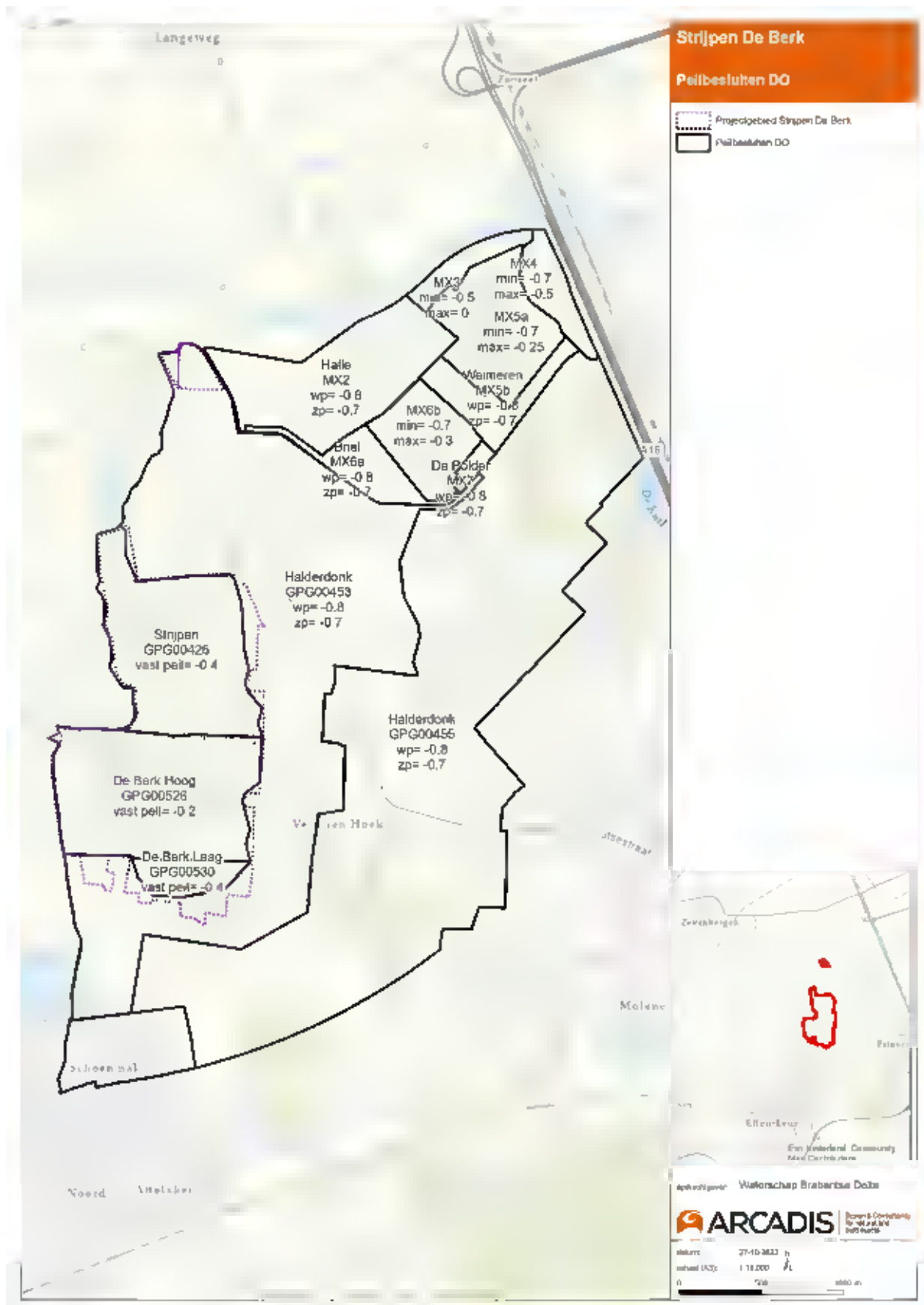
Het plangebied (de Natte Natuurparel) bestaat straks uit drie peilgebieden. Het centrale peilgebied De Berk Hoog met een vast peil van NAP -0,20 m. Ten noorden van de Strijpenseweg peilgebied Strijpen met een vast peil van NAP -0,40m. Ten zuiden van de Elshoutweg komt een klein peilgebiedje (De Berk Laag) met een vast peil van NAP -0,40.

Door verschillen in maaiveldhoogte, bodem en wateraanvoer zal er sprake zijn van variatie in grond- en oppervlaktewaterpeilen in het plangebied.

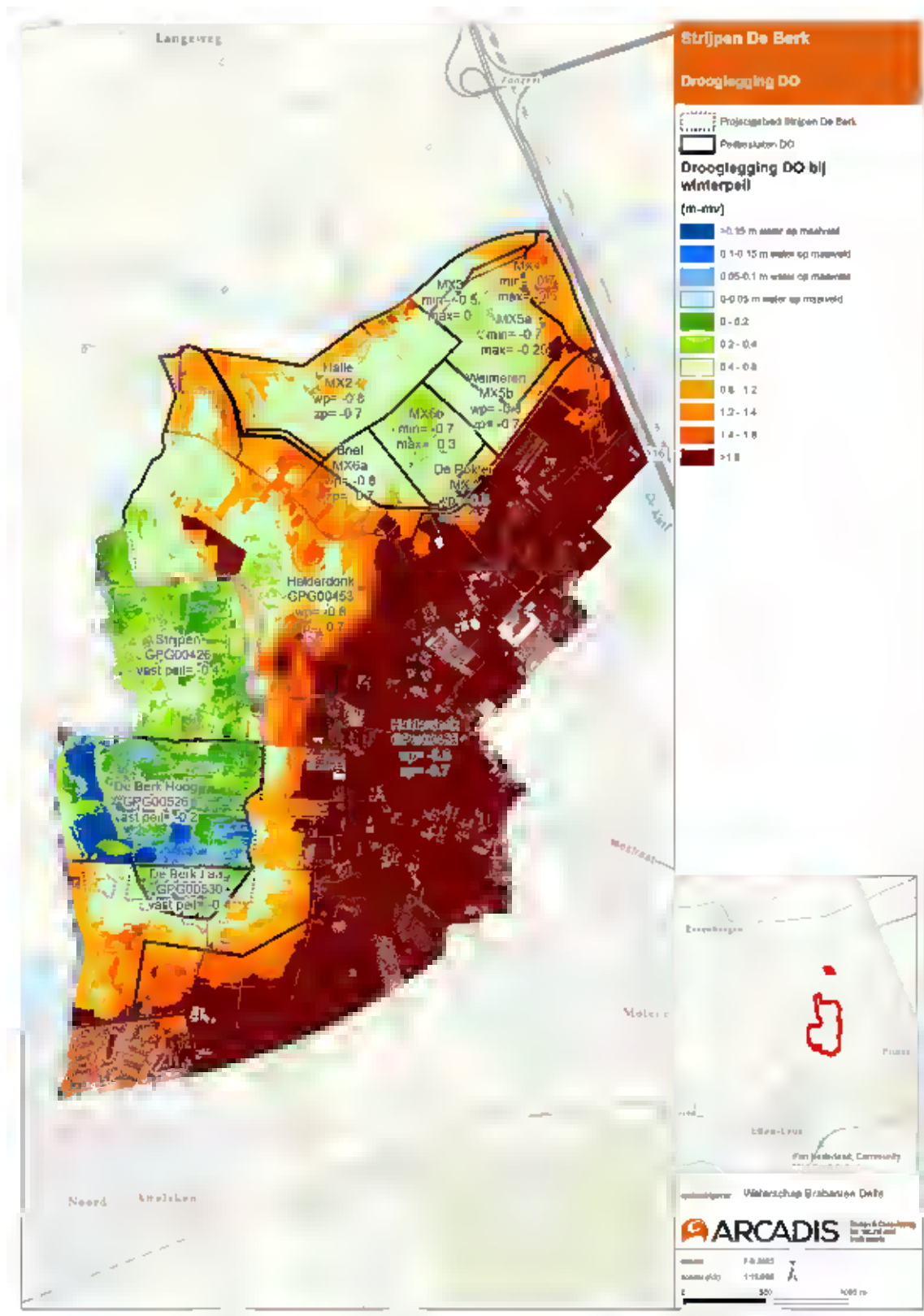
Met de aanleg van de omleidende wateraanvoer route ten zuiden en oosten van het plangebied, wijzigen daar enkele peilvakken in beperkte mate qua begrenzing. Zie figuur 4-21.

De toekomstige drooglegging is weergegeven in figuur 4-22. Buiten het plangebied blijft deze gelijk, binnen het plangebied neemt de drooglegging wat af (het wordt natter).

In de onderbouwing bij het peilbesluit staan meer details over peilen en peilbeheer.



Figuur 4-21. Toekomstige situatie peilgebieden



Figuur 4-22. Toekomstige drooglegging, bij vast/winterpeil in het gebied.

5 Effecten

In dit hoofdstuk zijn de effecten van het ontwerp op de waterhuishouding (paragraaf 5.2) en het ruimtegebruik (paragraaf 5.3) beschreven. Daaraan voorafgaand is eerst het ontwerp getoetst aan de watersysteem-opgaven.

Bij de beoordeling van eventuele effecten is het uitgangspunt dat het plangebied is aangewezen als Natte Natuurparel en dat de daaraan verbonden opgaven zo mogelijk moeten worden gerealiseerd. Van daaruit is gezocht naar passende inrichting en peilbeheer. Vervolgens is getoetst of er dan sprake is van negatieve effecten op de andere gebruiksfuncties en de omgeving van het plangebied.

5.1 Toetsing aan watersysteem opgaven

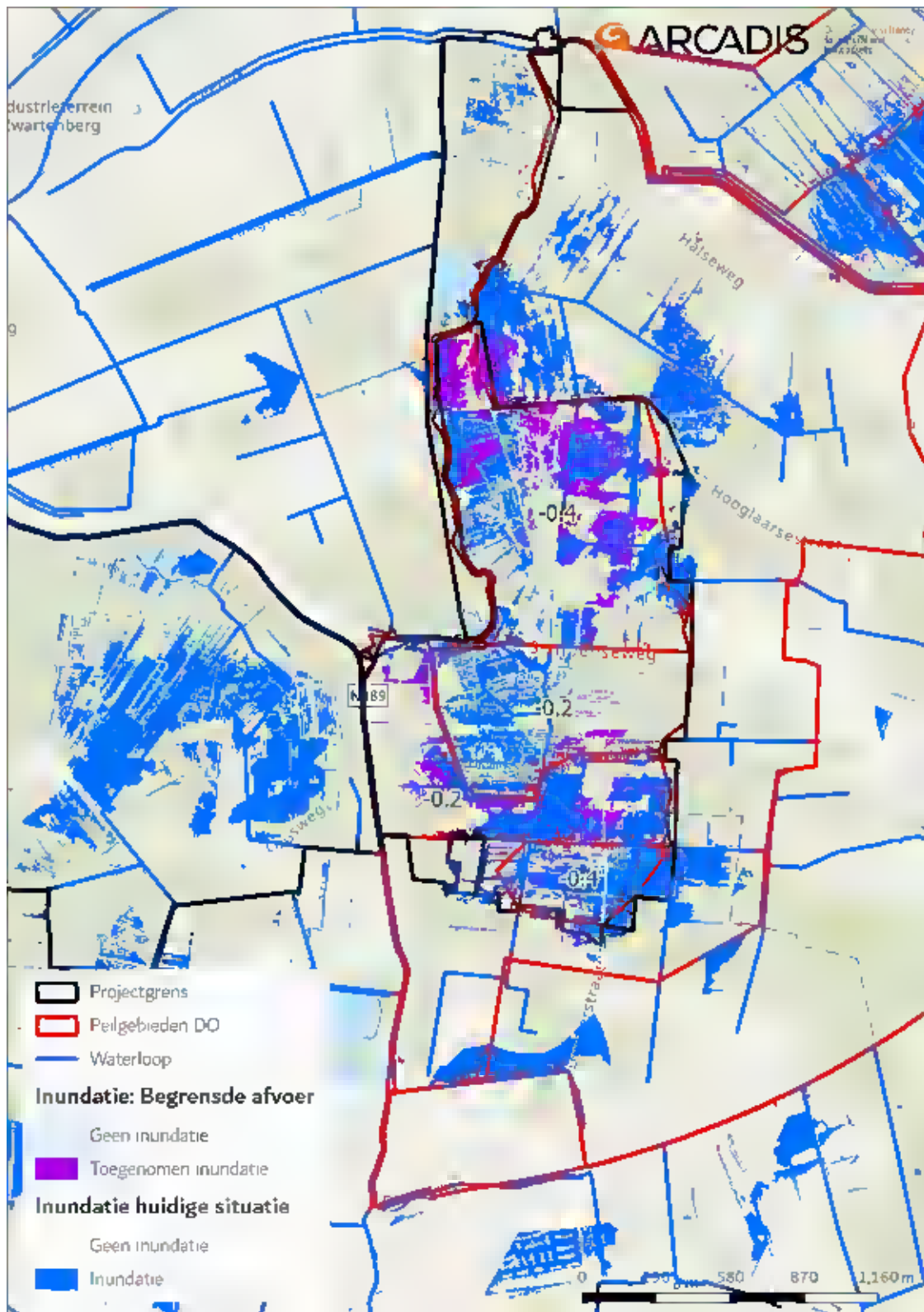
Het ontwerp geeft goed invulling aan de algemene opgaven vanuit Waterschap Brabantse Delta:

- **Opgave:** komen tot een duurzaam, beheersbaar en weerbaar watersysteem.
 - **Toetsing:** het nieuwe watersysteem kenmerkt zich door een scheiding tussen natuur- en landbouwgebied. Het plangebied kent een robuust watersysteem, gericht op het zoveel mogelijk vasthouden van water en pas als het grondwater te ver uitzaakt zal water worden ingelaten.
- **Opgave:** mogelijk maken van doelmatig beheer en onderhoud.
 - **Toetsing:** het plangebied vormt een geheel binnen het grotere watersysteem. De terreineigenaar kan zelf het beheer en onderhoud binnen het plangebied ter hand nemen, binnen de randvoorwaarden als peilen en dergelijke. Beheer en onderhoud is meegenomen als een aspect bij het ontwerp, onder andere door voldoende ruimte te bieden aan onderhoudspaden.
- **Opgave:** het beperken van peilafwijkingen, zoals op- en onderbemalingen.
 - **Toetsing:** de aanvoer van water gaat plaatsvinden onder vrijval vanuit de Leursche Haven, en verder intern binnen het natuurgebied. Vooralsnog wordt het bestaande gemaal De Berk wel behouden.
- **Opgave:** het te ver uitzakken van het grondwater beperken.
 - **Toetsing:** dit wordt bevorderd door opschonen van watergangen, de peilverhogingen, de inlaat en het verondiepen (deels) van de Halsche Vliet.
- **Opgave:** waterberging behouden en versterken.
 - **Toetsing:** het plangebied richt zich op het vasthouden van eigen water. Ten opzichte van de huidige situatie zal het gebied meer water vasthouden. De afvoer naar de omgeving is regelbaar.
- **Opgave:** de bodemdaling beperken (en de CO₂ uitstoot)
 - **Toetsing:** het nieuwe streefpeil leidt gemiddeld tot een lichte vernatting in het plangebied. Met de inlaat wordt te ver uitzakken voorkomen. Hiermee wordt bodemdaling beperkt en de CO₂ uitstoot eveneens.
- **Opgave:** het beperken van het verschil tussen zomer- en winterpeil
 - **Toetsing:** het peilbeheer is binnen de natte natuurparel gericht op een vast peil, gericht op stabiliteit, zonder aparte zomer- en winterpeilen
- **Opgave:** Geen peilverlaging in veengebieden
 - **Toetsing:** er vindt geen peilverlaging plaats.

5.2 Hydrologische effecten

5.2.1 Effecten op oppervlaktewater (NBW, wateroverlast)

Op grond van de voorgenomen maatregelen is geen toename van knelpunten te verwachten buiten het plangebied. De nieuwe omleidingssloot is ontworpen op basis van de ontwerpuitgangspunten van het waterschap. Water kan binnen het natuurgebied beter (en langer) worden vastgehouden. De onderstaande kaart geeft in paars weer waar sprake is van toename van inundaties – dit is praktisch geheel beperkt tot binnen het natuurgebied. De afvoer uit het plangebied wordt geregeld met een geautomatiseerde stuw aan de noordzijde, bij de Hooglaarsestraat.



Figuur 5-23 Gevolgen van het plan op inundaties in en rond het plangebied

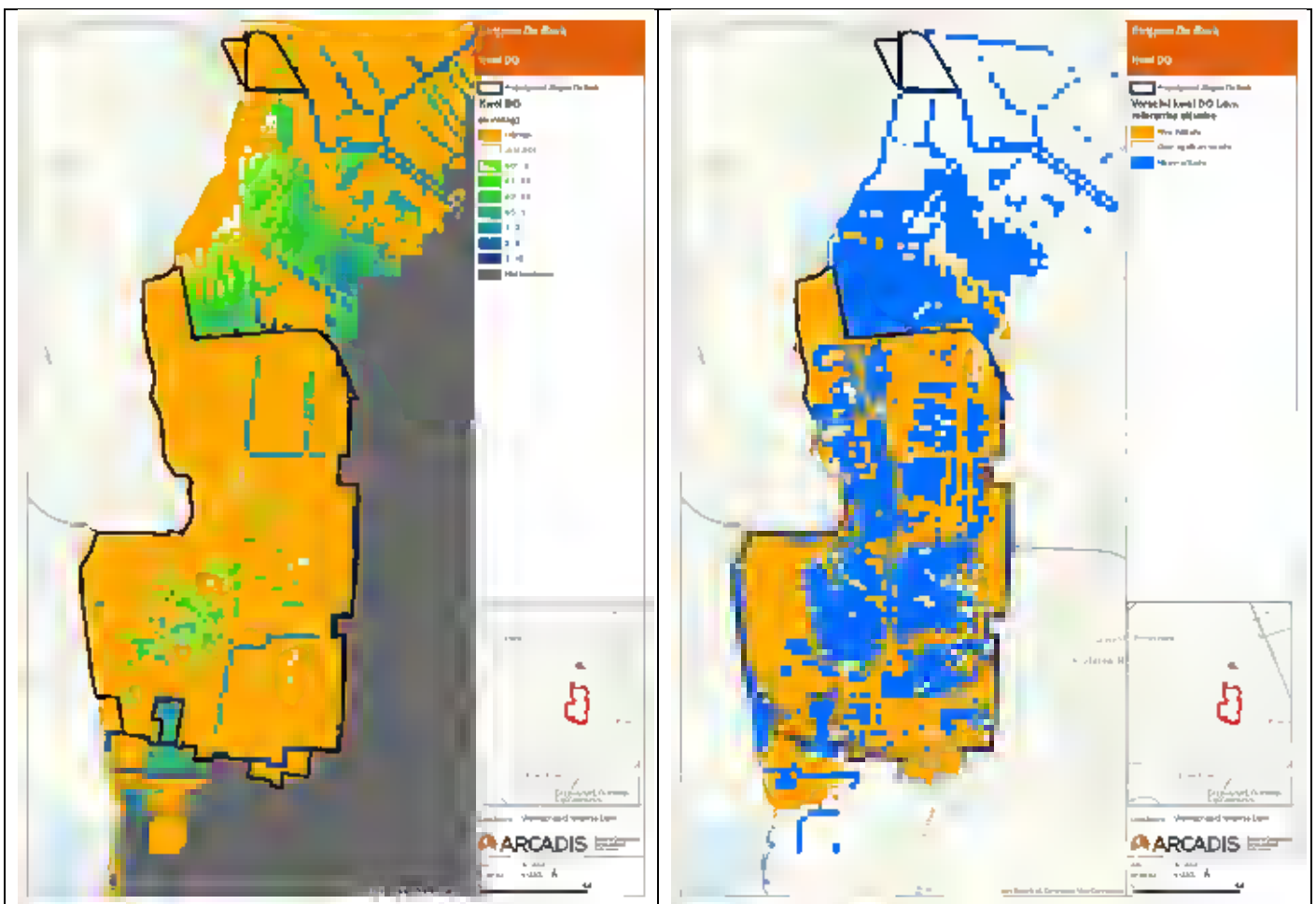
5.2.2 Effecten op grondwater

De peilaanpassing en de maaiveldverlaging resulteren in veranderingen in de grondwaterstanden. Onderstaande figuren tonen de verandering t.o.v. de huidige situatie. De berekeningen geven aan dat de effecten op het grondwater grotendeels beperkt zijn tot binnen het plangebied.

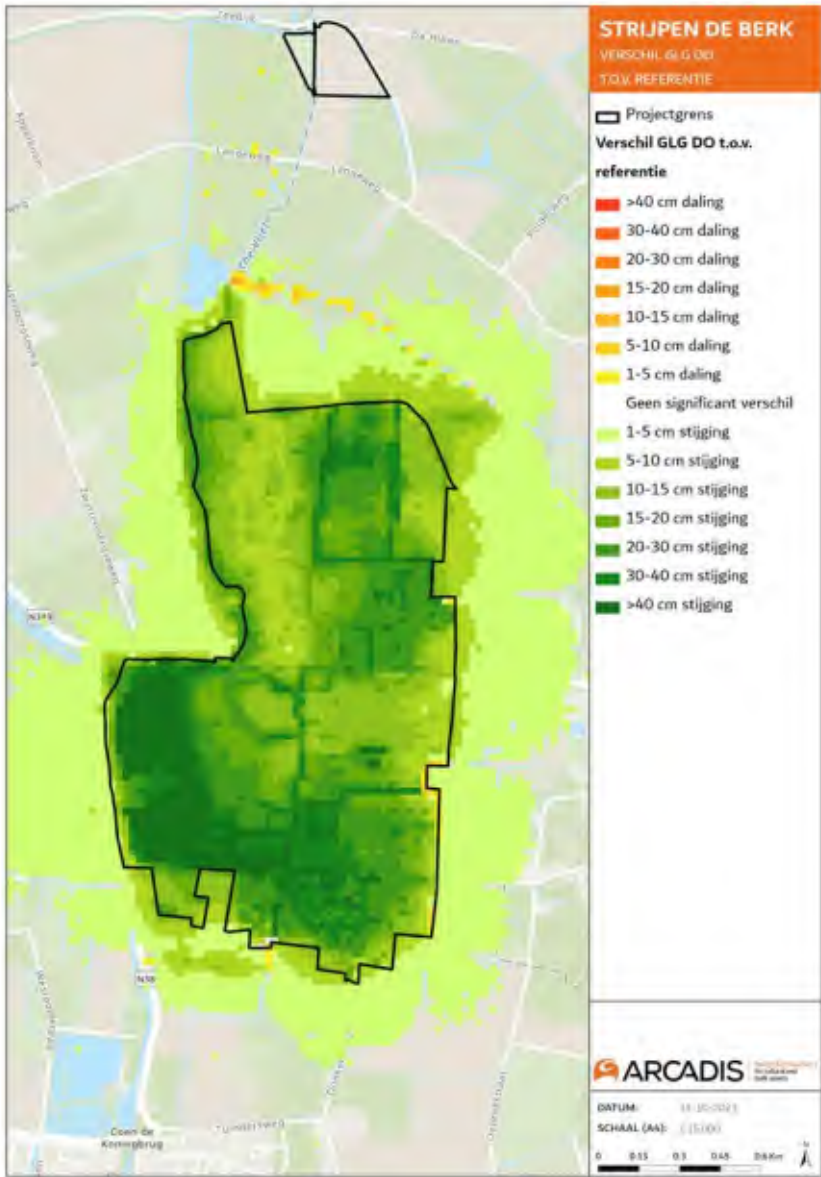
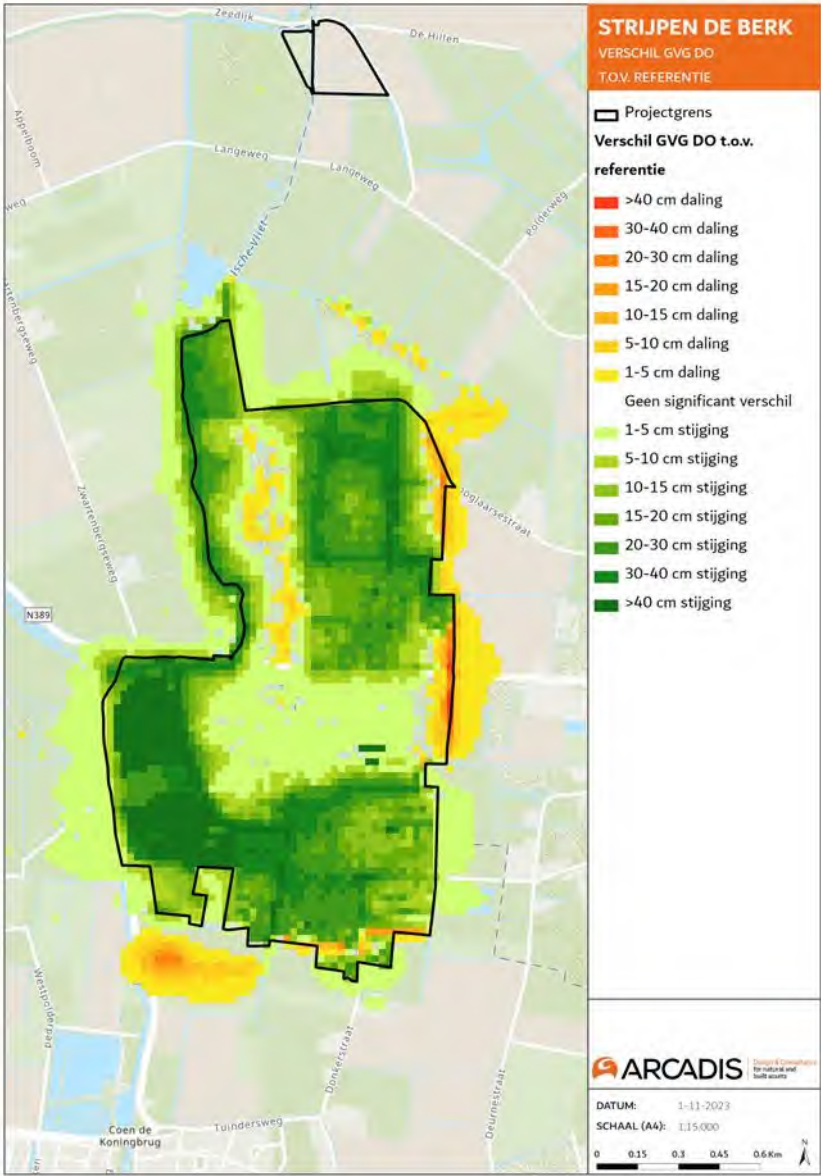
De GLG stijgt overal in plangebied, zoals verwacht is de grootste toename daar waar peil stijgt en maaiveld verlaagd is. Buiten het plangebied stijgt de GLG in zeer beperkte mate. De GVG vertoont een vergelijkbaar patroon, maar de uitstraling buiten het plangebied is beperkter. Direct langs de nieuwe water aan- en afvoerroute is soms enige daling van de grondwaterstand te zien. Dat zijn delen waar nu geen watergang ligt bijvoorbeeld. De GHG stijgt heel beperkt in het centrale deel van het middelste peilgebied. In de rest van het plangebied neemt de GHG toe door het hogere peil en plaatselijk ook door de maaiveldverlaging.

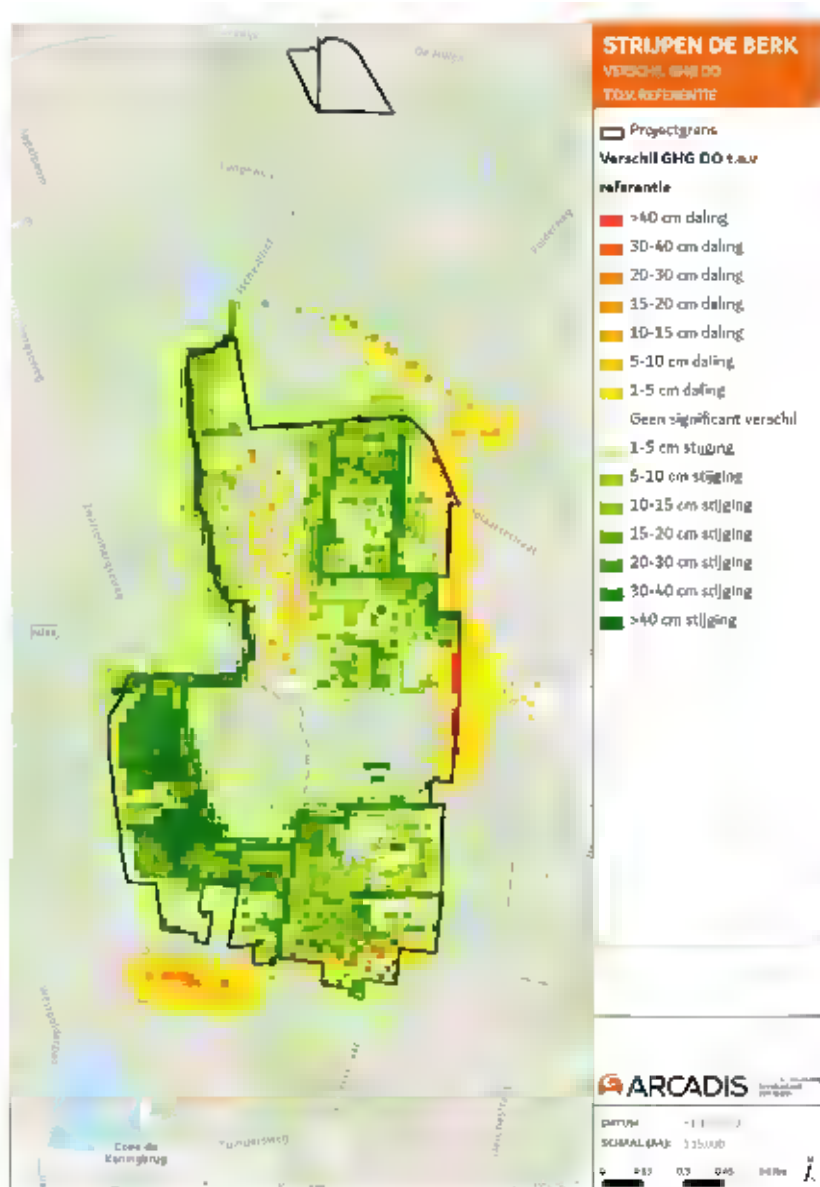
Direct langs de nieuwe aan- en afvoerwatergang is het effect van de insnijding zichtbaar. Daar waar nu geen waterloop ligt, is te zien dat met de nieuwe watergang de GHG wat daalt direct er langs.

Het effect op kwel en infiltratie is beperkt, zie onderstaande figuur. Het verschilkaartje (rechts) geeft aan dat over grote delen er sprake is van minder infiltratie vanuit het gebied en dat is positief, maar deze veranderingen zijn in absolute zin klein. Er is minder kwel naar de sloten, en meer naar de percelen – zoals wenselijk voor de natuurdoelen.



Figuur 5-24 Kwel (links = na DO, en rechts = de verandering ten opzichte van de huidige situatie)





Figuur 5-25. Van links naar rechts: de verandering GLG, GVG en GHG door inrichtingsmaatregelen en peilaanpassingen

5.3 Effecten op ruimtegebruik

5.3.1 Toetsing aan landbouw

Met behulp van de Waterwijzer Landbouw is het effect van het DO op landbouw bepaald, zie figuur 5-26. Uit deze figuren blijkt dat er nauwelijks effecten op landbouw buiten het plangebied zijn. Natschade neemt af in het zuiden door de insnijding van de omleidingssloot, en op de grens neemt deze zeer incidenteel wat toe. De droogteschade verandert nog minder, er zijn buiten het plangebied eigenlijk geen effecten zichtbaar.

Binnen het plangebied leidt de vernatting tot verslechtering voor de percelen in agrarisch gebruik. Het waterschap werkt aan verwerving of schadeloosstelling indien van toepassing.





Figuur 5-26. Landbouw nat- en droogteschade (links na uitvoering DO, rechts de verandering t.o.v. de huidige situatie).

5.3.2 Toetsing wegen, bebouwing, kabels en leidingen

Voor de toetsing van grotere wegen en bebouwing is als indicatieve norm 0,70m ontwateringsdiepte gehanteerd. De Strijpenseweg voldoet hier ruim aan, de Elshoutweg ook. Bij de Elshoutweg is de bermsloot geïsoleerd van het grote peilvak ten noorden, en verbonden met de peilvakken ten zuiden van de Elshoutweg.

Ten behoeve van de hoogspanningsleiding in het zuidoosten wordt een strook vrijgehouden van hoge beplanting.

Direct noordelijk naast de Strijpenseweg ligt een vrijliggend fietspad. De fietspad-brug over de Halsche Vliet ligt erg laag. Deze wordt aangepast om ruimte te bieden voor de peilverhoging van de Halsche Vliet.

In het zuiden loopt ook een persleiding van het waterschap. De aanvoer-/omleidingssloot kruist deze. In het DO is hiervoor een zinkerconstructie opgenomen.

5.3.3 Toetsing aan waterkeringen

Ten noorden van de Strijpenseweg grenst het plangebied aan de Zwartenbergse polder. Tussen de Halsche Vliet en de Zwartenbergse polder ligt een waterkering, de Haagse dijk, voorzien van een fietspad. Het peil van een deel van de Halsche Vliet, ten zuiden van de nieuwe stuw, wordt verhoogd. Omdat in het plan voor het deelgebied Zwartenbergse polder ook een peilverhoging is opgenomen, verandert het peilverschil tussen beide zijden van de kering niet, en is er daarom geen negatief effect op de waterkering te verwachten.

5.3.4 Toetsing aan natuur(ambities)

Met behulp van de Waterwijzer Natuur is het effect op de (bestaande en nieuwe) natuur bepaald. Hiervoor is de nu voorgestelde natuurambitiekaart (wordt later vastgesteld in de jaarlijkse provinciale herzieningsronde van het natuurbeheerplan) gebruikt, in combinatie met de maatregelen uit het nieuwe definitief ontwerp, die met het grondwatermodel zijn doorgerekend. De onderstaande figuren tonen de doelrealisatie voor het aspect GLG en GVG.

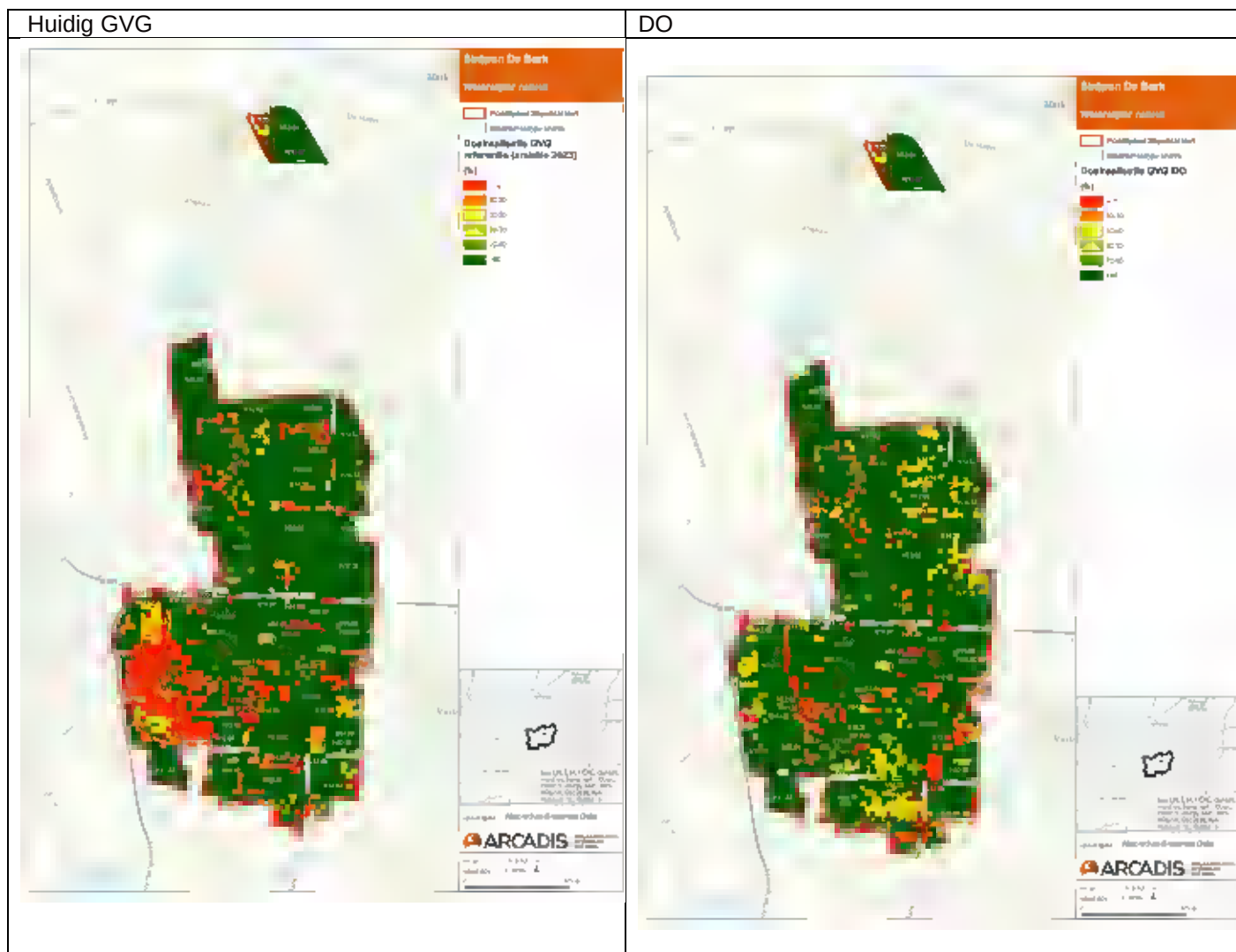
Volgens de Waterwijzerberekening blijft ondanks alle maatregelen de doelrealisatie van het bestaande trilveen en elzenbroek in de kern van De Berk laag; dit wordt veroorzaakt door een te lage GLG. De projectgroep is ervan overtuigd dat het doelbereik in de praktijk hoger is dan door de Waterwijzer voorspeld wordt en dat dit door de maatregelen ook zal verbeteren. Dit is hierna toegelicht.

Rondom het bestaande trilveen voorspelt het grondwatermodel in de huidige toestand een GHG rond maaiveld (-10 tot +10 cm) en een GLG van 70-90 cm-mv. Dit komt overeen met het diepere grondwaterfilter (B44C0310 filter 3) ter plaatse, maar niet met de freatische grondwaterstand. Deze is veel stabielere met een GLG van 20-30 cm-mv, waarschijnlijk door lokale kwel en/of wateraanvoer (zie Notitie 'leren van eerdere natuurontwikkeling', 20-0774/21.10291/MasVi). Ook uit de nog steeds behoorlijk goede vegetatie-ontwikkeling en waarnemingen aan de waterstanden blijkt dat de freatische grondwaterstanden niet zo diep wegzakken; uitsluitend in heel droge jaren vallen de petgaten droog. Ten slotte is nog van belang dat de drijvende kragges in de petgaten meebewegen met de waterstand; hierdoor ervaren de vegetaties minder fluctuatie dan op grond van de grondwaterstand verwacht zou worden. De huidige situatie is dus aanzienlijk gunstiger dan door het model voorspeld wordt. Als gevolg van de maatregelen, stijgen de (diepere) grondwaterstanden van het trilveen. De GHG stijgt maar beperkt (maximaal 10 cm langs de westzijde), maar voor de GLG bedraagt de stijging maar liefst 30-40 cm. Dit betekent dat de grondwaterstanden minder diep wegzakken en er minder wateraanvoer nodig is. Weliswaar liggen de uiteindelijke standen nog (net) onder de optimale standen volgens de Waterwijzer, maar als we rekening houden met de schijngrondwaterspiegel, de wateraanvoer en het meebewegen van de kragges dan verwachten we hier een veel beter doelbereik dan de berekeningen aangeven.

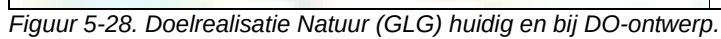
Voor het (laagveen)-elzenbroekbos geldt iets soortgelijks; de vegetatie in het midden van het bos (met veenmossen en elzenzegge) duidt erop dat de grondwaterstanden minder diep wegzakken dan het model voorspelt. Er is sprake van een schijngrondwaterspiegel. De deklaag van veen en klei is minder doorlatend dan de zandondergrond. Aan de oostkant is wel sprake van verdroging met dominanties van moeraszegge en braam. Door de maatregelen wordt een stijging van de GLG verwacht van 15 cm in de kern tot maar liefst 30-40cm aan de randen. De situatie voor het elzenbroekbos zal dus zeker verbeteren en verwacht wordt dat het type zich nog beter zal ontwikkelen dan nu het geval is; met name aan de verdroogde oostkant.

Voor de kruiden- en faunarijke graslanden (N12.02) wordt het in theorie soms net wat te nat, waardoor ook deze soms rood kleuren in deze kaarten. Maar in de praktijk levert dit juist kansen op voor net wat hoogwaardigere graslanden dan dit type, zoals nat schraalland of vochtig hooiland. Op de overgang tussen moeras en grasland, in de zuidwesthoek van het plan, past ruigteveld beter. De ambitiekaart is aangepast zodat deze kansen worden benut.

De nieuwe omleidingssloot voor het landbouwgebied loopt voor een deel door de natte natuurpleil, in de zuidoosthoek. Direct langs deze sloot (op landbouwpeil) verbetert de situatie niet ten opzichte van de huidige. Dit heeft geen noemenswaardig effect op het bestaande natuurstype, wat ook onderdeel is van de natuurambitie in dit gebied (hoog- en laagveenbos, N14.02).



Figuur 5-27. Doelrealisatie Natuur (GVG) huidig en bij DO-ontwerp



Figuur 5-28. Doelrealisatie Natuur (GLG) huidig en bij DO-ontwerp.

Ecologische verbindingen

Het gebied maakt formeel geen onderdeel uit van een ecologische verbindingszone, maar zou kunnen dienen als een alternatief voor de EVZ langs de Mark. Het onderstaande figuur geeft aan waar nieuwe faunapassages worden aangelegd (zie de pijlen). Zowel de verbindingen binnen Strijpen - de Berk, als met Zwartenbergse Polder en Kelsdonk Zwermlaken worden hiermee verbeterd.



Figuur 5-29 Ecologische verbindingen, faunapassages en enkele doelsoorten

5.3.5 Bijdrage aan andere (ecologische) doelstellingen

Voor wat betreft de overige ecologische doelstellingen (zie paragraaf 3.3) geldt het volgende:

- De kwel te versterken en te benutten voor natuur.
 - Door de peilaanpassingen en de aanleg van nieuwe petgaten wordt de kwel versterkt en benut
- Het peilverloop natuurlijk te laten zijn (hoog in winter, laag in zomer).
 - Het oppervlaktewater peilbeheer zal vast zijn, gericht op zo stabiel mogelijke grondwaterstanden, omdat dat gewenst is voor de terrestrische natuurwaarden dit gebied
 - Over het jaar heen zal door neerslag/verdamping de grondwaterstand wat meebewegen.
- Voldoende gevarieerde waterdiepte te bieden voor de grote modderkruiper, met een dikke modderlaag en plantengroei, en de watergangen geschikt te houden als voortplantingswater voor andere amfibieën.
 - Het ontwerp houdt hier rekening mee, ook worden er nieuwe poelen aangelegd
- Exoten te bestrijden en te voorkomen.
 - Dit vindt zijn plek in het beheer- en onderhoud(s)plan).
- Migratie mogelijk te maken voor fauna, langs water en op land
 - Door de aanleg van faunapassages onder de wegen
 - Met de inrichting ecologische verbindingszone mogelijk gemaakt, binnen het gebied en met de aangrenzende deelgebieden

Bijlage A Modelstudie Grondwater

RAPPORT

Achtergrondrapportage grondwatermodelstudie Noordrand Midden-West

Grondwaterberekeningen Zwartenbergse Polder,
Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen de Berk en extra
scenario's Strijpen de Berk

Klant: Arcadis

Referentie: BH8803-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0004

Status: Definitief/P01.01

Datum: 13 juni 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110
6199 AE Maastricht Airport
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 78 48 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Achtergrondrapportage grondwatermodelstudie Noordrand Midden-West

Ondertitel: Grondwaterberekeningen
Referentie: BH8803-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0004
Status: P01.01/Definitief
Datum: 13 juni 2023
Projectnaam: Noordrand Midden-West
Projectnummer: BH8803
Auteur(s): Eline Steinbusch

Opgesteld door: Eline Steinbusch

Gecontroleerd door: Wouter Swierstra

Datum: 13 juni 2023

Goedgekeurd door: Marc van den Heuvel

Datum: 13 juni 2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Leeswijzer	1
2	Uitgangspunten Modelbouw: Basismodel NRM-W	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Modelrand	3
2.3	Resolutie	4
2.4	Tijdstappen en rekenperiode	4
2.5	Randvoorwaarden	5
2.6	Begintoestand	5
2.7	Buisdrainage	5
2.8	Waterlopen	6
2.8.1	Insnijding waterlopen	8
2.8.2	Infiltrerende watergangen	8
2.9	Onttrekkingen	9
2.9.1	Industriële en drinkwater onttrekkingen	9
2.9.2	Onttrekkingen beregeningsputten	10
3	Geohydrologische laagopbouw Model NRM-W	12
4	Peilbuizen	15
5	Resultaten basismodel	19
5.1	Prestatie basismodel in eerste watervoerend pakket	19
5.2	Prestatie basismodel grondwaterstand in holocene deklaag	22
5.3	Kalibratie Aanpassingen	24
5.3.1	Deklaagweerstand	24
5.3.2	Insnijding B- en C- watergangen	26
5.3.3	Infiltratie watergangen	26
5.3.4	Oppervlakte waterpeilen (peilgebieden)	27
5.3.5	Buisdrainage	29
5.3.6	Maaiveld	31
5.4	Kalibratieresultaat	32
5.4.1	Prestatie model formatie van Bostel	33
5.4.2	Prestatie model freatisch	36
5.4.3	Resultaat GxG gekalibreerd model	37
6	Autonome aanpassingen	40
6.1	Afgravingen in het gebied	40
6.2	Aanpassing zomer/winterpeil gebied	41

6.3	Opnemen plassen Weimeren in topsysteem	41
6.4	Overige toegevoegde plassen in model	41
7	Zwartenbergse Polder	43
7.1	Maaiveldaanpassing	43
7.2	Aanpassing oppervlaktewaterpeilen	43
7.3	Infiltratie watergangen	44
7.4	Deklaagweerstand	45
7.5	Resultaat	46
8	Kelsdonk/Zwermlaken	51
8.1	Verandering in het peilbeheer en wateraanvoer	51
8.2	Uitgraven van petgaten	51
8.3	Aanleg bebossing	51
8.4	Resultaat	53
9	Strippen de Berk	58
9.1	Maatregelen DO inrichtingsplan 2022	58
9.1.1	Aanpassing peilgebieden en oppervlaktewaterpeilen.	58
9.1.2	Omleidingssloot	60
9.1.3	Petgaten	60
9.1.4	Maaiveldafgraving	60
9.1.5	Peil en kleilaag Halse Vliet	61
9.1.6	Moerasgebied	61
9.2	Resultaat DO inrichtingsplan 2022	62
9.3	Extra maatregelen tegen wegzakken grondwaterstand zomer	67
9.3.1	Aanpassen infiltratie centrale deel gebied	68
9.3.2	Resultaten extra scenario aanpassen infiltratie	68
9.3.3	Verhogen peil centrale deel	73
9.3.4	Resultaten aanpassing peil centraal gebied	74
9.3.5	Conclusie extra scenarioberekeningen	79
9.4	Onzekerheid in modeluitkomsten m.b.t. wegzakken grondwaterstanden in zomer	79
10	Literatuur	87

1 Inleiding

Voorliggende rapportage is een achtergronddocument geohydrologie bij het herinrichtingsplan herstel van de natte natuurpleel: De Berk / Strijpen / Kelsdonk / Zwermlaken. Dit onderzoek wordt gedaan in opdracht van Arcadis en is onderdeel van de opdracht die Arcadis heeft voor de adviesdiensten NRM-West. Dit achtergronddocument bevat:

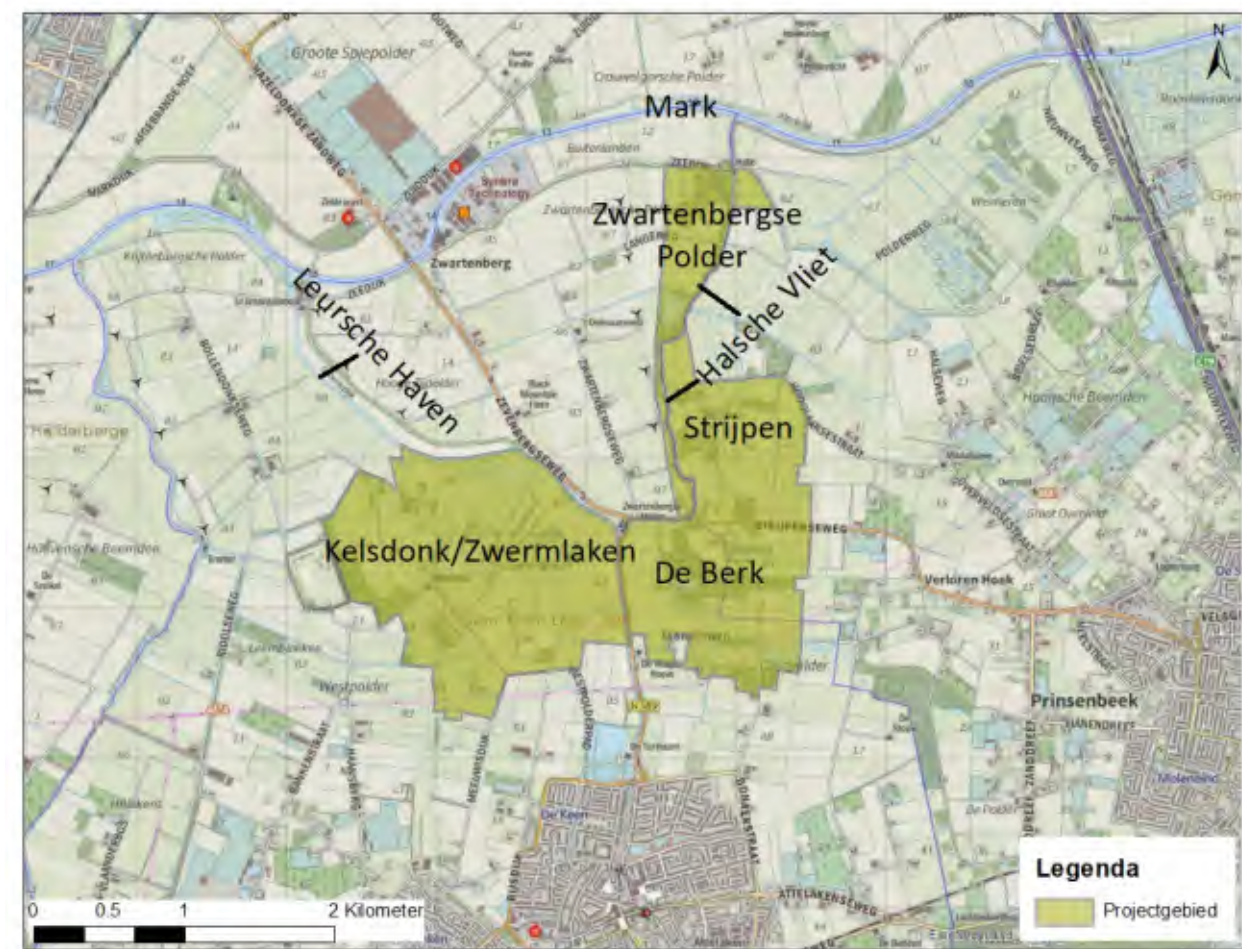
- De beschrijving van het grondwaterwatermodel (uitgangspunten, modelopzet, kalibratie);
- De uitgevoerde scenario berekeningen voor de hydrologische maatregelen in de drie gebieden (zie Figuur 1-1):
 - Zwartenbergse Polder;
 - Kelsdonk-Zwermlaken;
 - Strijpen de Berk.
- De uitkomsten van de geohydrologische berekeningen (stijghoogten, grondwaterstanden, kwel).

De beoordeling van de geohydrologische omstandigheden (huidige situatie, scenarioberekeningen) op de diverse functies in het gebied (zoals natuur, landbouw, bebouwd gebied) worden niet in deze rapportage behandeld. Hiervoor verwijzen wij naar het hoofdrapport (Arcadis, 2021a, Arcadis, 2021b, Arcadis, 2022).

Het document beschrijft het geohydrologische model, de kalibratie en de stationaire en niet-stationaire modelberekeningen uitgevoerd voor Zwartenbergse Polder, Kelsdonk/Zwermlaken” en Strijpen De Berk.

1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de uitgangspunten die gebruikt zijn bij de bouw van model, hoofdstuk 3 geeft vervolgens een beschrijving van de geohydrologische laagopbouw. In hoofdstuk 4 worden de in het gebied beschikbare peilbuizen voor modelkalibratie besproken. Hoofdstuk 5 gaat in op het resultaat van het basismodel, waarna in hoofdstuk 6 de uitgevoerde modelkalibratie wordt besproken. Hoofdstuk 7 gaat in op de autonome ontwikkelingen. Vervolgens worden in de hoofdstukken 8, 9 en 10 de doorgerekende maatregelen, alsmede de geohydrologische effecten voor respectievelijk de gebieden Zwartenbergse Polder, Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen de Berk besproken.



Figuur 1-1: Projectgebied met de deelgebieden Kelsdonk-Zwermlaken, Strijpen de Berk en Zwartenbergse polder.

2 Uitgangspunten Modelbouw: Basismodel NRM-W

2.1 Inleiding

Voor de grondwatermodellering is een grondwatermodel opgezet in Triwaco en doorgerekend met Modflow 6. Het grondwatermodel is gebaseerd op het Brabant-model, dat in 2018 is geüpdatet (Royal HaskoningDHV, 2019).

In voorliggend hoofdstuk worden de gehanteerde uitgangspunten bij het maken van een detail uitsnede model uit het Brabant model besproken. Dit uitsnede model wordt in deze rapportage aangeduid met de term Basismodel NRM-W. NRM-W staat voor: Noordrand Midden-West.

Latere aanpassingen aan het model tijdens de kalibratie worden besproken in het hoofdstuk kalibratie (zie paragraaf 5.3).

2.2 Modelrand

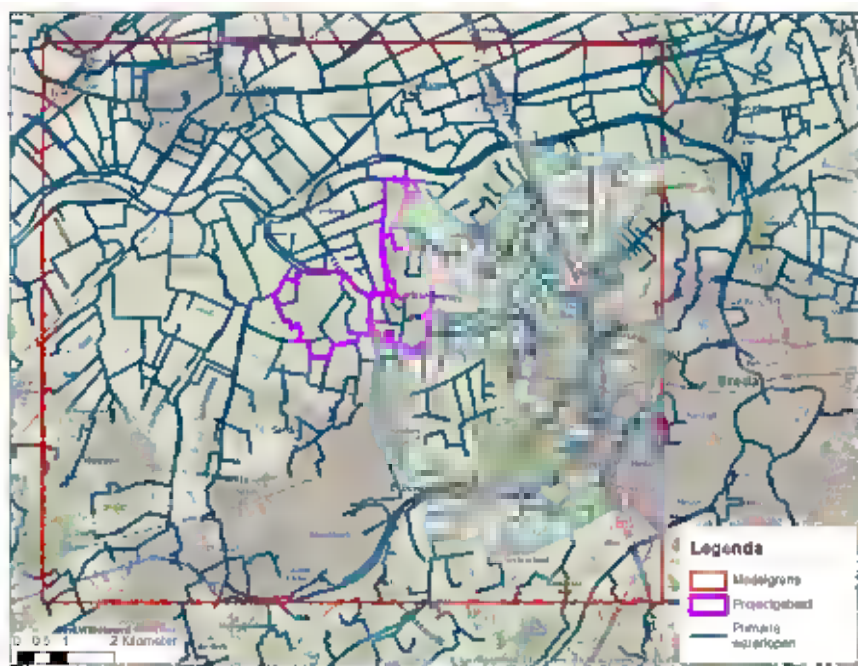
In Figuur 2-1 is de modelgrens van het Brabant-model weergegeven met daarin de ligging van het modelgebied van het grondwatermodel van Noordrand Midden-West (model NRM-W).



Figuur 2-1: Positie model NRM-W binnen het Brabant model.

De modelranden liggen ruim om het projectgebied van Zwartenbergse Polder, Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen de Berk. De coördinaten van de modelranden (zie Figuur 2-2) zijn:

- xmin, ymin, xmax, ymax: 97500, 396250, 110250, 407750.



Figuur 2-2: Modelgebied met binnen het modelgebied het NRM-W projectgebied aangeven.

2.3 Resolutie

Het model is opgesteld en wordt doorgerekend op een grid van 25x25 meter. Input die niet op 25x25 meter beschikbaar is, is verschaald naar de juiste gridgrootte.

2.4 Tijdstappen en rekenperiode

De tijdstap voor het inlezen van de input en uitlezen van de output in het model is 5 dagen.

De rekenperiode (stationair en tijdsafhankelijk) is overgenomen uit het Brabant-model. Voor het Brabant-model-instrumentarium is een neerslag en verdampingsreeks beschikbaar voor de periode 1970 t/m 2016. Het Brabant-model zelf is stationair en tijdsafhankelijk doorgerekend voor de periode 2009 t/m 2016. Deze periode, 2009 t/m 2016, is een periode die overeenkomt met een langjarig gemiddelde periode. Onderstaand is in Tabel 2-1 de door het KNMI gemeten hoeveelheid neerslag en verdamping weergegeven over de langjarige periode 1991 t/m 2020 en voor de periode 2009 t/m 2016 voor het dichtstbij NRM-W gelegen neerslagstation (Klundert) en station met verdampingsmetingen (Gilze Rijen).

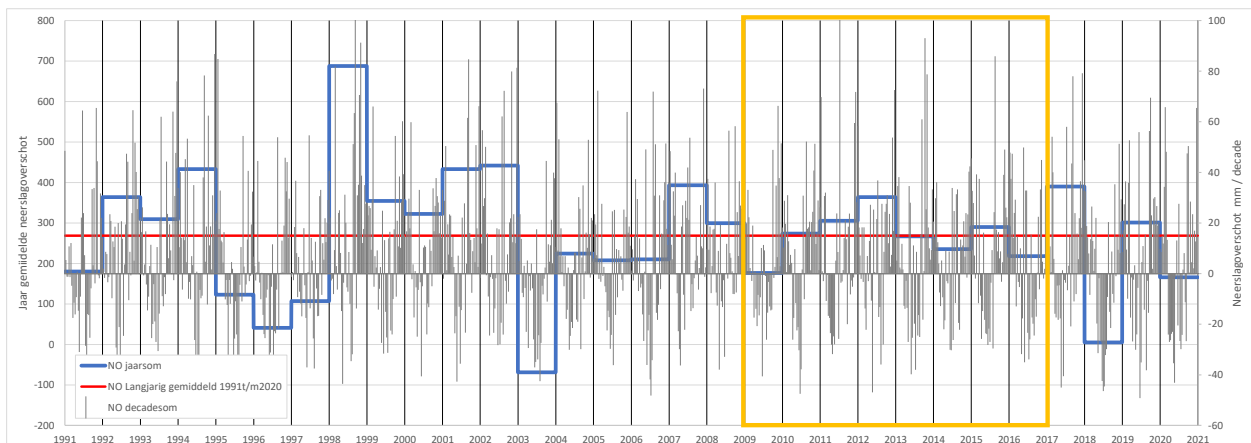
In Figuur 2-3 is de per jaar en per decade het neerslagoverschot weergegeven over de periode 1991 t/m 2020. De periode 2009 t/m 2016 is in deze grafiek geel gemarkeerd.

Tabel 2-1: Gemiddelde jaarhoeveelheid neerslag (KNMI-neerslagstation Klundert) en verdamping (KNMI-station Gilze Rijen)

	Neerslag [mm]	Potentiele verdamping [mm]	Neerslag overschot [mm]
1991 t/m 2020	863	595	269
2009-2016	874	607	266

Voor de grondwatermodelstudie Noordrand Midden-West (NRM-W) is gekozen om de berekeningen uit te voeren voor de periode 2009 t/m 2016. Dit betekent dat stationair gerekend wordt met de gemiddelde grondwataanvulling over de periode 2009 t/m 2016. Tijdsafhankelijk wordt het model doorgerekend van 2007 t/m 2016, waarbij 2007 en 2008 inspeeljaar zijn. De GxG (GHG, GVG en GLG) worden bepaald

voor de periode 2009 t/m 2016. De periode 2009 t/m 2016 is geselecteerd, omdat deze goed overeenkomt met de langjarige gemiddelde situatie.



Figuur 2-3: Jaar gemiddelde Neerslagoverschot, langjarig neerslagoverschot en neerslag som per decade periode 1991 t/m 2020.

2.5 Randvoorwaarden

Op de randen van het model NRM-W worden vaste stijghoogten opgelegd, die afkomstig zijn uit de tijdsafhankelijke 250x250 berekening van het hele Brabant-model. De modelranden zijn dus vaste stijghoogte randen maar variëren wel in de tijd.

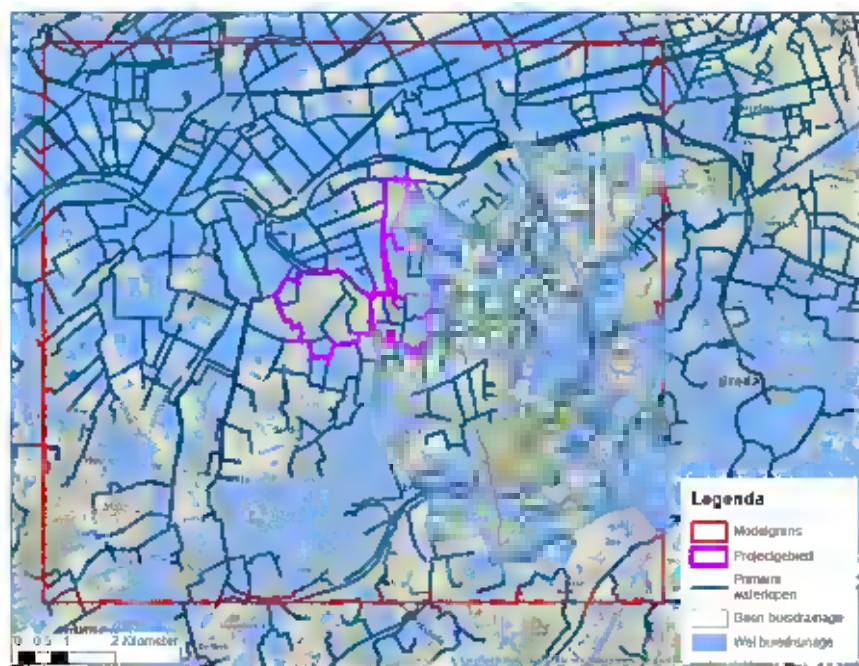
2.6 Begintoestand

Bij het tijdsafhankelijke model wordt in de eerste tijdstap als beginvoorwaarde de berekende stijghoogten van het stationaire model gebruikt.

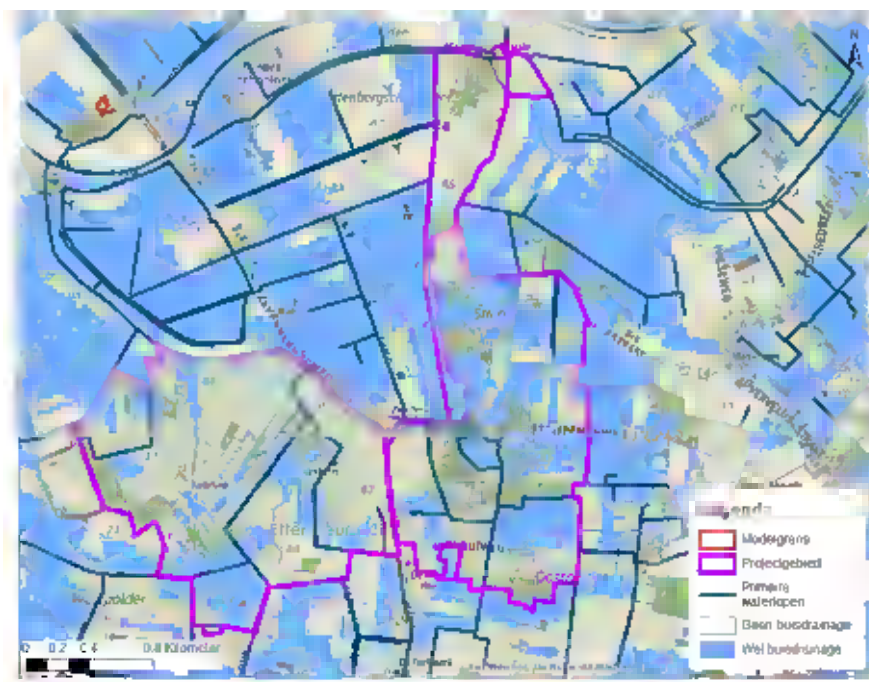
2.7 Buisdrainage

Buisdrainage in het basismodel overgenomen uit het Brabant-model. In het Brabant-model zijn de percelen met buisdrainage, de drainagediepte en drainageweerstand overgenomen uit de Alterra (tegenwoordig WenR) studie van Massop en Schuiling (Massop en Schuiling, 2016 en 2017). Figuur 2-4 en Figuur 2-5 tonen waar drainage in het basismodel is aangenomen.

Te zien is dat in het modelgebied veel percelen verondersteld zijn waar buisdrainage toegepast wordt. In het projectgebied zitten ook percelen waar volgens het onderzoek buisdrainage toegepast is. De buisdrainage kaart is tijdens de kalibratie van het model verder aangepast (zie paragraaf 5.3.5).



Figuur 2-4 Percelen met drainage.



Figuur 2-5 Percelen met drainage in het projectgebied.

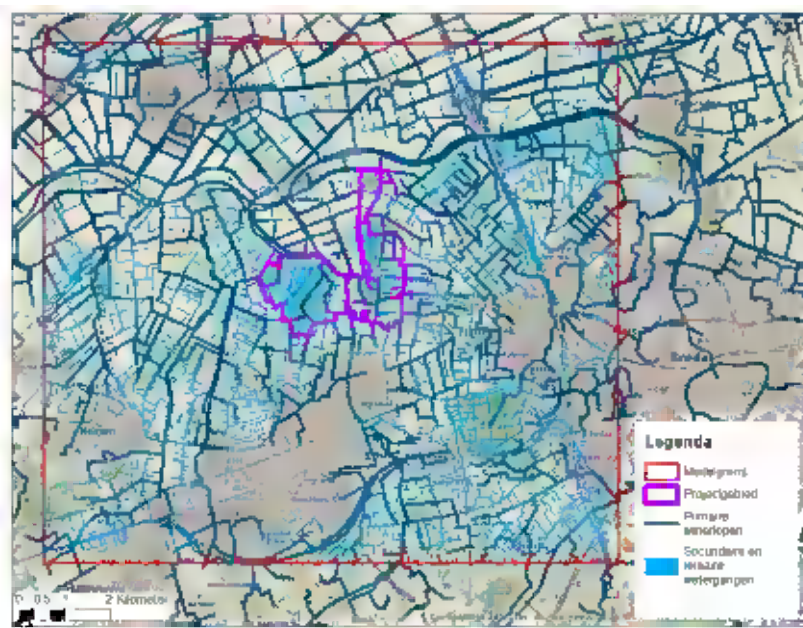
2.8 Waterlopen

De primaire waterlopen (A-watergangen) in het grondwatermodel NRM-W zijn in Figuur 2-6 en Figuur 2-7 zichtbaar als donkerblauwe lijnen. Van deze watergangen is veel informatie, zoals profielen en waterpeilen, beschikbaar bij het waterschap. Informatie over de profielen voor het grondwatermodel, de bodembreedte en diepte, is gebaseerd op de informatie afkomstig van het waterschap.

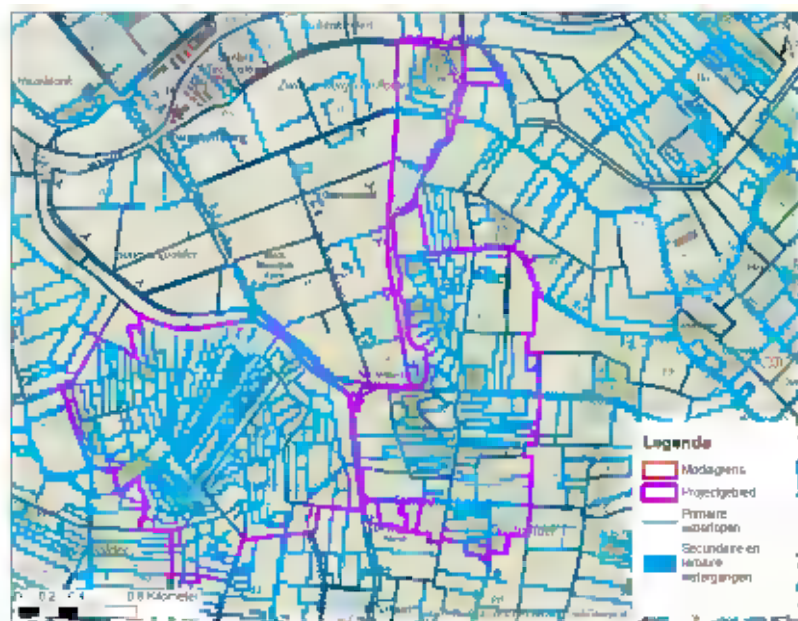
De peilen van zowel de primaire als secundaire en tertiaire watergangen in het basismodel zijn gebaseerd op de peilgebieden die verwerkt zijn in het Brabant-model. De peilenkaart is in voorliggend project tijdens de kalibratie geüpdatet (zie paragraaf 5.3.4). Voor de stationaire berekeningen wordt gerekend met het gemiddelde van het zomer- en winterpeil. In de tijdsafhankelijke berekeningen wordt gerekend met zomer- en winterpeil. Buiten de peilgebieden wordt voor de primaire watergangen gerekend peilen uit Sobek-berekeningen (Royal HaskoningDHV, 2019). Het drainageniveau van de secundaire en tertiaire watergangen wordt buiten het gebied met vaste peilen, bepaald aan de hand van beschikbare inmetingen, de TOP10-kaart en het AHN-filter dat is toegepast in het Brabant-model. Voor meer informatie over het AHN-filter zie het Brabant-model rapport (Royal HaskoningDHV, 2019).

De watergangen Mark en de Leurse Haven hebben een constant peil in zowel ruimte als tijd in het model, namelijk 0 m NAP.

Van secundaire en tertiaire waterlopen, in Figuur 2-6 en Figuur 2-7 zichtbaar als lichtblauwe cellen, is veel minder data beschikbaar. Deze zijn gemodelleerd in het grondwatermodel NRM-W als een gridparameter met bepaalde diepte, weerstand en peil. De gridgrootte van het model is 25x25 m. Bij veel kleine watergangen op korte afstand, zoals bijvoorbeeld bij Kelsdonk/Zwermlaken het geval is, ontstaat er een aaneengesloten vlak. Dit heeft geen invloed op de modeluitkomsten omdat voor elke modelcel de weerstand bepaald wordt aan de hand van het drainerende oppervlak van een waterloop dat in een modelcel ligt. De ligging van de waterlopen is gebaseerd op de TOP10-waterlopen.



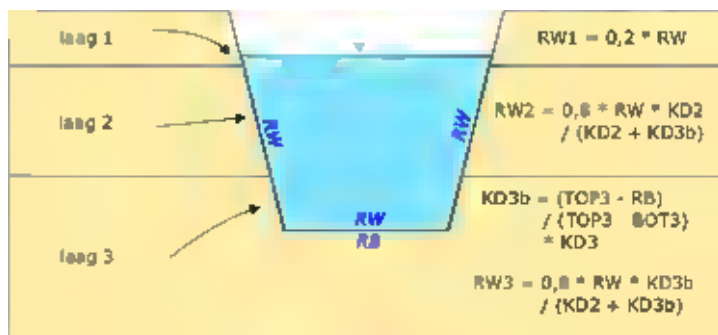
Figuur 2-6 Primaire, secundaire en tertiaire waterlopen in het modelgebied.



Figuur 2-7 Primaire, secundaire en tertiaire waterlopen in het natte natuurparelgebied.

2.8.1 Insnijding waterlopen

De primaire waterlopen (A-watergangen) zijn actief in de lagen waar ze insnijden. Dit is belangrijk omdat de holocene deklaag op bepaalde plekken maar heel dun is. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat waterlopen direct in verbinding staan met het eerste watervoerende pakket, zie als voorbeeld Figuur 2-8.



Figuur 2-8: Formules insnijdingsconcept (RW = natte omtrek, RB = bodemniveau, KD = watervoerendheid).

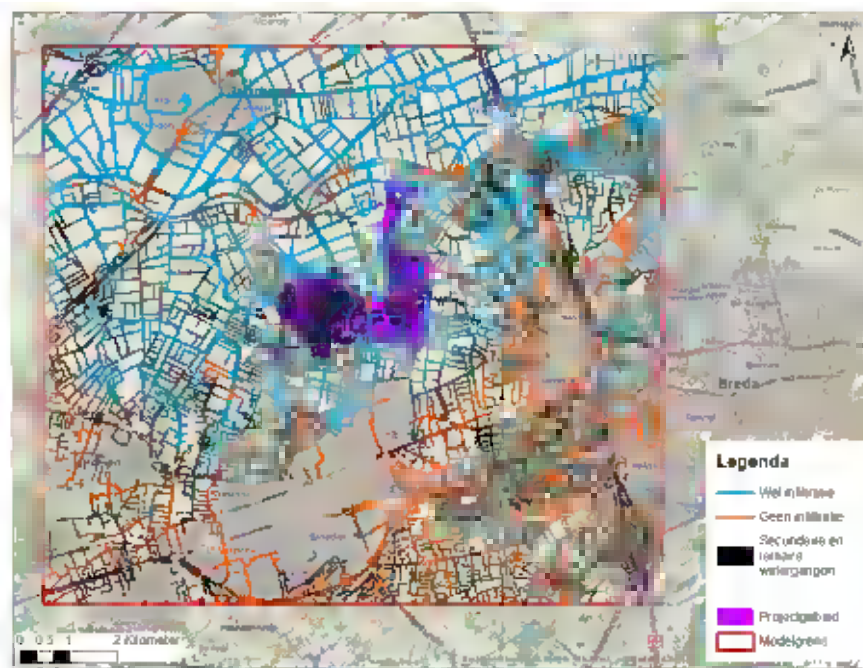
In voorliggende studie is in de kalibratiefase ook een inschatting gemaakt voor de insnijding van B- en C-watergangen. Het gaat dan om het insnijden van watergangen tot in diepere modellagen dan modellaag 1 (zie paragraaf 5.3.2).

2.8.2 Infiltrerende watergangen

Niet alle watergangen in het model kunnen infiltreren. In gebieden waar peilen nagestreefd worden, kan het grootste deel van de primaire watergangen infiltreren. Figuur 2-9 geeft weer om welke watergangen in het oorspronkelijke Brabant-model dit gaat. De infiltratieweerstand van watergangen is groter dan de drainageweerstand. Daarom is als infiltratieweerstand twee keer de drainageweerstand aangenomen.

Secundaire en tertiaire watergangen infiltreren in het regionale Brabant-model niet. Binnen voorliggende studie is dit in de kalibratiefase aangepast voor het grondwatermodel NRM-W (zie paragraaf 5.3.3).

Figuur 2-9 toont dat rondom en in het projectgebied een aantal primaire watergangen reeds in het basismodel kunnen infiltreren.



Figuur 2-9 Infiltrerende watergangen in het basismodelgebied. In kalibratie aangepast (zie paragraaf 5.3.3).

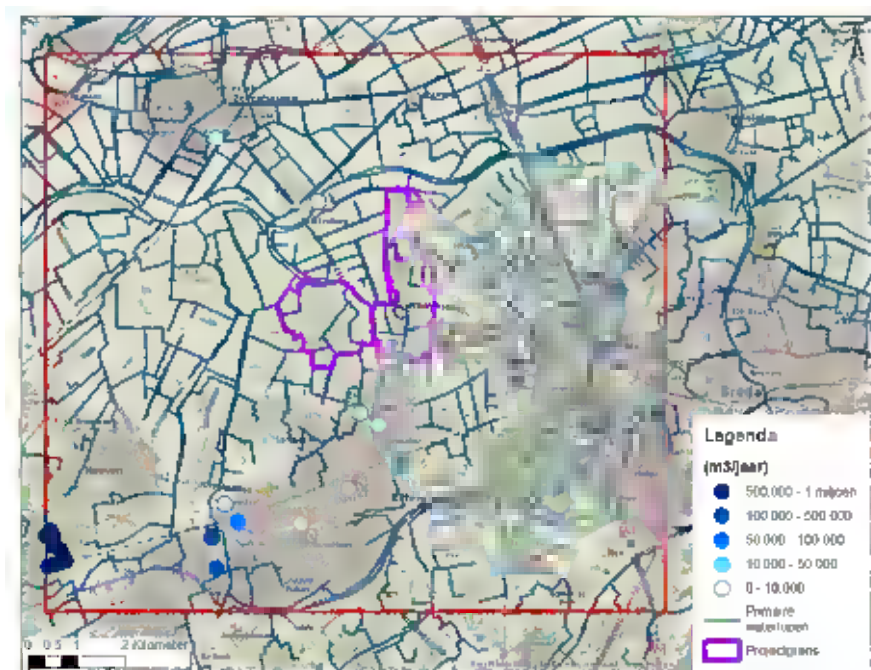
2.9 Onttrekkingen

2.9.1 Industriële en drinkwater onttrekkingen

In het modelgebied van model NRM-W ligt een aantal kleine en grote onttrekkingen (industriële en drinkwater onttrekkingen). In het oostelijk deel van het modelgebied liggen geen onttrekkingen. Verder ligt er verspreid over de rest van het gebied een aantal kleine onttrekkingen van 0 – 10.000 m³/jaar. In de zuidwesthoek van het model ligt een aantal grotere onttrekkingen, waaronder een pompstation van Brabant Water op de grens van het modelgebied (zie Figuur 2-10)

De onttrekkingshoeveelheden zijn gelijk aan de onttrekkingshoeveelheden in het Brabant-model. De randstijghoogten worden ook overgenomen uit het Brabant-model. Aangezien de drinkwaterwinning van Brabant Water bijna op de modelrand van het NRM-W model ligt betekent dat hier alleen correcte stijghoogten uitgerekend worden als zowel de onttrekkingshoeveelheid als de randstijghoogte overgenomen wordt uit dezelfde modelberekening. Dit is het geval. Het model NRM-W is niet geschikt voor wijzigingen in de onttrekkingshoeveelheid van dit pompstation, daarvoor ligt het pompstation te dicht bij de modelrand.

Er liggen geen grote onttrekkingen in de omgeving van het projectgebied Figuur 2-10.



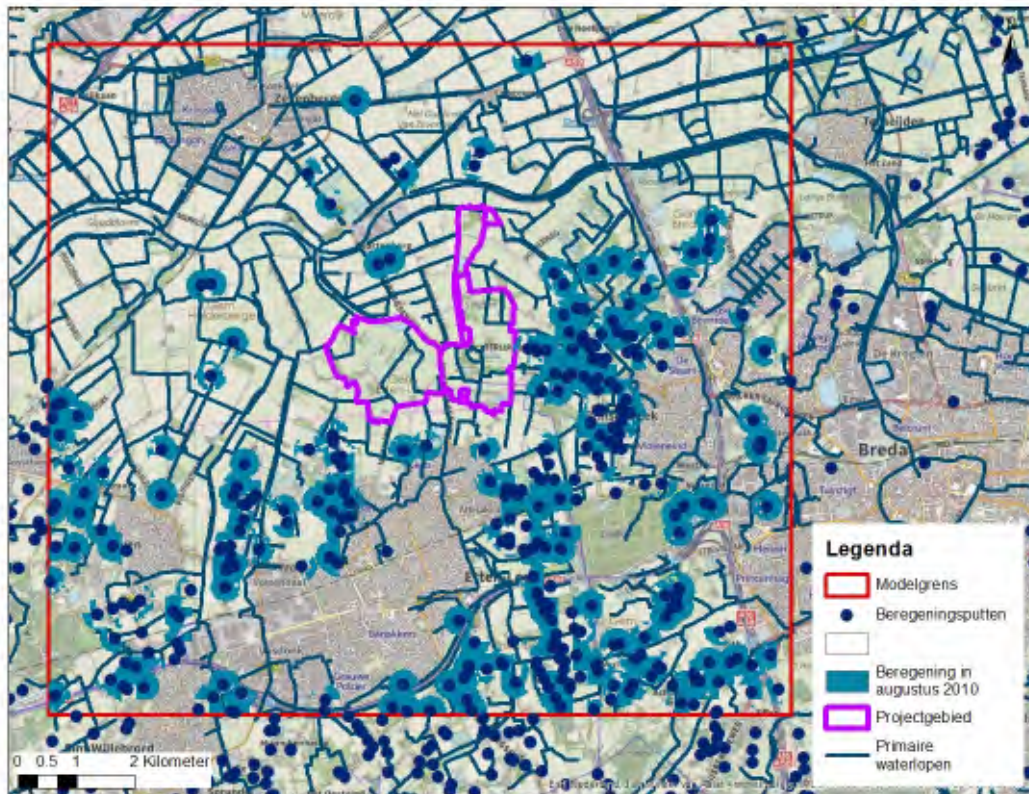
Figuur 2-10: Onttrekkingen in het model NRM-W.

2.9.2 Onttrekkingen beregeningsputten

De percelen die in het model beregend worden, worden tijdsafhankelijk bepaald. Percelen, of eigenlijk oppervlakten, worden beregend vanuit beregeningsputten. De locaties van de beregeningsputten zijn aangeleverd door de provincie Noord-Brabant en gebaseerd op de vergunningsaanvragen. De precieze werkelijke locatie van de beregende percelen is onbekend en kan ook variëren wanneer gebruik wordt gemaakt van mobiele installaties. Berekening wordt in het model alleen verondersteld in een gebied rondom de beregeningsput met als landgebruikstype agrarisch gras, mais of overige landbouwgewassen. In natuurgebied of stedelijk gebied wordt geen berekening aangenomen.

Berekening vindt plaats in modelcellen waarbinnen een beregeningsput valt en omliggende modelcellen binnen een straal van 275 meter met genoemde landgebruikstypen. De grootte van de omliggende zone, van 275 meter, is door kalibratie in het Brabant model bepaald. Bij deze straal komen de gemiddeld gemeten en berekende hoeveelheid berekening het beste met elkaar overeen. Een straal van 275 meter is gelijk aan een oppervlak van ongeveer 20 ha. De zoekcirkel dient alleen om de cellen aan te wijzen die meedoen bij de berekening. Bij overlap wordt er niet dubbel geteld.

Figuur 2-11 geeft als voorbeeld voor een dag in augustus weer waar de beregeningsputten in het model liggen en vanuit welke putten op die dag berekening plaatsvindt. De locaties van de beregeningsputten laten een duidelijk geografisch patroon zien. De putten liggen voornamelijk in het gebied waar een zeer dunne of afwezige holocene deklaag te vinden is. Rondom de natte natuurpleel ligt ook een aantal beregeningsputten waar vanuit berekening plaatsvindt, vooral aan de oostkant van het gebied.



Figuur 2-11 Beregeningsputten en beregende oppervlakte rondom de beregeningsputten in augustus 2010.

3 Geohydrologische laagopbouw Model NRM-W

De laagopbouw van het basismodel is afkomstig uit het Brabant-model en gebaseerd op REGIS II v2.2. De weerstand van het holoceen is overgenomen uit GeoTOP (Royal HaskoningDHV, 2019). De doorlatendheden van de overige eenheden zijn in de basis afkomstig uit REGIS, maar zijn in het Brabant model gekalibreerd. In het basismodel NRM-W wordt gerekend met in het Brabant-model gekalibreerde doorlatendheden van de verschillende formaties.

De geohydrologische basis wordt gevormd door de top van REGIS-eenheid Breda klei (Brk1). Boven de Bredaklei zijn in de laagopbouw alle geohydrologische lagen uit REGIS II v2.2 opgenomen.

Bij de bouw van het lagenmodel is gebruik gemaakt van een zogenaamde mappingstabel of linktabel, waarbij de eenheden uit REGIS gekoppeld worden aan een modellaag. De REGIS-eenheden die voorkomen binnen het modelgebied van NRM-W zijn opgenomen in Tabel 3-1. In de kolom schema staan de overeenkomende modellagen uit het Brabant-model. In de kolom "MF6 modellagen" staan de modellagen van het Modflow6 model van NRM-W. Voor elke laag uit het Brabant-model bestaat een MF6 modellaag nummer. Omdat binnen het modelgebied van NRM-W niet alle REGIS-eenheden voorkomen die wel voorkomen binnen het Brabant-model ontbreken modellagen. Dit zijn in het model dummy modellagen die bij de berekeningen van Modflow 6 niet worden meegenomen (uitgezet via de IDOMAIN-optie van Modflow 6).

De originele modelschematisatie van het Brabant-model is een quasi 3D-modelschematisatie. Een quasi 3D-modelschematisatie bestaat uit watervoerende en scheidende modellagen. De watervoerende lagen zijn met een positief getal aangeduid en de scheidende lagen met een negatief getal. Modflow 6 maakt geen onderscheid tussen watervoerende en scheidende lagen. Het verschil tussen een watervoerende en een scheidende laag zit bij Modflow 6 alleen in de doorlatendheid (k-waarde [m/d]) van de modellaag. Bij een quasi 3D-model vindt horizontale stroming van water plaats in de watervoerende modellagen en verticale stroming in de scheidende lagen. Bij Modflow 6 is in elke modellaag zowel horizontale als verticale stroming van mogelijk.

Tabel 3-1: REGIS-eenheden en de mapping van de eenheden aan Modflow6 (MF6) Modellagen

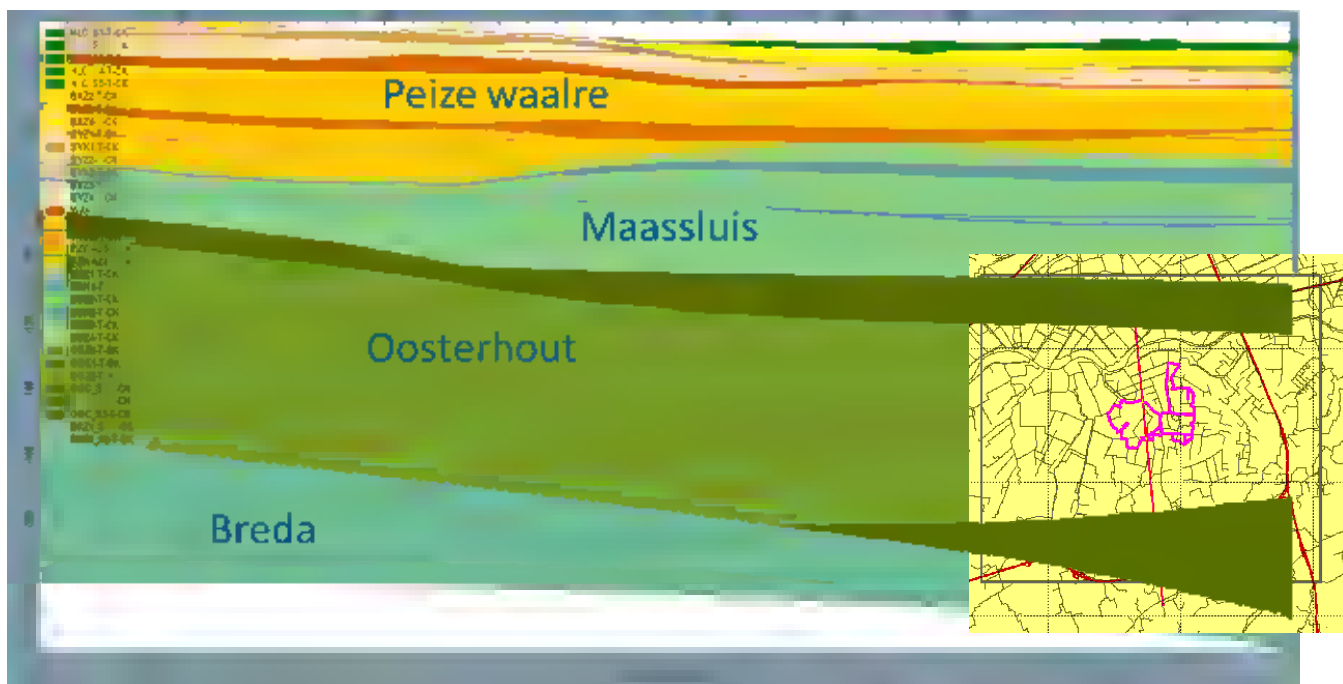
Number	Name	Type	Percentage Voorkomen in NRM-W	Brabant model modellagen	MF6 modellagen	Part	AverageK REGISII v2.2 [m/d]
1	hlc_s1	Complex	49.93939	1	1	0.5	
2	hlc_s2	Complex	49.93939	-1	2	0.5	
3	bxz2	Aquifer	41.51401	2	3	1	5.01
4	bxz3	Aquifer	83.11557	3	5	1	4.70
5	bxz4	Aquifer	82.86638	4	7	1	4.76
6	krz2	Aquifer	1.003502	4	7	1	19.43
7	krz3	Aquifer	1.003502	4	7	1	19.19
8	syz1	Aquifer	77.22926	5	9	1	10.12
9	syk1	Aquitard	52.87581	-5	10	1	0.0481
10	syz2	Aquifer	79.52586	6	11	1	8.81
11	syk2	Aquitard	8.102101	-6	12	1	0.0425
12	syz3	Aquifer	72.35991	7	13	1	8.93
13	syz4	Aquifer	93.13712	8	15	1	8.84
14	pzwaz1	Aquifer	22.79095	8	15	1	6.07
15	wak1	Aquitard	99.10426	-8	16	1	0.0243
16	pzwaz2	Aquifer	100	9	17	1	7.74

17	wak2	Aquitard	78.78502	-9	18	1	0.0222
18	pzwaz3	Aquifer	56.93696	10	19	1	9.55
19	pzwaz4	Aquifer	99.99327	11	21	1	9.57
20	msz1	Aquifer	87.29122	11	21	1	11.86
21	msk1	Aquitard	74.27263	-11	22	1	0.0042
22	msz2	Aquifer	100	12	23	1	11.05
23	msk2	Aquitard	39.66191	-12	24	1	0.0042
24	msz3	Aquifer	99.75754	13	25	1	12.10
25	msz4	Aquifer	100	13	25	1	11.93
26	ooz1	Aquifer	47.90544	17	33	1	8.95
27	ook1	Aquitard	100	-17	34	1	0.0066
28	ooz2	Aquifer	100	18	35	1	25.28
29	ooc_s1	Complex	52.57947	18	35	0.33	1.40
30	ooc_s2	Complex	52.57947	-18	36	0.67	0.0091
31	brz1	Aquifer	100	19	37	1	2.97

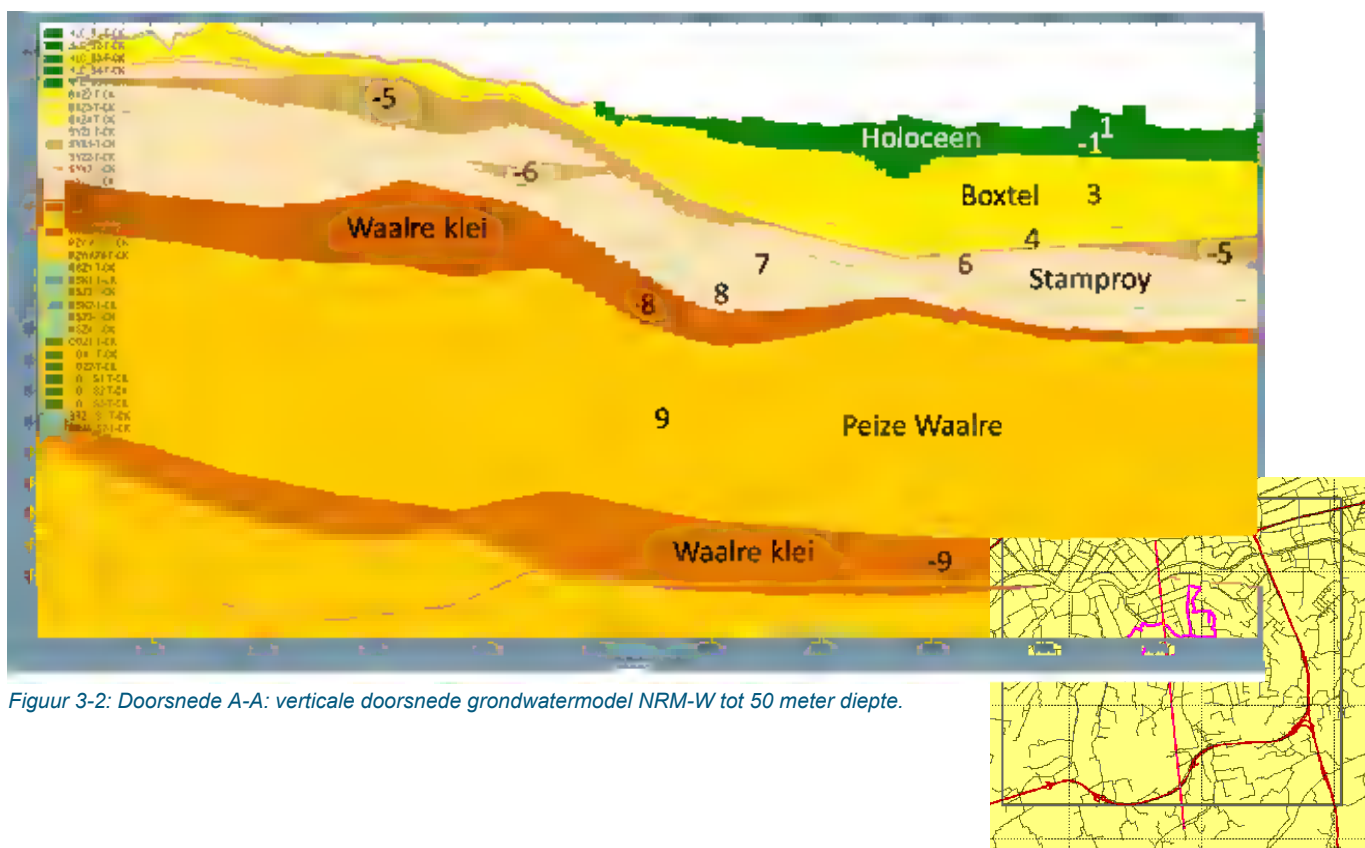
In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 is een geohydrologische doorsnede door het modelgebied opgenomen. Beide figuren tonen dezelfde doorsnede, Figuur 3-2 zoomt in op de bovenste 50 meter van de ondergrond. In de doorsnede is de quasi 3D laagnummering van het Brabant-model aangegeven.

Op grotere diepte komen binnen het modelgebied van NRM-W mariene afzettingen voor. De formatie van Maasluis (msz en msk), Oosterhout (ooc, ooz en ook) en Breda (brz) zijn mariene afzettingen (door de zee afgezette zanden en kleien). Boven de mariene afzettingen bevinden zich fluviatiele afzettingen (rivierafzettingen) van de formatie van Peize Waalre en Stramproy. De formatie van Peize Waalre is in het gebied door een oervorm van de Rijn afgezet, waar de formatie van Stramproy bestaat uit latere afzettingen van kleinere rivieren/beken die richting Maas/Rijn afwaterden. De formatie van Stramproy ligt over het algemeen direct op de Waalreklei 1 (wak1), die in bijna het hele modelgebied als scheidende laag voorkomt. Boven de formatie van Stramproy bevindt zich de formatie van Bortel. Deze formatie is eolisch (door de wind afgezet) en bestaat voornamelijk uit zanden die tijdens een ijstijd vanuit het (droogstaande) Noordzee bekken hier zijn afgezet. Boven de formatie van Bortel ligt de deklaag die bestaat uit holocene afzettingen. Zoals Figuur 3-2 laat zien is niet in het hele modelgebied sprake van holocene afzettingen. In het projectgebied bevindt zich wel overal een holocene deklaag.

De deklaag varieert in het projectgebied van dikte van enkele decimeters tot enkele meters dik en bestaat voornamelijk uit veen, klei of klei op veen. Onder het holoceen bevindt zich het eerste watervoerende pakket dat in het projectgebied bestaat uit de pleistocene zanden van de formatie van Bortel. De formatie van Bortel is zandig en dus veel beter doorlatend dan het holoceen. De formatie van Bortel bestaat uit fijn tot matig fijne zanden en is over het algemeen minder goed doorlatend dan de iets grovere rivierafzettingen van formatie van Stramproy en Peize Waalre.



Figuur 3-1: Doorsnede A-A: verticale doorsnede Grondwatermodel NRM-W tot geohydrologische basis.



Figuur 3-2: Doorsnede A-A: verticale doorsnede grondwatermodel NRM-W tot 50 meter diepte.

4 Peilbuizen

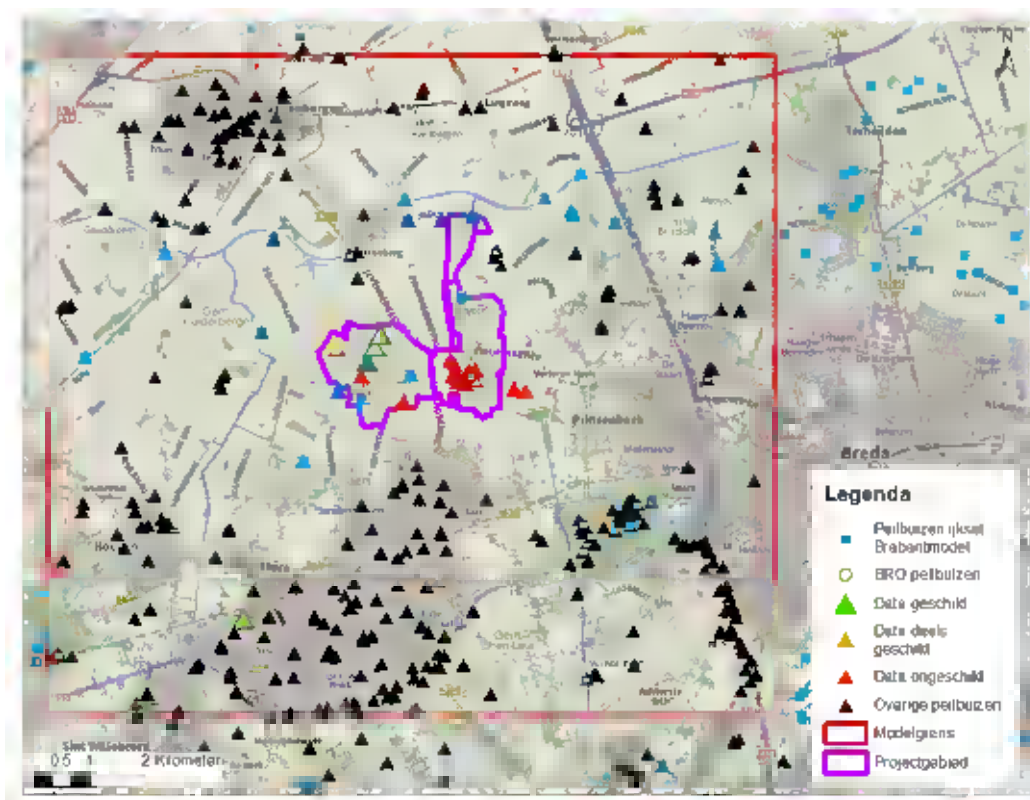
Ter plaatse van het model zijn alle beschikbare peilbuizen uit Dinoloket opgevraagd. De download uit Dinoloket (zonder selectie op correcte/gewenste periode data) laat zien dat er in het gebied redelijk wat peilbuizen beschikbaar zijn. Zie de zwarte driehoekjes in Figuur 4-1.

Vanuit het Brabant-model is een ijkset beschikbaar voor de periode 2009 t/m 2016. Voor deze ijkset zijn naast peilbuizen van DINO ook peilbuizen bij de waterschappen opgevraagd en gebruikt. De selectie van peilbuizen voor de kalibratieset is in de Brabant-modelstudie uitgebreid beschouwd (Royal Haskoning-DHV, 2019).

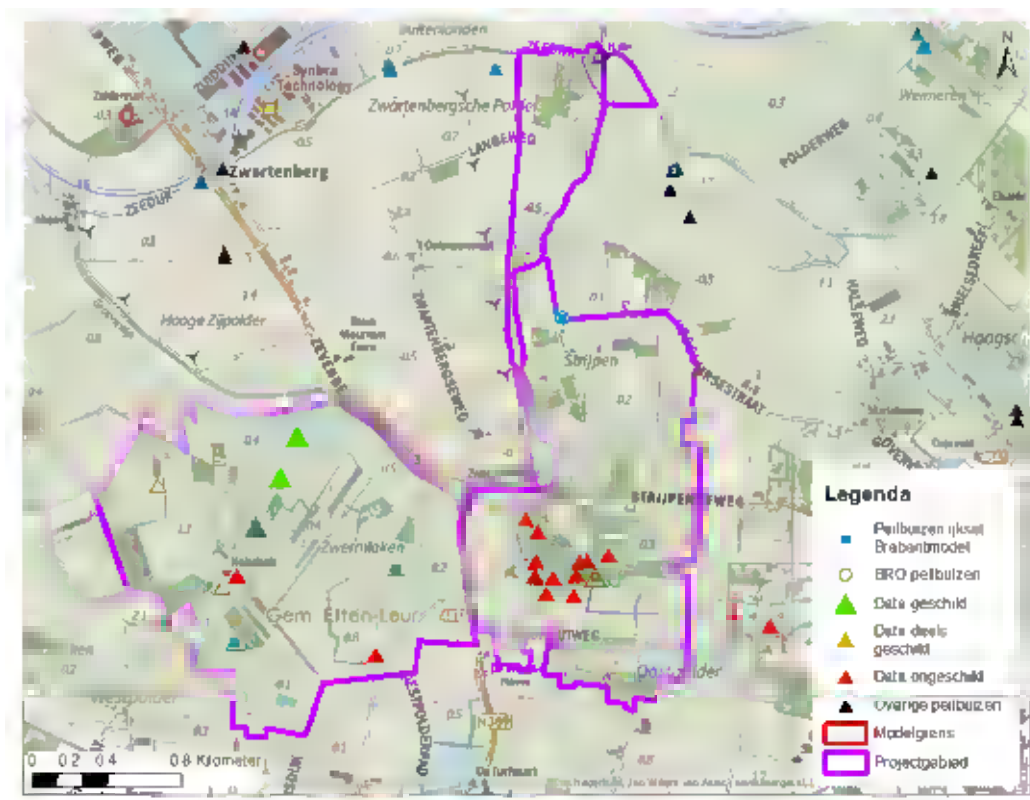
Voor de kalibratie van het model NRM-W worden alle peilbuizen uit de kalibratieset van het Brabant model gebruikt. Voor alle van het DINO loket gedownloade peilbuizen is gekeken of in de kalibratieperiode nog extra peilbuizen beschikbaar zijn die over voldoende data beschikken. Buiten het projectgebied zijn aan de ijkset van het Brabant-model voor de kalibratie van het NRM-W model 5 peilbuizen toegevoegd (zie Figuur 4-1).

Binnen het projectgebied zijn de data van alle uit het DINO loket gedownloade peilbuizen met de hand bekeken en beoordeeld. Bij de beoordeling is gekeken naar de beschikbare periode van de metingen, meetfrequentie en uitschieters dan wel data die vreemde sprongen vertoont. De ijkset van het Brabant-model bevatte reeds vijf peilbuizen in het projectgebied (blauwe vierkanten Figuur 4-2), hieraan zijn in voorliggende studie nog 4 peilbuizen toegevoegd. Het gaat om 2 peilbuizen die als volledig geschikt zijn beoordeeld en 2 peilbuizen die als deels geschikt zijn beoordeeld. De deels geschikte peilbuizen hebben data tot en met 2013, waardoor 3 jaar ontbreken voor kalibratie.

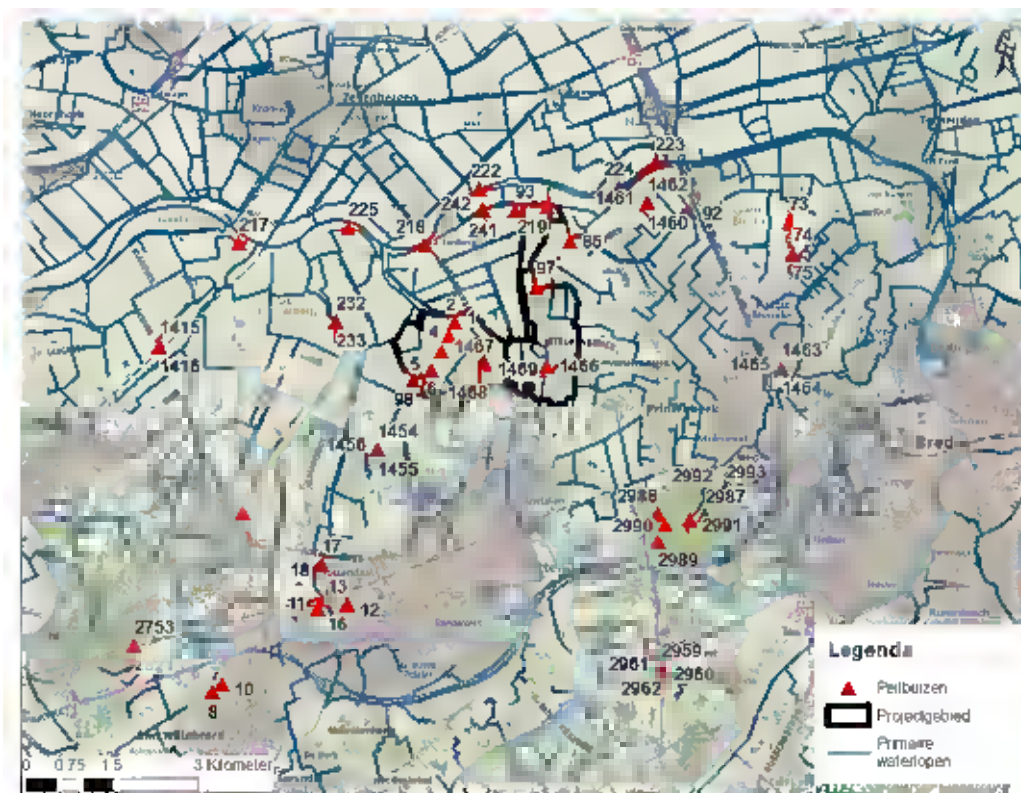
De filters van de peilbuizen in het projectgebied hebben dieptes tussen de -1 en -5 m NAP. De holocene deklaag is gemiddeld rond de 2 meter. Ten opzichte van maaiveld zitten de filterdieptes tussen de 0 en 5 meter onder maaiveld, dus met filters in het holoceen en of het pleistocene eerste watervoerende pakket (formatie van Bortel).



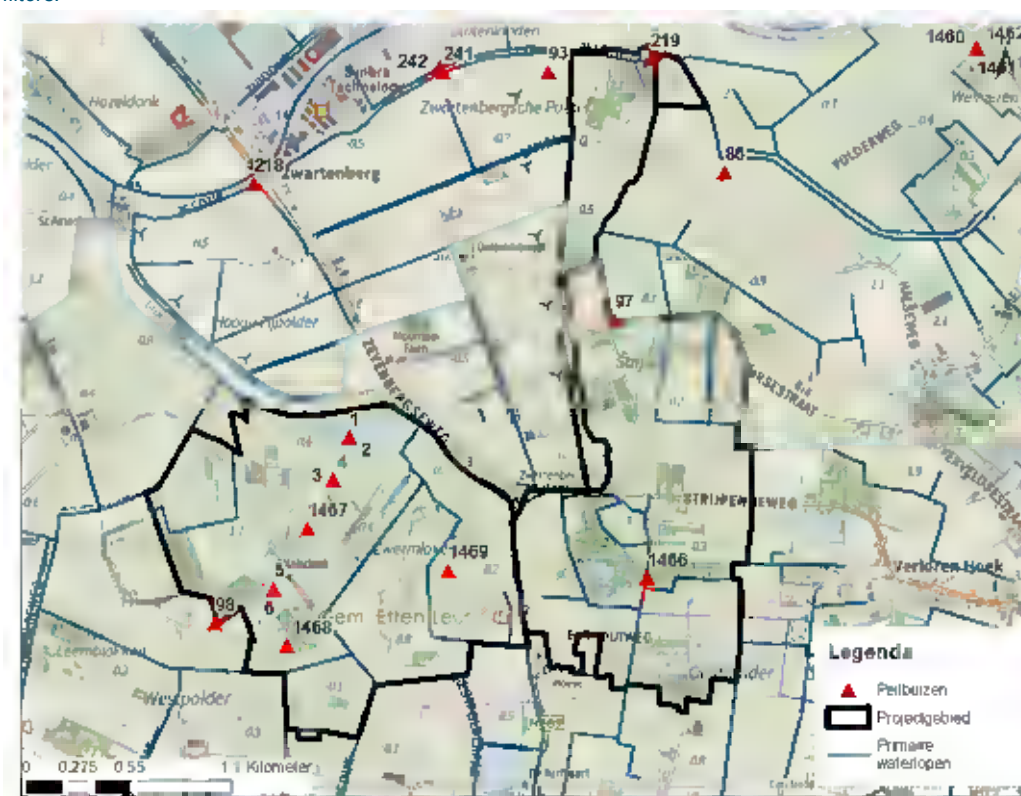
Figuur 4-1 Peilbuizen uit Dinoloket (driehoeken) en van de ijkset van het Brabant-model (vierkanten) in het modelgebied. Verder zijn er ook nog BRO-peilbuizen in het gebied (cirkels). Zwarte peilbuizen zijn niet een voor een bekeken en beoordeeld, peilbuizen met een groene, oranje of rode kleur zijn apart bekeken en beoordeeld op bruikbaarheid.



Figuur 4-2 Peilbuizen uit Dinoloket (driehoeken) en van de ijkset van het Brabant-model (vierkanten) in het natte natuurgebied. Verder zijn er ook nog BRO-peilbuizen in het gebied (cirkels). Zwarte peilbuizen zijn niet een voor een bekeken en beoordeeld, peilbuizen met een groene, oranje of rode kleur zijn apart bekeken en beoordeeld op bruikbaarheid.



Figuur 4-3 Alle peilbuizen die in de modelijkset worden opgenomen en hun ID. Peilbuizen met meerdere getallen hebben meerdere filters.



Figuur 4-4 Alle peilbuizen in het projectgebied die in modelijkset worden opgenomen en hun ID. Peilbuizen met meerdere getallen hebben meerdere filters.

5 Resultaten basismodel

Het basismodel betreft de uitsnede uit het Brabant-model, zoals hierboven beschreven. Zowel freatisch als in het 1^{ste} watervoerende pakket (Boxtel formatie) zullen de prestaties van het basismodel beoordeeld worden. Dit is dus het modelresultaat **voor** kalibratie.

5.1 Prestatie basismodel in eerste watervoerend pakket

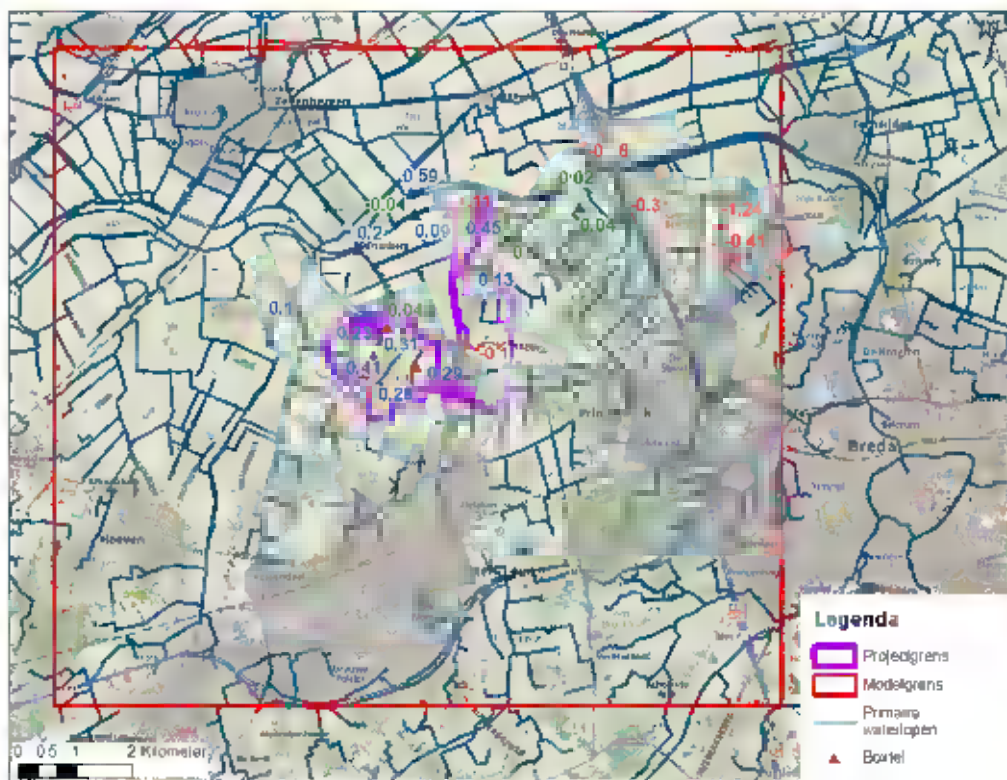
Het 1^{ste} watervoerende pakket is in het model de Boxtel formatie. Figuur 5-1 geeft de stationaire afwijkingen van de peilbuizen in het hele modelgebied in de Boxtel formatie weer. Afwijkingen tussen de +0.05 en -0.05 meter worden als goed gezien, en zijn in de figuur met groen aangeduid. Negatieve afwijkingen, het model berekend lagere stijghoogten dan de metingen laten zien, zijn met rood aangegeven en positieve afwijkingen, het model berekend hogere stijghoogten dan de metingen laten zien, zijn met blauw aangegeven. Figuur 5-2 laat zien dat in en rondom het projectgebied het basismodel veelal te hoge stijghoogten laat zien.

Tijdsafhankelijk zakken de grondwaterstijghoogtes in het model in de zomer soms te ver uit in vergelijking met metingen in het projectgebied. Als voorbeeld is peilbuis 6 in Figuur 5-3 weergegeven. Dit is een van de peilbuizen in Zwermklaken/Kelsdonk. In de zomers van 2010 en 2013 zakt het model verder weg dan de metingen laten zien, dit patroon is ook bij andere peilbuizen in het gebied zichtbaar. Vermoedelijk is in de zomerperioden sprake van meer wateraanvoer (infiltrerende watergangen) dan in het basismodel is opgenomen.

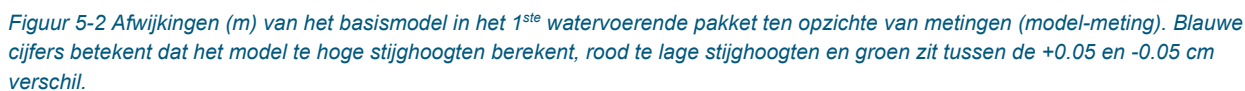
In Strijpen de Berk liggen 2 peilbuizen (peilbuis 1466 en peilbuis 97, zie Figuur 5-4). Peilbuis 1466 is in de rapportage opgenomen en is representatief voor het gebied. Op deze locatie worden door het basismodel te hoge stijghoogten berekend ten opzichte van de gemeten stijghoogten. In tegenstelling tot peilbuis 6 in Kelsdonk/Zwermklaken worden in de peilbuizen in Strijpen de Berk in zomerperiodes te hoge stijghoogten berekend.

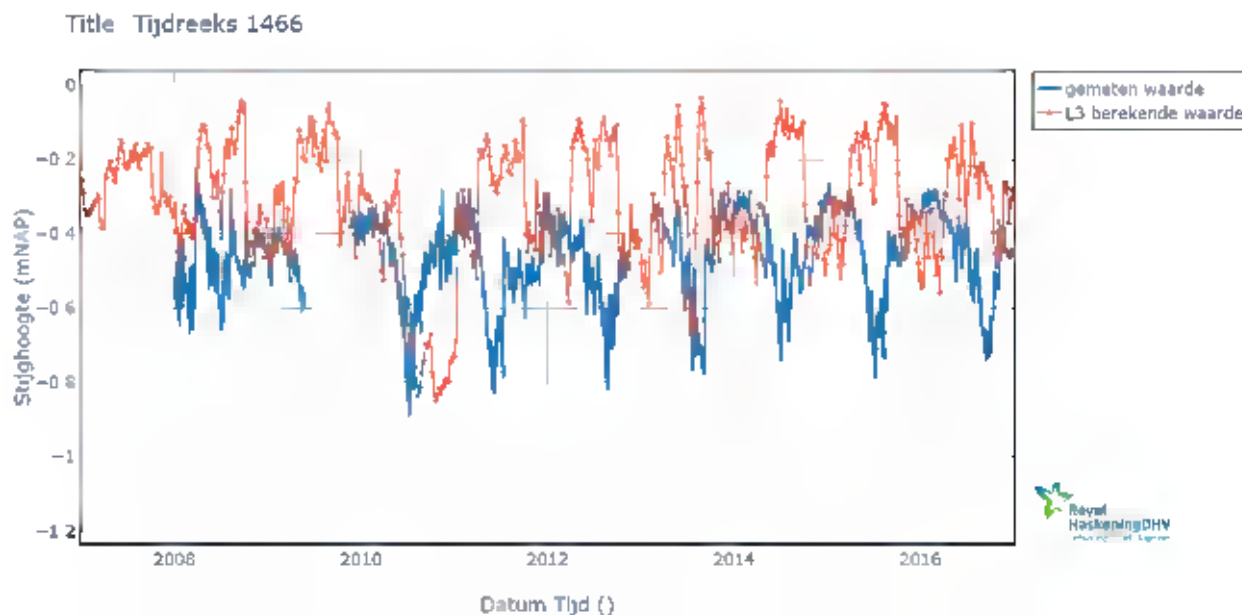
In Zwartenbergse Polder ligt één peilbuis (peilbuis 219) maar deze meet na nadere inspectie waarschijnlijk het oppervlaktepeil of een andere waterstand, maar niet de stijghoogte in het 1^{ste} watervoerende pakket (Figuur 5-5). Deze peilbuis staat ook zeer dicht bij het gemaal dat hier ligt. Het gemiddelde berekende peil ligt rond de -0,5 meter NAP, terwijl het gemiddelde gemeten peil rond de -1,6 meter NAP ligt. Andere peilbuizen in de omgeving laten zien dat het waarschijnlijk is dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket in de buurt van de door het model berekende waarde van -0,5 +NAP zal liggen.

In de kalibratie wordt aandacht besteed aan het verder verbeteren van het model om de verschillen tussen meting en model te verkleinen, zie paragraaf 5.3.

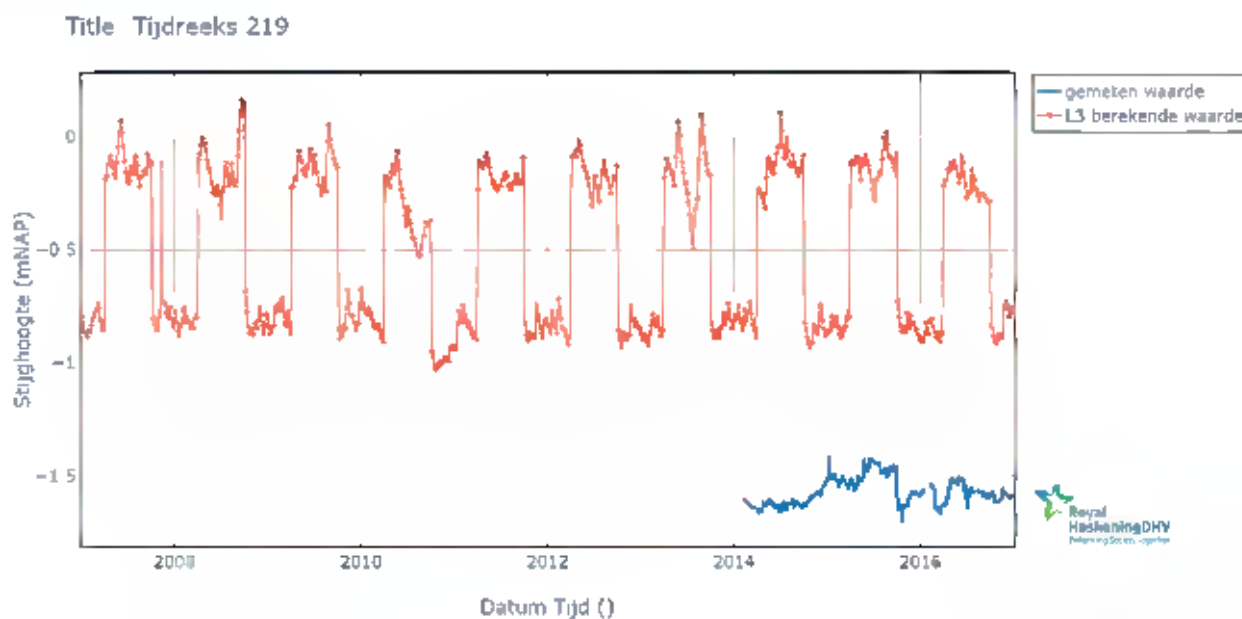


Figuur 5-1 Afwijkingen (m) in het 1^{ste} watervoerende pakket van het basismodel ten opzichte van metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.





Figuur 5-4 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1466 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis).



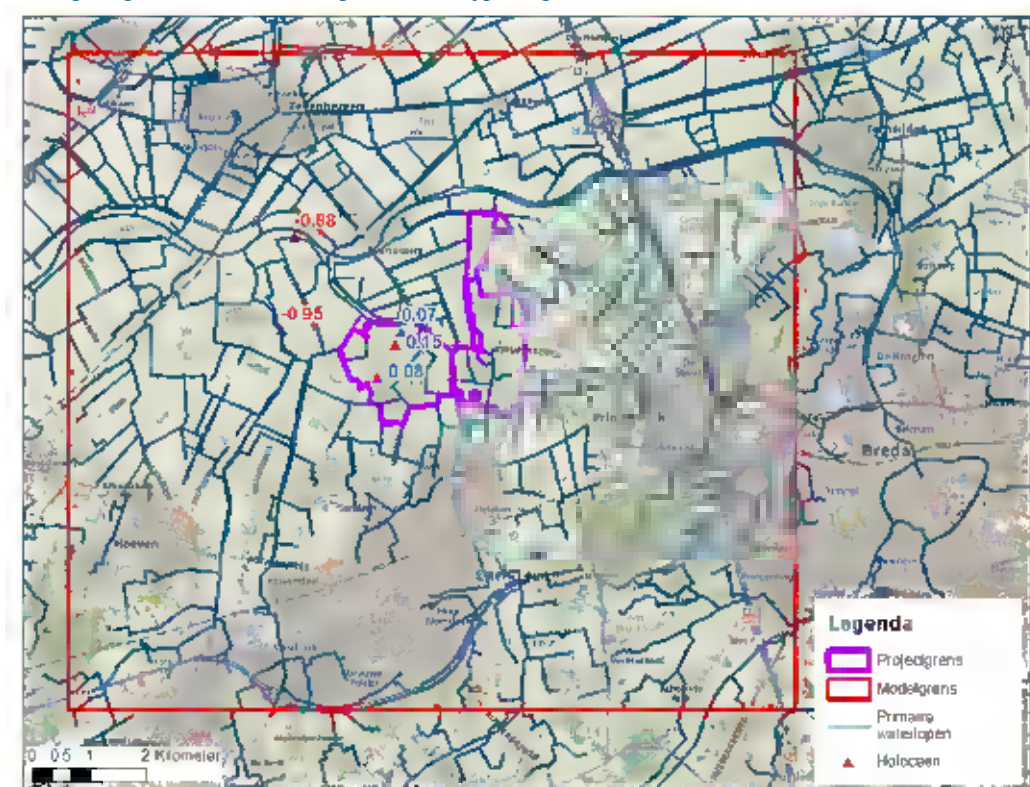
Figuur 5-5 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 219 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis).

5.2 Prestatie basismodel grondwaterstand in holocene deklaag

Er zijn niet veel peilbuizen met filters in de holocene deklaag in het gebied. In het projectgebied gaat het om 3 peilbuizen, daarbuiten 2 peilbuizen (zie Figuur 5-6). De stationaire afwijkingen berekend door het basismodel binnen het projectgebied zijn allemaal te hoog. Twee peilbuizen hebben een afwijking binnen 10 cm. De afwijkingen buiten het projectgebied zijn groot, het model berekent hier te lage stijghoogten.

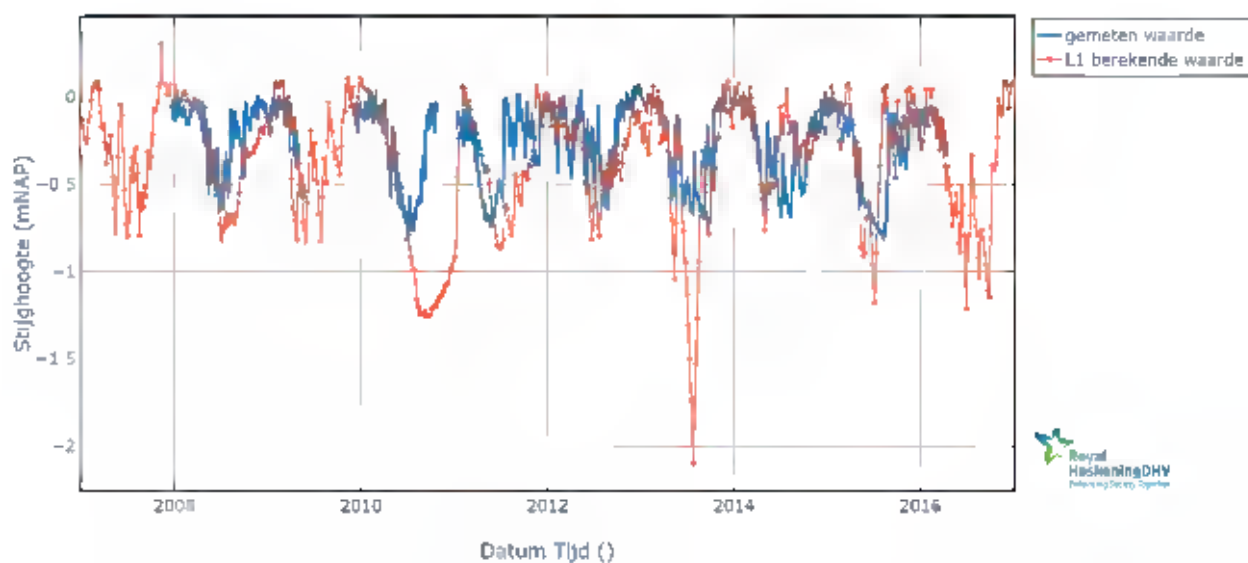
Net als in het 1^{ste} watervoerende pakket zakken de berekende freatische stijghoogten in Kelsdonk/Zwermlaken in de zomer verder weg dan de gemeten stijghoogten, zoals zichtbaar in peilbuis 1 in

Figuur 5-7. Peilbuis 1 (meest noordelijke freatische peilbuis in Kelsdonk/Zwermlaken). Buiten de zomerperiodes van 2010 en 2013 doet het model het al behoorlijk goed. De berekende stijghoogten bewegen goed mee met de gemeten stijghoogten.



Figuur 5-6 Afwijkingen (m) van de berekende grondwaterstand van het basismodel ten opzichte van metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekend, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

Title Tijdsreeks 1



Figuur 5-7 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis)

Voorliggende hoofdstuk beschrijft de aangebrachte aanpassingen aan het basismodel tijdens kalibratie en laat het uiteindelijke kalibratie resultaat zien. Het model is zowel stationair als niet-stationair gekalibreerd.

5.3 Kalibratie Aanpassingen

De weerstand van de holocene deklaag en de watergangen in het gebied spelen een belangrijke rol voor de optredende grondwaterstanden in het gebied. Bij de kalibratie is veel aandacht besteed aan deze parameters in het model. Tijdens de kalibratie heeft een update van de deklaagweerstand plaatsgevonden en heeft kalibratie van deze weerstand plaatsgevonden. Vervolgens is de insnijding van de watergangen door de deklaag opnieuw bepaald en zijn de drainage- en infiltratieweerstand van de watergangen gekalibreerd. De inschatting van de locaties met buisdrainage is aangepast en het maaiveld is geüpdatet naar AHN3.

In een volgende stap is gekeken naar aanpassingen aan doorlatendheden van geohydrologische formaties anders dan de holocene deklaag. Tijdens de kalibratie is echter gebleken dat aanpassingen aan deze doorlatendheden geen verdere verbetering van het model opleveren. Met uitzondering van de weerstand van de holocene deklaag zijn uiteindelijk geen wijzigingen aan de doorlatendheden van de verschillende formaties doorgevoerd. Dit betekent dat de doorlatendheden van de geohydrologische formaties in het model gelijk zijn gebleven aan de doorlatendheden in het (gekalibreerde) Brabant-model.

5.3.1 Deklaagweerstand

Voor het projectgebied wordt beschikt over een gedetailleerde bodemkaart (Arcadis, 2016). De bodemkaart is in 2010 door Arcadis opgesteld. Voor het samenstellen van de bodemkaart zijn destijds in het projectgebied bijna 300 boringen van 1,2 meter diep gezet. Waar de holocene deklaag dunner is dan 1,2 meter beschrijven deze boringen de hele deklaag. In een deel van het gebied is de deklaag ook dikker. Voor het projectgebied geeft de bodemkaart en de uitgevoerde boringen een goed beeld van de weerstand van holocene deklaag.

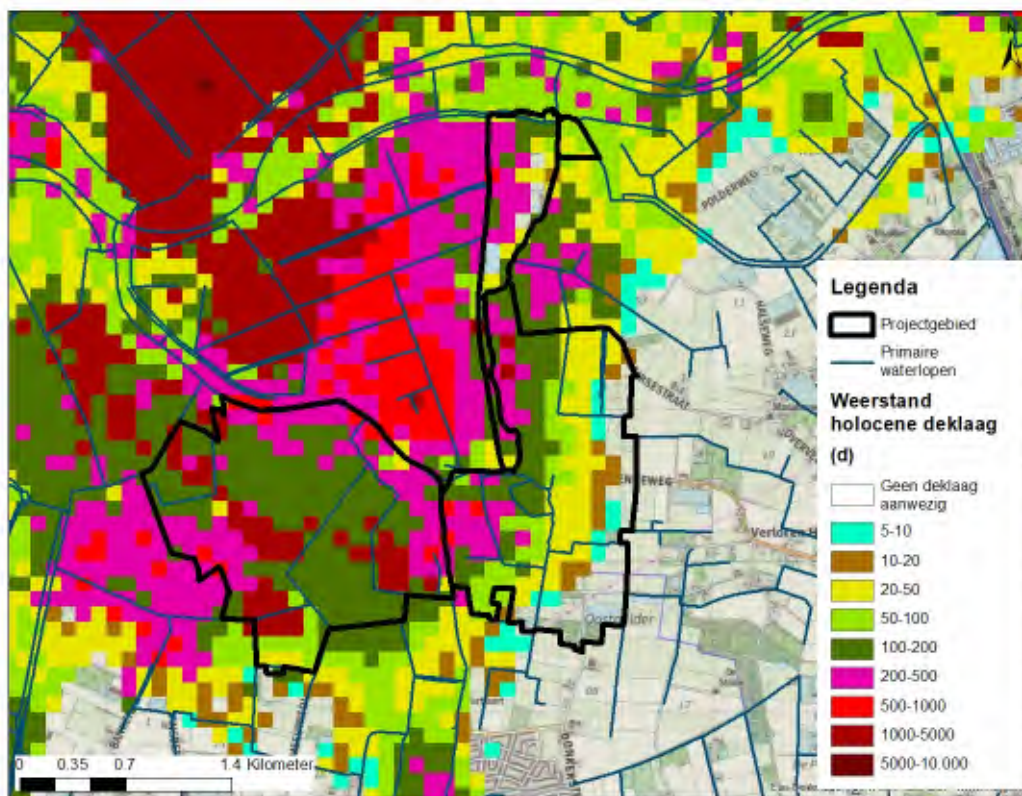
De deklaag bestaat voornamelijk uit veen en of klei maar plaatselijk komen ook zand en zavel voor. Voor het bepalen van de deklaagweerstand zijn de boorbeschrijvingen onderverdeeld in: veen, klei, zand en zavel. Aangenomen is dat zand en of zavel aan de onderkant van de boring betekend dat de boring is gezet tot in het pleistocene zand. Indien het holocene volgens REGIS dikker is dan 1,2 meter en de boring eindigt met veen of klei is aangenomen dat het deel van de deklaag dat de boorbeschrijving niet beschrijft bestaat uit veen respectievelijk klei. Per boring is op deze manier de weerstand van de deklaag bepaald. De boorpunten met weerstand zijn vervolgens door middel van interpolatie met kriging verwerkt tot een vlakdekkende weerstandsk kaart binnen het projectgebied. Figuur 5-8 geeft de deklaagweerstand zoals deze in het Brabant-model zit weer. Figuur 5-9 geeft de nieuw bepaalde deklaagweerstand, voor het NRM-W model in het projectgebied weer.

Tijdens de kalibratie is vastgesteld dat onderstaande doorlatendheden van de onderscheiden lithoklassen het beste resultaat geven voor de deklaagweerstand.

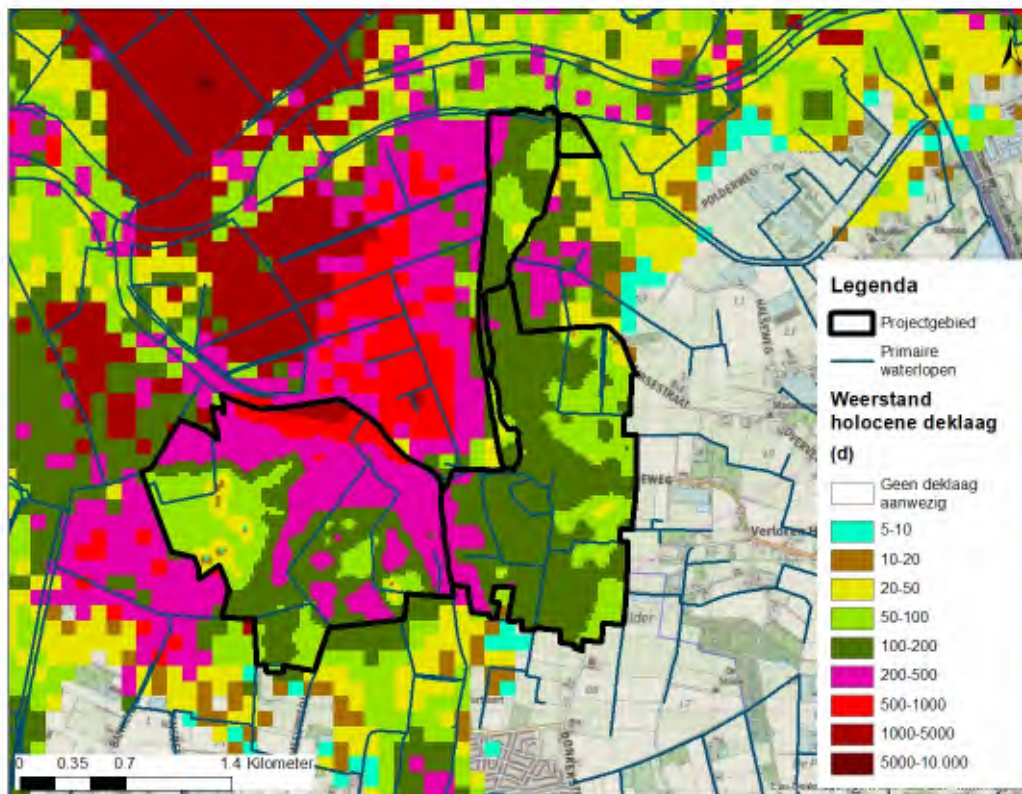
Tabel 5-1: Onderscheiden lithoklassen en doorlatendheid voor het bepalen deklaagweerstand in projectgebied

Lithoklasse	Doorlatendheid [m/d]
Klei	0.005
Veen	0.01
Zavel	0.1
Zand	1

Figuur 5-9 geeft de nieuw bepaalde deklaagweerstand, voor het NRM-W model in het projectgebied weer. Ten opzichte van REGIS is ook in het zuidoosten van het projectgebied nu een deklaagweerstand aangenomen voor het holoceen.



Figuur 5-8 Deklaagweerstand in het basismodel afkomstig van het Brabant-model.



Figuur 5-9 Deklaagweerstand, met in het projectgebied deklaagweerstand op basis van boringen bodemkaart.

5.3.2 Insnijding B- en C- watergangen

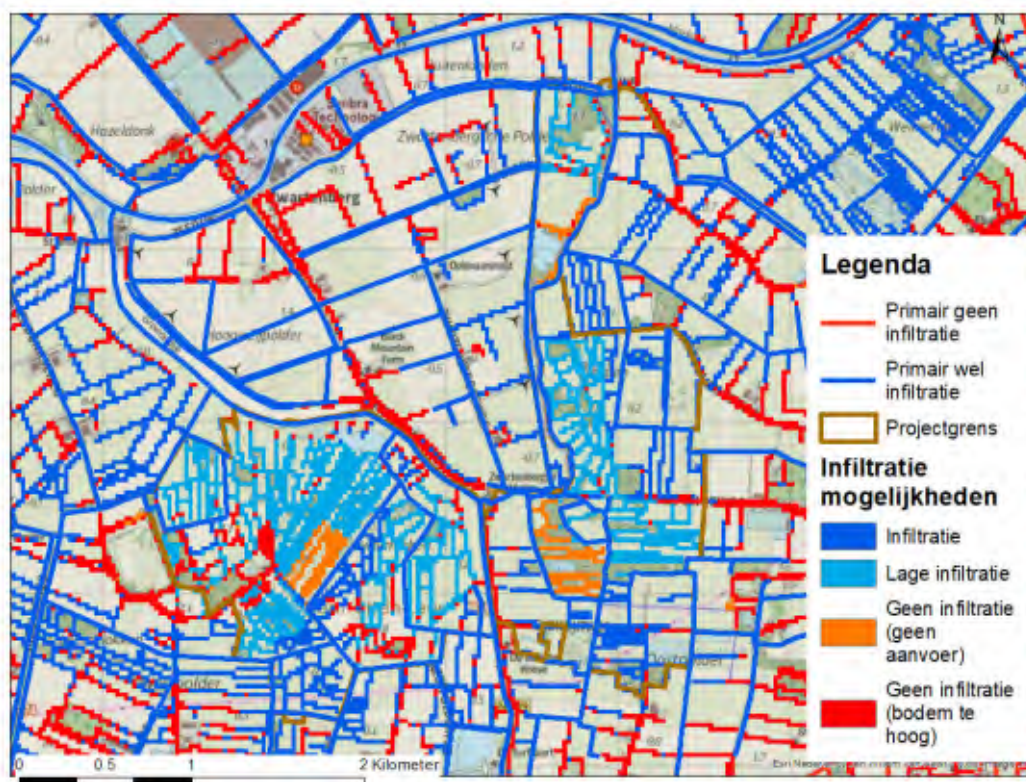
In het basismodel snijden alleen de primaire watergangen (A watergangen) in, in meerdere modellagen (zie paragraaf 2.8.1). De deklaag in het projectgebied is op bepaalde plaatsen echter heel dun, waardoor ook secundaire en tertiaire (B- en C watergangen) door de deklaag heen kunnen snijden. Van de diepte van de B- en C watergangen is geen informatie beschikbaar. In het model is voor de B- en C watergangen een diepte van 1 meter ten opzichte van maaiveld aangenomen. Indien de modellagen door de holocene deklaag heen snijden zijn de watergangen in het model ook actief gemaakt in de betreffende modellagen. Het maaiveld wat hiervoor gebruikt is, is ook aangepast (zie Paragraaf 5.3.6).

5.3.3 Infiltratie watergangen

In het basismodel is alleen infiltratie van de primaire watergangen (A- watergangen) aangenomen. Tijdens de kalibratie is dit aangepast en zijn ook B en C watergangen infiltrerend gemaakt.

Watergangen kunnen alleen infiltreren in de gebieden met vaste (zomer- en winter) peilen, de zogenaamde peilgebieden (zie paragraaf 2.8.2). Daarnaast is ook voor Leursche haven en Mark aangenomen dat deze kunnen infiltreren. Figuur 5-10 geeft voor de omgeving van het projectgebied aan welke watergangen kunnen infiltreren.

Indien de bodem van een watergang boven het peil in het peilgebied ligt vindt geen infiltratie plaats, de watergangen waarvoor dit geldt zijn met rood aangegeven in Figuur 5-10. Verder is op basis van informatie van Staatsbosbeheer en het Waterschap binnen het projectgebied nog onderscheid gemaakt naar gebieden met lage infiltratie (lichtblauw) en geen infiltratie (oranje). Dit zijn gebieden waar het aanvoerwater moeilijker kan komen en waar het opgelegde vaste zomerpeil niet gerealiseerd kan worden.



Figuur 5-10: Infiltrerende watergangen in het model, omgeving projectgebied

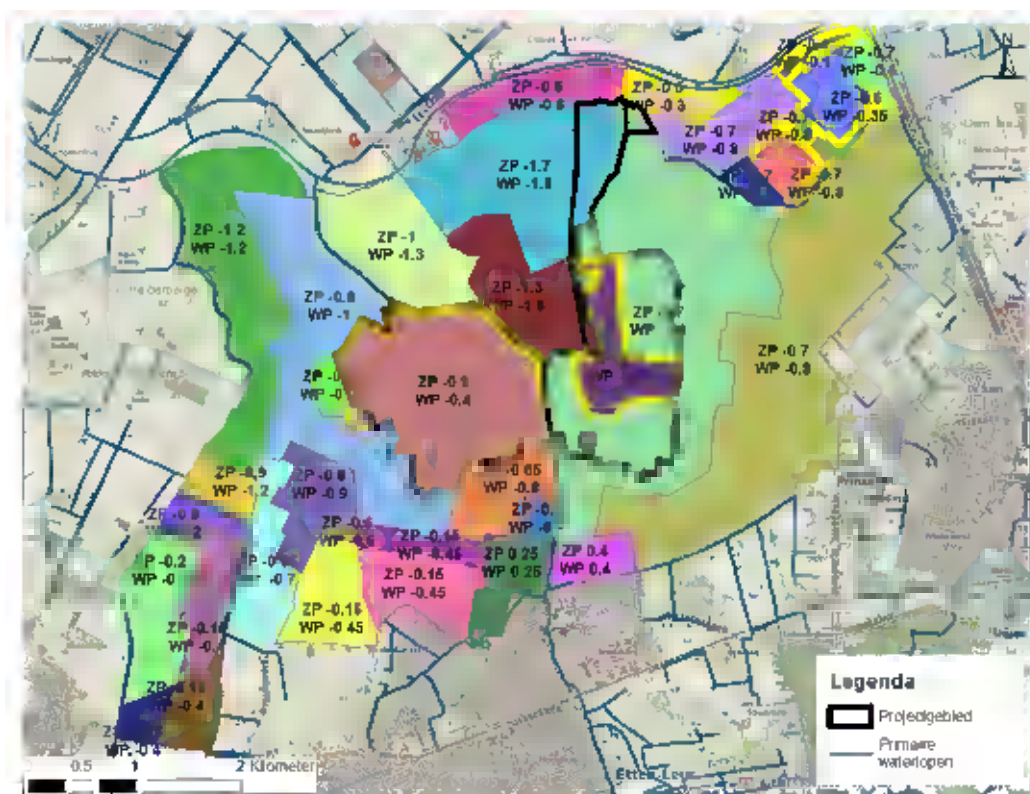
De grootte van de infiltratie is door middel van de infiltratieweerstand van de watergangen te variëren en is tijdens de kalibratie bepaald.

5.3.4 Oppervlakte waterpeilen (peilgebieden)

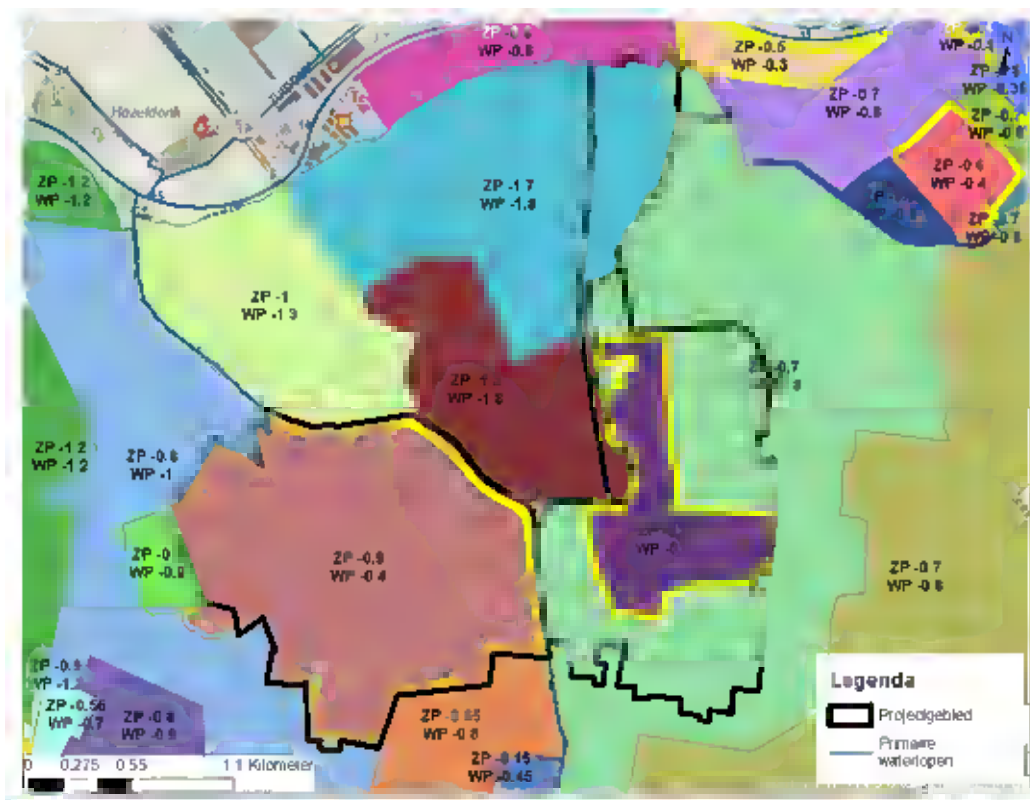
In de omgeving van het projectgebied zijn de peilen van zowel de primaire als secundaire en tertiaire watergangen gecontroleerd en eventueel verbeterd. Dit is gedaan op basis van een recente peilenkaart die aangeleverd is door het waterschap (Figuur 5-11). Voor de stationaire berekeningen wordt gerekend met het gemiddelde van het zomer- en winterpeil. In de tijdsafhankelijke berekeningen wordt gerekend met zomer- en winterpeil. Voor de geel-omrande gebieden in Figuur 5-11 geldt dat deze een natuurlijk peil hebben. In deze gebieden wordt een minimum- en maximumpeil in plaats van een zomer- en winterpeil vastgesteld. Het peil in deze gebieden beweegt, gegeven de weersomstandigheden, tussen het minimum- en maximumpeil. Voor deze gebieden is in het model voor het zomerpeil gerekend met het minimumpeil +10 cm en voor het winterpeil met het maximumpeil – 10 cm (in overleg met hydroloog van het waterschap, Ingrid Menger van Waterschap Brabantse Delta, gekozen). Uitzondering hierop vormen de gebieden waarbij het minimum- en maximumpeil maar 20 cm verschillen. In deze gebieden is met het minimum- en maximumpeil gerekend als respectievelijk zomer- en winterpeil. Figuur 5-12 geeft de peilgebieden ingezoomd op het projectgebied weer.

Voor Kelsdonk/Zwermklaken wordt nog opgemerkt dat binnen het gebied nog veel verschillende peilen onderscheiden zouden kunnen worden. Hier is echter geen detailinformatie over beschikbaar. Kelsdonk/Zwermklaken is om deze reden als 1 peilgebied beschouwd. Buiten de peilgebieden weergegeven in Figuur 5-11 wordt gerekend met de peilen zoals deze in het Brabant-model zitten. Dit zijn voor een deel van het modelgebied ook peilen op basis van peilgebieden. In het vrij afwaterende deel van het modelgebied zijn de peilen van de primaire watergangen afkomstig van Sobek-berekening.

Het drainageniveau van de secundaire en tertiaire watergangen wordt bepaald aan de hand van beschikbare inmetingen, de TOP10-kaart en het AHN-filter dat is toegepast in het Brabant-model. Voor meer informatie over het AHN-filter zie het Brabant-model rapport (Royal HaskoningDHV, 2019).



Figuur 5-11 Peilgebieden en bijbehorend zomerpeil (ZP) en winterpeil (WP) in het modelgebied. Geel-omrande gebieden hebben een zomer- en winterpeil afgeleid van het minimum en maximumpeil.



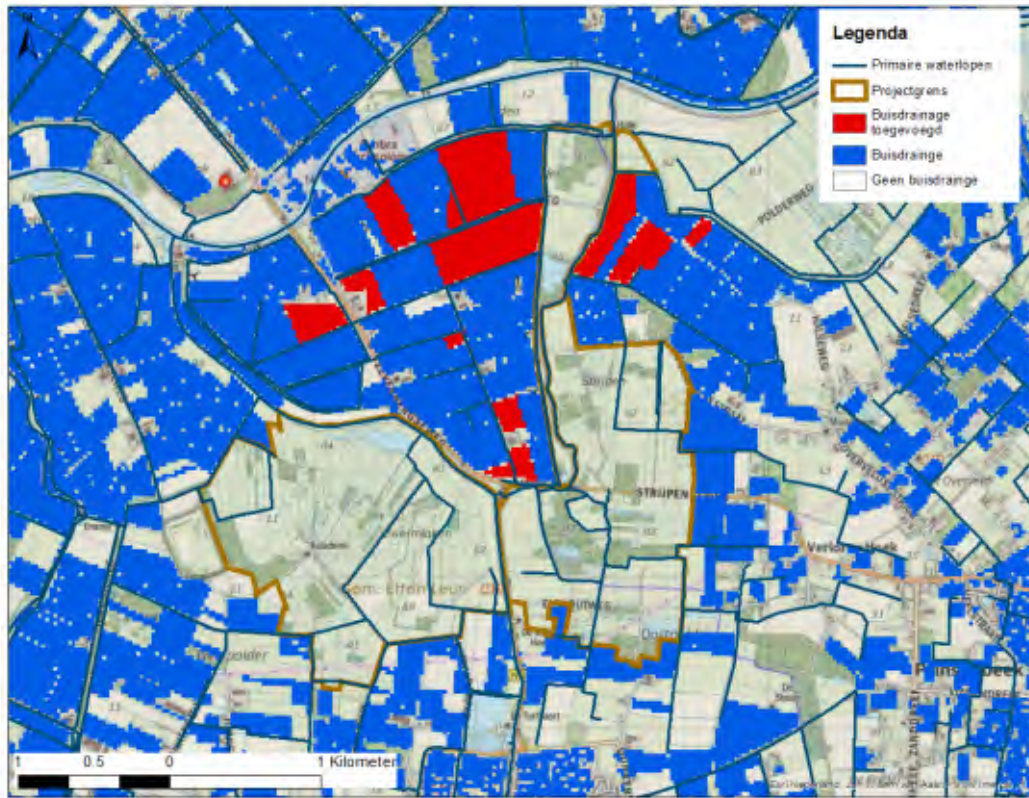
Figuur 5-12 Peilgebieden en bijbehorend zomerpeil (ZP) en winterpeil (WP) in het projectgebied. Geel-omrande gebieden hebben een zomer- en winterpeil afgeleid van het minimum en maximumpeil.

5.3.5 Buisdrainage

Uit een kaart van het vroegere waterschap Mark & Weerijds (Figuur 5-14) blijkt dat er in de natte natuurgebieden geen drainage voorkomt. Deze kaart is niet meer up to date, maar geeft wel een indicatie dat destijds geen buisdrainage binnen het projectgebied aanwezig was, en waarschijnlijk vandaag de dag nog steeds niet. In het grondwatermodel van NRM-W is daarom alle buisdrainage binnen het projectgebied verwijderd. We nemen ook aan dat ook in de Natte Natuurplek Weimeren geen buisdrainage aanwezig is.

In een groot deel van het landbouwgebied Zwartenbergse Polder (gebied ten westen van natuurgebied Zwartenbergse Polder) wordt buisdrainage toegepast. Dit is een erg nat gebied, waar zonder buisdrainage geen landbouw mogelijk zou zijn. Hetzelfde geldt voor het gebied ten oosten van natuurgebied Zwartenbergse Polder. Binnen deze twee gebieden was er nog een aantal percelen die in het model geen buisdrainage hadden. In overleg met het waterschap en Arcadis is besloten om op deze percelen in het model ook buisdrainage aan te nemen. Het gaat om de rode percelen in Figuur 5-13.

De blauwe percelen in Figuur 5-13 zijn de percelen waar buisdrainage is aangenomen overgenomen uit het Brabant-model, gelijk aan de genoemde Alterra-kaart van Massop en Schuiling (zie paragraaf 2.7).



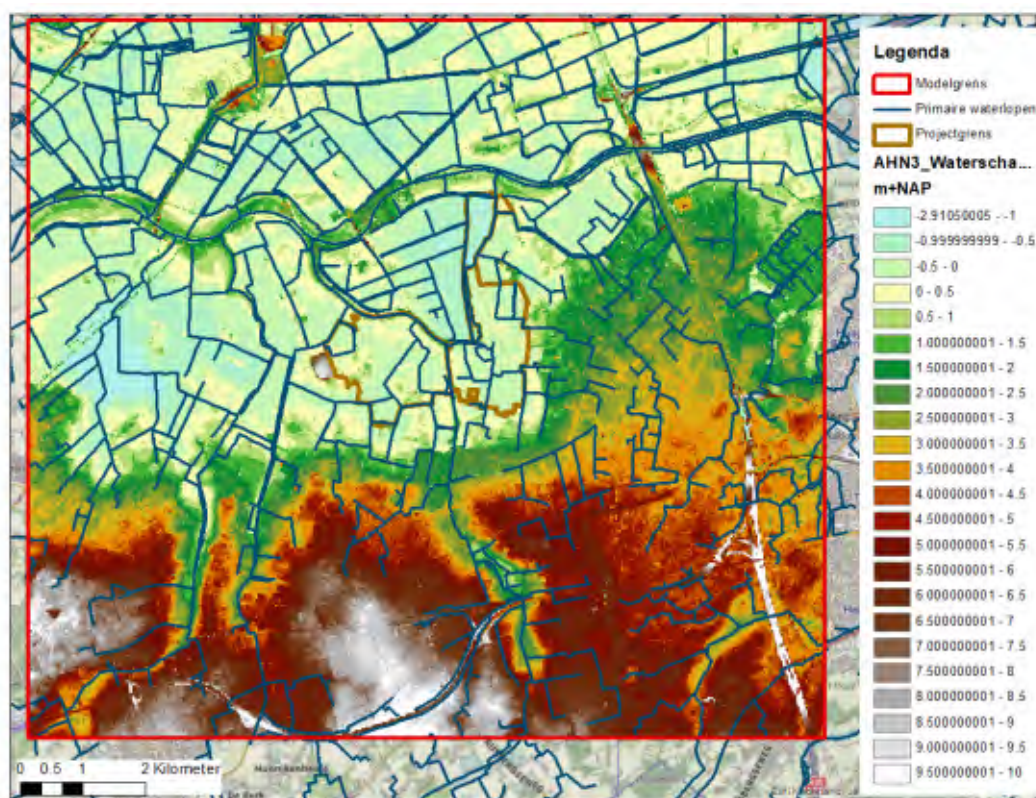
Figuur 5-13 Percelen met toegevoegde buisdrainage (rood) en percelen die al buisdrainage hadden (blauw).



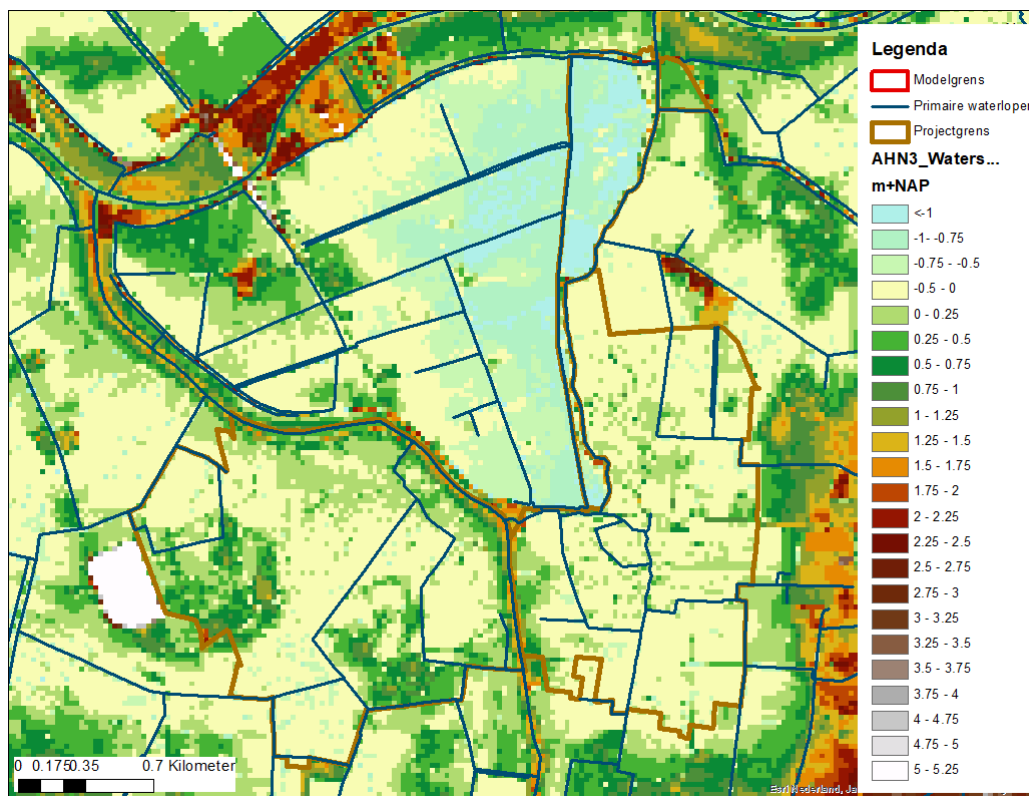
Figuur 5-14 Drainagekaart waterschap Mark&Weerijds (1995-2003). Roze kleur geeft aan dat drainage aanwezig is.

5.3.6 Maaiveld

In het gehele modelgebied is het maaiveld geüpdatet. Het maaiveld dat in het Brabant-model zat, was gebaseerd op het AHN2. Voor dit model is gekozen om het maaiveld van de Waterschadeschatter (WSS) te gebruiken dat hier gebaseerd is op AHN3, zie Figuur 5-15 en Figuur 5-16. Dit maaiveld is speciaal ontwikkeld voor hydrologische studies. In dit maaiveld zijn sloten en watergangen als het ware gedempt, door ze dicht te interpoleren, waardoor dit maaiveld geschikt is om een bodemniveau voor sloten ten opzichte van maaiveld in te schatten. Zoals eerder beschreven in Paragraaf 5.3.2 is voor de TOP10 watergangen een bodemniveau van 1 m onder maaiveld gekozen.



Figuur 5-15 Maaiveld zoals gehanteerd in het grondwatermodel.

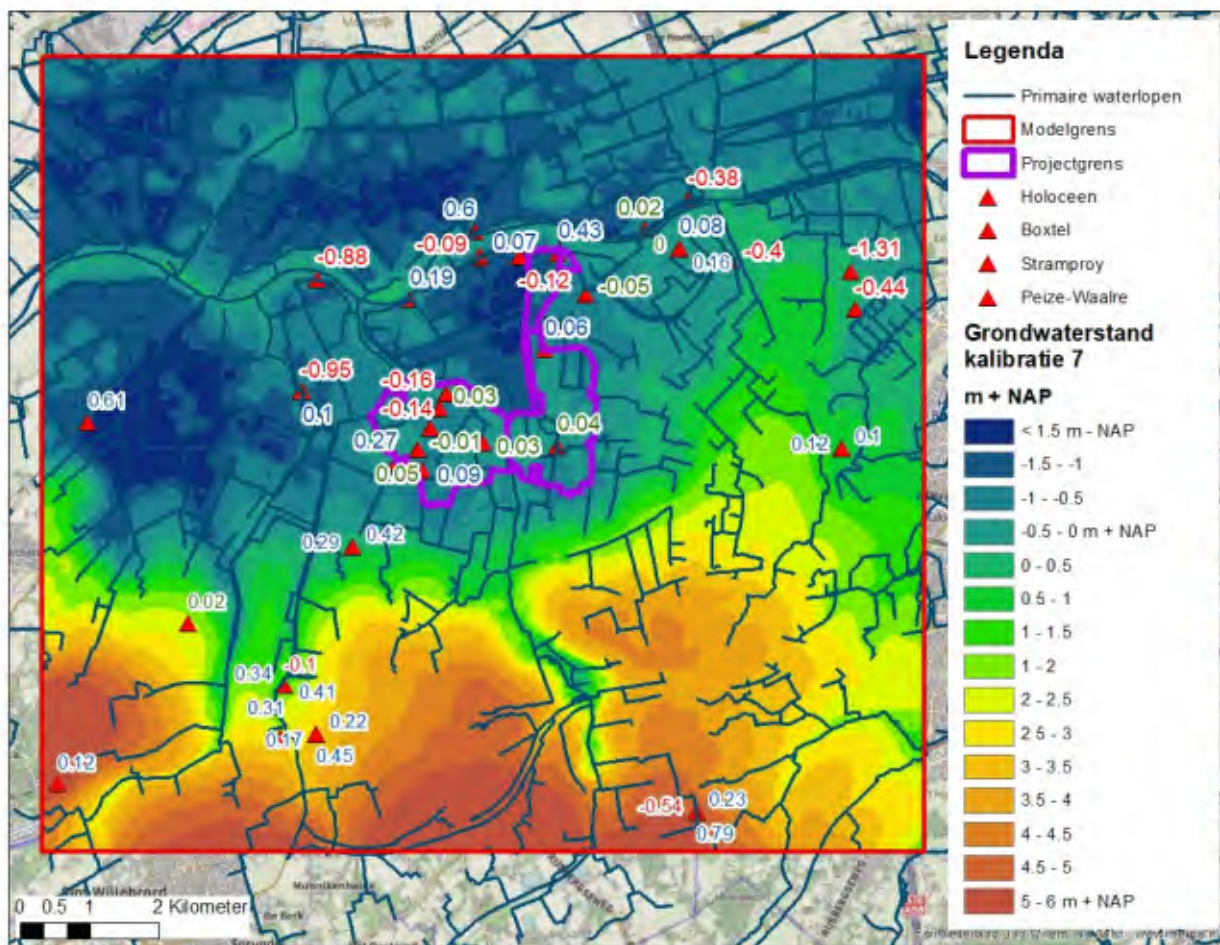


Figuur 5-16 Maaiveld zoals gehanteerd in het grondwatermodel, inzoom van het projectgebied.

5.4 Kalibratieresultaat

Na het doorvoeren van de aanpassingen beschreven in paragraaf 5.3 en kalibratie van de deklaagweerstand alsmede drainage- en infiltratieweerstanden van de watergangen heeft geen verdere aanpassing aan het model plaatsgevonden. De doorlatendheden van de verschillende formaties zijn gekalibreerd in het Brabant-model. Aanpassingen van doorlatendheden in voorliggende studie leiden niet tot een beter modelresultaat in het projectgebied.

Figuur 5-17 laat het kalibratieresultaat zien voor het hele modelgebied. In paragraaf 5.4.1 en 5.4.2 wordt dieper ingegaan op het kalibratieresultaat rondom het projectgebied.



Figuur 5-17: Kalibratieresultaat hele modelgebied, peilbuizen met filter in formatie van Bostel, Stramproy of Peize Waale. Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

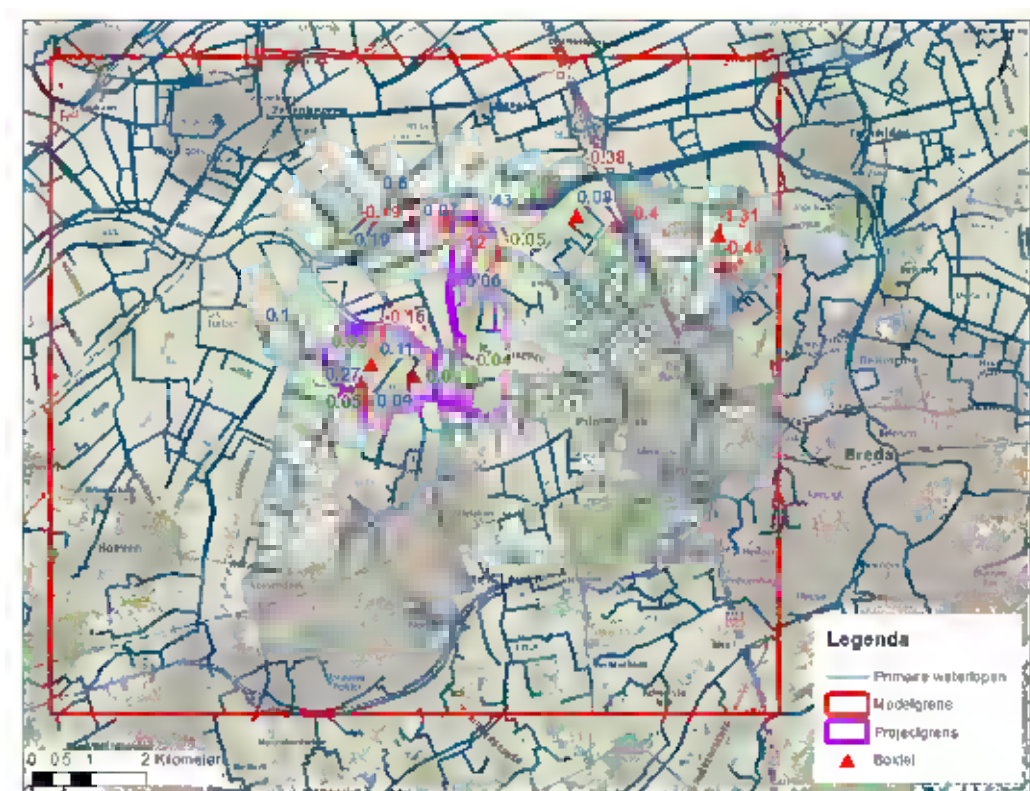
5.4.1 Prestatie model formatie van Bostel

Binnen het projectgebied, zichtbaar in Figuur 5-18 en ingezoomd in Figuur 5-19, zijn grote veranderingen zichtbaar in het kalibratieresultaat ten opzichte van het basismodel. In Kelsdonk/Zwermlaken is één peilbuis, de meest noordelijke, erop achteruitgegaan in de kalibratie. Deze had eerst een afwijking van -0,04 meter en die is na de kalibratie opgelopen naar -0,16 meter. Bij alle andere peilbuizen daarentegen is de afwijking afgenomen, veelal van 0,2 -0,3 meter naar 0,05 -0,1 meter. Dit is een grote verbetering ten opzichte van het basismodel. De afwijking van de peilbuis midden in Strippen de Berk is ook afgenomen van -0,1 meter naar 0,04 meter. Ook de afwijking van de peilbuis die op de noordelijke grens van Strippen de Berk en het omliggende landbouwgebied ligt, is afgenomen van 0,13 meter naar 0,06 meter. In Zwartenbergse Polder liggen verder geen peilbuizen, de peilbuis die aan de noordkant ligt is in Paragraaf 5.1 al beoordeeld als niet representatief, omdat deze naar alle waarschijnlijkheid niet de stijghoogte maar het oppervlaktewater-peil meet.

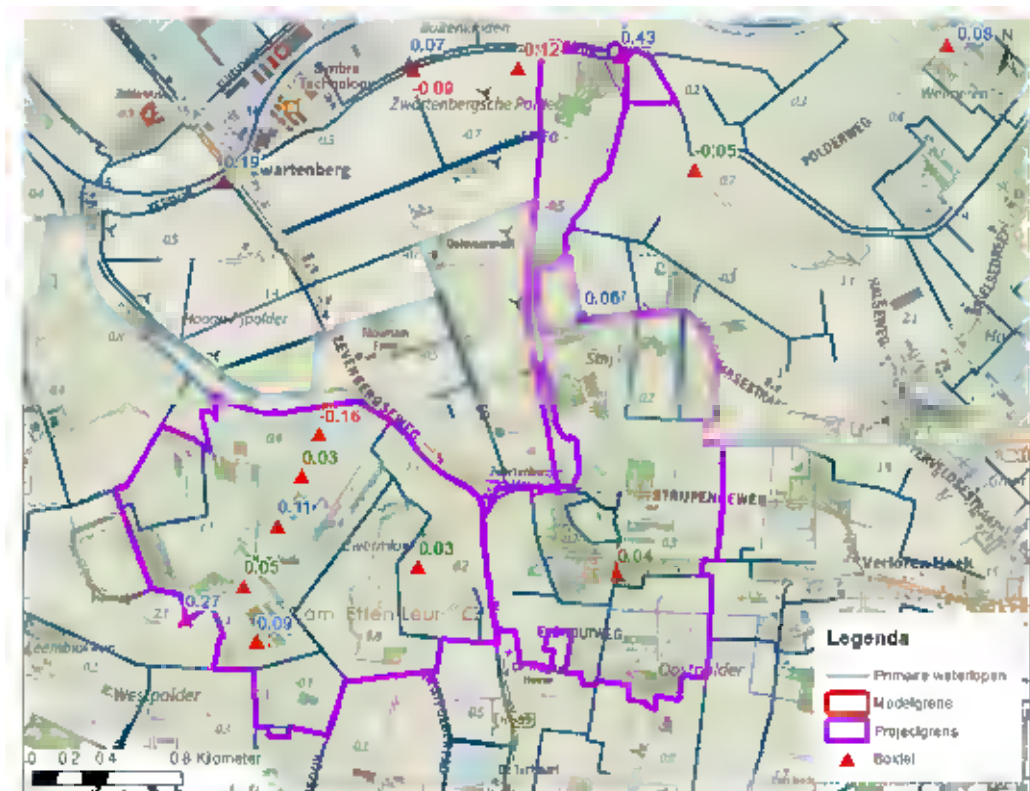
Tijdsafhankelijk zakt het model na kalibratie in de zomer minder ver uit dan in het basismodel, doordat er meer infiltratie vanuit B en C waterlopen plaatsvindt. Desondanks is de uitzakking in 2010 en 2013 nog steeds groot in vergelijking met de metingen bij peilbuis 6, zie Figuur 5-20. Verder volgt het gekalibreerde model de metingen nog steeds goed. Dit patroon is ook zichtbaar in de andere peilbuizen in Kelsdonk/Zwermlaken. Uitzondering hierop is de meest noordelijke peilbuis in het gebied (peilbuis 2). Hier berekent

het model nu te lage stijghoogtes in vergelijking met de metingen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt, doordat de plas ten noordoosten dicht bij deze peilbuis ligt (nog) niet in het model zit. N.b: De plas is na de kalibratie in het model van de autonome situatie alsnog opgenomen.

Peilbuis 1466 in De Berk is flink verbeterd, de berekende stijghoogten waren hier eerst te hoog (zie Figuur 5-21). Nu volgt het grondwatermodel de metingen heel goed. Bij deze peilbuis is de uitzakking in de zomers van 2010 en 2013 wel ook nog te groot, maar flink verminderd ten opzichte van het basismodel. Ook peilbuis 97 doet het veel beter nu, het model volgt veel beter de metingen dan in het basismodel.

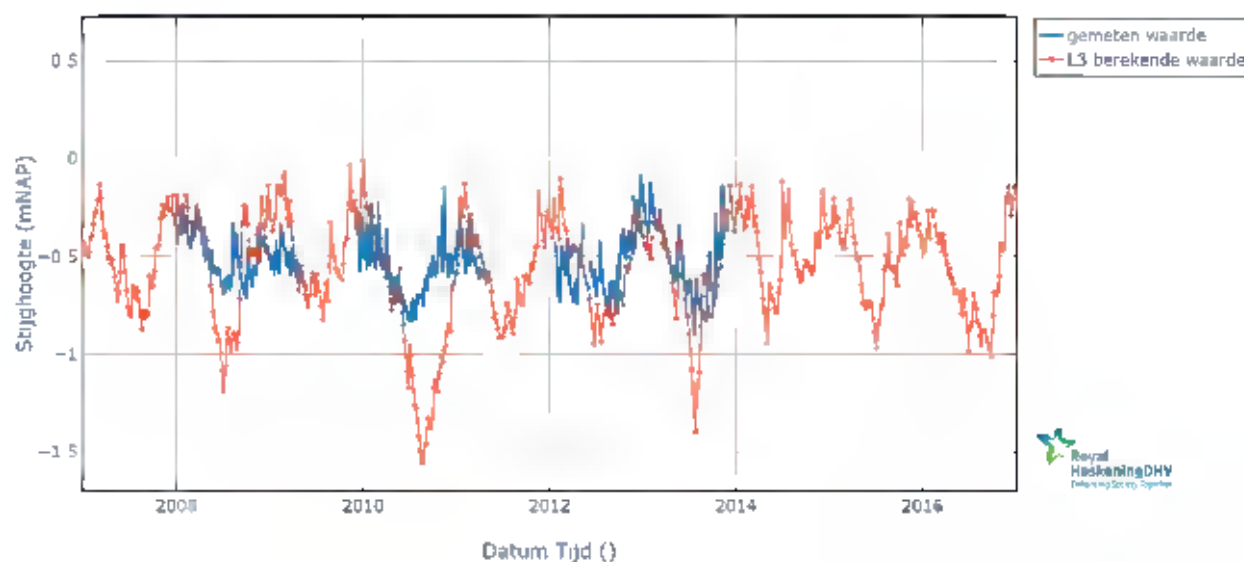


Figuur 5-18 Afwijkingen (m) in het 1ste watervoerende pakket van het gekalibreerde model ten opzichte van metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekenen dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

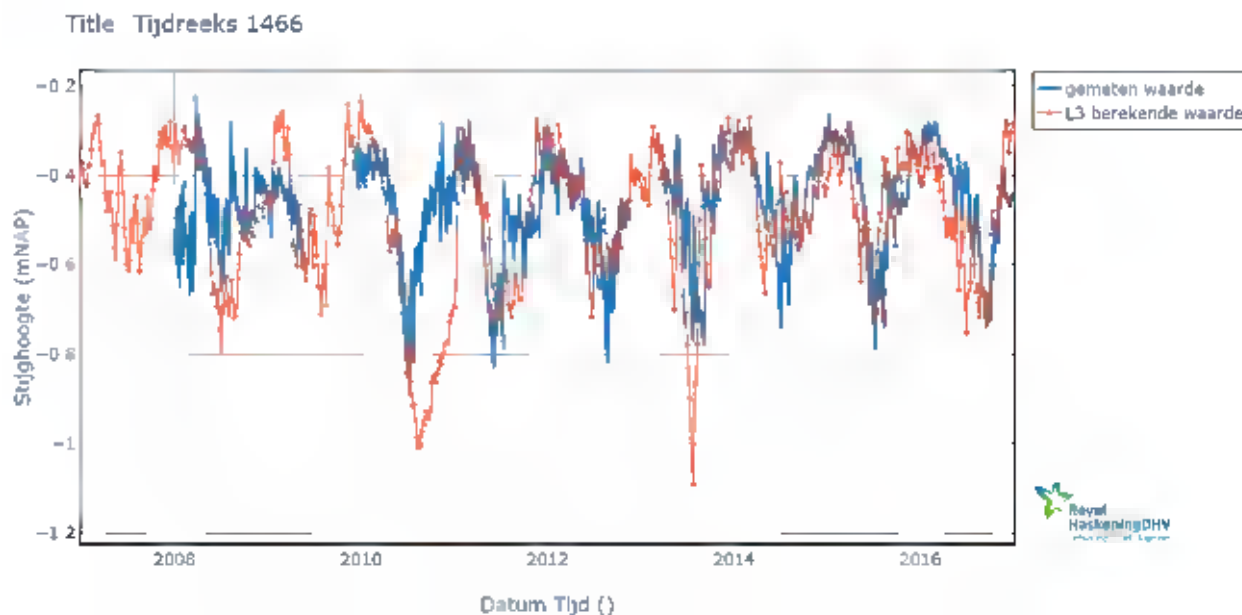


Figuur 5-19 Afwijkingen (m) in het 1ste watervoerende pakket van het gekalibreerde model ten opzichte van metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

Title Tijdsreeks 6



Figuur 5-20 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 6 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis).

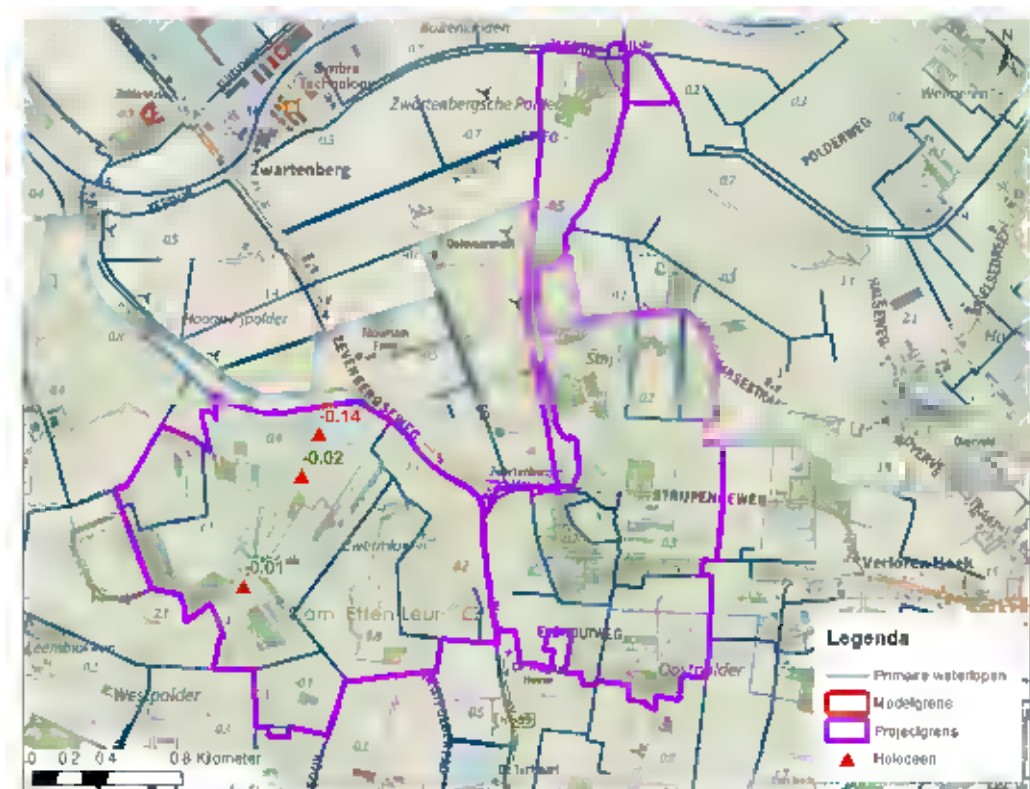


Figuur 5-21 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1466 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis).

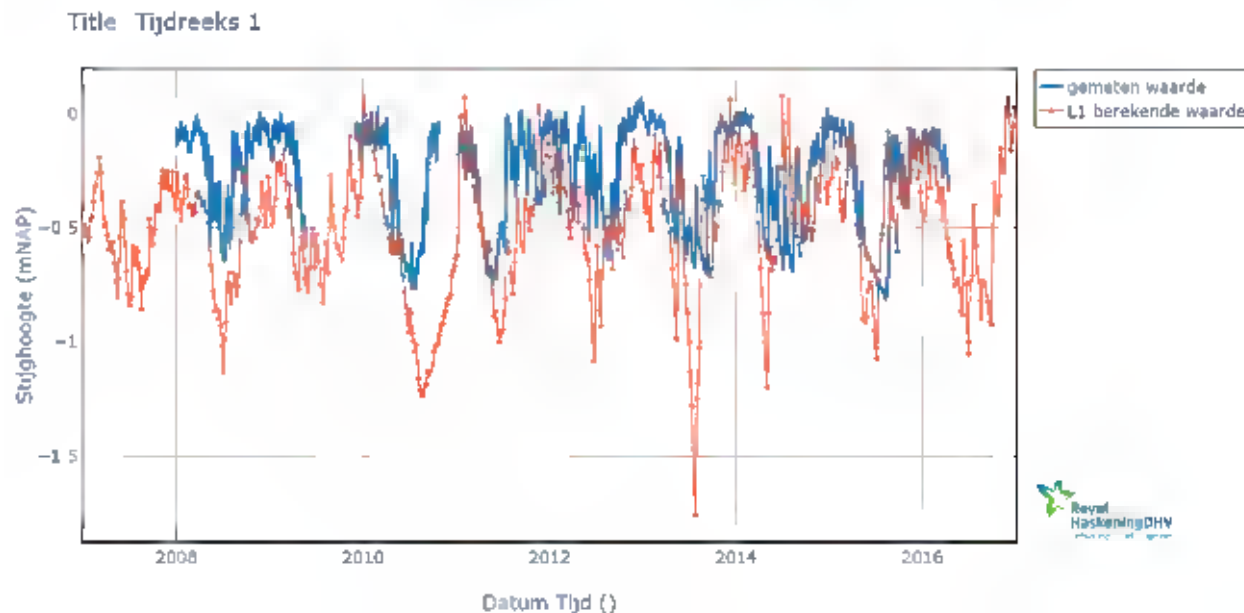
5.4.2 Prestatie model freatisch

De stationaire freatische afwijkingen zijn bij twee peilbuizen zeer klein (Figuur 5-22), slechts -0.01 en -0.02 m. Peilbuis 1, de meest noordelijke peilbuis, geeft een afwijking van -0.14 m. Deze peilbuis is als enige ten opzichte van het basismodel licht verslechterd, aangezien deze afwijking eerst -0.07 m was. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de plas ten noordoosten van deze peilbuis niet goed in het model zit. Na de kalibratie is het model voor de autonome situatie hier nog voor aangepast.

Ook tijdsafhankelijk doet het model het erg goed, het model volgt de metingen goed (Figuur 5-23). Alleen geldt voor peilbuis 1 dat het model het tijdsafhankelijk iets slechter doet dan het basismodel. Het model berekent hier nu iets te lage stijghoogten.



Figuur 5-22 Stationaire afwijkingen (m) van de berekende grondwaterstand van het basismodel ten opzichte van metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekend, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

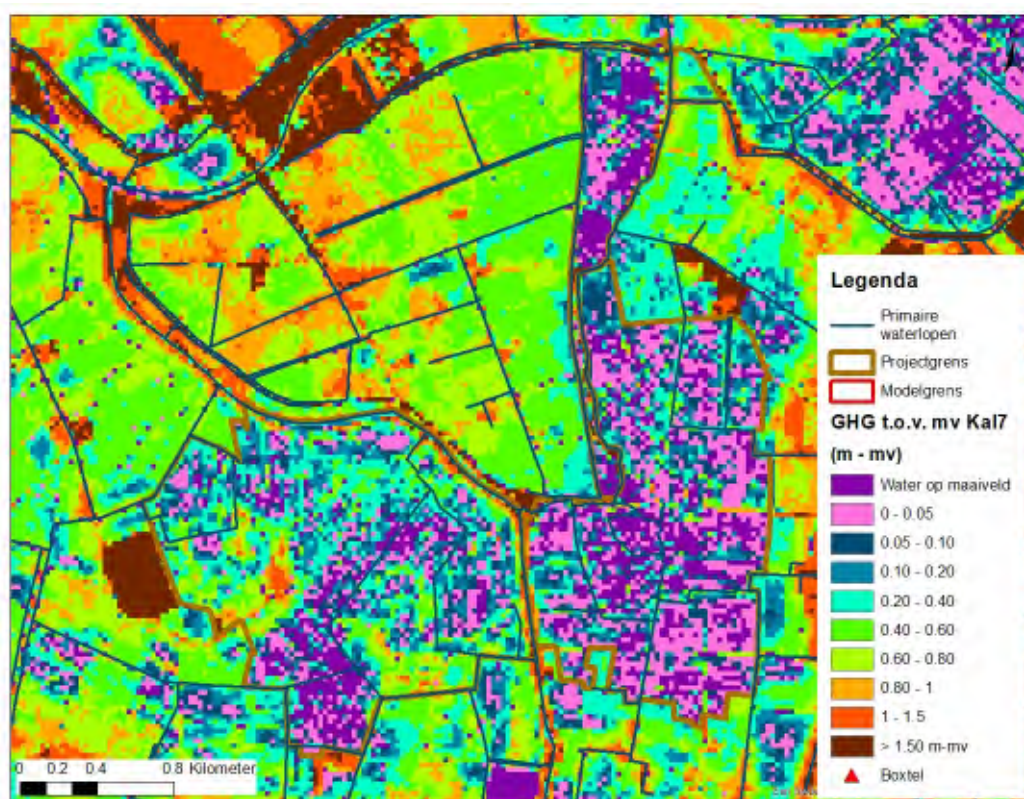


Figuur 5-23 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1 (zie Figuur 4-4 voor de locatie van deze peilbuis).

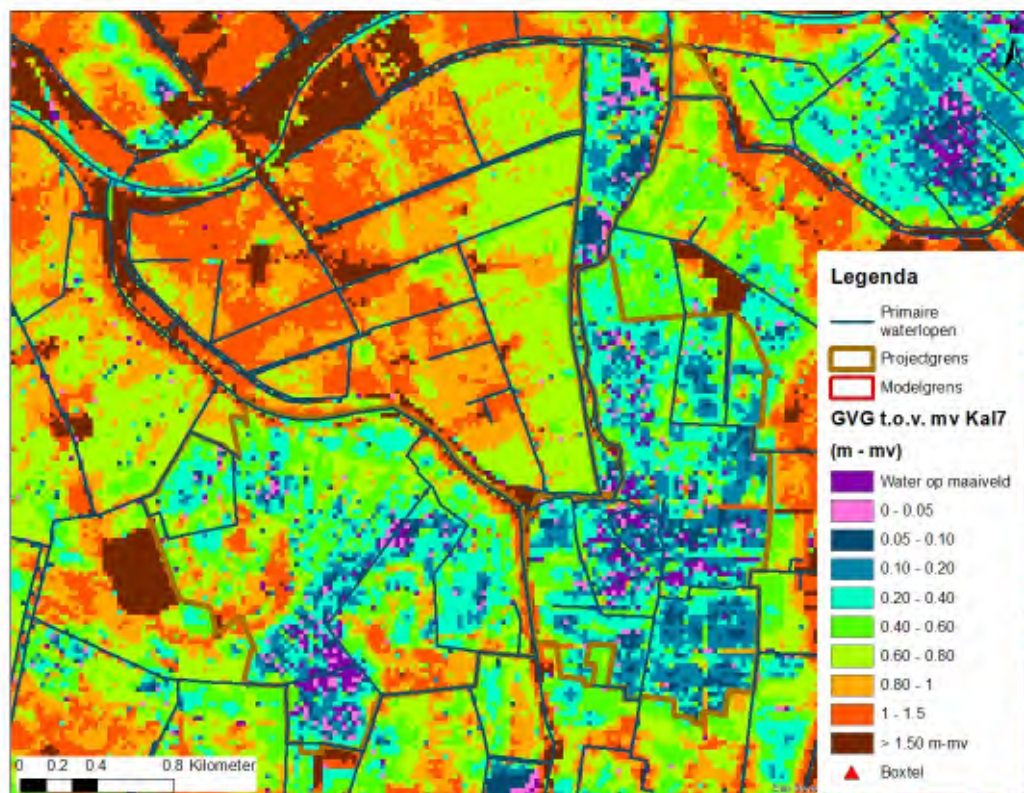
5.4.3 Resultaat GxG gekalibreerd model

Figuur 5-24 toont de GHG in het projectgebied. Het grootste deel van het gebied is nat in de GHG-situatie. Water staat veelal op of aan maaiveld. De twee donken in Kelsdonk zijn droger dan omliggende gebieden,

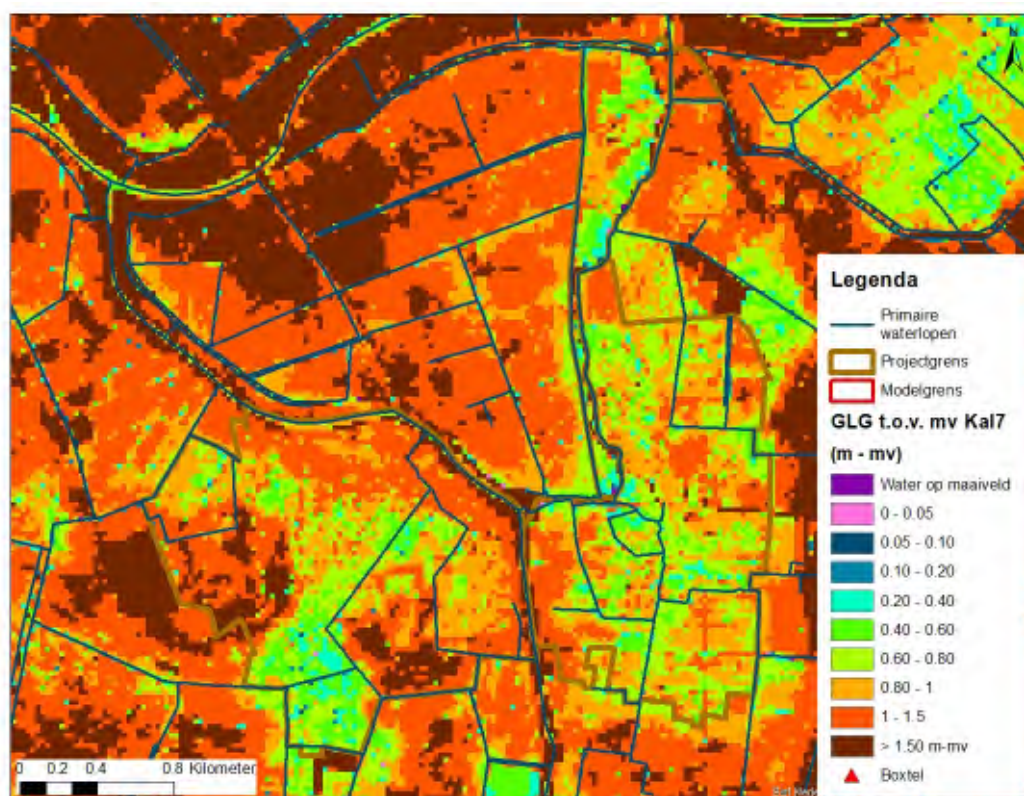
omdat deze donken hoger liggen. De GVG in Figuur 5-25 geeft weer dat in die situatie vooral in Strijpen de Berk en delen van Zwartenbergse polder het nog nat is. In Kelsdonk/Zwermlaken staat er nog water op of aan maaiveld in het zuiden van het gebied, tussen de twee donken in. In de GLG-situatie, weergegeven in Figuur 5-26, zakt de grondwaterstand in delen van Zwartenbergse Polder en Strijpen de Berk 0,2 tot 0,4 meter onder maaiveld weg. Er zijn ook gebieden waar de grondwaterstand nog verder wegzakt, tot meer dan 1 meter onder maaiveld. In Kelsdonk/Zwermlaken zijn vooral de donken erg droog, daar zakt de grondwaterstand tot meer dan 1,5 meter onder maaiveld weg. Ook het noorden van dit gebied is droog, met GLG's van 0,8 tot 1,5 meter onder maaiveld. Tussen de twee donken ligt een natter gebied, met GLG-waarden van 0,2 tot 0,6 meter onder maaiveld.



Figuur 5-24 GHG ten opzichte van maaiveld voor het gekalibreerde model.

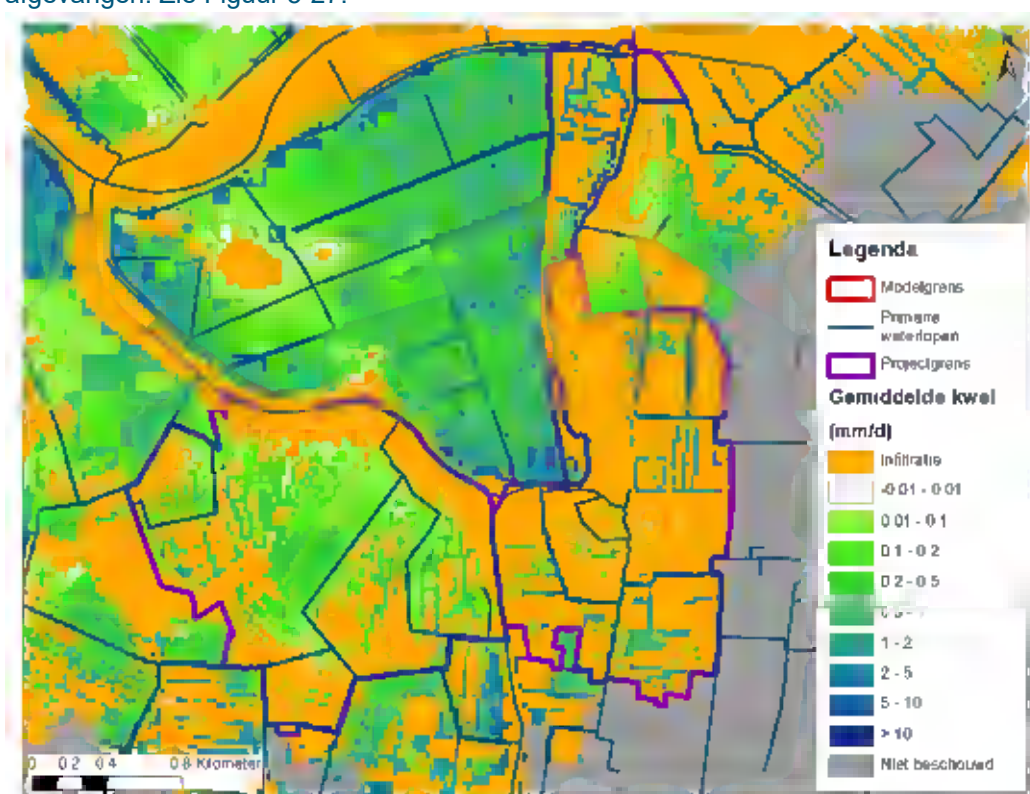


Figuur 5-25 GVG ten opzichte van maaiveld voor het gekalibreerde model.



Figuur 5-26 GLG ten opzichte van maaiveld voor het gekalibreerde model.

In het natuurgebied Zwartenbergse polder vindt kwel voornamelijk in de watergangen plaats. Er is veel ruimtelijke variatie in de kwel. Dit geldt ook voor Strijpen de Berk. In Kelsdonk/Zwermlaken vindt er in een groot gebied kwel plaats, deze kwelflux is wel kleiner dan in Zwartenbergse Polder. In dit gebied is de kwelflux ordegrootte 0,01 – 0,05 mm/dag. In vrijwel het hele landbouwgebied in de polder Zwartenbergse Polder vindt er ook kwel plaats. Dit is kwelwater dat in de buisdrainage onder de landbouwpercelen wordt afgevangen. Zie Figuur 5-27.



Figuur 5-27 Gemiddelde kwel in het gekalibreerde model.

6 Autonome aanpassingen

Als autonome aanpassing zijn de werkzaamheden in het gebied Weimeren opgenomen. Dit gebied ligt ten oosten van het projectgebied. In het gebied zijn specifiek drie maatregelen opgenomen, omdat deze naar verwachting de meeste invloed op de grondwaterstand in de omgeving hebben. Dit zijn:

- Afgravingen in het gebied (Paragraaf 6.1);
- Aanpassing zomer/winterpeil peilgebied (Paragraaf 6.2);
- Opnemen plassen in het topsysteem (Paragraaf 6.3).

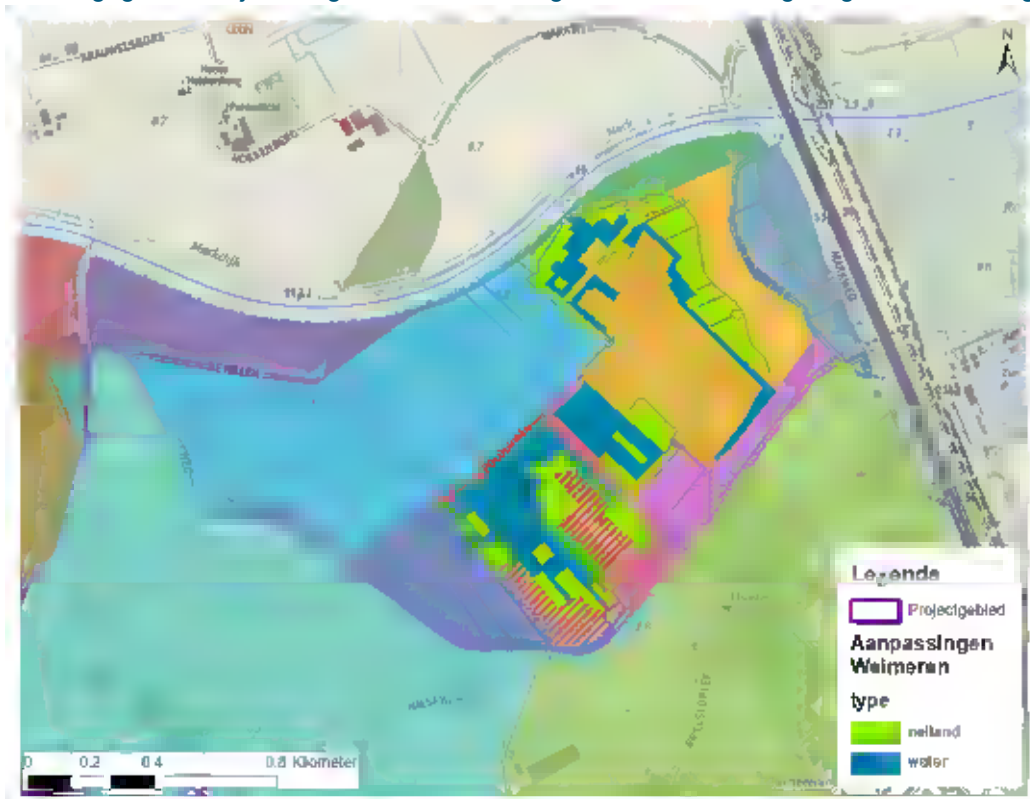
Deze maatregelen worden hieronder besproken.

Daarnaast zijn nog een aantal plassen aan het model toegevoegd. Deze waren in het gekalibreerde model nog niet toegevoegd maar zijn in het autonome scenario opgenomen. Zie Paragraaf 6.4 voor de omschrijving van deze plassen.

6.1 Afgravingen in het gebied

In het gebied Weimeren worden plassen en rietland gerealiseerd, zie Figuur 6-1. Om dit mogelijk te maken, wordt er grond afgegraven. Bij het afgraven wordt onderscheid gemaakt tussen afgravingen ter

plaatse van rietland en van water. Bij rietland wordt de holocene deklaag tot een maximum van 60 cm dikte afgegraven. Bij water geldt dat de volledige holocene deklaag, ongeacht dikte, afgegraven wordt.



Figuur 6-1 Peilgebieden en type aanpassingen in Weimeren. Het peil in het rood gearceerde gebied is aangepast in het scenario.

6.2 Aanpassing zomer/winterpeil gebied

In het plan van Weimeren wordt en één peilgebied aangepast. Dit is een peilgebied met een flexibel peil. Het gaat om het rood gearceerde peilgebied in Figuur 6-1. Het winterpeil was hier eerst -0,4 m NAP, dit is aangepast naar -0,3 m NAP. Het zomerpeil is aangepast van -0,6 m NAP naar -0,7 m NAP.

6.3 Opnemen plassen Weimeren in topsysteem

De wateroppervlaktes en het rietland in Figuur 6-1 zijn in het topsysteem opgenomen. Het peil is overgenomen van het peil van de peilgebieden. Als bodem is het peil minus 1 meter gekozen. De plassen kunnen niet infiltreren. Als drainageweerstand is 1 dag aangenomen. Dit betekent dat het peil van de wateroppervlaktes niet kan stijgen tot boven het opgegeven peil, maar ('s zomers) wel zal uitzakken. Ter plaatse van de plassen en het rietland is in de bovenste modellaag een transmissiviteit op 10.000 m²/d gezet, zodat een vlakke waterspiegel gemodelleerd wordt.

6.4 Overige toegevoegde plassen in model

In het projectgebied liggen een aantal plassen. Deze waren in het kalibratiemodel nog niet in het topsysteem opgenomen. Dit is geen autonome maatregel, maar de plassen zijn wel in het scenario Autonoom opgenomen. Het gaat om de drie plassen in Figuur 6-2. Het peil is overgenomen van het peil van de peilgebieden. Als bodem is het peil minus 1 meter gekozen. De plassen kunnen niet infiltreren. Als drainageweerstand is 1 dag aangenomen. Ter plaatse van de plassen is de transmissiviteit op 10.000 m²/d gezet, zodat een vlakke waterspiegel gemodelleerd wordt.



Figuur 6-2 Plassen die in het scenario Zwanenbergsche Polder zijn opgenomen in het topsysteem.

7 Zwartenbergse Polder

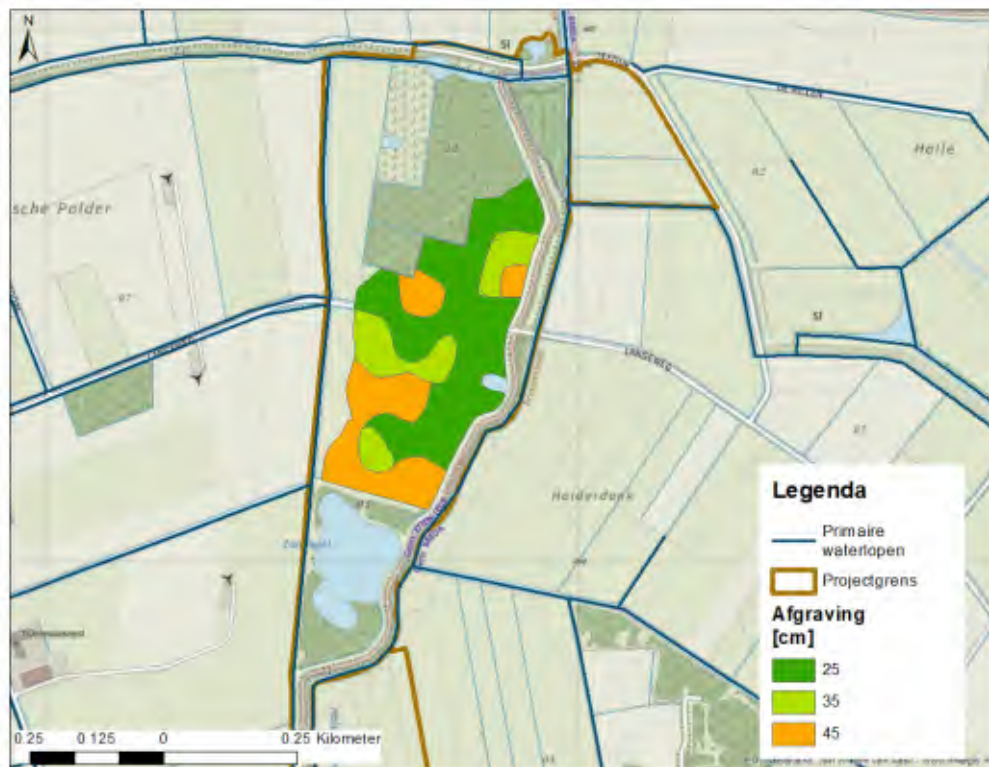
In de Natte Natuurparel Zwartenbergse Polder zijn er een aantal maatregelen voorgesteld (Arcadis, 2021b) om bepaalde natuurdoelen in het gebied te halen. Een deel van deze maatregelen heeft als doel om de grondwaterstand in het gebied te verhogen. Een aantal andere maatregelen zijn erop gericht minder nutriënten in het gebied te krijgen of om deze uit het gebied weg te halen. Deze twee soorten maatregelen werken elkaar soms tegen; Het weghouden van de nutriënten, door het stoppen van de wateraanvoer kan een negatieve invloed op de verhoging van de grondwaterstand hebben. Waar de bodem afgegraven wordt, kan de grondwaterstand ook iets dalen, echter de diepte van de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld wordt altijd kleiner, waardoor er wel sprake is van vernatting.

In Zwartenbergse Polder gaat het om de volgende maatregelen:

- Afgraving, verwerkt in maaiveldaanpassing (Paragraaf 7.1);
- Verhoging oppervlaktewaterpeilen (Paragraaf 7.2);
- Infiltratie watergangen uitzetten in het gebied (Paragraaf 7.3);
- Verlaging deklaagweerstand door afgraving (Paragraaf 7.4).

7.1 Maaiveldaanpassing

In de Zwartenbergse Polder wordt een deel van het gebied afgegraven. Zie Figuur 7-1 voor het gebied dat afgegraven wordt en de diepte van de afgraving. Deze afgraving heeft invloed op de (berekende) grondwaterstand en op de hoeveelheid kwel.

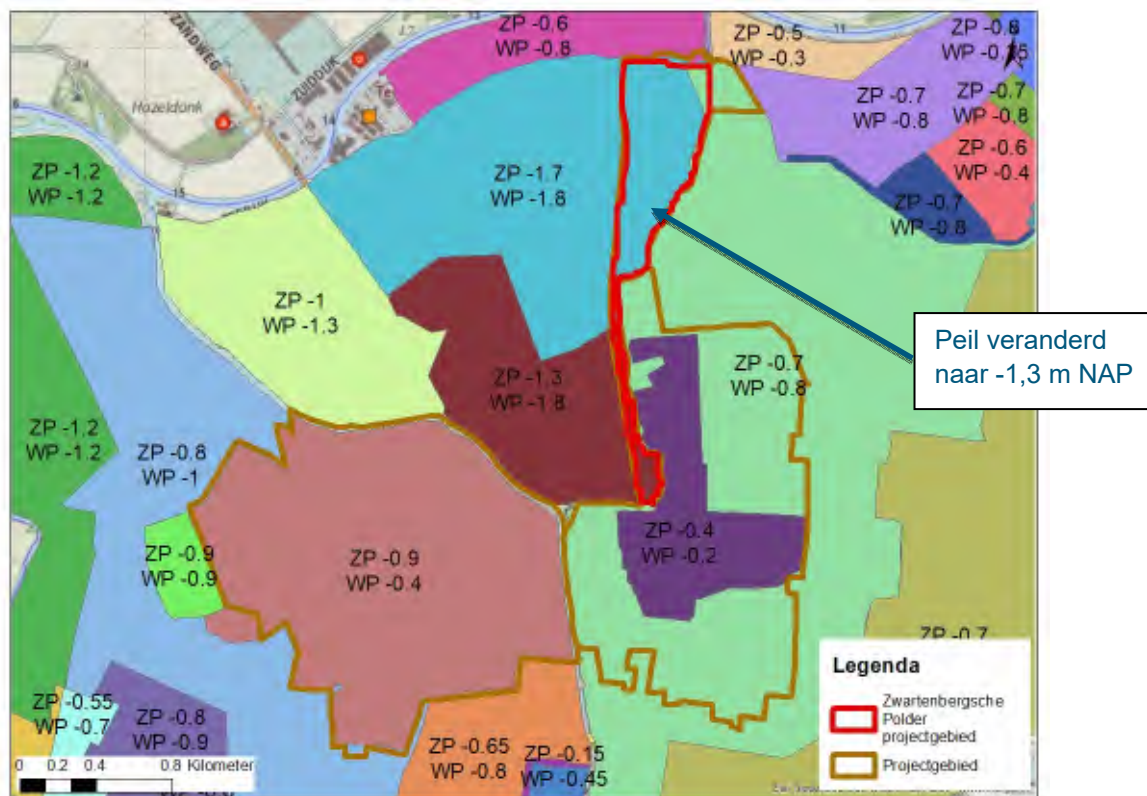


Figuur 7-1 Afgraving van maaiveld in Zwartbergse Polder

7.2 Aanpassing oppervlaktewaterpeilen

In het Zwartenbergse Poldergebied worden het zomer- en winterpeil verhoogd. In het grootste deel van het gebied is het zomerpeil nu -1,7 m+NAP en het winterpeil -1,8 m+NAP. Door het peil jaarrond met 0,4 à

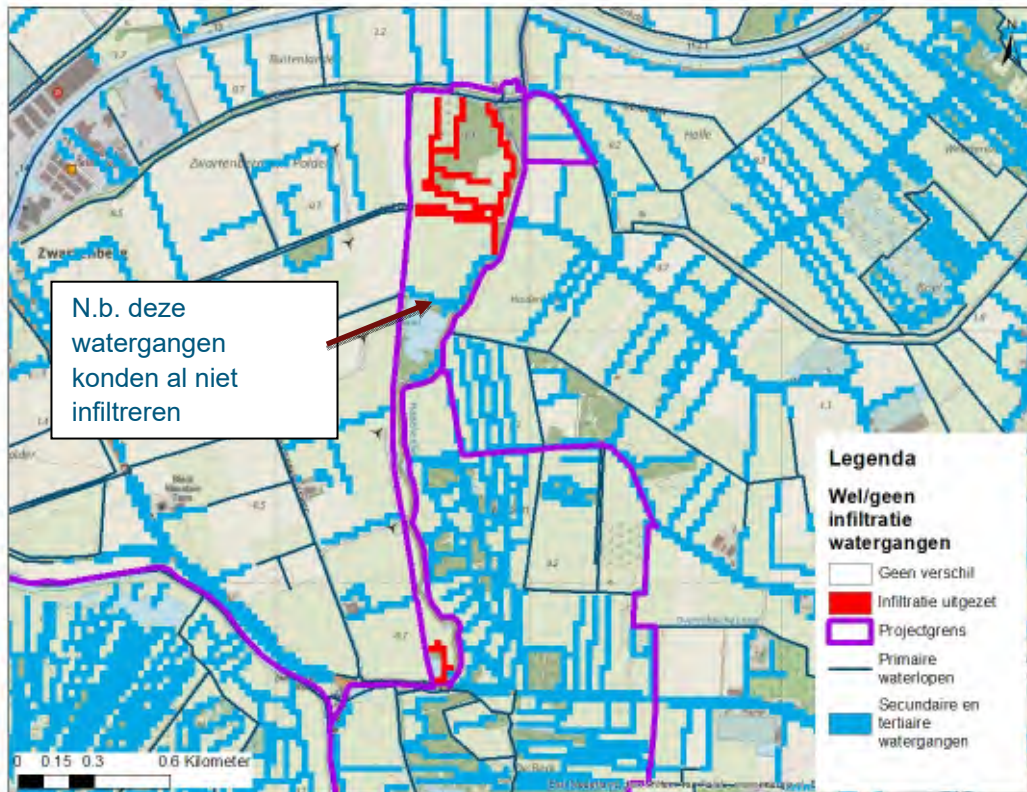
0,5 meter te verhogen naar -1,3 m+NAP, zal de grondwaterstand naar verwachting in alle seizoenen toenemen. Zie ook Figuur 7-2. Door het verhogen van het peil wordt het drainageniveau verhoogd en wordt 's winters meer water in het gebied vastgehouden. Hierdoor is in het voorjaar langer water beschikbaar dat in de winter vastgehouden is. Sloten kunnen wel droogvallen omdat er geen wateraanvoer meer is (zie Paragraaf 7.3).



Figuur 7-2 In het roodomrande gebied wordt met een zomer- en winterpeil van -1,3 m NAP gerekend in het scenario Zwartenbergse Polder.

7.3 Infiltratie watergangen

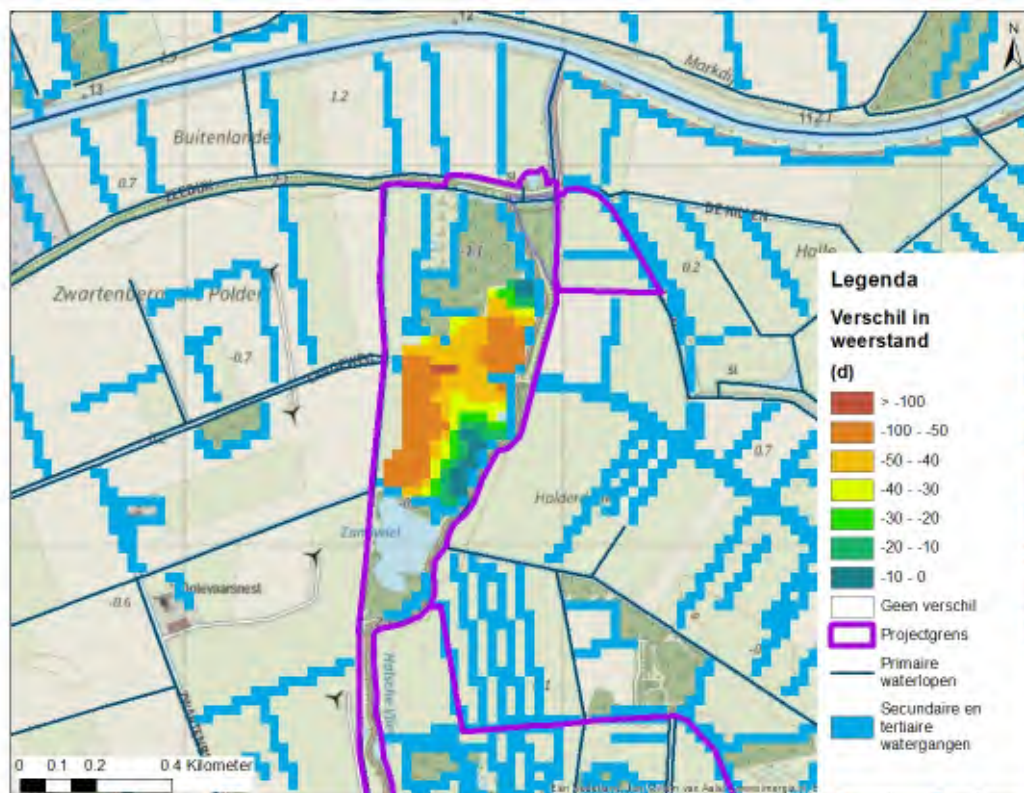
In het Zwartenbergse Poldergebied zal geen water meer ingelaten worden. Er kan daardoor ook geen water meer infiltreren. De infiltratie van de watergangen in het gebied is in het scenario uitgezet. Figuur 7-3 geeft weer welke watergangen in het scenario niet meer kunnen infiltreren. Een aantal watergangen in het gebied konden al niet infiltreren, omdat of de bodem hoger ligt dan het peil, of hier in de huidige situatie al geen sprake is van wateraanvoer, zie Paragraaf 2.8.2.



Figuur 7-3 Watergangen waar infiltratie in het scenario Zwartenbergse Polder uitgezet worden.

7.4 Deklaagweerstand

Door het afgraven van het maaiveld veranderd ook de weerstand van de holocene deklaag. Deze wordt kleiner op locaties waar afgravingen plaatsvinden. Per boring (zie Paragraaf 5.3.1) is bekeken welke bodemsoort en hoeveel hiervan afgegraven wordt. Dit is vervolgens weer omgerekend naar een weerstand. Daarna is met kriging (een interpolatiemethode, zie bijvoorbeeld <https://en.wikipedia.org/wiki/Kriging>) binnen het afgravingsgebied een nieuwe deklaagweerstand berekend. Het resultaat hiervan is te zien in Figuur 7-4.



Figuur 7-4 Nieuwe deklaagweerstand in het afgegraven gebied in Zwartenbergsche Polder.

7.5 Resultaat

Eerst zal het verschil in de GHG, GVG en GLG tussen het gekalibreerde model en het scenario Zwartenbergse Polder besproken worden. Vervolgens zal het verschil in kwel besproken worden.

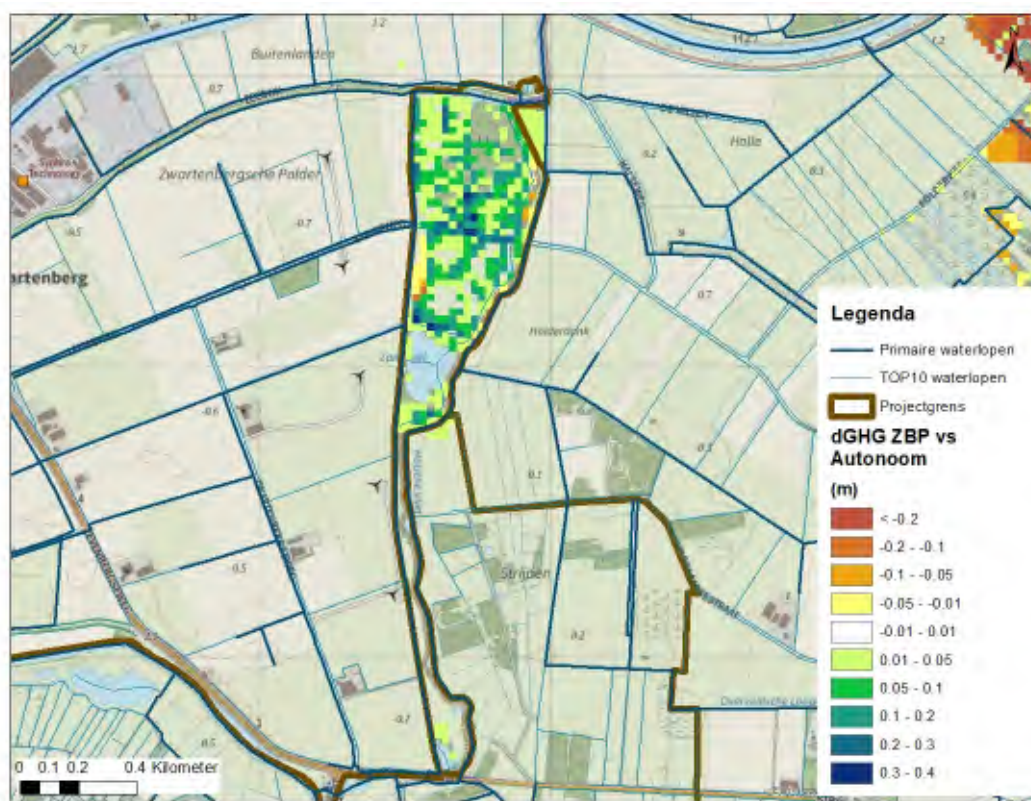
Figuur 7-5 geeft het verschil in GHG weer. In de GHG-situatie verandert er niet heel veel. Water stond al op veel plekken aan maaiveld in de GHG-situatie en dat verandert niet sterk. De toename van de GHG is 0,01 – 0,1 meter voor de meeste locaties. Verder is er geen uitstraling buiten het projectgebied zichtbaar. Het gebied is in het scenario nog natter geworden, dit is ook zichtbaar in Figuur 7-6. Bijna overal in het gebied staat water op of aan maaiveld in de GHG-situatie.

In de GVG-situatie neemt ten opzichte van de autonome situatie de grondwaterstand ook bijna overal toe, zie Figuur 7-7. De toename voor de meeste plekken is tussen de 0,05 en 0,3 meter, op sommige locaties is dit meer dan 0,4 meter. Figuur 7-8 geeft weer dat in de GVG-situatie in ongeveer de helft van het gebied water op of aan maaiveld staat. Aan de westkant van het gebied zit de GVG iets dieper, namelijk 0,2 – 0,4 m – mv.

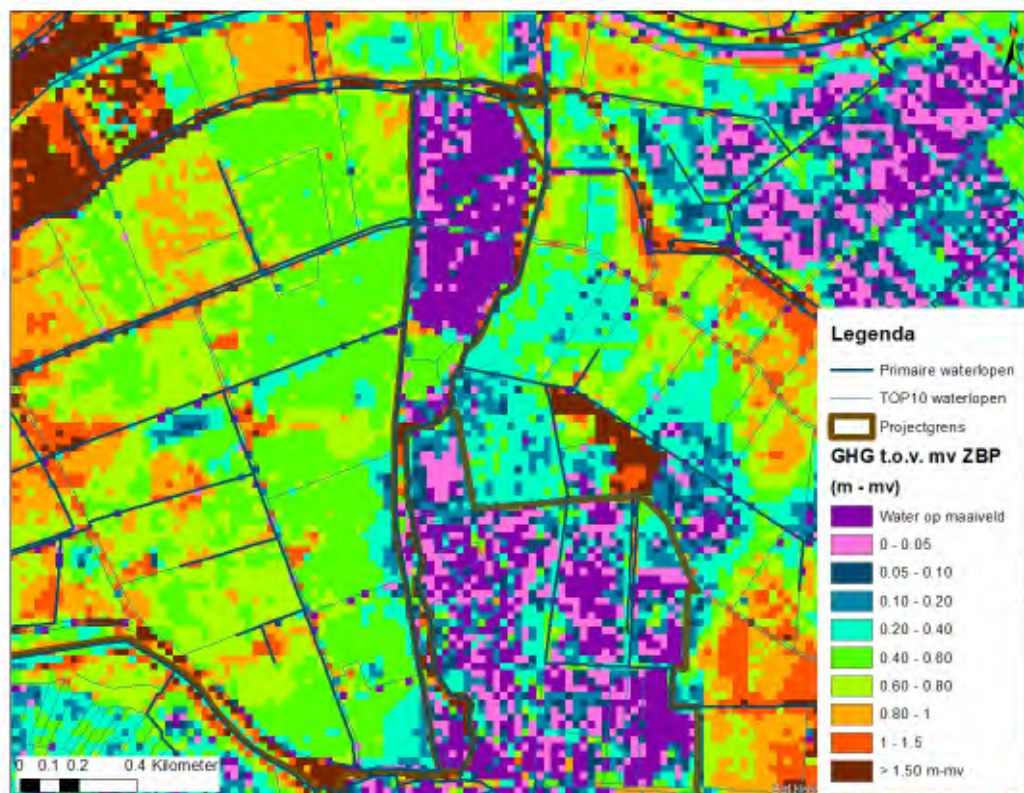
De grootste veranderingen treden op tijdens GLG-situaties, zie Figuur 7-9. Tijdens GLG-situaties is meer water beschikbaar dan in de autonome situatie en wordt komt door de afgravingen de GLG ondieper ten opzichte van maaiveld te liggen. Voor een groot deel van het gebied neemt de GLG met meer dan 0,4 meter toe. Er is ook lichte uitstraling zichtbaar buiten de Zwartenbergse Polder. Deze is echter zeer klein, tussen de 0,01 – 0,05 meter toename. Deze uitstraling is alleen in de GLG zichtbaar, in de GHG en GVG niet. Dit wordt veroorzaakt doordat in de GVG en GHG-situaties buisdrainage in de naastgelegen landbouw percelen actief is. Enige uitstraling in de GVG en GHG, wordt door de buisdrainage afgevoerd, waardoor per saldo geen peilstijging optreedt. In de GLG-situatie is de buisdrainage niet of nauwelijks

actief, doordat de grondwaterstand zich onder het niveau van de buisdrainage bevindt, waardoor de kleine uitstraling die er is, niet door de buisdrainage wordt afgevoerd. In de GLG-situatie is de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld namelijk 1 – 1,5 meter onder maaiveld voor het grootste deel van de polder Zwartenbergse Polder (zie Figuur 7-10). In het natuurgebied Zwartenbergse Polder geeft Figuur 7-10 weer dat in de GLG-situatie er nog steeds een aantal locaties zijn waar het grondwater op of aan maaiveld staat. De GLG zakt in het westen van het gebied 0,8 tot wel 1,5 meter weg onder maaiveld. Voor de rest van het gebied zakt de GLG weg tussen de 0,2 en 0,8 m – mv.

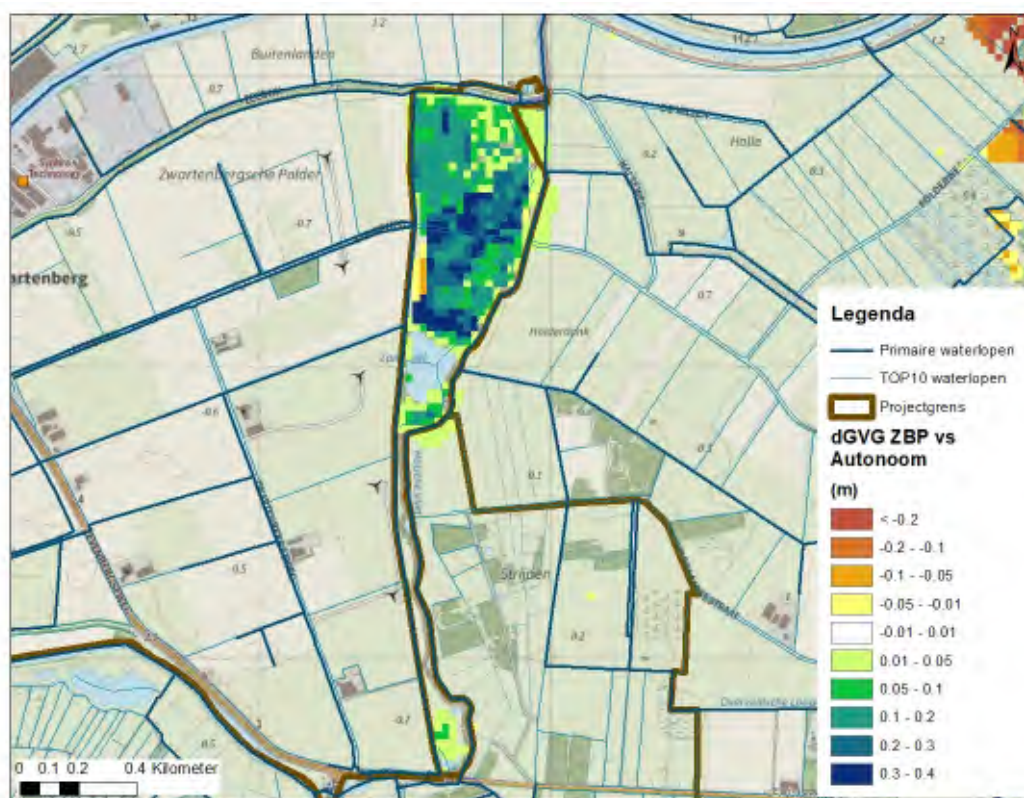
De kwel in natuurgebied Zwartenbergse Polder neemt toe ten opzichte van het gekalibreerde model (zie Paragraaf 5.4.3). Figuur 7-11 toont dat kwel nu niet meer voornamelijk in de watergangen plaatsvindt, maar in een groter deel van gebied. De ruimtelijke variatie in de kwel is nog steeds groot.



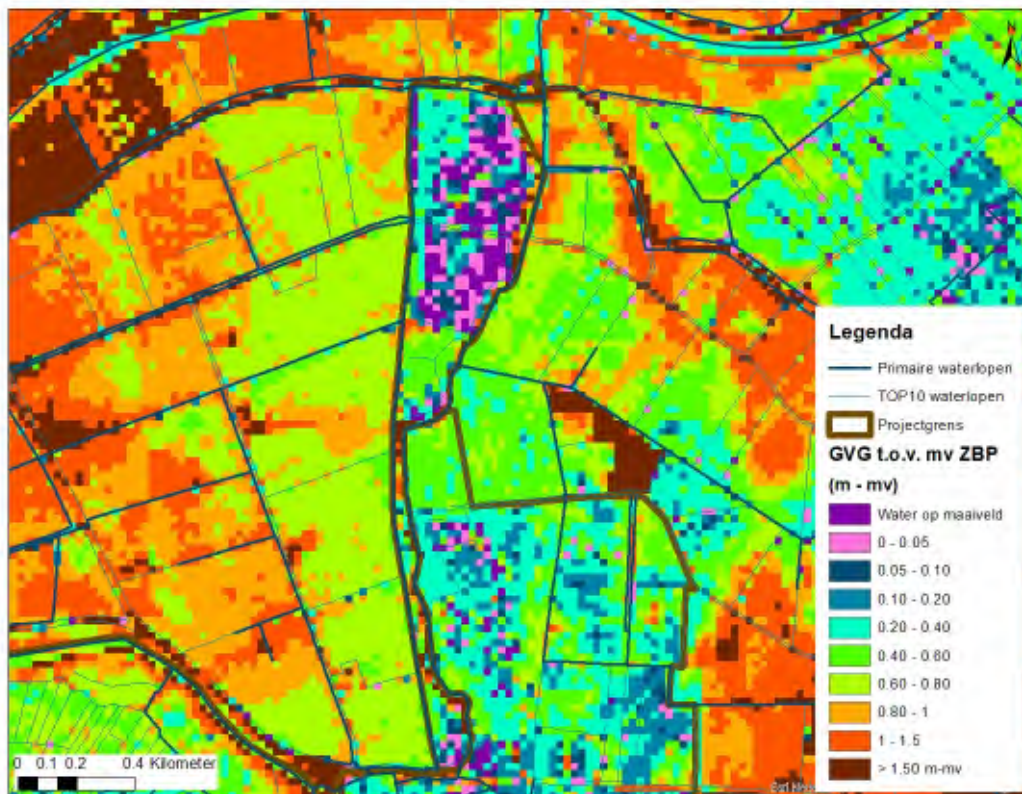
Figuur 7-5 Verschil in GHG tussen scenario Autonom en scenario Zwartenbergse Polder.



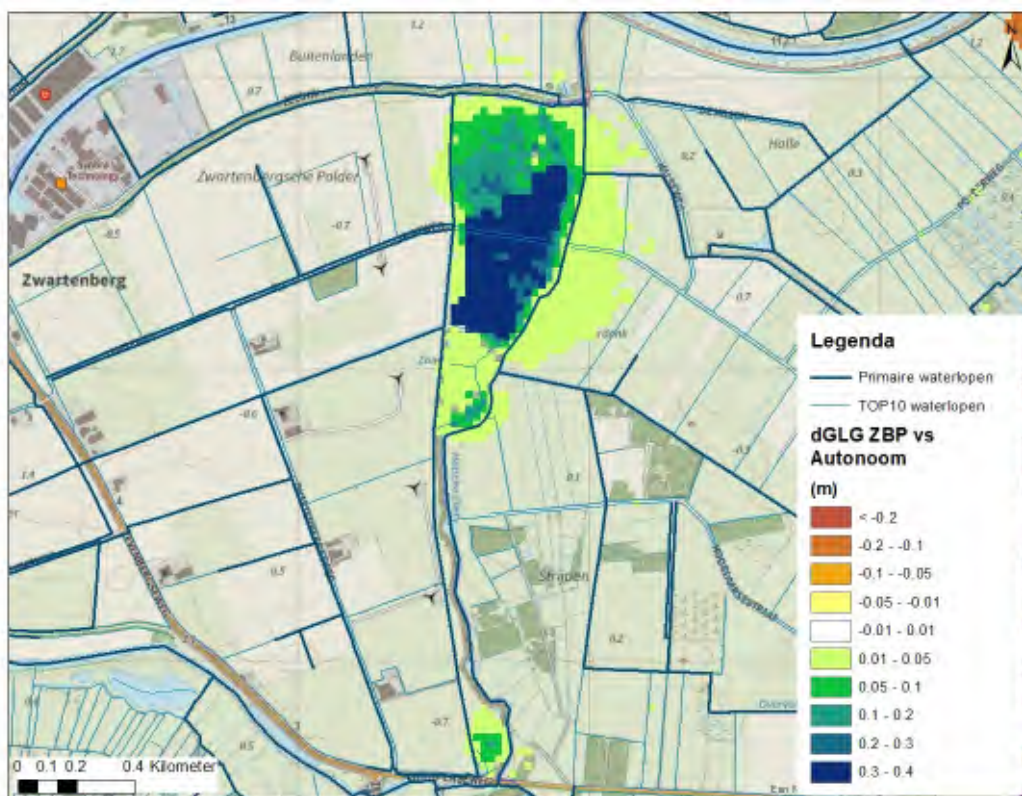
Figuur 7-6 GHG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder.



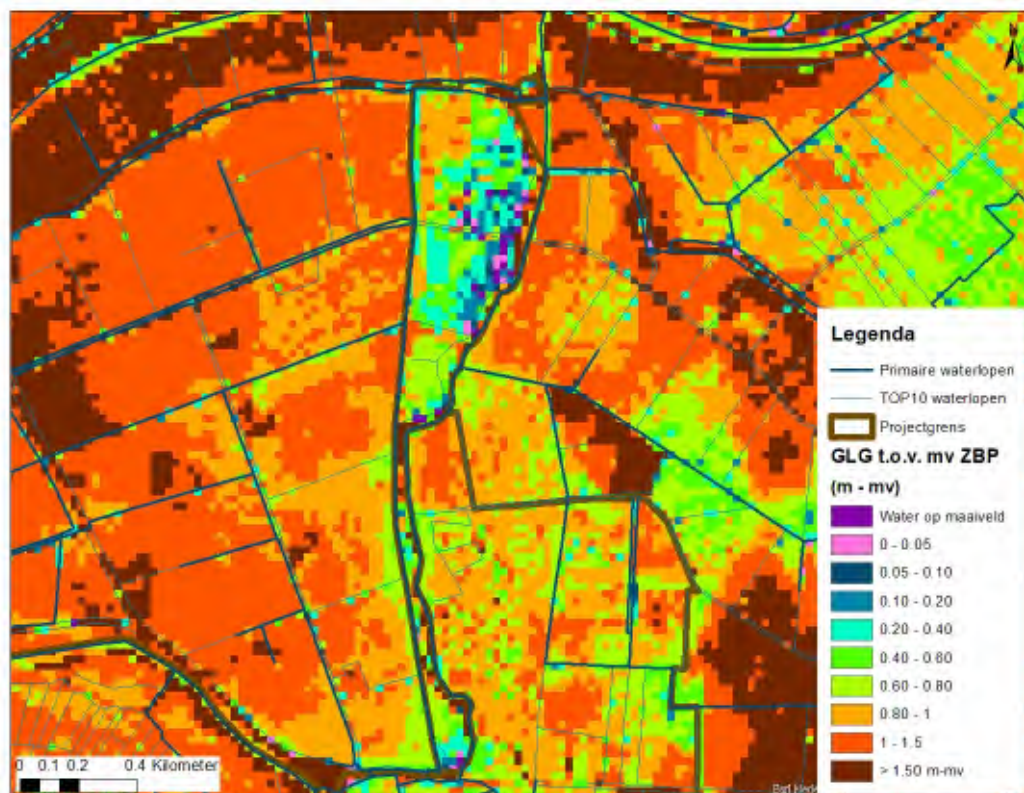
Figuur 7-7 Verschil in GVG tussen scenario Autonom en scenario Zwartenbergse Polder.



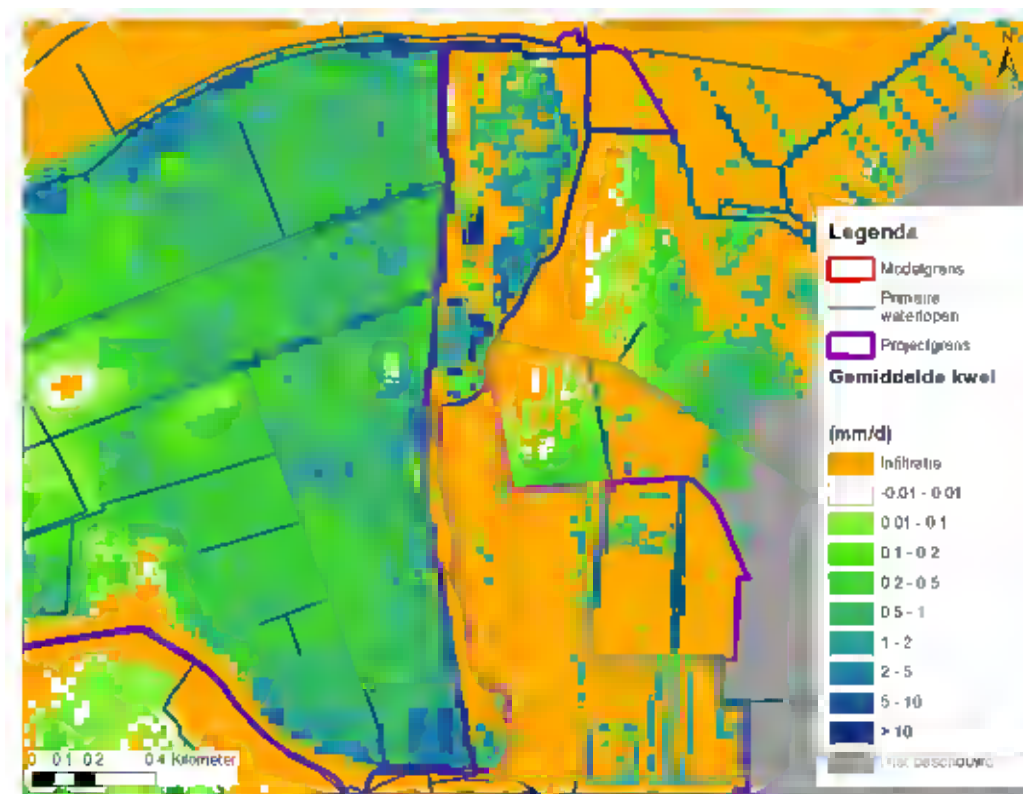
Figuur 7-8 GVG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder.



Figuur 7-9 Verschil in GLG tussen scenario Autonom en scenario Zwartenbergse Polder.



Figuur 7-10 GLG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder.



Figuur 7-11 Gemiddelde kwel in het scenario Zwartenbergse Polder.

8 Kelsdonk/Zwermlaken

In het natuurgebied Kelsdonk/Zwermlaken zijn een aantal maatregelen gepland om bepaalde natuurdoelen binnen het gebied te bereiken. De voorgenomen maatregelen zijn uitgebreid beschreven in het rapport 'Integrale Rapportage schrale vegetaties, grond- en oppervlaktewater, deelgebied Kelsdonk Zwermlaken (Arcadis, 2021a). Onderstaande maatregelen zijn in het grondwatermodel verwerkt:

- Verandering in peilbeheer en wateraanvoer (Paragraaf 8.1;)
- Uitgraven van petgaten (Paragraaf 8.2);
- Aanleg bebossing (Paragraaf 9.3).

8.1 Verandering in het peilbeheer en wateraanvoer

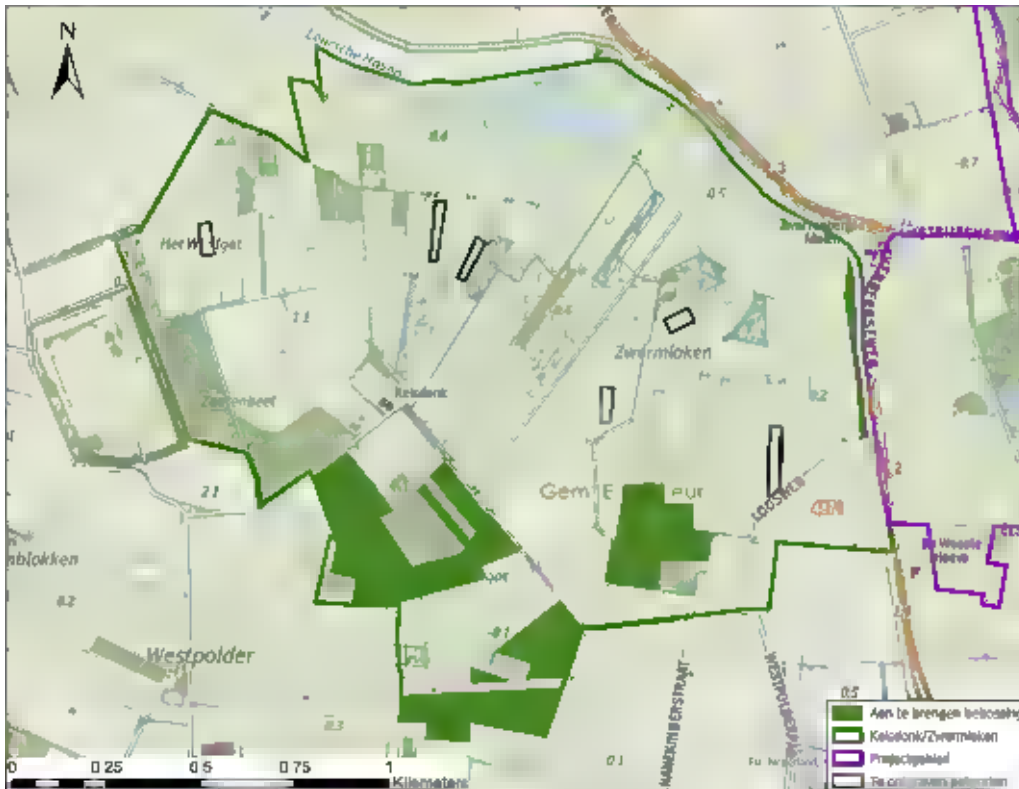
In het natuurgebied Kelsdonk/Zwermlaken (met groen omlijnd gebied in Figuur 8-1) zal een flexibel peil worden gehanteerd. Waar het zomerpeil eerst -0,9 m +NAP en het winterpeil -0,4 m +NAP waren, wordt het peilbeheer nu jaarrond hetzelfde. Het flexibele peil wordt gecreëerd door middel van het aanpassen van de wateraanvoer. Als het peil boven de -0,3 m NAP komt, zal er water uit het natuurgebied worden afgevoerd. Als het peil onder de -0,6 m NAP komt, wordt er water het natuurgebied ingelaten. Dit is in het model verwerkt door de primaire, secundaire en tertiaire waterlopen op een peilniveau van -0,3 m +NAP te laten draineren en op een peil van -0,6 m NAP te laten infiltreren. Dit betekent dat als het grondwater hoger staat dan -0,3 m +NAP, het grondwater naar de watergangen toe draineert (waarbij de watergang een peil heeft van -0,3 m +NAP). Indien de grondwaterstand een peil heeft tussen de -0,3 en -0,6 m +NAP dan vindt er geen drainage van grondwater naar oppervlaktewater plaats. Het peil in de watergangen zakt of stijgt, tussen de -0,3 en 0,6 m +NAP, met het grondwater mee. Indien de grondwaterstand onder de -0,6 m NAP zakt dan gaat water vanuit de watergangen infiltreren naar het grondwater toe, waarbij het peil in de watergang -0,6 m +NAP blijft (als gevolg van de waterinlaat).

8.2 Uitgraven van petgaten

In het gebied Kelsdonk/Zwermlaken zijn een aantal locaties aangewezen waar petgaten gegraven zullen worden. Ter plekke van deze locaties wordt de holocene deklaag afgegraven. De bedoeling is dat in deze petgaten kwelwater naar boven komt, waardoor bepaalde natuurdoelen gerealiseerd kunnen worden. De petgaten zullen niet in contact staan met het oppervlaktewatersysteem in het gebied. Figuur 8-1 geeft de locaties van de petgaten weer.

8.3 Aanleg bebossing

Op een aantal locaties in het gebied Kelsdonk/Zwermlaken zal bebossing worden aangelegd. De locaties zijn aangegeven in Figuur 8-1. De percelen met bebossing zijn in het model ook als bos opgenomen en krijgen een verdamping die hoort bij het bostype loofbos. De bebossing beïnvloedt de grondwateraanvulling in het model.

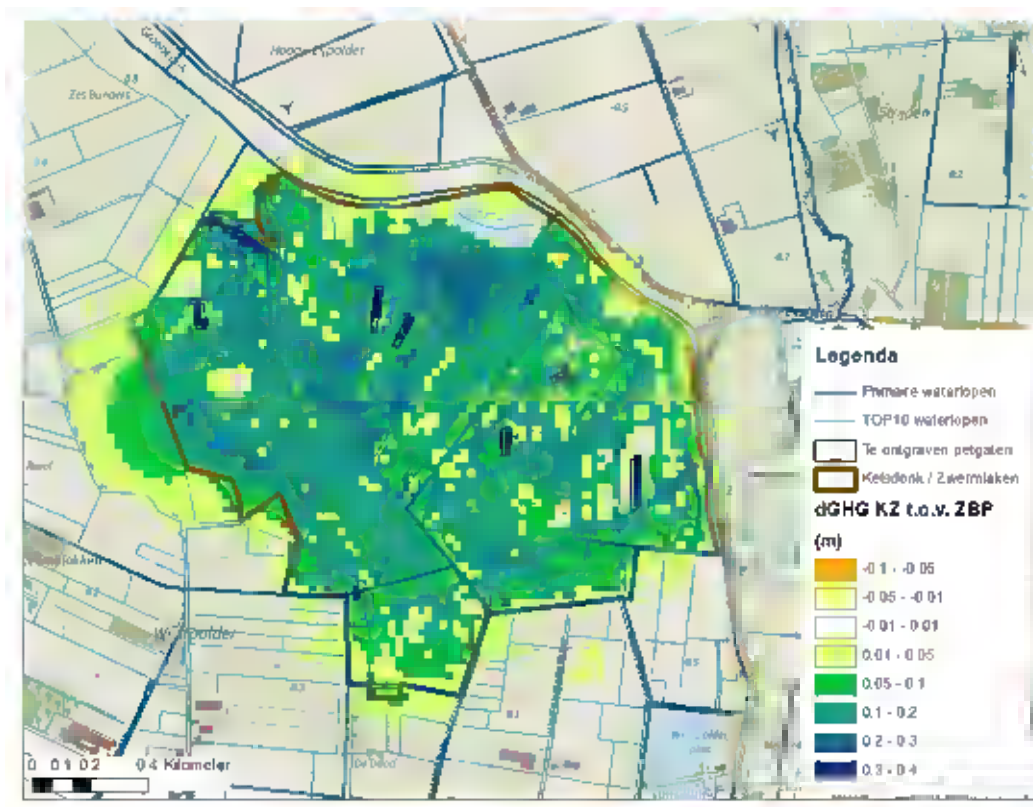


Figuur 8-1 Locaties van de te graven petgaten en aan te leggen bebossing.

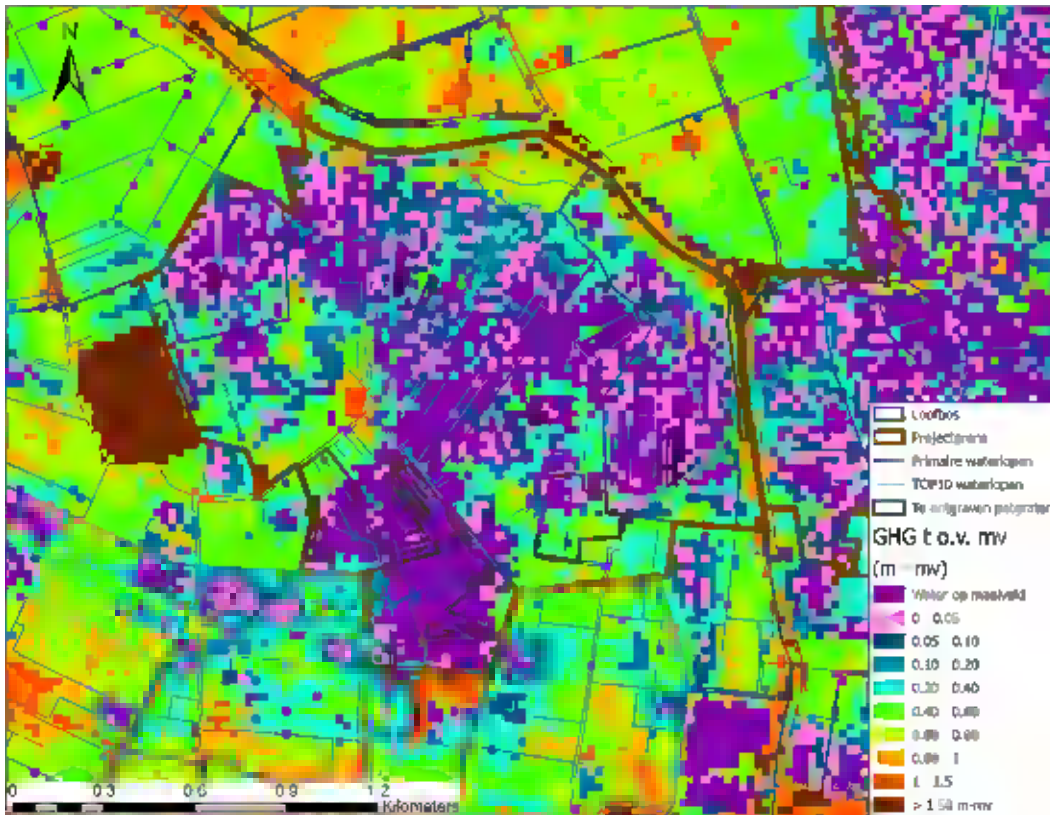
8.4 Resultaat

Eerst zullen de GHG, GVG en GLG en de verschillen hierin ten opzichte van het referentiescenario besproken worden. Daarna zal de verandering in kwel behandeld worden.

De GHG neemt gemiddeld in het gehele gebied Kelsdonk-Zwermlaken toe, zie Figuur 8-2. De grondwaterstandsverhoging bedraagt ca. 10-20 cm en wordt veroorzaakt door de verandering in peilbeheer. De GHG-situatie (een gemiddeld hoge grondwaterstand) treedt voornamelijk in de winter op. Het maximale peil in het gebied is verhoogd van -0,4 m +NAP naar -0,3 m +NAP waardoor verhogingen in zowel primaire als tertiaire watergangen zichtbaar zijn. Verder neemt de GHG aan de noordoost- oost- en zuidkant buiten het projectgebied tot ca. 10 cm toe. Ter plekke van de petgaten neemt de GHG toe. Ter plekke van de bebossing stijgt de GHG in vergelijkbare mate als in de rest van het projectgebied. Figuur 8-3 geeft weer dat de GHG in een groot deel van het gebied op of aan maaiveld staat. Ook op locatie van de bebossing in het zuiden van het project gebied zal het water op of aan maaiveld staan. In het middenwesten van het gebied is de hoger gelegen donk zichtbaar, waar de GHG onder maaiveld blijft.

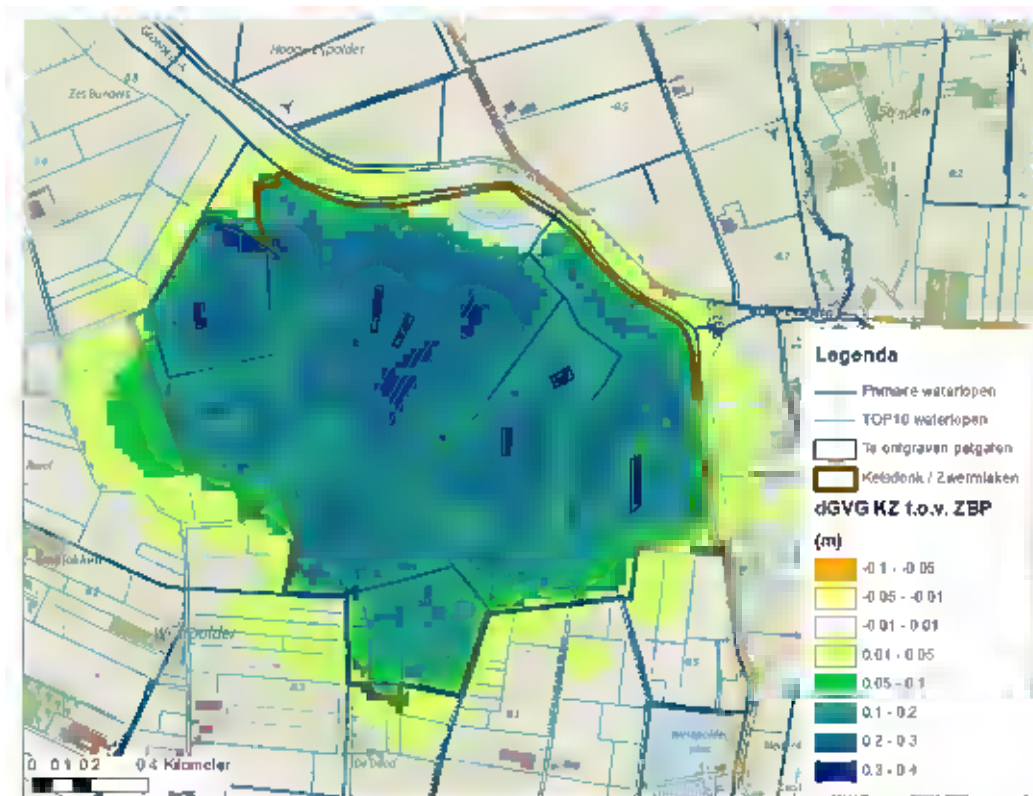


Figuur 8-2 Verschil in GHG tussen het scenario Kelsdonk/Zwermlaken en scenario Zwartenbergse Polder + Autonom (referentiescenario).

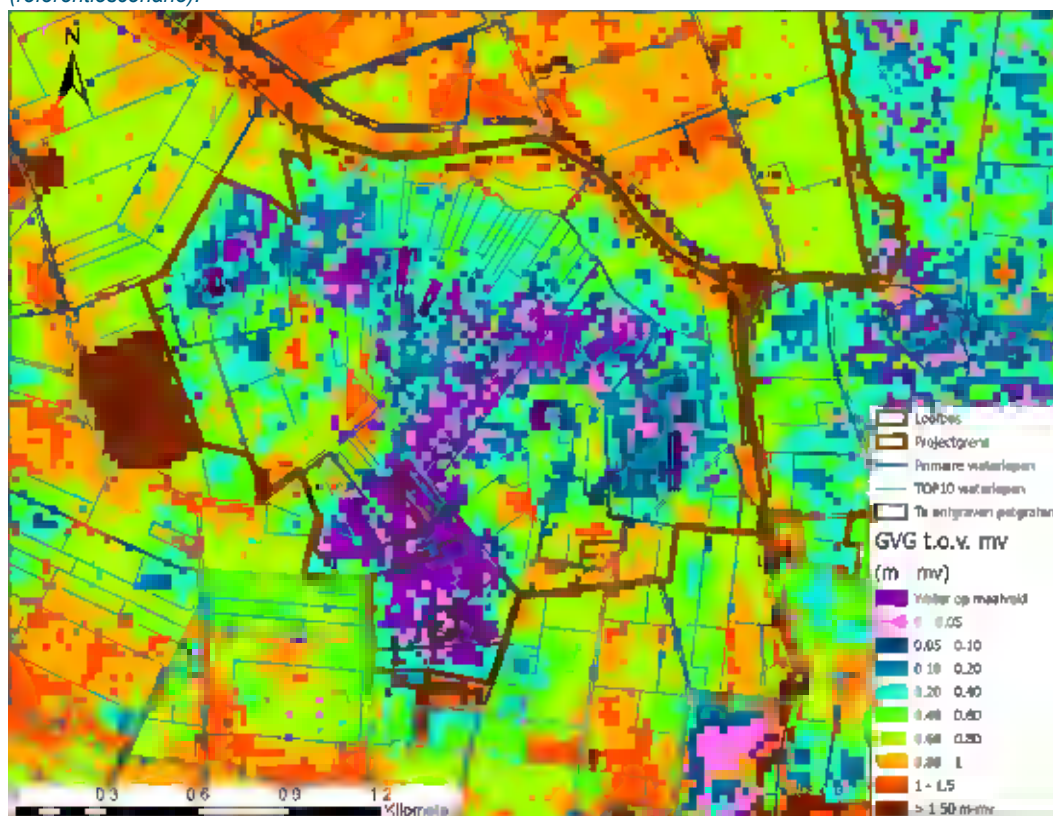


Figuur 8-3 GHG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

In de GVG-situatie stijgt de grondwaterstand in het gehele gebied, zie hiervoor Figuur 8-4, als gevolg van het verhoogde maximale peil (-0,3 m +NAP). In het voorjaar werd voorheen het winterpeil van -0,4 m +NAP gehanteerd. De verhoging van het peil is goed te zien ter plaatse van de primaire watergangen waar de grondwaterstand, net als het peil, ca. 10 cm stijgt. In het centrum van het gebied is de toename ca. 10-20 cm. Ter plekke van de petgaten neemt de GVG overal toe. Figuur 8-5 geeft weer dat in het zuiden en centrum van het gebied water op of aan maaiveld staat. Ter plaatse van de petgaten staat het water aan maaiveld.

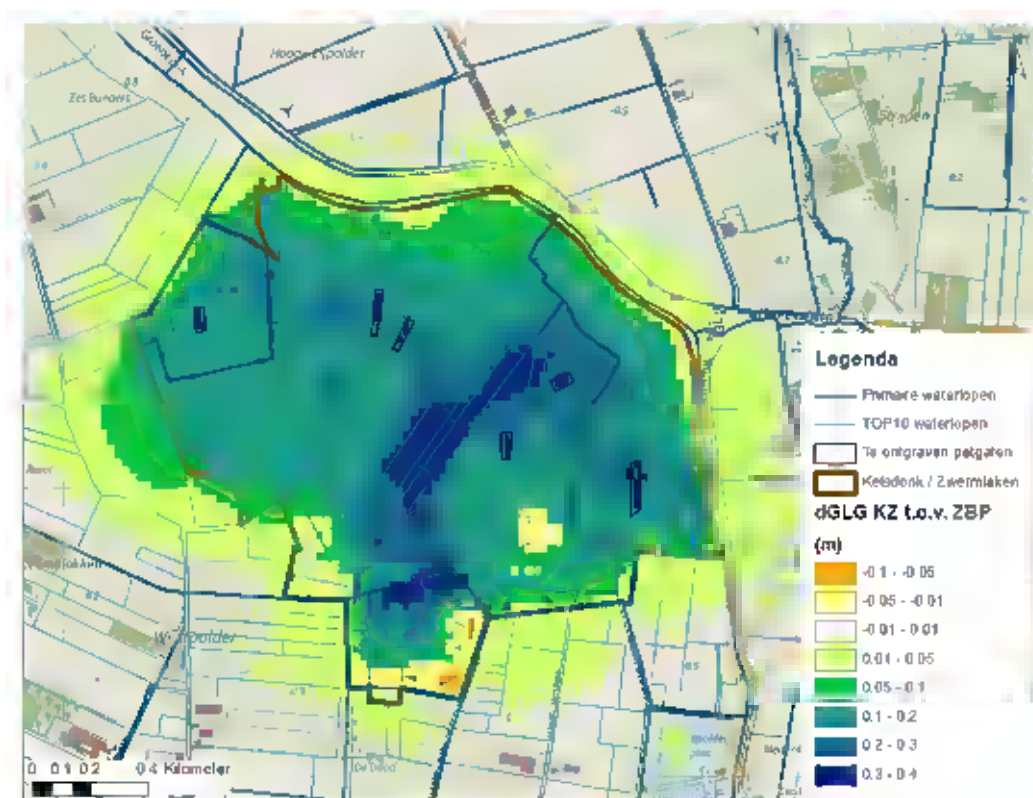


Figuur 8-4 Verschil in GVG tussen het scenario Kelsdonk/Zwermlaken en scenario Zwartenbergse Polder + Autonom (referentiescenario).

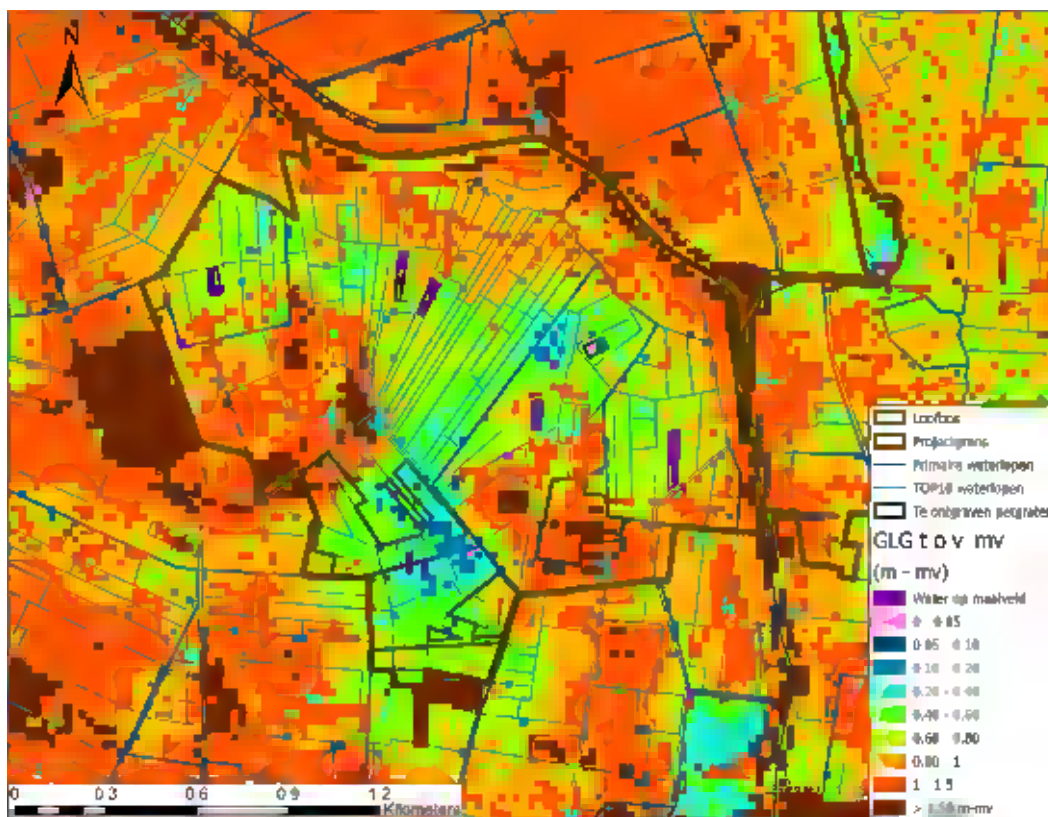


Figuur 8-5 GVG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

De GLG-situatie, die voornamelijk in de zomer optreedt, toont gemiddeld een forse stijging in het gebied (Figuur 8-6). Rede hiervoor is de verhoging van het minimale peil (-0,6 m +NAP) ten opzichte van het zomerpeil (-0,9 m +NAP). De verhoging in GLG is voornamelijk terug te zien in het centrum van het gebied en rond de primaire watergangen waar een verhoging van ca. 20-30 cm waargenomen wordt. Ter plekke van de aangelegde bebossing daalt de GLG over het algemeen ca. 10 cm. De oorzaak hiervan ligt in meer verdamping op locatie van de bebossing. Verder is er uitstraling van de GLG, vooral richting het oosten, zuiden en westen. Buiten het projectgebied stijgt de GLG in het westen meer dan 5 cm en in andere richtingen niet meer dan 5 cm. Ten opzichte van het maaiveld staat de GLG aan maaiveld in de petgaten en op een enkele locatie in het zuiden van het projectgebied. De GLG staat het laagst onder maaiveld in het westen en zuidoosten van het project gebied, ter plaatse van de hoger gelegen donk.

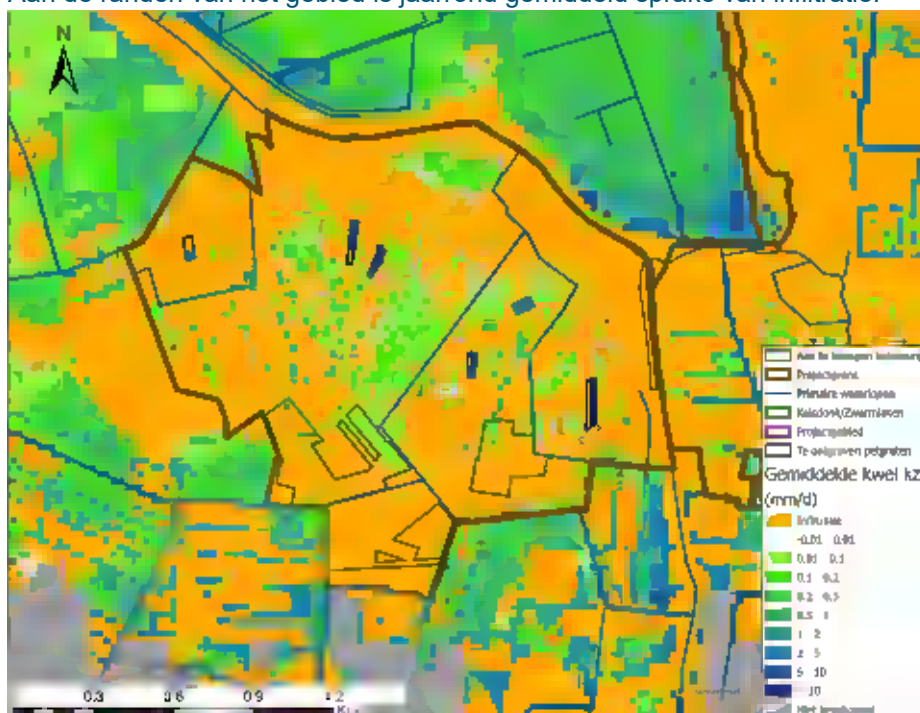


Figuur 8-6 Verschil in GLG tussen het scenario Kelsdonk/Zwermlaken en scenario Zwartenbergse Polder + Autonoom (referentiescenario).



Figuur 8-7 GLG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

In Figuur 8-8 is de gemiddelde kwel in mm/dag weergegeven. De kwel neemt vooral in de petgaten toe, zie Figuur 8-8. Verder concentreert de kwel zich vooral in het centrum, de lagere delen, van het gebied. Aan de randen van het gebied is jaarrond gemiddeld sprake van infiltratie.



Figuur 8-8 Gemiddelde kwel in het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

9 Strijpen de Berk

Het gebied Strijpen de Berk wordt heringericht om bepaalde natuurdoelen in het gebied te behalen. De maatregelen die daarvoor genomen worden, worden uitgebreid besproken in het rapport 'Onderbouwing Inrichtingsplan Strijpen de Berk' (Arcadis, 2022). Aanvullend zijn daarnaast twee extra modelscenario's beschouwd met maatregelen bedoeld om het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer verder te voorkomen.

In paragraaf 9.1 worden allereerst de maatregelen uit het rapport Onderbouwing Inrichtingsplan Strijpen de Berk (Arcadis, 2020). Het betreft hier het DO (Definitief Ontwerp) uit genoemde rapportage. Deze maatregelen omvatten:

- Aanpassing peilgebieden en oppervlaktewaterpeilen (Paragraaf 9.1.1);
- Omleidingssloot (Paragraaf 9.1.2);
- Petgaten (Paragraaf 9.1.3);
- Maaiveldafgraving (Paragraaf 9.1.4);
- Peil en kleilaag Halse Vliet (Paragraaf 9.1.5);
- Aanleg moerasgebied (Paragraaf 9.1.6).

In Paragraaf 9.2 zullen vervolgens de effecten van de maatregelen op de grondwaterstanden en kwel besproken worden. De effecten zullen besproken worden ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie in dit geval is het gekalibreerde model met autonome aanpassingen en de scenario's Zwartenbergse Polder en Kelsdonk/Zwermlaken erin verwerkt.

In paragraaf 9.3 worden twee extra modelscenario's besproken met extra maatregelen om het wegzakken van de grondwaterstand in de zomer verder te voorkomen. Het gaat om de maatregelen:

- Bevorderen van infiltratie vanuit watergangen (Paragraaf 9.3.1);
- Verdere peilverhoging (Paragraaf 9.3.2).

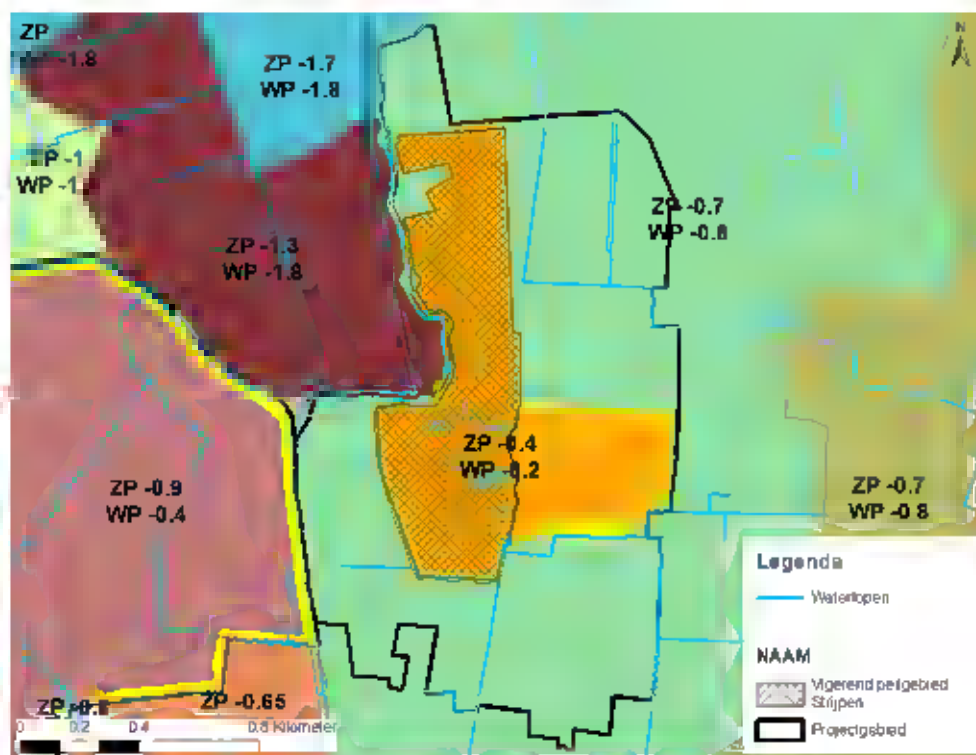
De maatregelen en de resultaten van deze extra maatregelen worden in Paragraaf 9.3 besproken.

9.1 Maatregelen DO inrichtingsplan 2022

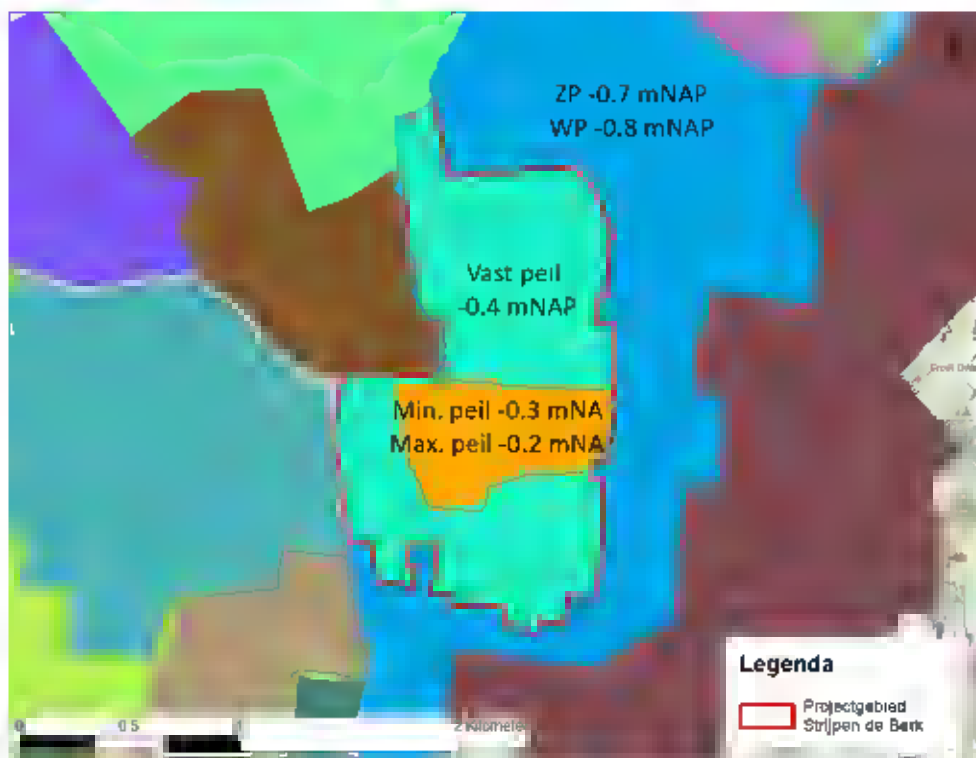
9.1.1 Aanpassing peilgebieden en oppervlaktewaterpeilen.

In de huidige situatie heeft een deel van het gebied Strijpen de Berk een minimumpeil van -0,4 m +NAP en een maximumpeil van -0,2 m +NAP en een deel van het gebied een zomerpeil -0,7 m +NAP en een winterpeil -0,8 m +NAP (zie Figuur 9-1). De door het waterschap officieel vastgestelde peilen wijken in Strijp en de Berk af van de werkelijke situatie. In de vastgestelde peilen is het gebied dat een minimum en maximumpeil heeft van -0,4 respectievelijk -0,2 m +NAP, kleiner dan in werkelijkheid. Het gearceerde gebied in Figuur 9-1 heeft een vastgesteld peil van -0,4 en -0,2, het niet gearceerde oranjebruine gebied heeft een vastgesteld winter- en zomerpeil van -0,7 en -0,8 m +NAP. In het model is de werkelijke situatie verwerkt, zodat de vergelijking met de toekomstige situatie in overeenstemming met de werkelijke situatie is.

De toekomstige situatie is zichtbaar in Figuur 9-2. Het hele projectgebied Strijpen de Berk krijgt een vast peil van -0,4 m +NAP, behalve het hart van het gebied (oranje gebied in Figuur 9-2). Het oranje gebied krijgt een flexibel maximaal peil van -0,2 m +NAP en flexibel minimaal peil van -0,3 m +NAP.



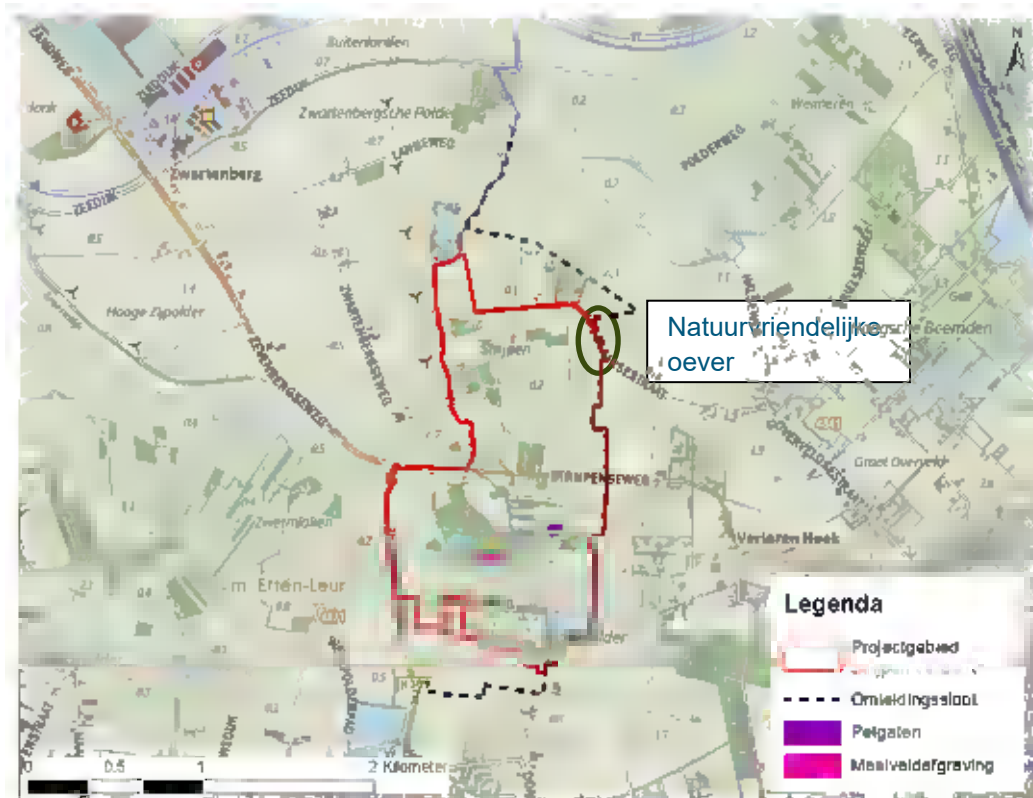
Figuur 9-1 Huidig peilenplan Strijpen de Berk. Het oranje gebied heeft volgens het peilenplan een min. peil van $-0,4 \text{ m} + \text{NAP}$ en een max. peil van $-0,2 \text{ m} + \text{NAP}$, maar in werkelijkheid heeft alleen het gearceerde gebied een min. peil van $-0,4 \text{ m} + \text{NAP}$ en een max. peil van $-0,2 \text{ m} + \text{NAP}$. Het overige oranje gebied heeft winterpeil van $-0,7 \text{ m} + \text{NAP}$ en een zomerpeil van $-0,8 \text{ m} + \text{NAP}$. In het model zit de werkelijke situatie verwerkt.



Figuur 9-2 Toekomstige situatie peilen in Strijpen de Berk.

9.1.2 Omleidingssloot

Er wordt een nieuwe omleidingssloot aangelegd om wateraanvoer naar de landbouwgebieden te faciliteren. De omleidingssloot is weergegeven in Figuur 9-3. In een deel van de omleidingssloot wordt een natuurvriendelijke oever aangelegd, in het model is de sloot in dit gedeelte 2 meter breder gemaakt dan de rest van de omleidingssloot (zie Figuur 9-3). Het peil van de sloot is zomerpeil -0,7 m +NAP en winterpeil -0,8 m +NAP. De breedte van de sloot ligt tussen de 3 en 6 meter, met uitzondering van de natuurvriendelijke oever. De bodemhoogte ligt tussen de -1,45 en -1,9 m +NAP.



Figuur 9-3 De onderbroken lijn geeft de ligging van de omleidingssloot aan. Ook wordt in een deel van de omleiding een natuurvriendelijke oever toegepast. Verder zijn de gebieden waar petgaten aangelegd worden (paarse polygonen) en een perceel waar maaiveldafgraving wordt toegepast (roze polygoon) zichtbaar.

9.1.3 Petgaten

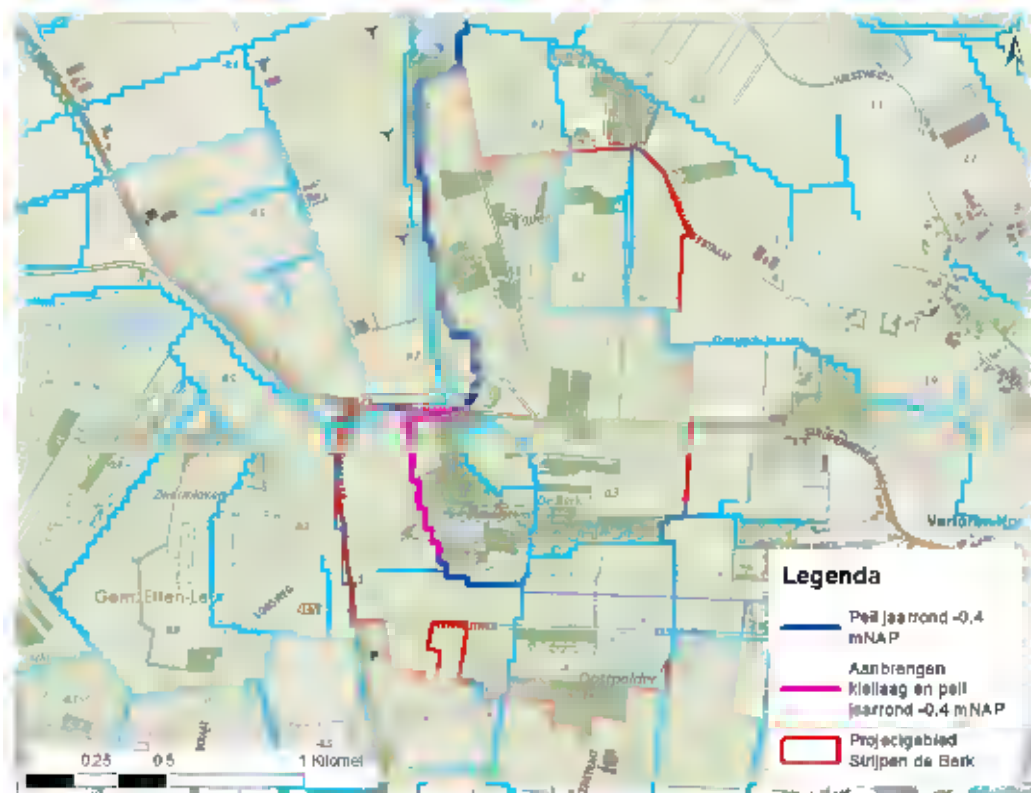
In het projectgebied worden in twee gebieden petgaten uitgegraven. Figuur 9-3 geeft in paars deze gebieden weer waar petgaten gegraven zullen worden. Ter plekke van deze locaties wordt de holocene deklaag praktisch geheel afgegraven. De bedoeling is dat in deze petgaten kwelwater naar boven komt, waardoor bepaalde natuurdoelen gerealiseerd kunnen worden. De petgaten zullen niet in contact staan met het oppervlaktewatersysteem in het gebied.

9.1.4 Maaiveldafgraving

Buiten de Moeraszone (zie paragraaf 9.1.6) wordt in 1 gebied binnen het projectgebied het maaiveld afgegraven. De afgraving bedraagt 10 cm. Het roze gebied in Figuur 9-3 geeft aan welk gebied afgegraven wordt.

9.1.5 Peil en kleilaag Halse Vliet

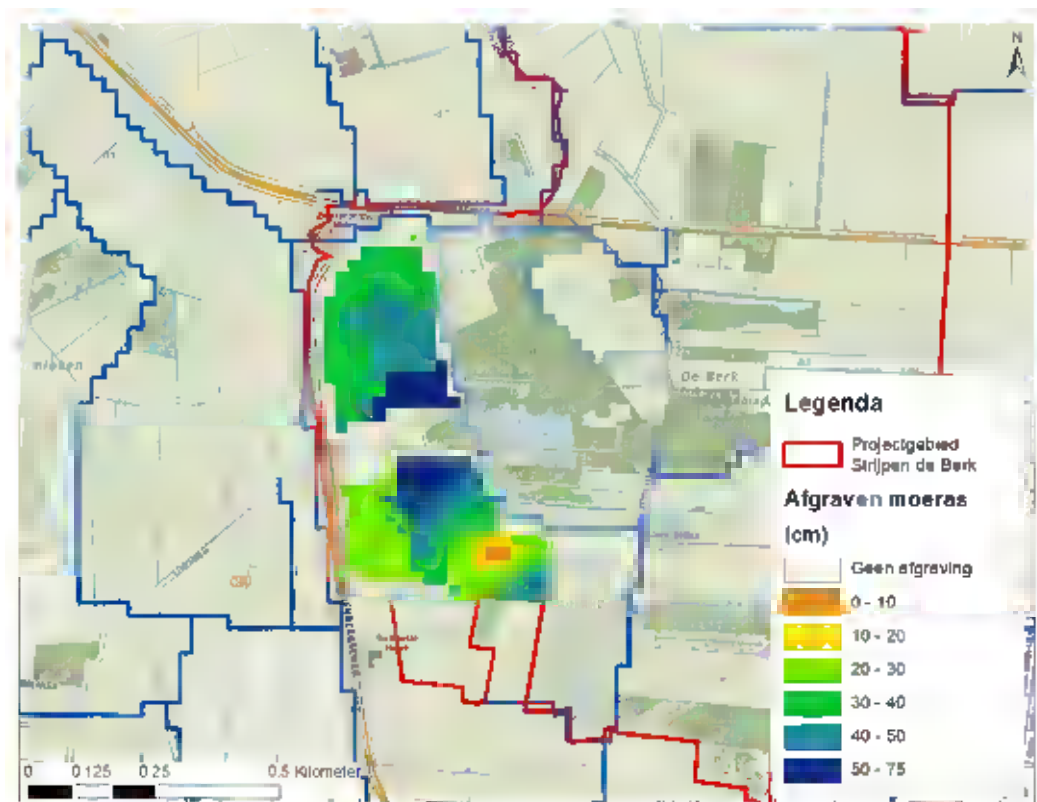
Het peil in een deel van de Halse Vliet wordt verhoogd naar jaarrond -0,4 m +NAP. Het gaat min of meer om het deel van de Halse Vliet waar deze binnen het projectgebied van Strijpen de Berk ligt. Dit deel is in donkerblauw en roze weergegeven in Figuur 9-4. De roze lijn in Figuur 9-4 geeft aan waar, naast de peilverhoging, ook een kleilaag aangebracht wordt. De weerstand van de bodem is verhoogd met 100 dagen in dit stuk van de waterloop.



Figuur 9-4 Deel van de Halse Vliet waar het peil jaarrond op -0,4 m +NAP wordt gezet. Verder wordt in een deel van de Halse Vliet een kleilaag aangelegd, weergegeven in roze.

9.1.6 Moerasgebied

Een deel van het projectgebied wordt omgevormd tot moerasgebied. Daartoe vindt afgraving van het maaiveld plaats, een groot deel van de kleilaag in dit gebied wordt weggehaald. De afgraving ten behoeve van het moerasgebied is zichtbaar in Figuur 9-5. De afgraving is verwerkt in zowel het maaiveld als de weerstand van de holocene deklaag.

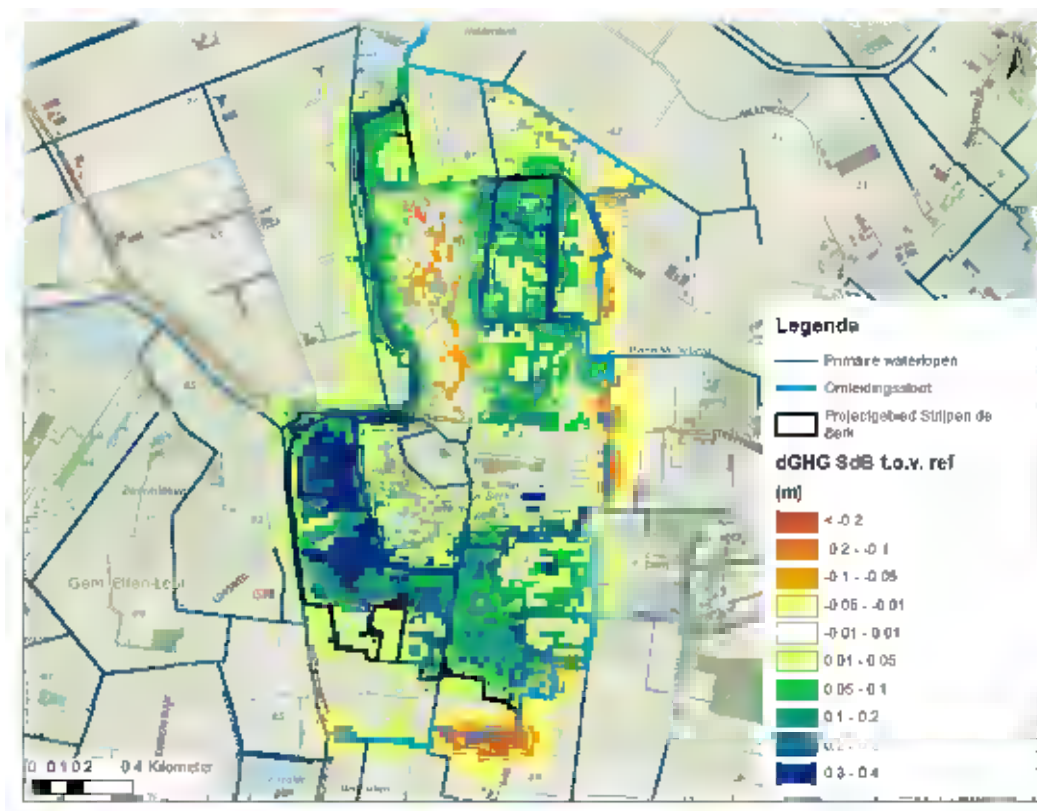


Figuur 9-5 Afgraving ten behoeve van aanleg moerasgebied.

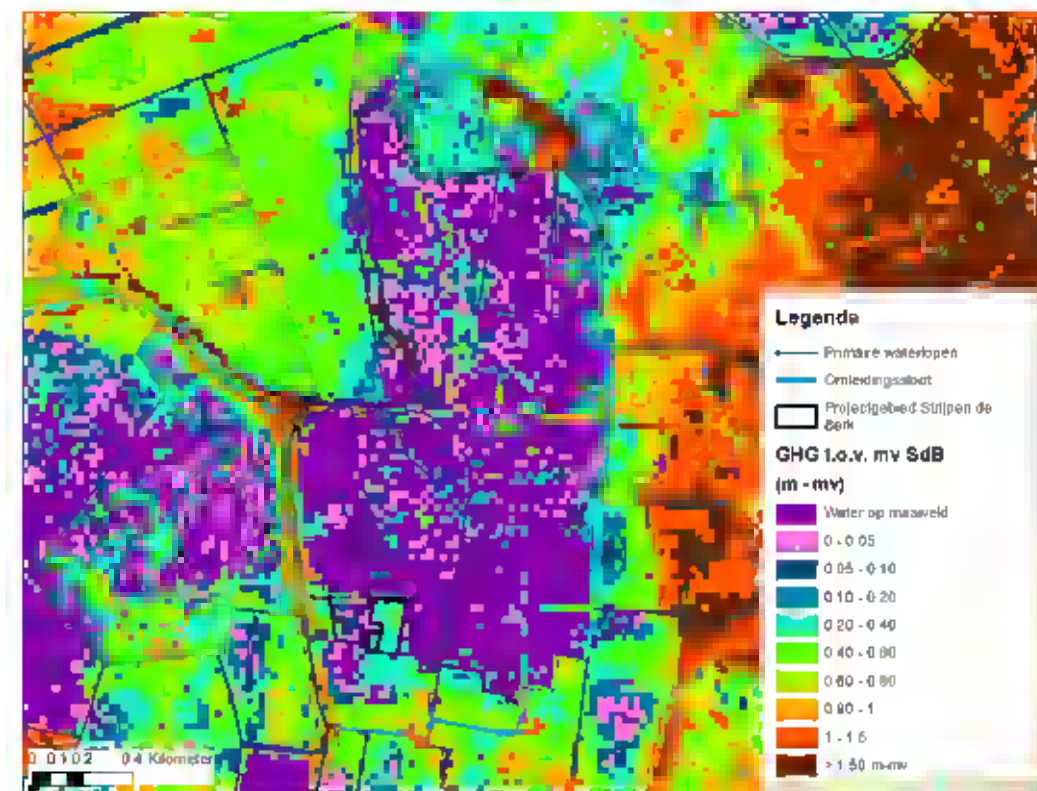
9.2 Resultaat DO inrichtingsplan 2022

Eerst zullen de GHG, GVG en GLG en de verschillen hierin ten opzichte van het referentiescenario besproken worden. Daarna zal de verandering in kwel behandeld worden.

In een groot deel van het gebied wordt het peil verhoogd, waardoor in het grootste deel van het projectgebied de GHG hoger wordt (zie Figuur 9-6). Ter plaatse van de (deels) nieuw aan te leggen omleidingssloot is soms een daling van de GHG zichtbaar, het gaat dan om delen waar in de huidige situatie geen sprake is van een watergang, of delen waar de nieuwe watergang breder wordt dan de oude watergang. Verder valt de forse verhoging van de GHG in het moerasgebied op. In het moerasgebied is de verhoging van de GHG extra groot omdat hier en de grondwaterstand hoger komt te liggen door de peilverhoging, en het maaiveld afgegraven wordt. Ten opzichte van maaiveld is de verhoging van de GHG dan extra groot. In het oranje peilgebied uit Figuur 9-2 neemt de GHG ook licht toe, terwijl in het gebied ten noorden van het oranje gebied nu een lichte verlaging van de GHG is. Dit komt doordat het peil hier eerst maximumpeil -0,2 m +NAP en minimumpeil -0,4 m +NAP was, maar nu jaarrond -0,4 m +NAP is. Ten opzichte van maaiveld is de GHG in het grootste deel van het gebied op of aan maaiveld, zie Figuur 9-7.

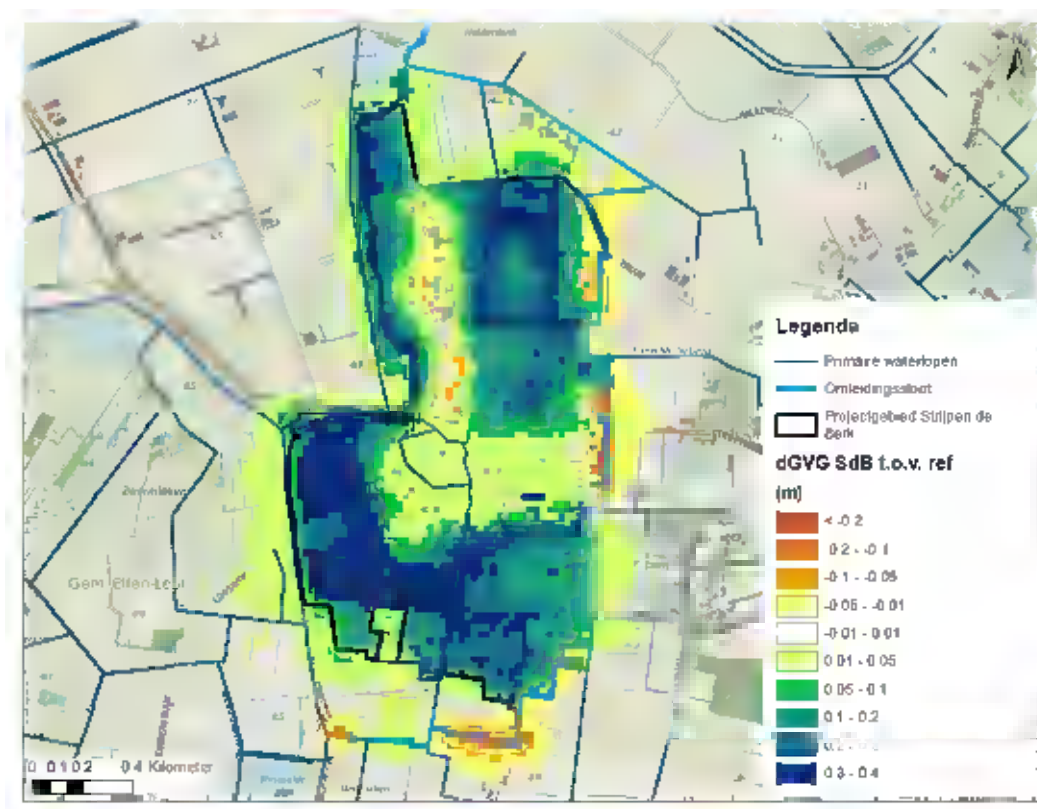


Figuur 9-6 Verschil in GHG tussen het scenario Strijpen de Berk en de referentiesituatie.

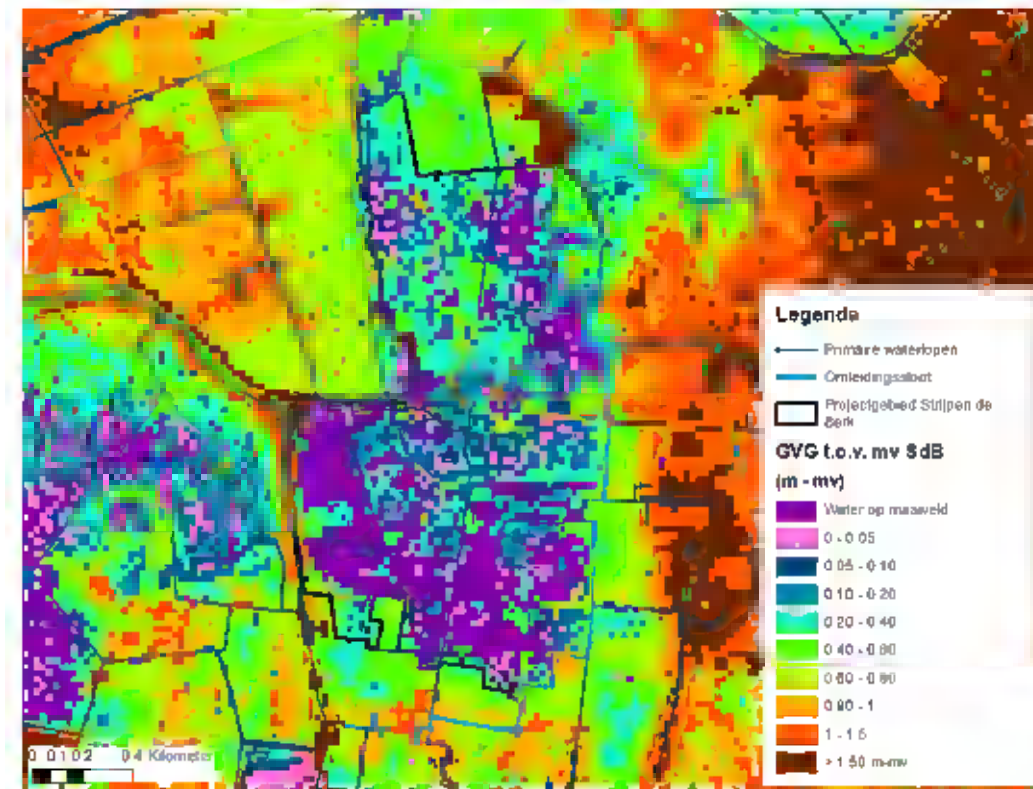


Figuur 9-7 GHG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Strijpen de Berk.

In de GVG zijn soortgelijke effecten als in de GHG te zien, zie Figuur 9-8. De verhoging van de GVG is ten opzichte van de GHG alleen nog iets groter en in bijna het hele gebied. Verlaging is alleen zichtbaar rond de omleidingssloot en in het gebied ten noorden van het oranje peilgebied uit Figuur 9-2. Er is lichte uitstraling van de effecten buiten het projectgebied, deze effecten zijn echter grotendeels tussen de 1 en 5 cm. Uitzondering hierop is de uitstraling ten noorden van het projectgebied, die op kan lopen tot maximaal 20 cm. Figuur 9-9 geeft de GVG ten opzichte van maaiveld weer. In het zuidelijk deel van het projectgebied is de GVG grotendeels op of aan maaiveld, net als in het moerasgebied. In de rest van het gebied varieert dit tussen op of aan maaiveld tot maximaal 60 cm-mv. Op hele enkele locaties is de GVG dieper dan 80 cm-mv.

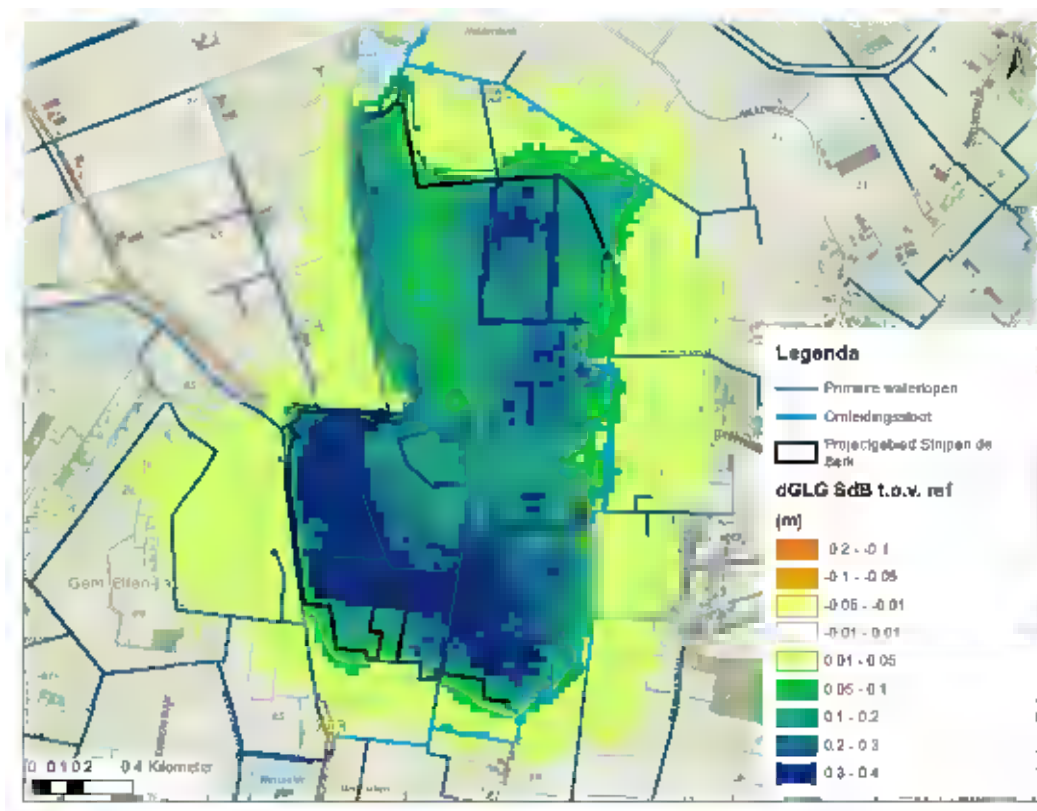


Figuur 9-8 Verschil in GVG tussen het scenario Strippen de Berk en de referentiesituatie.

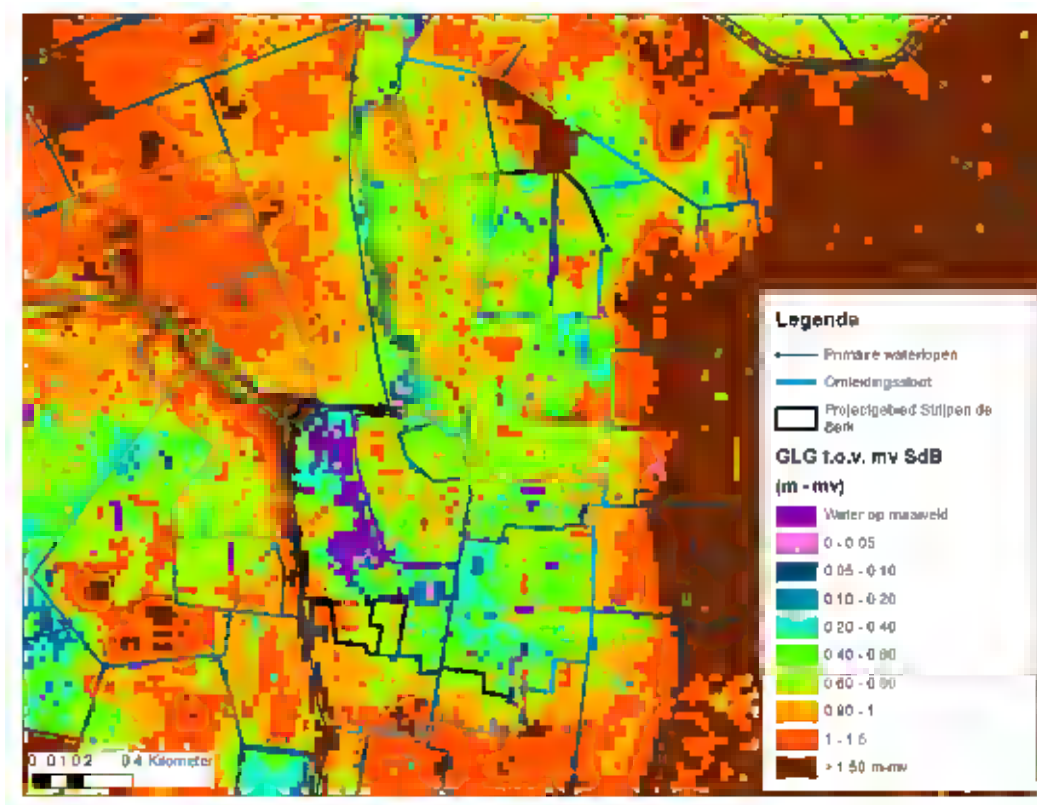


Figuur 9-9 GVG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Strijpen de Berk.

Figuur 9-10 geeft het verschil in GLG weer. In het hele gebied neemt de GLG met minstens 5 cm toe, voor het grootste deel van het gebied zelfs met 10 – 30 cm. In het moerasgebied en het zuidelijk gebied stijgt de GLG zelfs met 30 – 40 cm. Buiten het projectgebied is ook uitstraling, deze valt grotendeels binnen de 1-5 cm. Dicht bij de projectgrens kan de uitstraling buiten de projectgrens oplopen tot maximaal 20 cm. Ten opzichte van maaiveld is de GLG alleen in het moerasgebied nog op of aan maaiveld, in het zuidelijk deel van het projectgebied zakt de GLG meestal tot maximaal 60 cm-mv. In het midden en het noordelijk deel van het gebied varieert dit, delen zakken maximaal 80 cm-mv weg, maar er zijn ook delen waar dit 1-1.5 m-mv kan zijn.

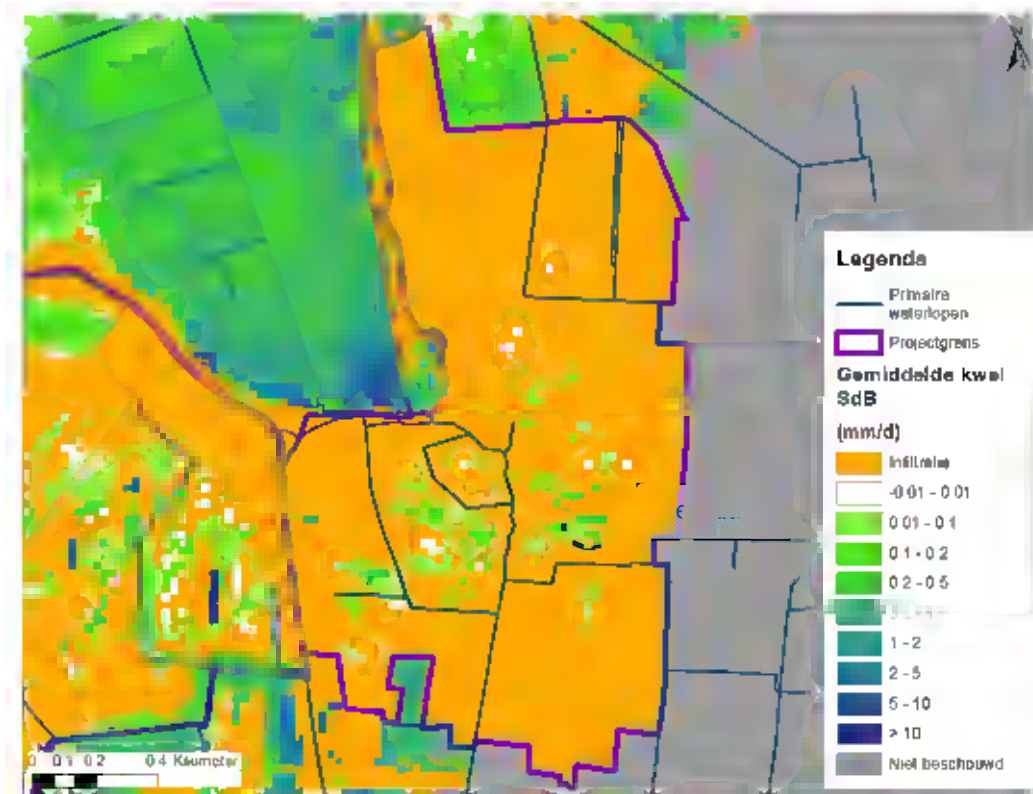


Figuur 9-10 Verschil in GLG tussen het scenario Strijpen de Berk en de referentiesituatie.



Figuur 9-11 GLG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Strijpen de Berk.

In Figuur 9-12 is de gemiddelde kwel in mm/dag weergegeven. De kwel concentreert zich vooral in het centrum van het gebied. In het grootste deel van het gebied is jaarrond gemiddeld sprake van infiltratie. Ten opzichte van de referentiesituatie is er minder kwel in watergangen (zie Figuur 5-27 voor de kwel in de referentiesituatie). De stijghoogte boven de holocene deklaag wordt, ten opzichte van de stijghoogte onder de holocene deklaag, groter door het hogere peil in het hele gebied. Daardoor vindt minder kwel door de deklaag plaats dan in de referentiesituatie. Het gaat dan met name om de kwel naar de watergangen toe. Als gevolg van de hogere grondwaterstanden neemt de kwel aan maaiveld juist toe.



Figuur 9-12 Gemiddelde kwel in het scenario Strijpen de Berk.

9.3 Extra maatregelen tegen wegzakken grondwaterstand zomer

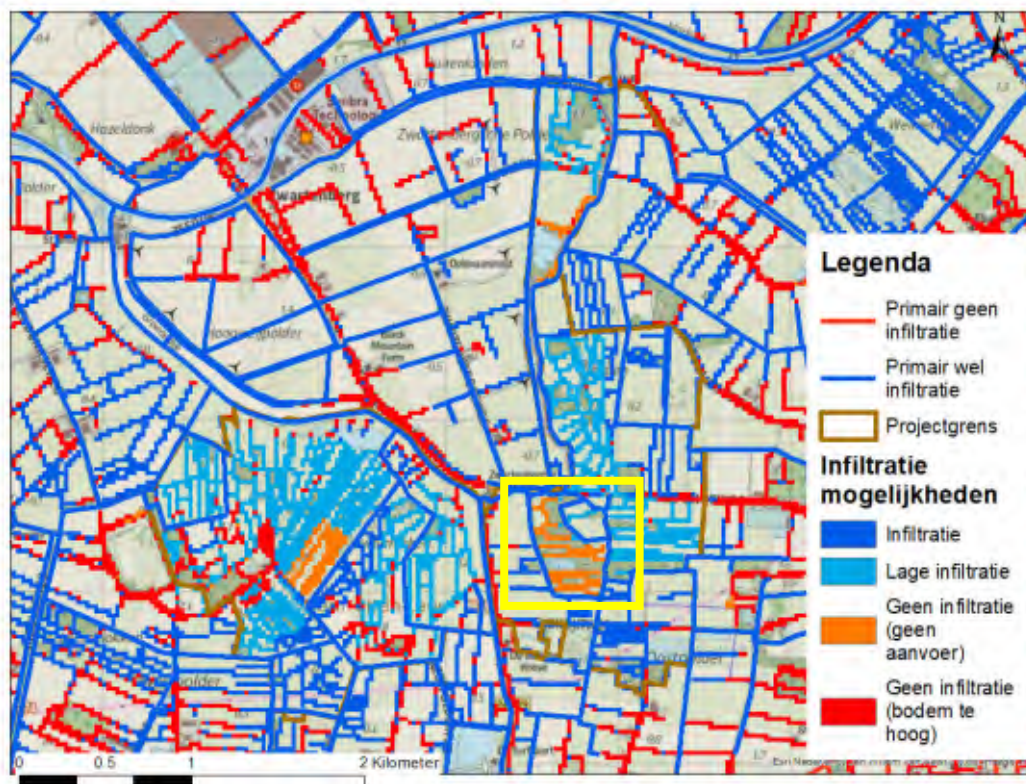
De beoogde natuurdoelstellingen in het centrale deel van Strijpen de Berk werden met de voorgenomen maatregelen in Paragraaf 9.1.1 t/m 9.1.6 niet bereikt. De grondwaterstand zakte in de zomer te ver weg voor de beoogde natuurdoeltypen in het gebied. Daarom zijn twee extra scenarioberekeningen uitgevoerd, met als doel om te kijken of door extra maatregelen, ten opzichte van de al reeds voorziene maatregelen uit het DO van het inrichtingsplan uit 2022, de beoogde doelstellingen dan wel grotendeels of helemaal bereikt kunnen worden. Het gaat om de volgende maatregelen:

- Infiltratie van oppervlaktewater vanuit waterlopen in het centrale deel (Paragraaf 9.3.1);
- Peil van deel van centrale gebied verhogen naar -0.2 m +NAP (Paragraaf 9.3.3).

De resultaten van de scenarioberekening met aangepaste infiltratie zijn te vinden in Paragraaf 9.3.2. Het resultaat van het scenario met aangepast peil in het centrale deel van het gebied zal besproken worden in Paragraaf 9.3.4.

9.3.1 Aanpassen infiltratie centrale deelgebied

In het centrale deel van het gebied Strijpen de Berk, in Figuur 9-13 aangegeven met de gele omranding, kunnen de waterlopen niet infiltreren (zie Paragraaf 5.3.3). Om de wegzakking van de grondwaterstand in drogere perioden tegen te gaan, is gekozen om een berekening uit te voeren waarbij de waterlopen die in de huidige situatie binnen het geel omrande deel niet kunnen infiltreren, infiltrerend te maken. In de scenario berekeningen zijn hiervoor deze watergangen op lage infiltratie gezet zijn.



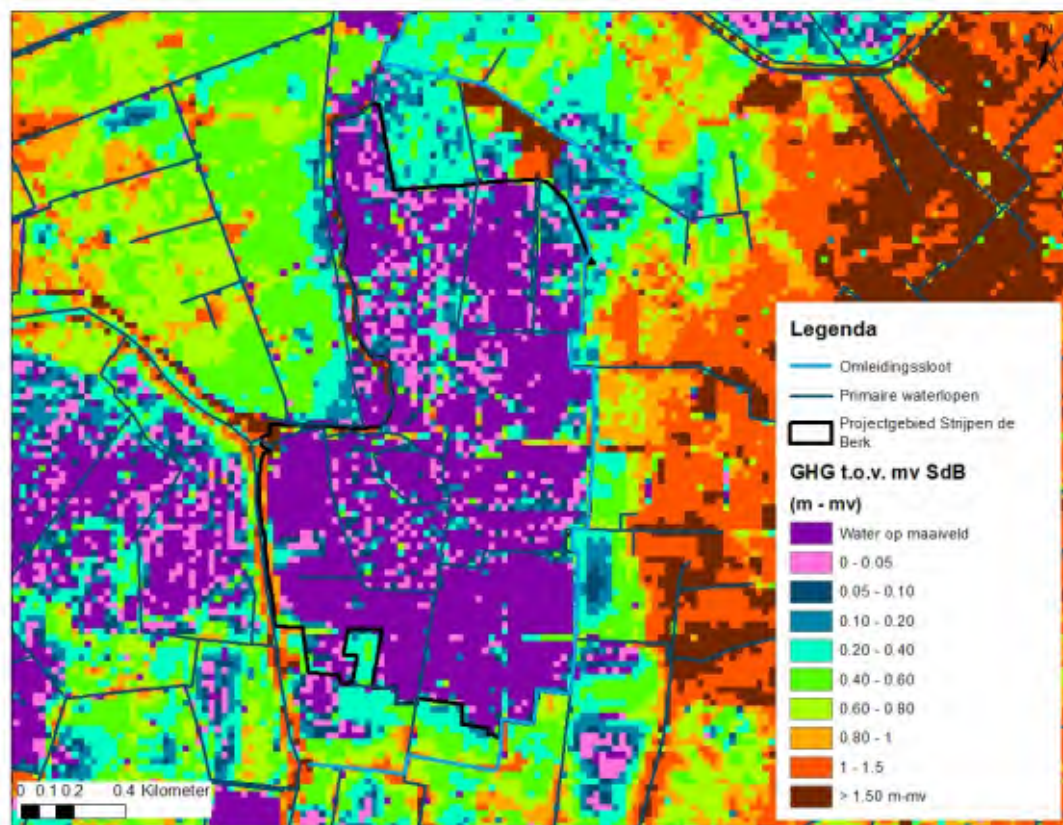
Figuur 9-13: De oranje waterlopen in het geel omrande gebied zijn in het scenario aangepast van geen infiltratie naar lage infiltratie.

9.3.2 Resultaten extra scenario aanpassen infiltratie

In de GHG is geen effect van de maatregelen te zien, zie Figuur 9-14. Infiltratie vindt alleen plaats op het moment dat de grondwaterstanden laag zijn. Daardoor is het logisch dat er geen effect van de verhoogde infiltratie in de GHG is. De GHG ten opzichte van maaiveld, te zien in Figuur 9-15, is daardoor gelijk aan de GHG zoals berekend in het DO uit het inrichtingsplan 2022 (zie Paragraaf 9.2).

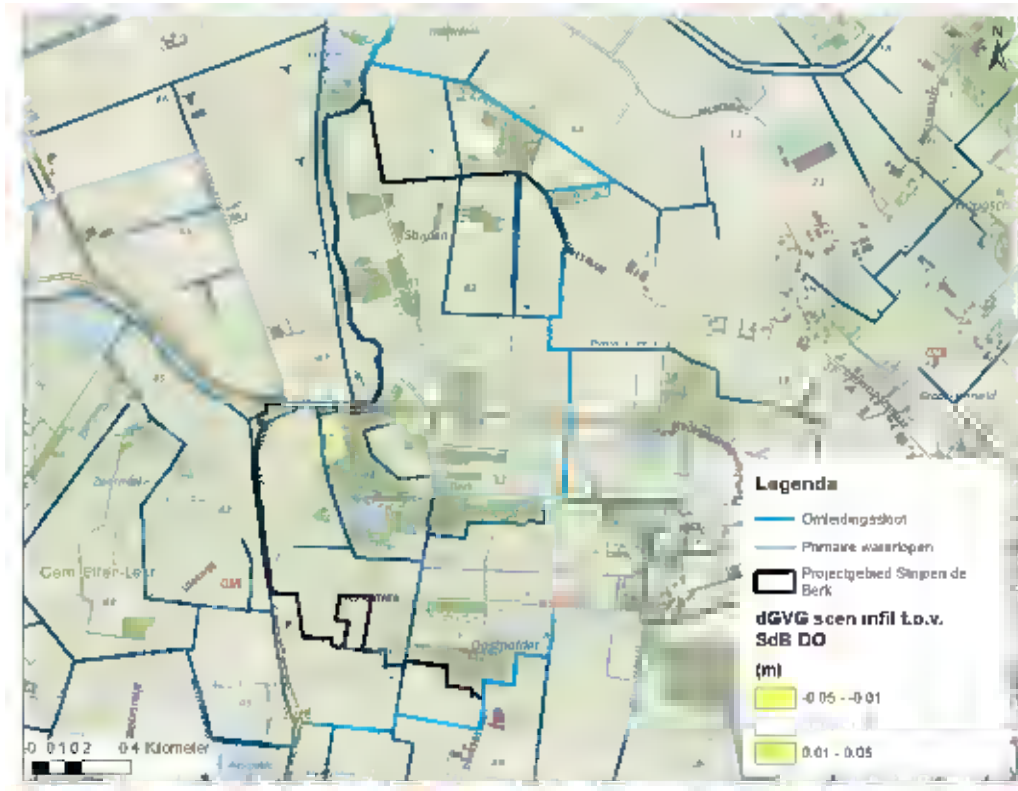


Figuur 9-14 Verschil in GHG tussen het extra scenario aanpassing infiltratie Strijpen de Berk en de DO inrichtingsplan 2022.

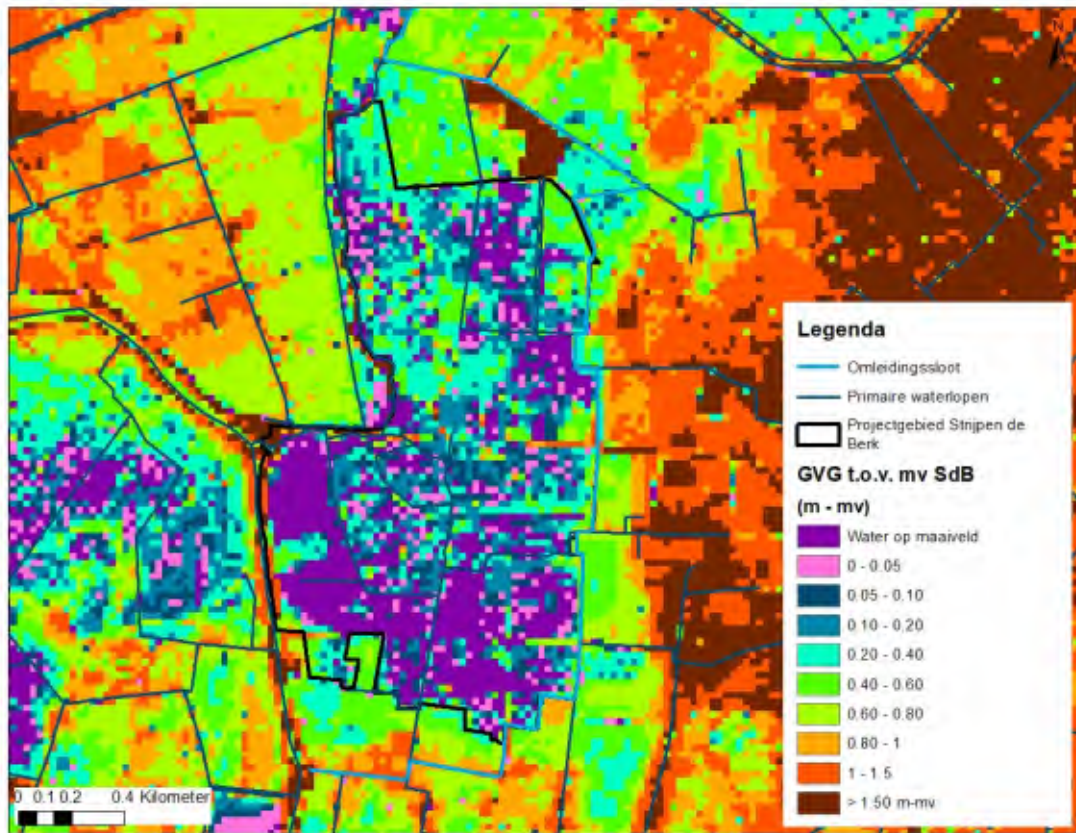


Figuur 9-15 GHG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing infiltratie Strijpen de Berk.

Net als in de GHG is ook in de GVG nauwelijks effect zichtbaar van de aanpassing van de infiltratie. Er zijn enkele plekken waar een verhoging van de GVG tot maximaal 5 cm wordt berekend, zie Figuur 9-16 (n.b. het gaat om een enkele pixel). De GVG ten opzichte van maaiveld, te zien in Figuur 9-17, is ook hier nagenoeg gelijk aan de GVG ten opzichte van maaiveld voor het DO inrichtingsplan 2022.

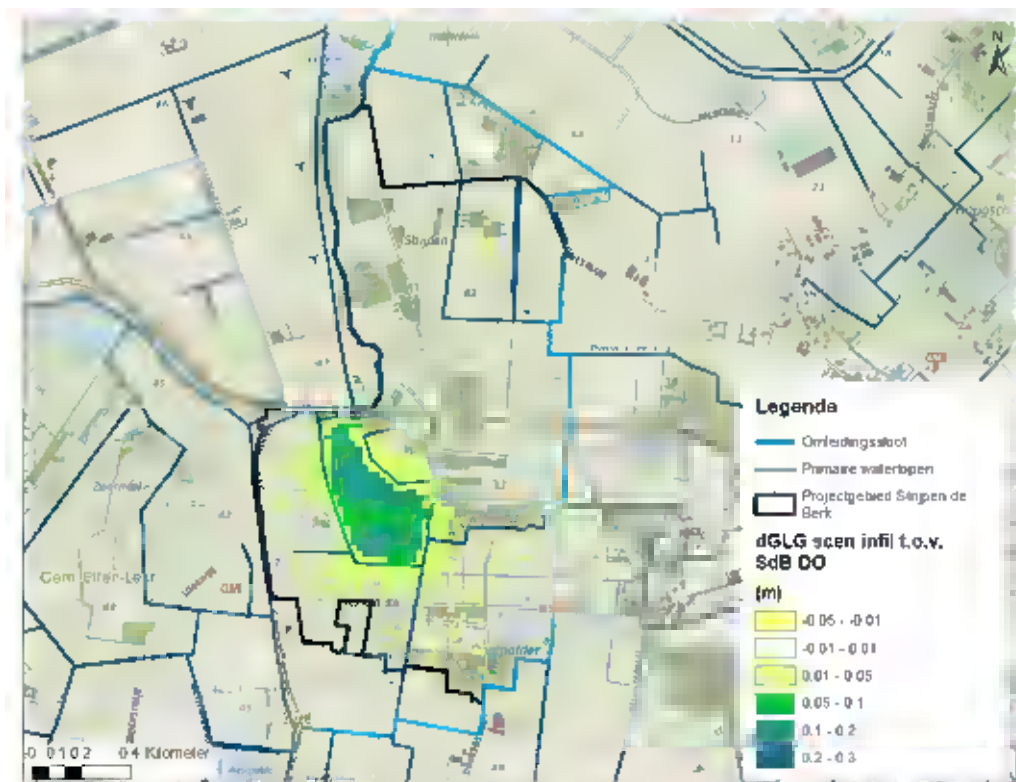


Figuur 9-16 Verschil in GVG tussen het extra scenario aanpassing infiltratie Strijpen de Berk en DO inrichtingsplan 2022.

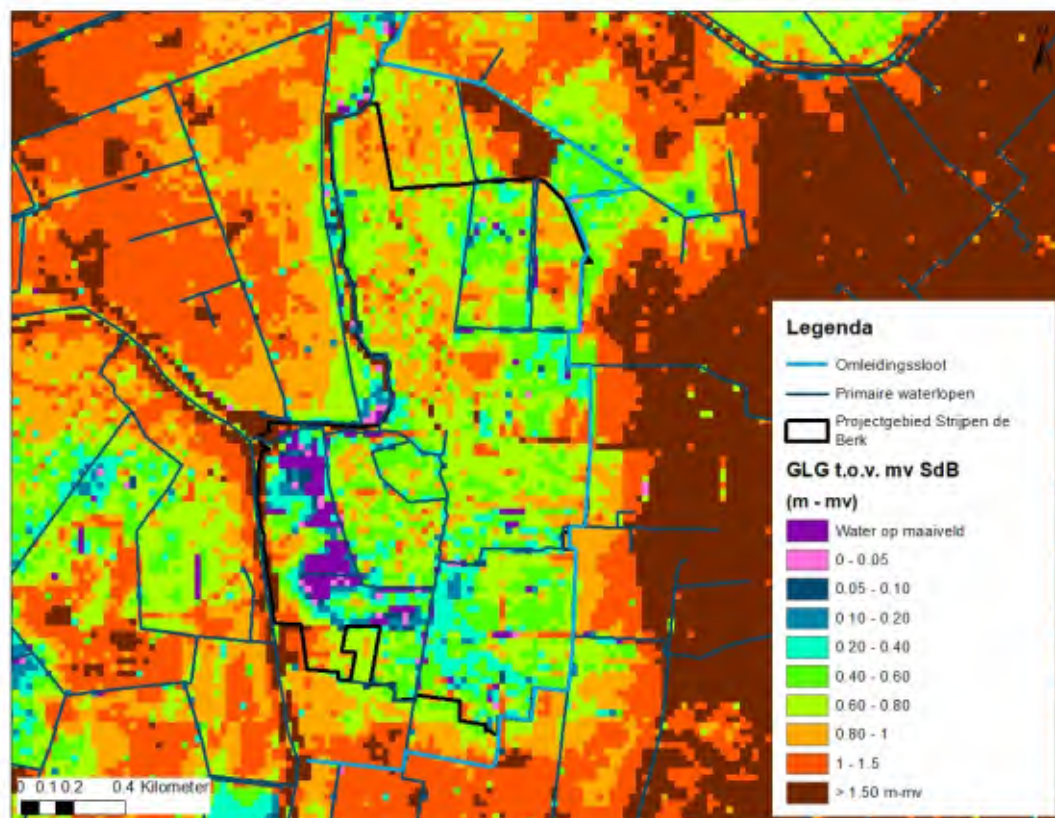


Figuur 9-17 GVG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing infiltratie Strijpen de Berk.

In de GLG-situatie is, vergeleken met de GHG en GVG-situatie, wel een effect van de aanpassing van de infiltratie zichtbaar. In de zomer zakken de grondwaterstanden uit en gaan de watergangen infiltreren, het is dus logisch dat de infiltratie maatregel alleen in de GLG-situatie effect heeft. Figuur 9-18 geeft weer dat in het gebied waar de infiltratie aangezet wordt, de grondwaterstand tot maximaal 30 cm toeneemt. Buiten het gebied waar de aanpassing plaatsvindt is het effect maximaal 5 cm. In Figuur 9-19 is zichtbaar dat de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld voor dit scenario meestal tussen de 40 – 80 cm onder maaiveld zit.

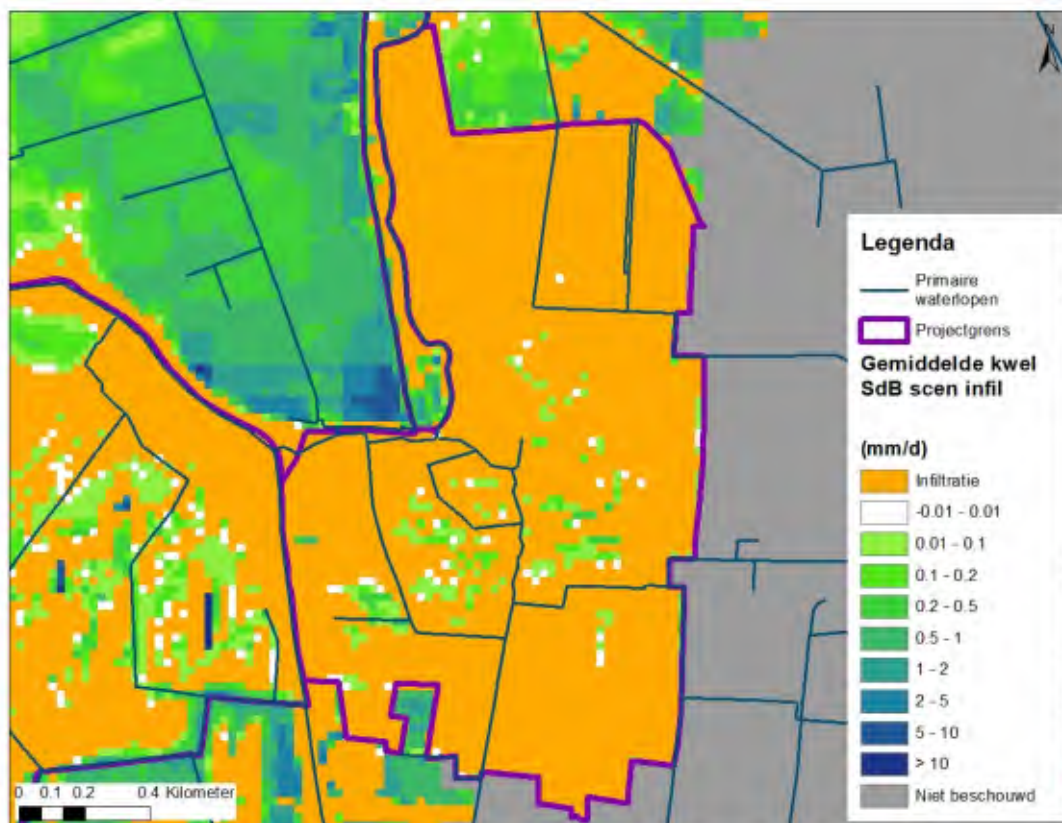


Figuur 9-18 Verschil in GLG tussen het extra scenario aanpassing infiltratie Strijen de Berk en DO inrichtingsplan 2022.



Figuur 9-19 GLG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing infiltratie Strijen de Berk.

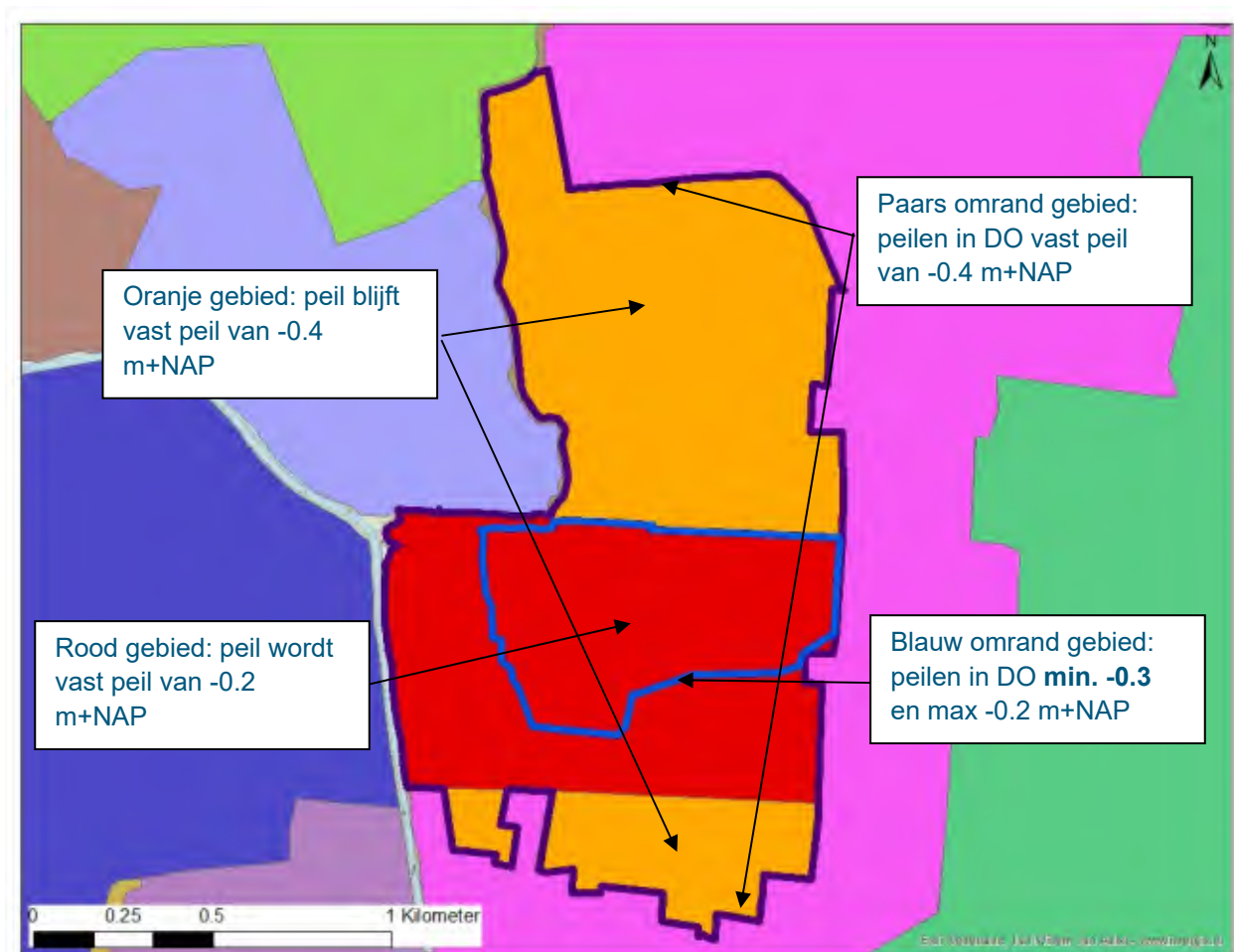
In Figuur 9-20 is de gemiddelde kwel in mm/dag weergegeven. Deze scenarioberekening met aanpassing infiltratie leidt niet of nauwelijks tot extra kwel ten opzichte van het DO uit het inrichtingsplan 2022 (zie Figuur 9-12)



Figuur 9-20 Gemiddelde kwel in het extra scenario aanpassing infiltratie Strijpen de Berk.

9.3.3 Verhogen peil centrale deel

In het centrale deel van Strijpen de Berk, in Figuur 9-21 aangegeven met de blauwe omranding, waren de voorziene peilen in het DO inrichtingsplan 2022: een minimum peil van -0.3 m +NAP en maximum peil -0.2 m +NAP. In deze scenarioberekening wordt echter voor een groter gebied het peil verhoogd. Verder zal dit een vast peil van -0.2 m +NAP worden. Deze aanpassingen betreffen het rode gebied in Figuur 9-21. Het peil in het oranje gebied blijft gelijk (vast peil van -0.4 m +NAP).



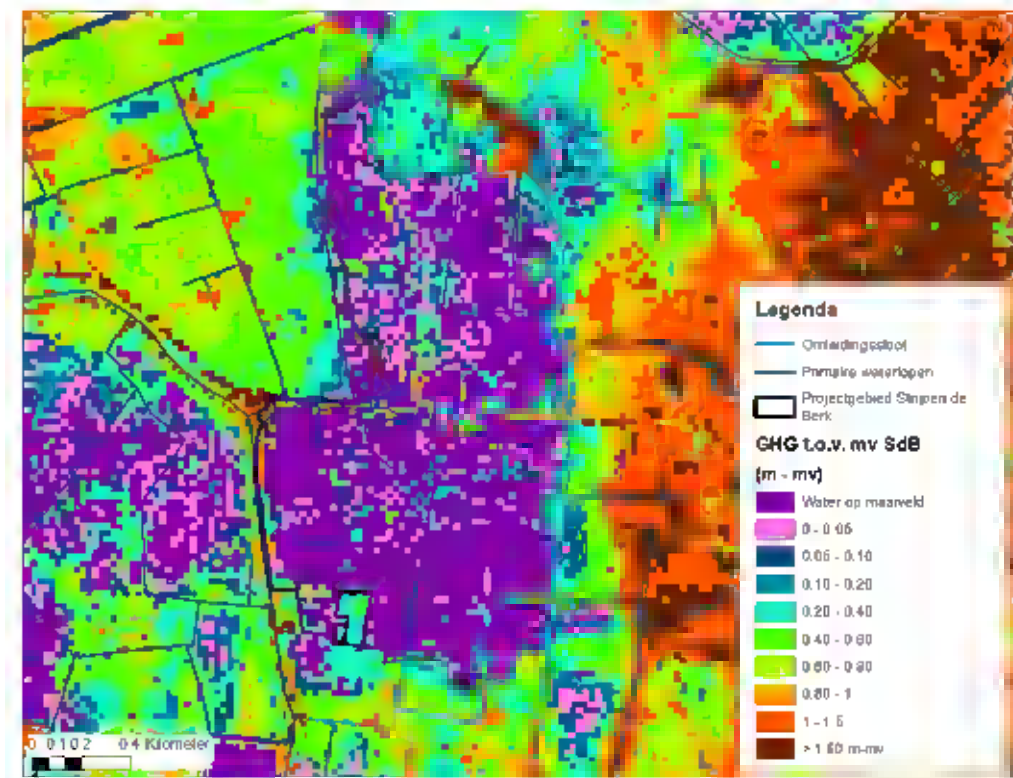
Figuur 9-21 De omrandingen geven de peilgebieden uit het DO inrichtingsplan 2022 aan, de gekleurde vlakken de peilgebieden in het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk.

9.3.4 Resultaten aanpassing peil centraal gebied

In Figuur 9-22 is het effect op de GHG zichtbaar van het scenario aanpassing peilen. In tegenstelling tot het scenario aanpassing infiltratie is in dit scenario wel een effect zichtbaar in de GHG-situatie. Rondom de primaire, secundaire en tertiaire watergangen neemt de grondwaterstand met 1 tot 20 cm toe. In het oosten van het rode gebied in neemt de grondwaterstand bijna overal met minstens 1 tot 5 cm toe. Ten opzichte van maaiveld staat de grondwaterstand in een groot deel van het gebied op of aan maaiveld, zie Figuur 9-23.

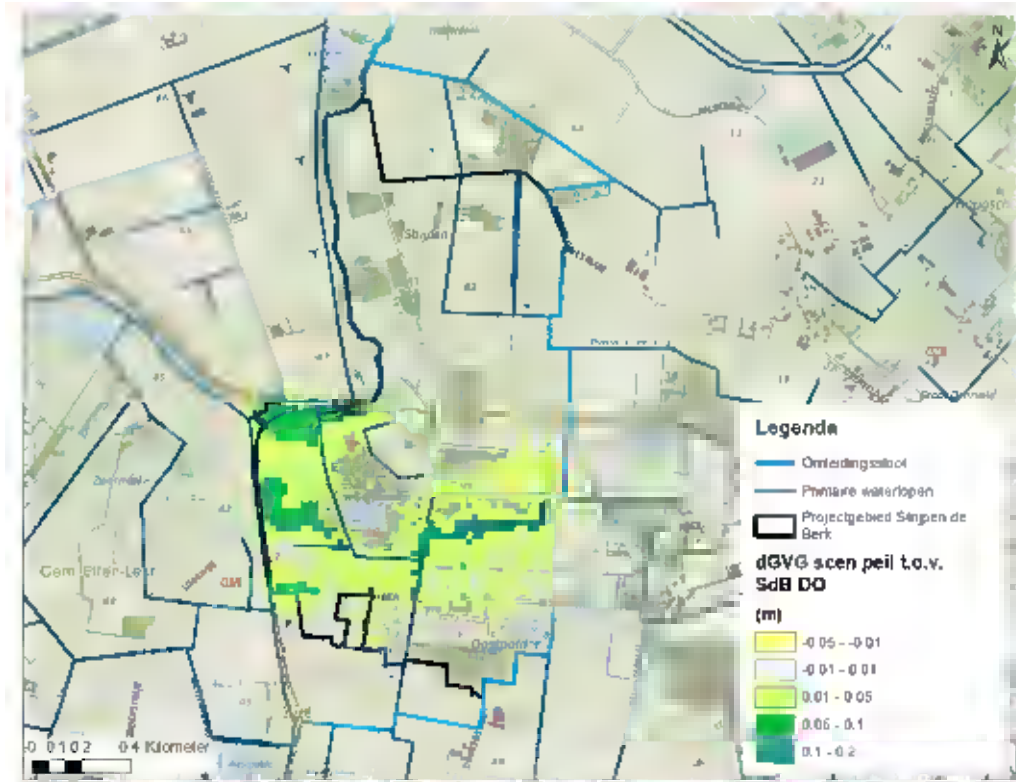


Figuur 9-22 Verschil in GHG tussen het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk en DO inrichtingsplan 2022.

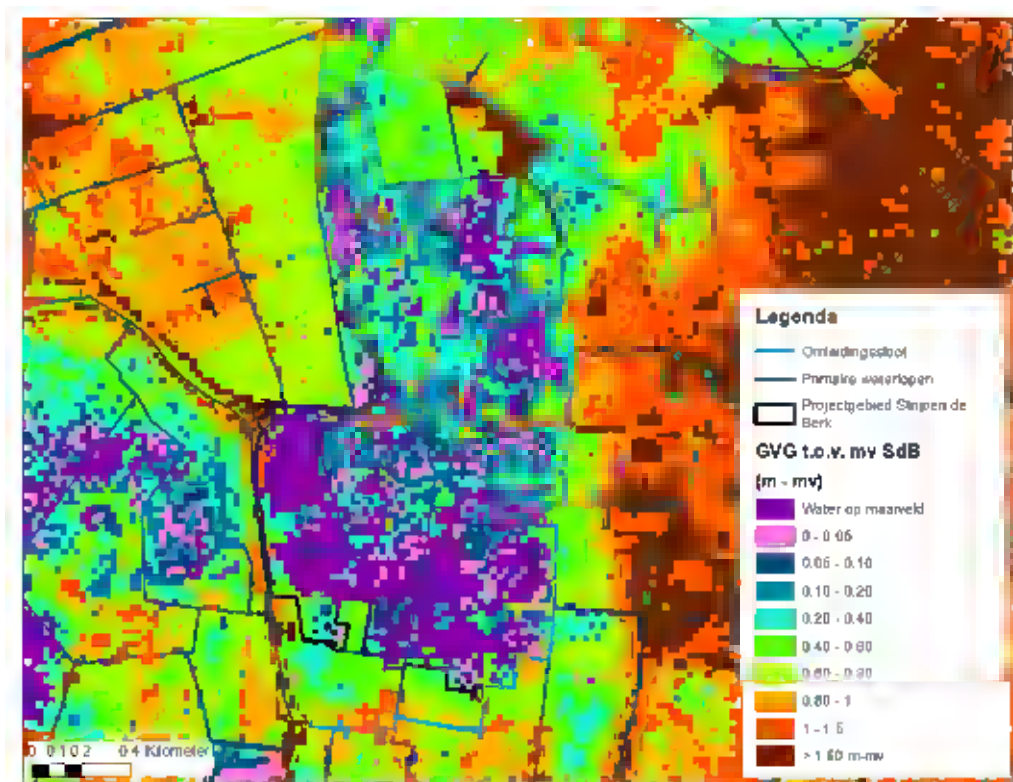


Figuur 9-23 GHG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk.

In de GVG-situatie neemt de grondwaterstand nog meer toe dan ten opzichte van de GLG-situatie, zie Figuur 9-24. Nu neemt in een groot deel van het rode gebied in Figuur 9-21 de grondwaterstand toe met 1 tot 5 cm. In het oosten van het rode gebied stijgt de grondwaterstand met 5 tot 10 cm, net als rond de meeste watergangen. Figuur 9-25 geeft weer dat ten opzichte van maaiveld in het oosten en zuiden van het projectgebied water op of aan maaiveld staat. In het midden van het projectgebied is meer variatie in grondwaterstanden te zien. Dieper dan 60 cm onder maaiveld zakken de grondwaterstanden hier echter niet.

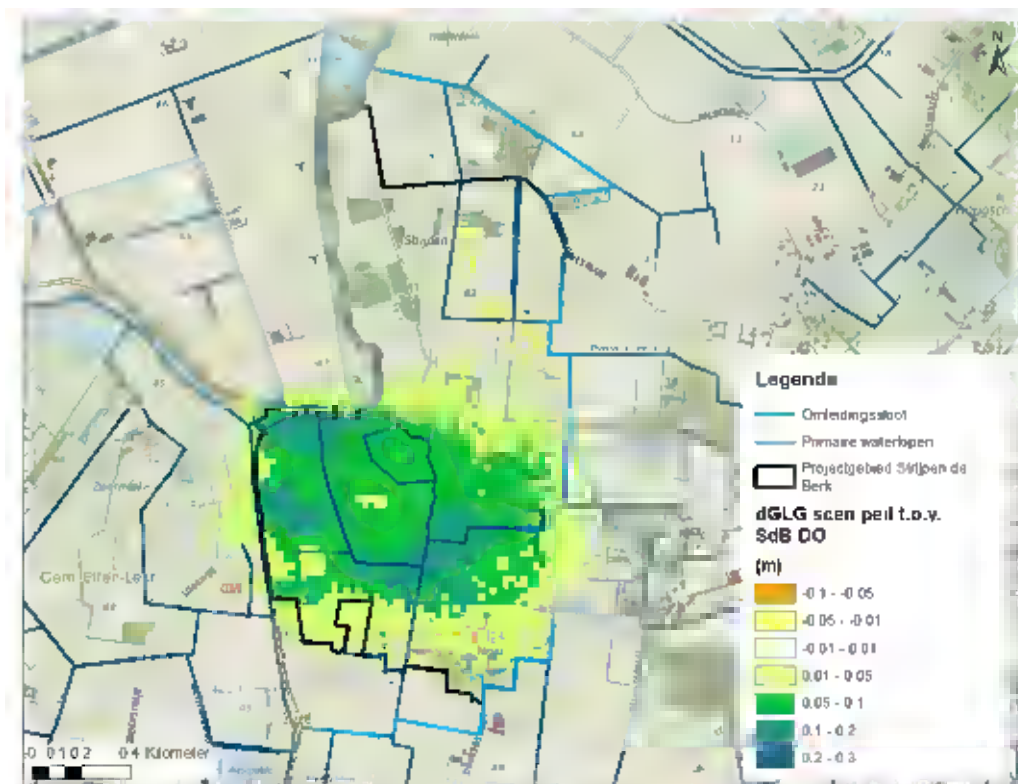


Figuur 9-24 Verschil in GVG tussen het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk en DO inrichtingsplan 2022.

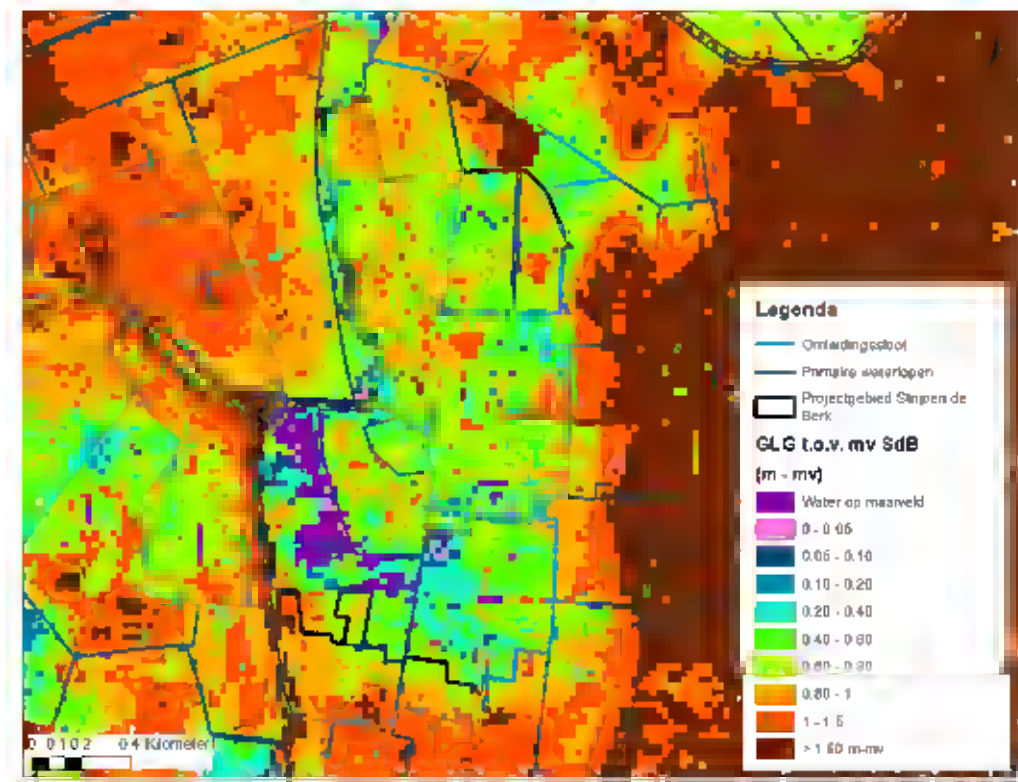


Figuur 9-25 GVG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk.

Het effect van het scenario aanpassing peilen is het grootst in de GLG-situatie, zie Figuur 9-26. In vrijwel het hele rode gebied uit Figuur 9-21 neemt de grondwaterstand met 5 tot 10 cm toe, rond de watergangen 10 tot 20 cm. Figuur 9-27 geeft weer dat in het oosten van het projectgebied de grondwaterstanden nog steeds dicht aan of op maaiveld zijn. In het zuiden van het gebied zitten de grondwaterstanden ook nog vrij ondiep onder maaiveld, maximaal 60 cm onder maaiveld. In het midden van het projectgebied zit de grondwaterstand over het algemeen dieper onder maaiveld dan in het oosten en zuiden, maximaal 1 meter onder maaiveld.

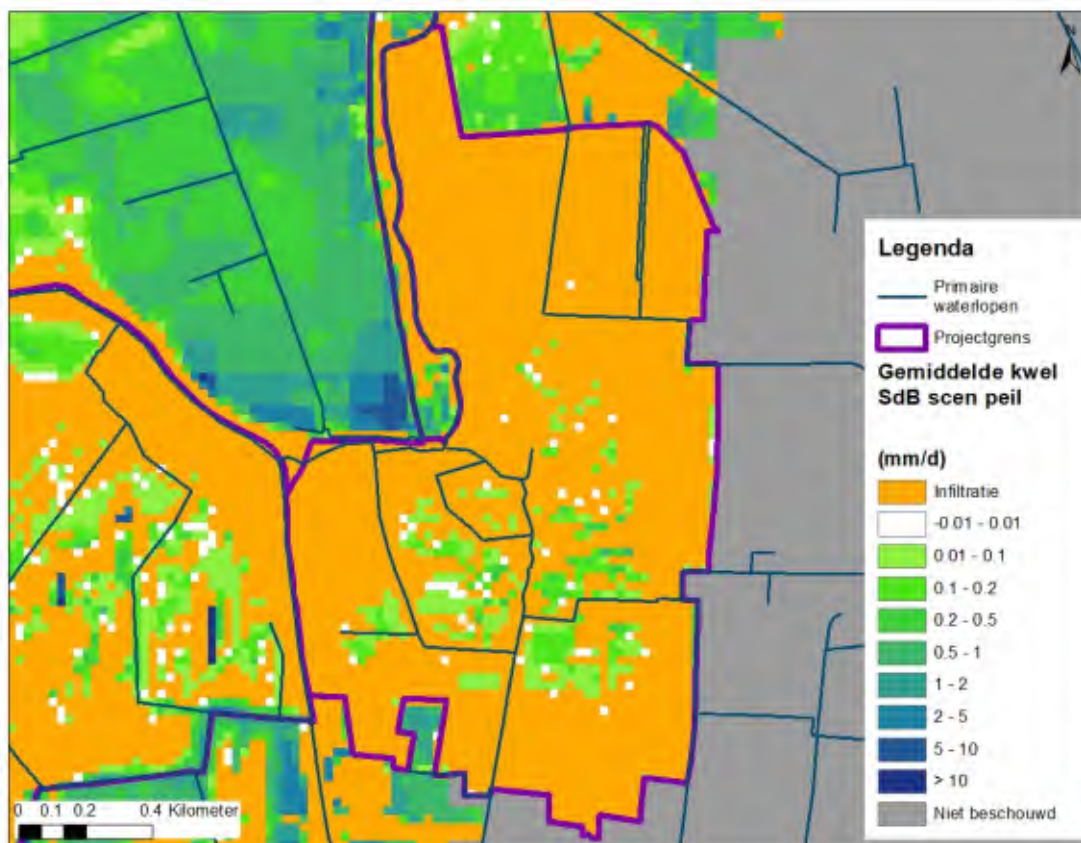


Figuur 9-26 Verschil in GLG tussen het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk en DO inrichtingsplan 2022.



Figuur 9-27 GLG ten opzichte van maaiveld voor het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk.

In Figuur 9-28 is de kwel voor het scenario met peilverhoging weergegeven in mm/d. Het scenario met peilverhoging leidt, in tegenstelling tot het scenario met aanpassing infiltratie, wel tot verhoging van de kwel ten opzichte van het DO uit het inrichtingsplan 2022 (zie Figuur 9-12). Vooral in het zuidelijk deel van het projectgebied is meer kwel in de scenarioberekening.



Figuur 9-28 Gemiddelde kwel in het extra scenario aanpassing peilen Strijpen de Berk.

9.3.5 Conclusie extra scenarioberekeningen

De volgende conclusies kunnen getrokken worden na de modelberekeningen met de twee extra scenario's:

- De aanpassing van de infiltratie heeft alleen effect in de GLG;
- Het berekende effect in de GLG is in het scenario peilverhoging groter dan in het scenario infiltratie;
- Peilverhoging heeft in een groter gebied effect en ook een zichtbaar effect in de GHG en GVG;
- Peilverhoging zorgt voor verdere kweltoename, scenario infiltratie geeft geen extra effect op kwel ten opzichte van DO inrichtingsplan 2022.

9.4 Onzekerheid in modeluitkomsten met betrekking tot wegzakken grondwaterstanden in zomer

Met betrekking tot het wegzakken van de grondwaterstanden in de zomer is een extra check uitgevoerd. Dit is gedaan, omdat het vermoeden bestaat dat het model in vergelijking met ondiepe grondwaterstanden boven de holocene deklaag te ver wegzakt, in het gebied aangegeven in Figuur 9-29. De peilbuis die in het model is gebruikt voor tijdsafhankelijke kalibratie in dit gebied in Strijpen de Berk is peilbuis 1466, zie Figuur 9-30. Deze peilbuis staat in formatie van Bostel (pleistoceen) onder de holocene deklaag.

Het grondwatermodel volgt de metingen zeer nauw, zie Figuur 9-30. De peilbuizen die zijn gebruikt voor de extra check zijn in de kalibratie niet gebruikt, voornamelijk omdat ze óf alleen buiten de modelperiode data hadden óf omdat het een zeer korte meetreeks betrof. Figuur 9-31 t/m 9-40 geven locaties en grafieken weer van peilbuizen waarvoor de extra check is uitgevoerd.

De grafieken geven weer dat, met uitzondering van Figuur 9-34, het model de wegzakking boven de holocene deklaag in de zomer inderdaad sterker berekend dan dat de metingen laten zien. In de diepere peilbuizen onder de holocene deklaag, zoals Figuur 9-30 en Figuur 9-40 weergegeven, is de wegzakking grotendeels gelijk aan de wegzakking in het model.

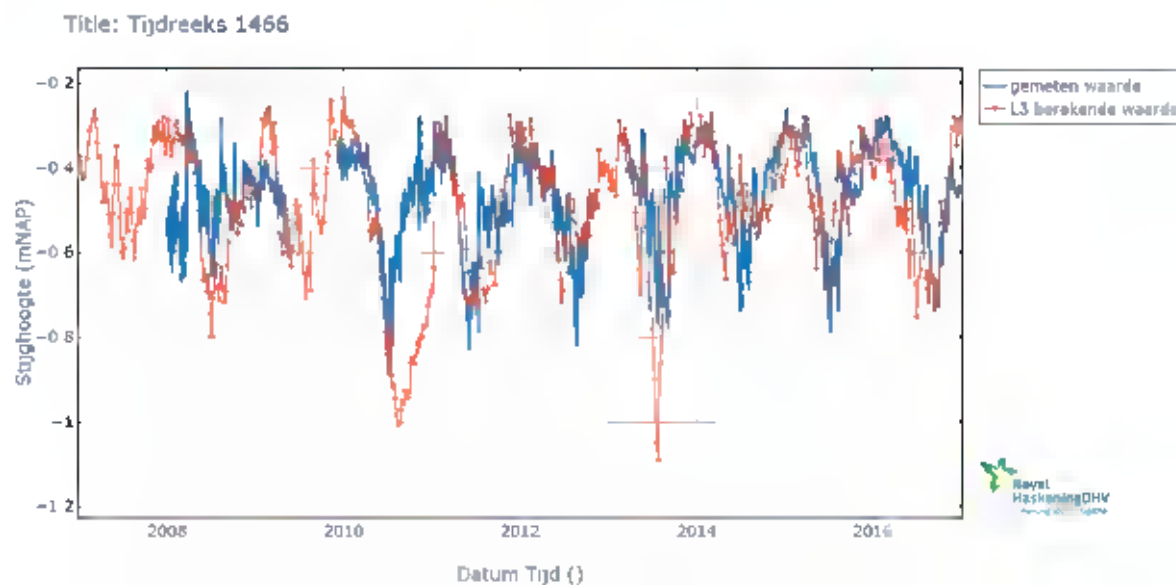
In het centrale deel van Strijpen en de Berk is voor de huidige (autonome) situatie geen infiltratie van water vanuit de watergangen aangenomen (zie Paragraaf 5.3.3). Het is echter niet uit te sluiten dat in de huidige situatie oppervlaktewater het gebied wel kan bereiken. De hypothese waarom het model de wegzakking veel dieper berekend dan de metingen laten zien is: *de wateraanvoer houdt het holocene systeem (deklaag) op peil in de zomer. Het oppervlaktewater kan wel ondiep over maaiveld en door het ondiepe veen door het gebied verspreiden, maar kan door de weerstand aan de onderkant van het holoceen niet wegzakken (infiltreren) naar de pleistocene zanden. Hierdoor zakken de ondiepe grondwaterstanden in het holoceen 's zomers minder ver weg dan door het model berekend. In het pleistoceen zakken de stijghoogten wel verder weg. Er ontstaat een soort van schijnspiegelsysteem in de zomer in de holocene deklaag.* Het model kan dit niet goed berekenen.

Het is aan te bevelen met maatregelen in dit deel van Strijpen de Berk rekening te houden met de mogelijkheid dat in de huidige situatie al voeding plaatsvindt vanuit de watergangen naar de ondiepe grondwaterstand binnen het holoceen. Het vergroten van de infiltratie (naar het pleistoceen) door het uitdiepen van de watergangen wordt afgeraden. Dit maakt mogelijk het systeem lek, waardoor wel is waar de infiltratie naar het pleistoceen toeneemt, maar de ondiepe grondwaterstand mogelijk juist gaat wegzakken naar de pleistocene zanden.

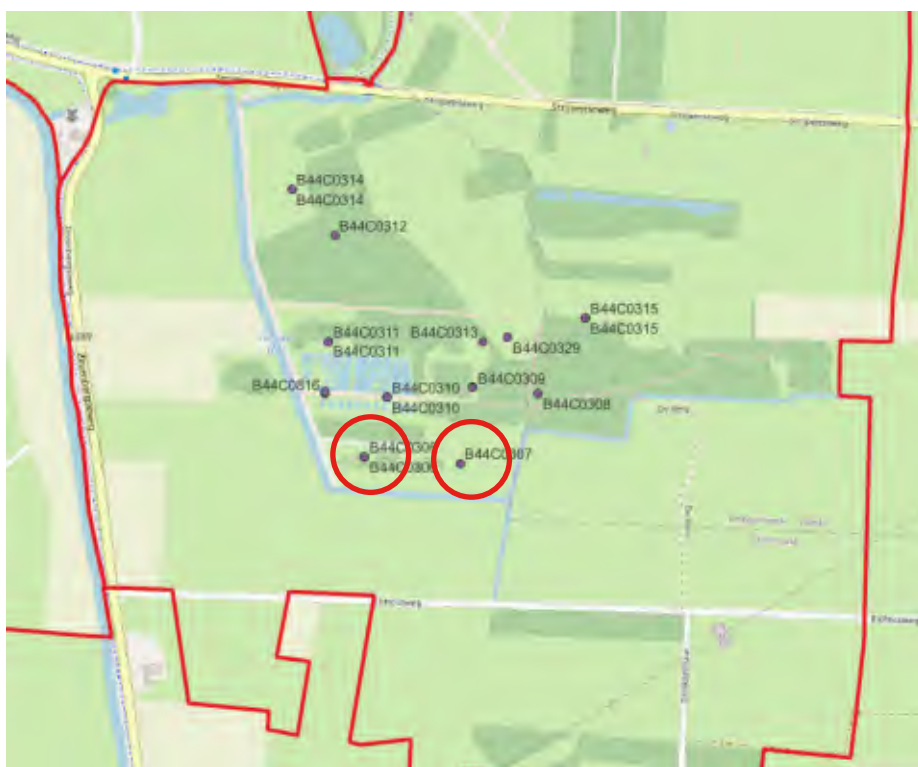
Het scenario waarbij de peilen in de omgeving verder opgezet worden zal geen negatieve effecten kunnen veroorzaken met betrekking tot de ondiepe grondwaterstand in het holoceen en draagt juist extra bij aan het op peil houden van de grondwaterstanden in de zomer.



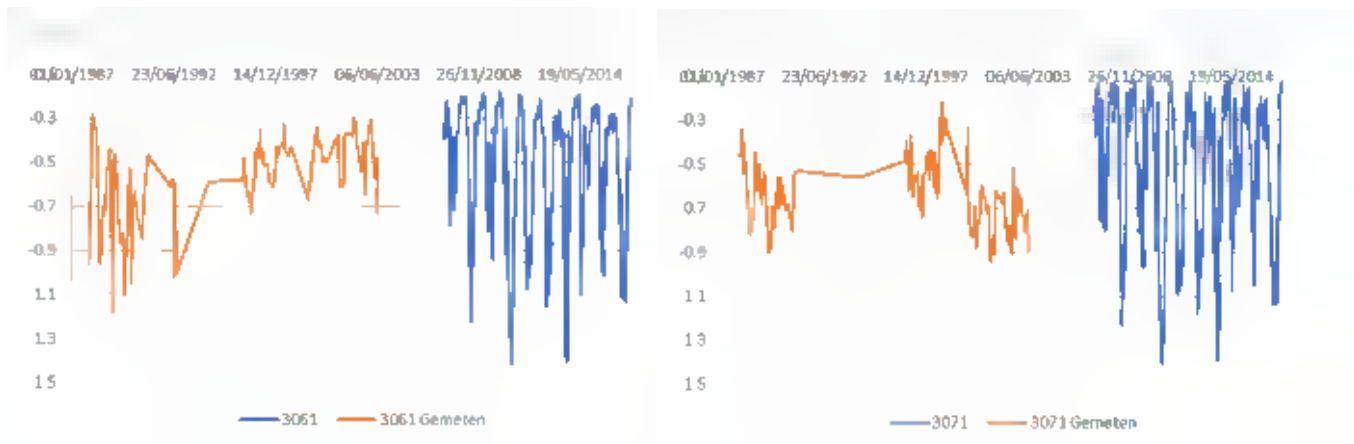
Figuur 9-29 De rode cirkel geeft het gebied aan waar een extra check is uitgevoerd naar het wegzakken van de grondwaterstanden in de zomer.



Figuur 9-30 Berekende en gemeten stijp hoogte van peilbuis 1466



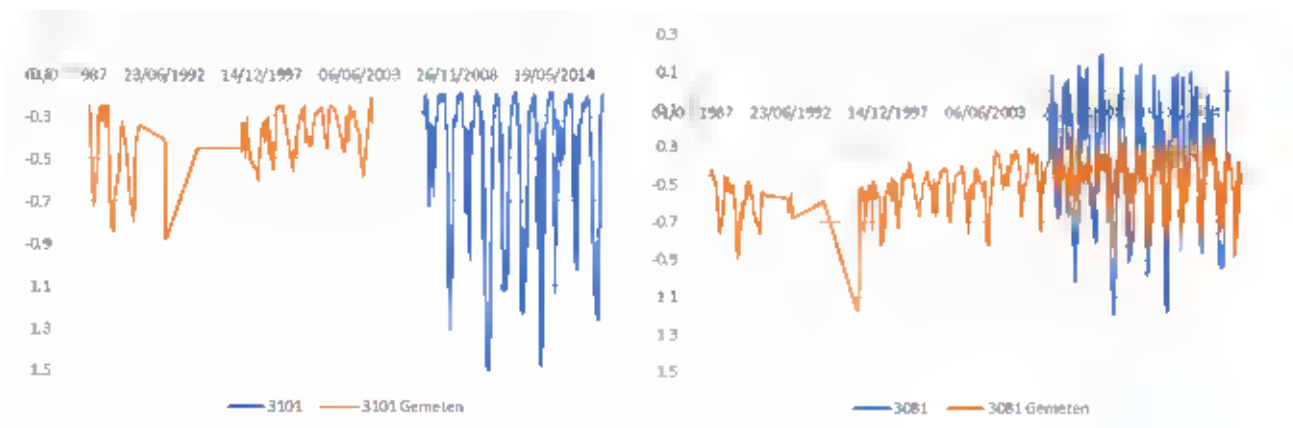
Figuur 9-31 Peilbuizen waarvoor extra check is uitgevoerd



Figuur 9-32 Berekende en gemeten stijghoogte van links peilbuis 3061 en rechts peilbuis 3071.
De locaties staan aangegeven in Figuur 9-31



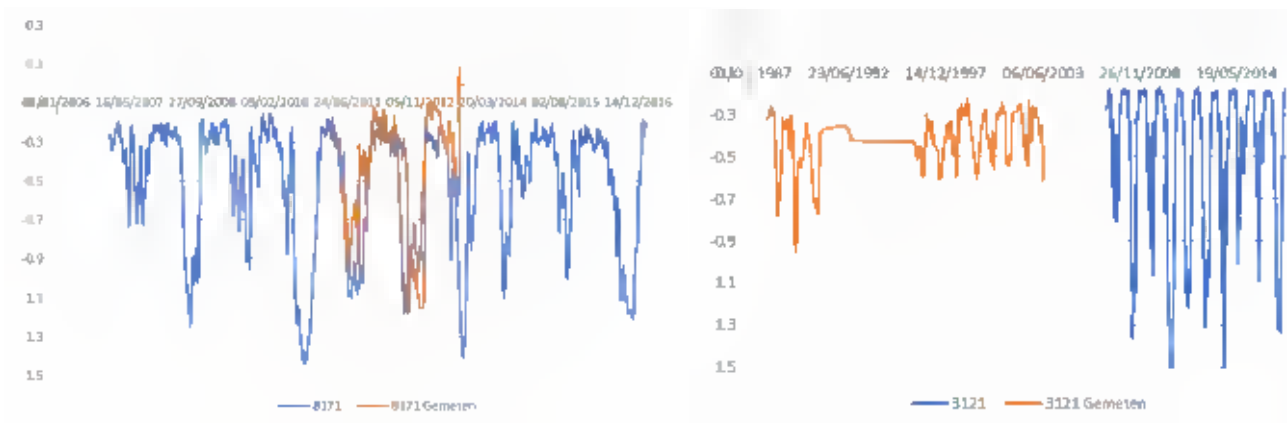
Figuur 9-33 Peilbuizen waarvoor extra check is uitgevoerd



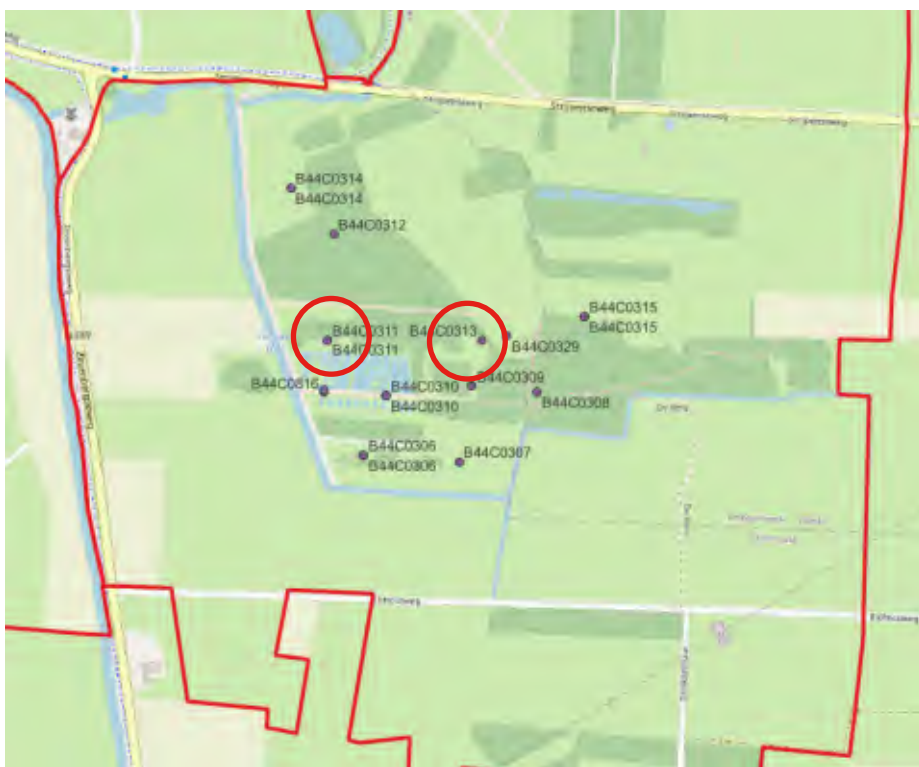
*Figuur 9-34 Berekende en gemeten stijghoogte van links peilbuis 3101 en rechts peilbuis 3081.
De locaties staan aangegeven in Figuur 9-33*



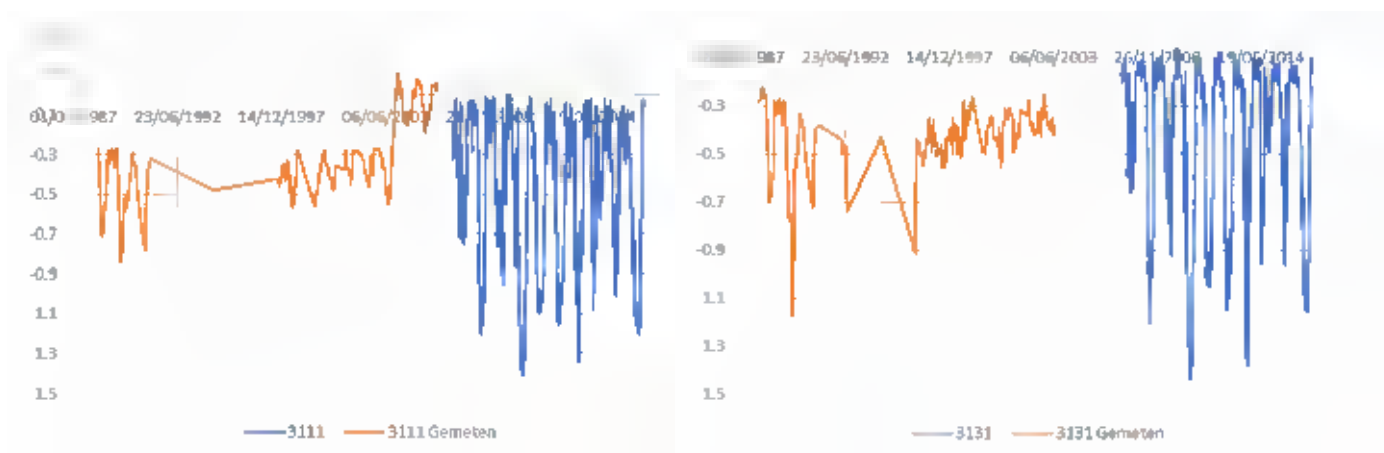
Figuur 9-35 Peilbuizen waarvoor extra check is uitgevoerd



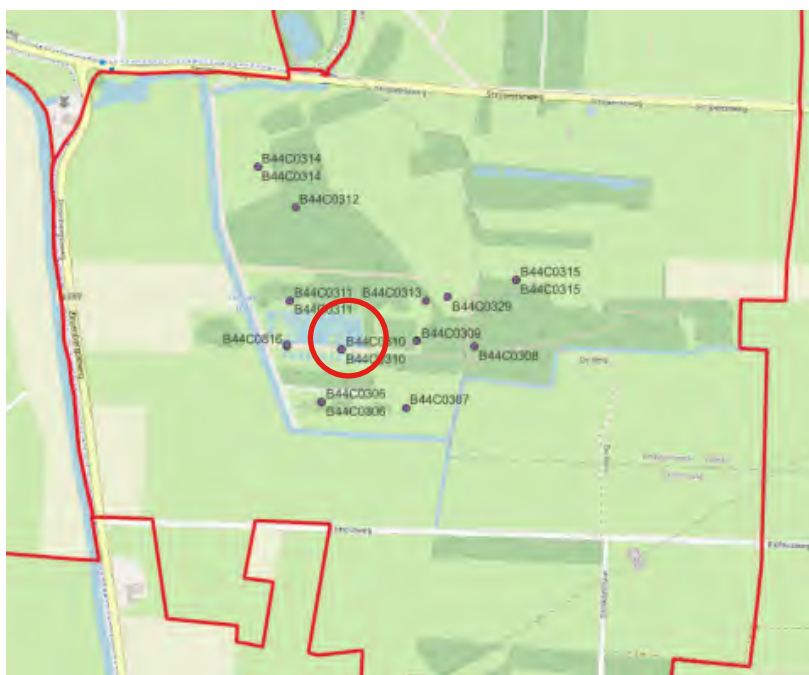
Figuur 9-36 Berekende en gemeten stijghoogte van links peilbuis 8171 en rechts peilbuis 3121. De locaties staan aangegeven in Figuur 9-35



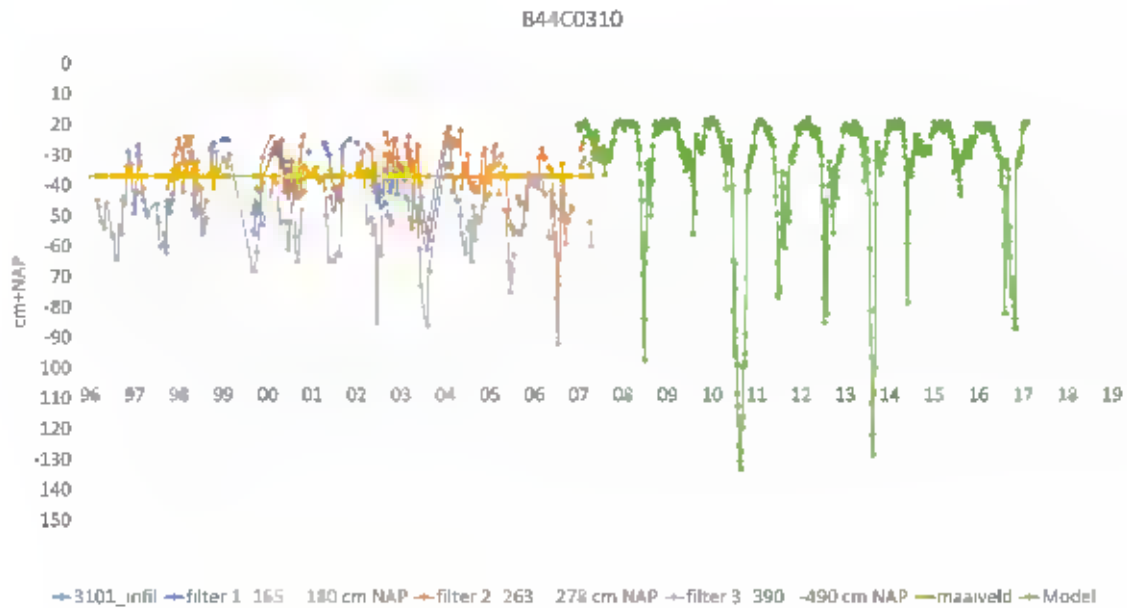
Figuur 9-37 Peilbuizen waarvoor extra check is uitgevoerd



Figuur 9-38 Berekende en gemeten stijghoogte van links peilbuis 3111 en rechts peilbuis 3131. De locaties staan aangegeven in Figuur 9-37



Figuur 9-39 Peilbuis waarvoor extra check is uitgevoerd



*Figuur 9-40 Berekende en gemeten stijghoogte peilbuis B44C0310.
De locatie staan aangegeven in Figuur 9-39*

10 Literatuur

Arcadis, 2010. *Inrichtingsplan Noordrand Midden, Bodemkaart, 4-8-2010*

Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2016. *Buisdrainagekaart 2015; Update landelijke buisdrainagekaart op basis van de landbouwmetellingen van 2012*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2700.

Massop, H.Th.L. en C. Schuiling, 2017. *Toelichting update buisdrainagekaart 2017*. Notitie

Royal Haskoning, 2019, *Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant*, BF3823WATRP1902061020WM, 6 februari 2019

Arcadis, 2021a. *Integrale Rapportage schrale vegetaties, grond- en oppervlaktewater, deelgebied Kelsdonk Zwermolen, juni 2021*.

Arcadis, 2021b. *Integrale Rapportage schrale vegetaties, grond- en oppervlaktewater, deelgebied Zwartenbergse Polder, oktober 2021*.

Arcadis, 2022. *Onderbouwing Inrichtingsplan Strijpen De Berk, november 2022*

Bijlage B Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA)



Landschapsecologische systeemanalyse NRM-W, Etten-Leur

Deelgebieden Zwartenbergse polder, Strijpen & De Berk,
Kelsdonk & Zwermlaken



Rob van de Haterd



Landschapsecologische systeemanalyse NRM-W, Etten-Leur

Deelgebieden Zwartenbergse polder, Strijpen & De Berk, Kelsdonk & Zwerm-laken

R.J.W. van de Haterd

Status uitgave: eindrapport versie 2

Rapportnummer:	21-213
Projectnummer:	20-0774
Datum uitgave:	14 december 2021
Foto's omslag:	R. van de Haterd Bureau Waardenburg bv
Projectleider:	M. Visser
Tweede lezer:	W.M. Liefveld
Naam en adres opdrachtgever:	Arcadis Postbus 264 6800 AG Arnhem
Referentie opdrachtgever:	Opdrachtbevestiging met kenmerk D10023582:11 d.d. 18 feb 2021
Akkoord voor uitgave:	
Paraaf:	

Graag citeren als: VAn de Haterd, R.J.W., 2021. Landschapsecologische systeemanalyse NRM-W, Etten-Leur. Deelgebieden Zwartenbergse polder, Strijpen & De Berk, Kelsdonk & Zwerm-laken. Bureau Waardenburg Rapportnr. 21-213. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: Landschapsecologische systeemanalyse, Noordrand-midden West, Zwartenbergse polder, Kelsdonk, Zwerm-laken, Strijpen, De Berk,

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.

Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Waterschap Brabantse Delta

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Inhoud

1	Inleiding	4
2	Landschapsecologische analyse	5
2.1	Hoogteligging	5
2.2	Geologie en geohydrologie	5
2.3	Bodem	8
2.4	Historisch landgebruik	11
2.5	Oppervlaktewaterhuishouding	12
2.6	Ecologie en hydrologische indicaties	14
3	Toetsing natuurambitie en kennisleemten	20
3.1	Zwartenbergse polder	20
3.2	Kelsdonk/Zwermlaken	21
3.3	Strijpen/De Berk	23
4	Plan van aanpak nader onderzoek	29
4.1	Zwartenbergse polder	29
4.2	Kelsdonk/Zwermlaken	29
4.3	Strijpen/De Berk	30
5	Literatuur	31
	Bijlage I Bodemkaart	32
	Bijlage II Indicatieve plantensoorten	33



1 Inleiding

Arcadis en Bureau Waardenburg maken in opdracht van Provincie, Waterschap en Staatsbosbeheer een inrichtingsplan voor het gebied "NoordrandMidden-West" (NRW-W) ten noorden van Etten-Leur. Het inrichtingsplan is gesplitst in drie deelgebieden; de Zwartenbergse polder, Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen/De Berk. Van deze drie deelgebieden worden één voor één ontwerpen opgesteld; de Zwartenbergse polder als eerste en Strijpen/De Berk als laatste.

Uitgangspunt voor het project vormt de ambitiekaart, die de opdrachtgever samen met andere partijen heeft opgesteld. Onderdeel van het ontwerpproces is dat de natuurdoelen uit deze ambitiekaart getoetst en tegen het licht gehouden worden. Daarbij is het zowel mogelijk dat de ambities naar beneden moeten worden bijgesteld omdat ze niet haalbaar blijken als dat er mogelijk een plus gerealiseerd kan worden indien gebieden meer potenties bieden dan bij het opstellen van de ambitiekaart is ingeschat. Dit laatste geldt met name voor het deelgebied Strijpen/De Berk; voor de andere twee deelgebieden zijn wijzigingen in de ambitiekaart minder gewenst door tijdsdruk en het omgevingsproces.

Om deze ambitiekaart te toetsen is kennis en informatie nodig. Er is veel informatie beschikbaar uit openbare bronnen, uit eerdere onderzoeken in het gebied (zoals de gedetailleerde bodemkaart) en er komt gaandeweg het proces nieuwe informatie beschikbaar uit veldbezoeken of modelonderzoeken. Alle informatie komt uiteindelijk samen in het ontwerpproces, waar vanuit verschillende doelen en belangen een zo goed mogelijk ontwerp wordt gerealiseerd.

Voor de start van het ontwerpproces wordt een eenvoudige landschapsecologische systeemanalyse uitgevoerd. Doel hiervan is:

- het bijeenbrengen van de relevante bronnen op landschapsecologisch gebied, zoals ecologie, hydrologie, geologie/bodem en landgebruik;
- te bepalen welke processen bepalend zijn voor het voorkomen van de beheertypen in het gebied;
- de natuurambitiekaart te toetsen op haalbaarheid en te kijken of er mogelijk een plus gerealiseerd kan worden;
- leemten in kennis te signaleren alsmede een plan van aanpak op te stellen voor nader onderzoek.

Vanuit het hoofddoel van deze LESA (toetsen en bijstellen beheertypen) ligt de focus op de vegetaties en de daarbij passende abiotiek en wordt aan de fauna niet of nauwelijks aandacht besteed.

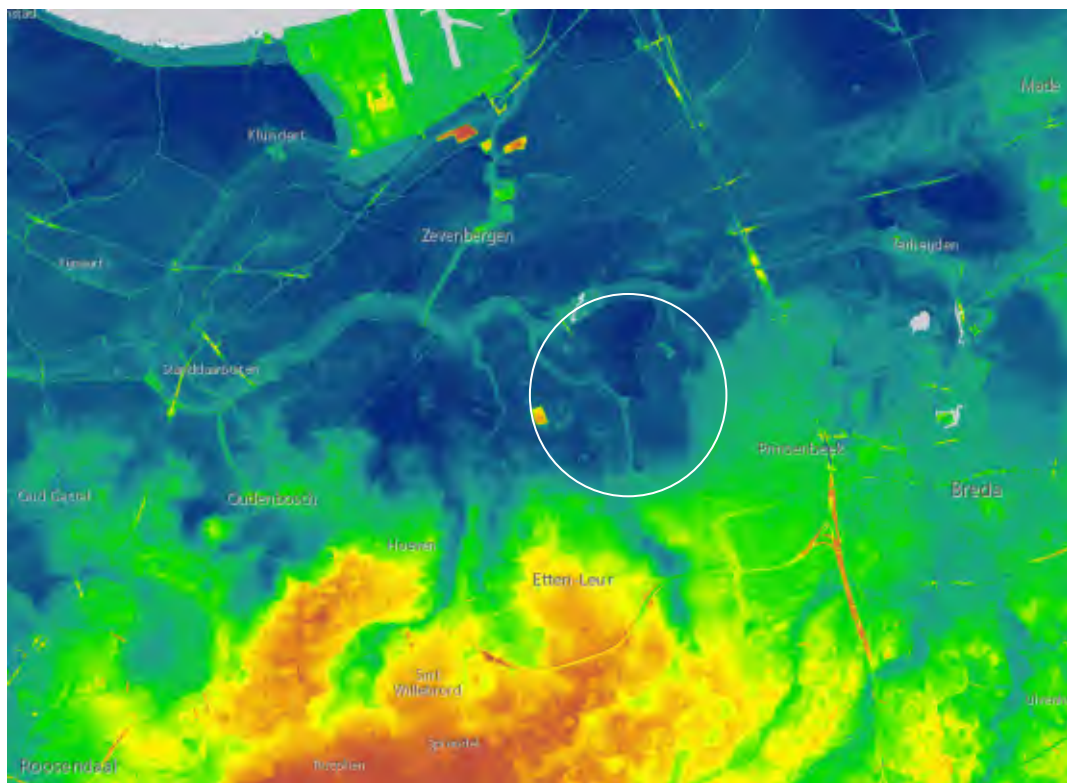
Deze LESA is in delen opgesteld, het proces van de drie deelgebieden volgend. Gaandeweg kwam ook meer informatie beschikbaar, met name uit de grondwatermodellering. Deze is (binnen deze rapportage) wel meegenomen in de analyse van het laatste deelgebied, maar niet in de eerdere deelgebieden. In de andere deelgebieden is die informatie meegenomen in het ontwerpproces dat inmiddels was opgestart.



2 Landschapsecologische analyse

2.1 Hoogteligging

Het plangebied ligt op de overgang tussen de hoger gelegen zandgronden in het zuiden en het zeekleigebied met de rivier de Mark en (verder weg) het Hollands Diep. Het oosten van de Zwartenbergse polder ligt ongeveer 1 meter onder NAP, terwijl Etten-Leur wel tot 9 meter boven NAP ligt; een groot hoogteverschil voor Nederlandse begrippen. Aan weerszijden van Etten-Leur zijn duidelijke dalen herkenbaar waarlangs beken het water in noordelijke richting afvoeren.



Figuur 2.1 Hoogteligging van het plangebied met in het zuiden en oosten de zandgronden bij Prinsenbeek en Etten-Leur en in het noorden de Mark en het Hollands Diep. Het plangebied ligt grofweg in de witte cirkel.

2.2 Geologie en geohydrologie

Tekst aangepast naar Ellenkamp (2007) en Waterschap Brabantse delta (2010), gebaseerd op informatie uit Stiboka 1987, Weerts et al. 2006 en Dinoloket 2021.

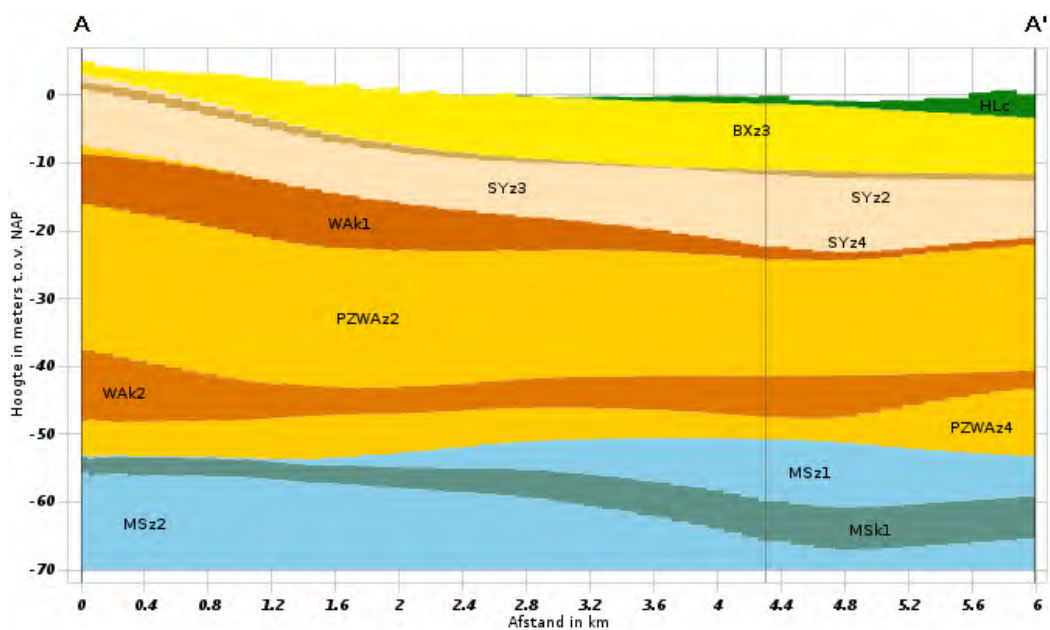
Pleistoceen: zanden en kleilagen

De afzettingen die in plangebied aan of nabij het oppervlak voorkomen zijn afgezet in het Pleistoceen (2,3 miljoen jaar geleden – 10.000 jaar geleden) en het daaropvolgende Holocene (10.000 jaar geleden – heden). In het Pleistoceen wisselden glacialen (ijstijden)



en interglacialen (warmere perioden) elkaar af. Onder deze wisselende omstandigheden zijn in het Vroeg Pleistoceen pakketten met fijnere en grovere riviersedimenten afgezet. De ondergrond van het plangebied bestaat uit een dikke pakketten met zand en grind afgewisseld met meestal wat dünnere kleilagen behorende tot de Formatie van Maassluis, de Formatie van Peize en Waalre en de Formatie van Stramproy (Figuur 2.2). De zandpakketten vormen watervoerende lagen, die van elkaar gescheiden worden door de tussenliggende kleilagen. Bovenin de Formatie van Stramproy bevindt zich een kleipakket, dat echter heel dün is in Strijpen en ontbreekt in Zwermlaken en de Zwartenbergse polder. Ook de jongste kleilaag in de Formatie van Waalre is in het noorden een stuk dünnere.

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2



Figuur 2.2. Geo(hydro)logische doorsnede o.b.v. REGIS II v2.2 (www.dinoloket.nl; mrt-2021). door het plangebied van de spoorlijn ten oosten van Etten-Leur naar de Mark bij Zwartenberg, door de deelgebieden Strijpen, De Berk en de Zwartenbergse polder. Afkortingen: HLc= Holocene, Bx= Boxtel, SY= Stramproy, WA= Waalre, PZW= Peize/Waalre, MS=Maassluis. z=zand, k=klei.



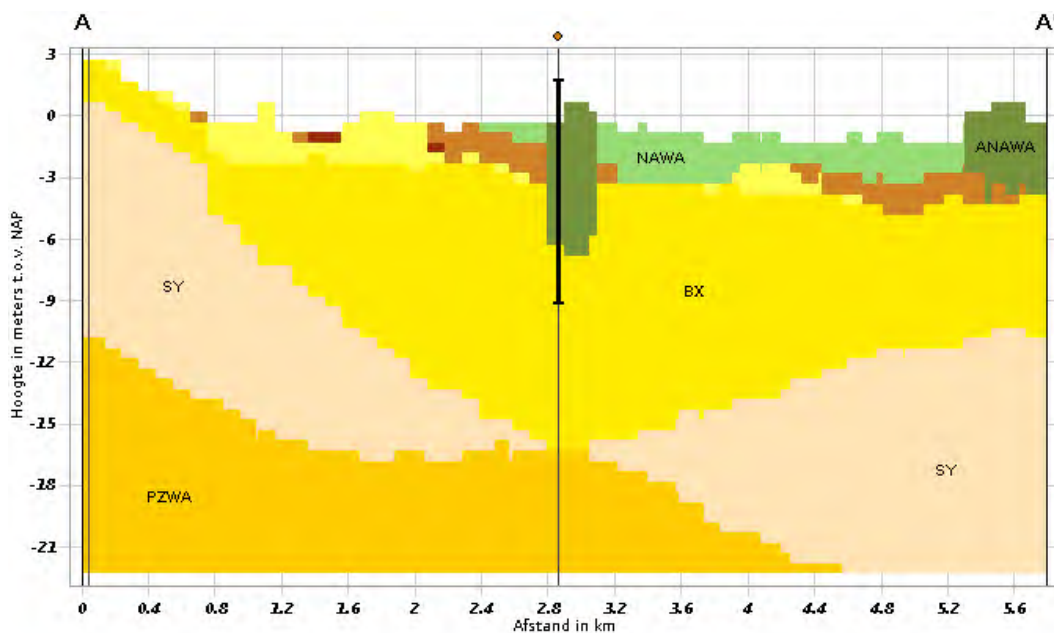
Afdekking van de oude riviersedimenten vond plaats in de laatste ijstijd van het Pleistoceen. In het toendralandschap had de wind vrij spel en glooiende pakketten sterk gelaagde, leemhoudende dekzanden afgezet. Door sneeuwsmeltwater ontstonden zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen, zoals de Brabantse leem. Tijdens de Dryas werden door de wind opnieuw dekzanden afgezet, het Jonge Dekzand. Door de vegetatie die zich had gevormd werd het zand versterkt ingevangen en ontstond geen egale laag, maar een serie van dekzandruggen. Deze bevinden zich verspreid over het plangebied en wisselen sterk in dikte. De dekzanden en fluvioperiglaciale afzettingen worden gerekend tot de Formatie van Boxtel.



Holocene: veenvorming en kleiafzetting

De overgang van het Weichselien naar het Holoceen (ca. 10.000 jaar geleden) kenmerkte zich door een sterke opwarming, het smelten van de ijskappen en een stijging van de zeespiegel. De toendravegetatie plaats voor een gesloten warmteminnende vegetatie en er trad een geleidelijke vernatting van het gebied op met veenvorming tot gevolg. Geleidelijk groeide het veen in vrijwel de hele kust- en riviervlakte en vanuit depressies ook over grote delen van het dekzandgebied. Uiteindelijk staken alleen de hoogste dekzandruggen boven het veenpakket uit. Het veen wordt gerekend tot de Formatie van Nieuwkoop. In en rond het plangebied vond tot in de Middeleeuwen veengroei plaats en werden grote delen van het landschap bedekt door een veenkussen (Kluiving et al., 2006). Vanaf het jaar 1000 nam de invloed van de zee toe. Door de geulen drong de zee bij hoge waterstanden diep in het veenkussen door, waarbij stukken van het veen werden weggeslagen en mariene kleien en zanden werden afgezet over of in plaats van het veen. De mariene sedimenten worden gerekend tot de Formatie van Naaldwijk, laagpakket van Walcheren (<http://www.dinoloket.nl>). De overgang tussen het Holocene klei- /veengebied en het Pleistocene dekzandgebied bevindt zich op circa 1 m +N.A.P.

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Figuur 2.3. Geo(hydro)logische doorsnede o.b.v. GEOTOP v1.4 (www.dinoloket.nl; mrt-2021) van Etten-Leur west via Kelsdok-Zwermlaken en de Zwartenbergse polder naar de Mark. PZWA = Peize & Waalre, SY= Stramproy, BX= Boxtel, NAWA = Naaldwijk-Walcheren, ANAW, Donkerbruin = Formatie van Nieuwkoop, Basisveen, Lichtbruin= Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen.



De dikte van het kleidek neemt in noordwestelijke richting toe en is bij Zwartenberg al meer dan 120 cm dik. Ondanks de erosieve werking van de zeeinbraken en de grootschalige turfwinning zijn op de grens van het mariene gebied naar het dekzandgebied in het



plangebied veengronden gespaard gebleven, afgedekt door een dun kleidek. Door de invloed van de zee is dit veen verzilt, wat het geschikt maakte voor de winning van zout. Ten behoeve van de zoutnijverheid zijn zogenaamde moerdijkjes aangelegd en is de veenvlakte ontgonnen. In het veen zijn door onregelmatige veenwinning winputten of – kuilen ontstaan die later weer gedeeltelijk zijn verland, de zogenaamde petgaten. De ontgonnen veenvlakten Strijpen, Zwermlaken en Weimeren zijn aangewezen als waardevol aardkundig gebied.

De zee drong het gebied binnen via de bestaande waterlopen. In de loop der tijd heeft een geleidelijke inversie van het landschap plaats gevonden. Door de druk van het kleidek zijn de veengronden ingeklonken. In de kreken, waar het veen was opgeruimd en zavelige sedimenten waren afgezet vond veel minder klink plaats. Daardoor liggen de beken in het gebied nu relatief hoog in het landschap (zie Figuur 2.1).

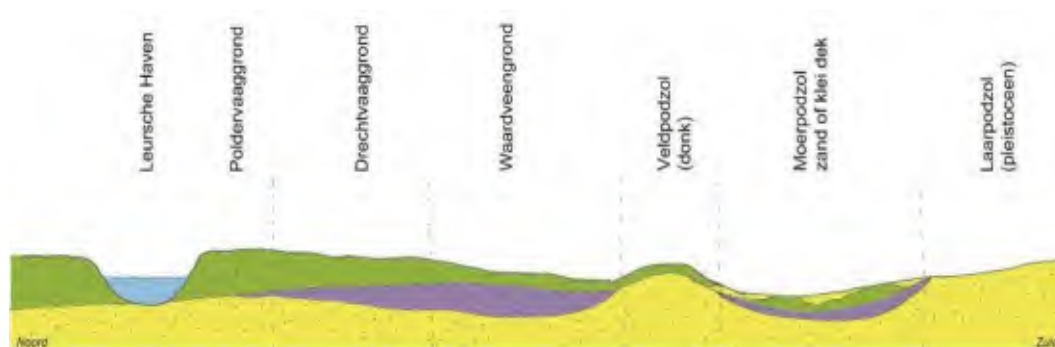
Geohydrologie

De grondwaterstroming in het gebied is noordelijk gericht (van links naar rechts in de doorsnedes) en in de lager gelegen delen treedt kwel op vanuit de formatie van Boxtel en mogelijk ook vanuit de dieper liggende formaties van Stramproy en Waalre. Geohydrologisch is de situatie echter complex. Door de wisselende dikte van de scheidende kleilagen in de formatie van Stramproy, de mogelijke aanwezigheid van leemlagen in de Formatie van Boxtel en de wisselende dikte en samenstelling van het Holocene afdekkende pakket is lastig te voorspellen waar de kwel precies optreedt. Dit is ook afhankelijk van de mate van afgraving.

2.3 Bodem

Tekst aangepast naar Waterschap Brabantse delta 2010

In het gebied is een gedetailleerde bodemkartering uitgevoerd. Deze geeft een gedetailleerd inzicht in de bodemopbouw van de bovenste 120 cm (Bijlage I); een schematisch overzicht van de verschillende gronden is opgenomen in Figuur 2.4.



Figuur 2.4. Schematische weergave van de bodemopbouw. Groen: Klei, Geel: zand, Paars: veen, Blauw: water. Bron: Waterschap Brabantse delta 2010



Veengronden zijn gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft uit moerig (venig) materiaal bestaan. In het onderzoeksgebied hebben vrijwel alle veengronden een kleidek en worden daarom **waardveengronden** genoemd (op één perceel komt Vlierveengrond voor zonder kleidek). In het plangebied bestaat het veen vooral uit zeggeveen, dit is gevormd onder permanent natte, niet te voedselrijke en basenhoudende of basenrijke condities. De code voor dit bodemtype volgens de geldende bodemclassificatie is kVz voor veengronden met een zandondergrond ondieper van 1,20 m beneden maaiveld en kVc voor veengronden met een zandondergrond dieper dan 1,20 m beneden maaiveld. Dit onderscheid is op de bodemkaart niet nader vermeld. Vrijwel alle veengronden in het plangebied zijn bedekt met een 30-40 cm dikke, kalkarme kleilaag. In de regel gaat het hierbij om zware klei in de laag tussen 20 en 40 cm –mv. Dit is een slecht doorlatende laag, met een hoog weerstandsbiedend vermogen. Het doordringen van kwelwater vanuit het eerste watervoerende pakket naar de wortelzone wordt hierdoor ernstig bemoeilijkt.

Mogelijk mede als gevolg van deze afsluitende kleilaag is het veen nog grotendeels in gave, dus niet veraarde vorm aanwezig. Onveraard veen heeft veel grotere potenties voor natuurherstel dan veraard veen. De veengronden liggen verspreid over het plangebied in de overgang tussen de zeekleigronden in het noorden en de pleistocene dekzanden in het zuiden. Vooral de deelgebieden Strijen en de Berk bestaan voor het merendeel uit onvergraven veengronden.

Kleigronden bestaan voor de bovenste 80 cm voor meer dan de helft uit lutum (kleideeltjes) en zijn niet moerig (zie boven). In het plangebied gaat het om zeekleigronden. Indien in de bodem geen veenlagen worden aangetroffen, vallen de kleigronden binnen het bodemtype **poldervaaggronden**. Indien binnen 1,20–mv veenlagen voorkomen dan wordt een dergelijke bodem tot de **drechtvaaggronden** gerekend.

Beide bodemtypen kenmerken zich door een toename van het lutumgehalte in de diepte. Bestaat de bouwvoor (0-20cm beneden mv) nog uit lichte klei, de bodem van 20-50 cm – mv bestaat uit zware klei, met een lutumgehalte tussen 35 en 40%!

Poldervaaggronden komen vrijwel uitsluitend voor op de oeverwal langs Leursche Haven en de Mark. Ze zijn hoog gelegen ten opzichte van de omgeving en het grondwater. Deze kleigronden zijn kalkarm tot matig kalkhoudend. De drechtvaaggronden vormen de overgang tussen de poldervaaggronden en de lager gelegen veen- en moerige gronden. Dit bodemtype ligt als een brede band van Kelsdonk naar Zwermlaken en het zuid-westelijk deel van de Berk. Drechtvaaggronden zijn kalkarm.

Moerige gronden vormen een soort tussencategorie tussen veen- en kleigronden. Het zijn gronden met een moerige bovengrond of een moerige tussenlaag die maximaal 40 cm dik is. De moerige gronden binnen het onderzoeksgebied hebben in de regel een kleidek, lokaal ook een zanddek. Code: kWz voor moerige gronden met kleidek en zWz voor moerige gronden met zanddek. De moerige gronden met zanddek zijn meestal opgezand, dit om de draagkracht van de percelen te vergroten. Verder zijn veel moerige gronden tot in de C-horizont (moedermateriaal) bewerkt in de vorm van ploegen en woelen. De veenlaag is daarbij vaak ondiep aangetast en deels veraard. De bewerkte profielen staan



met een horizontaal pijltje op de bodemkaart aangegeven. Vooral de deelgebieden Kelsdonk en Strijen bestaan voor een belangrijk deel uit moerige gronden.

Zandgronden zijn minerale gronden, waarvan het niet-moerige deel tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft uit zand bestaat. De zandgronden bestaan uit humuspodzolgronden (inspoelingsprofiel) met een dunne tot matig dikke humushoudende bovengrond. De podzolgronden met een dun humeus dek worden veldpodzolgronden genoemd (code Hn), gronden met een matig dikke humeuze bovengrond zijn laarpodzolgronden (code cHn).

In het onderzoeksgebied hebben de zandgronden vaak een kleidek (toevoeging k). Deze zandgronden komen in het plangebied vrijwel steeds voor in de vorm van donken: pleistocene zandopduikingen in een holocene omgeving van klei en veen. Als gevolg van het inklinken van de veenomgeving zijn de donken als lichte verheffingen in het landschap zichtbaar. Naast de omvangrijke donk van Kelsdonk liggen er ook donken in Zwermlaken, Strijen en de Zwartenbergse polder.



Figuur 2.5. Donk in het deelgebied Zwermlaken (Bron: Waterschap Brabantse Delta 2010):

Ook de veldpodzolgronden op de donken bezitten in de regel een kleidek, met uitzondering van de hoge donk van Kelsdonk. Deze is dus nooit overspoeld geraakt door zeewater.

Tijdens het bodemonderzoek zijn op diverse plaatsen *vergraven bodems* aangetroffen. Onder vergraven bodems verstaan we:

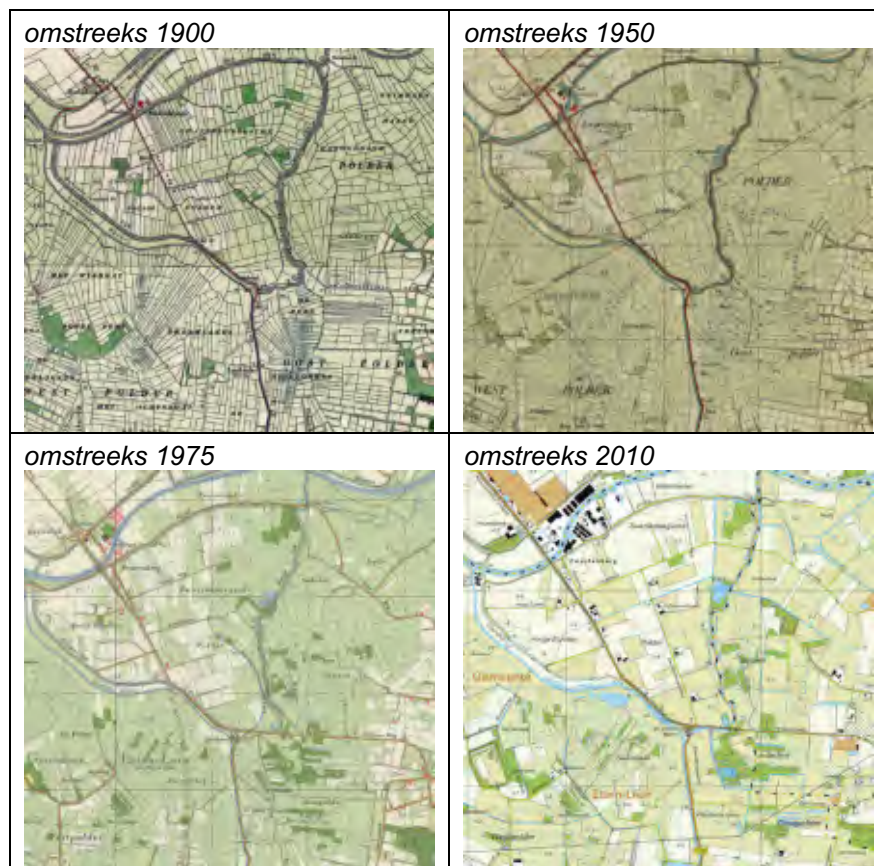
- Bodems die ook beneden de bouwvoor zijn bewerkt middels woelen of diepploegen. Deze vorm van bodembewerking is meestal een eenmalige ingreep geweest ten behoeve van de verbetering van de agrarische productiemogelijkheden van deze gronden. Deze “verstoring” is tot op diepten van 80 cm beneden maaiveld mogelijk.
- Bodems waar uitwisseling van bodemlagen heeft plaatsgevonden, bijvoorbeeld dat veenlagen zijn afgegraven t.b.v. turfwinning, en dat vervolgens deze afgegraven bodems zijn aangevuld met andere grondsoorten;
- Bodems die zijn opgezand om de draagkracht van de percelen te vergroten.



Veel vergraven bodems vinden we in de zuidoostelijke hoek van het deelgebied de Berk en in het Achtergat. Vergraven bodems zijn middels een horizontaal pijltje op de bodemkaart aangegeven.

2.4 Historisch landgebruik

Historische topografische kaarten (Figuur 2.6) bieden inzicht in het historische landgebruik. In het plangebied liggen van oudsher vooral grasland en bos en vrijwel geen akkers. Daarnaast is de slootdichtheid plaatselijk bijzonder hoog. Dat duidt erop dat feitelijk alle gronden voor akkerbouw te nat waren en alleen geschikt als weiland of hooiland. Daarnaast valt op dat in delen van het gebied kleuren of symbolen aanwezig zijn die duiden op moeras of permanent natte omstandigheden. Door Zwerm-laken en de Berk loopt een natte zone van zuid naar noord, dit zijn vermoedelijk de oorspronkelijke afvoerroutes van het water van de zandgronden. Daarnaast is er in De Berk en Strijpen sowieso veel natte gronden aanwezig, feitelijk zijn alle veengronden van de bodemkaart als zodanig aangeduid. Vanaf 1900 wordt de ontwatering steeds verder vergroot voor de landbouw; op de kaart van rond 1950 zijn de 'natte' symbolen op de flanken van de zandgronden verdwenen. Deze kaart geeft een waarschijnlijk een vrij goed beeld van de op zones waar op dat moment kwel uittrad. De laatste kaart is van ongeveer de huidige situatie; de grootste verandering is rond 1980 uitgevoerde ruilverkaveling. De landbouwgebieden in en rondom het plangebied zijn daarbij dieper ontwaterd en de kavels zijn vergroot, met name in de Zwartenbergse polder. Dit zal ook effecten gehad hebben op de hydrologische situatie in het plangebied.



Figuur 2.6. Historische topografische kaarten (Bron: www.topotijdreis.nl):

2.5 Oppervlaktewaterhuishouding

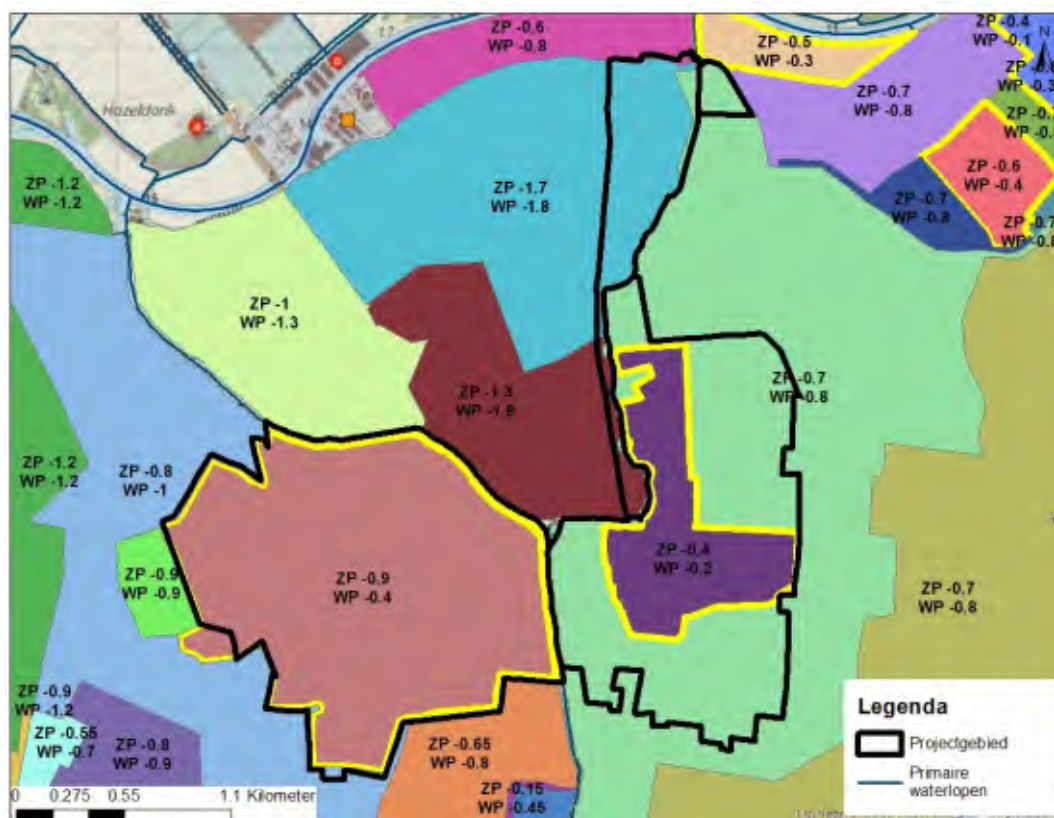
De oppervlaktewaterhuishouding in het gebied is complex en niet alle details zijn bekend bij het Waterschap (mond. med. I. Menger, WSBD). In grote lijnen zijn de peilgebieden weergegeven in figuur 2.7.

De waterhuishouding van het projectgebied is deels gekoppeld aan de omliggende landbouwgronden en kent een zomer- en winterpeil. Dit wordt in de ecologie ook wel een tegennatuurlijk peil genoemd, omdat de waterstanden in de winter lager zijn dan in de zomer. Voor Kelsdonk/Zwermlaken en een deel van Strijen/De Berk geldt een maximum en minimumpeil. Dit betekent (in theorie) dat de stuwen op maximumpeil staan (daarboven wordt dus water afgevoerd) en dat als het water onder het minimumpeil dreigt te zakken er water wordt ingelaten. Dit zorgt er voor dat in de winter (veel neerslag, nauwelijks verdamping) het peil hoog is en in de zomer uitzakt. Onder meer uit de kalibratie van de grondwatermodellering blijkt dat in praktijk veel eerder en veel meer water wordt ingelaten. In Kelsdonk/Zwermlaken wordt ook water ingelaten om het achterliggende landbouwgebied (ten zuiden van KZ) te voeden. Deels loopt dit water ook het natuurgebied in. Omdat onbekend is hoe het inlaatwater zich door Kelsdonk/Zwermlaken verspreid, is dus ook niet vast te stellen in welke delen het minimumpeil nooit bereikt wordt door inlaat en waar dit wel plaats vindt omdat het inlaatwater er niet komt.



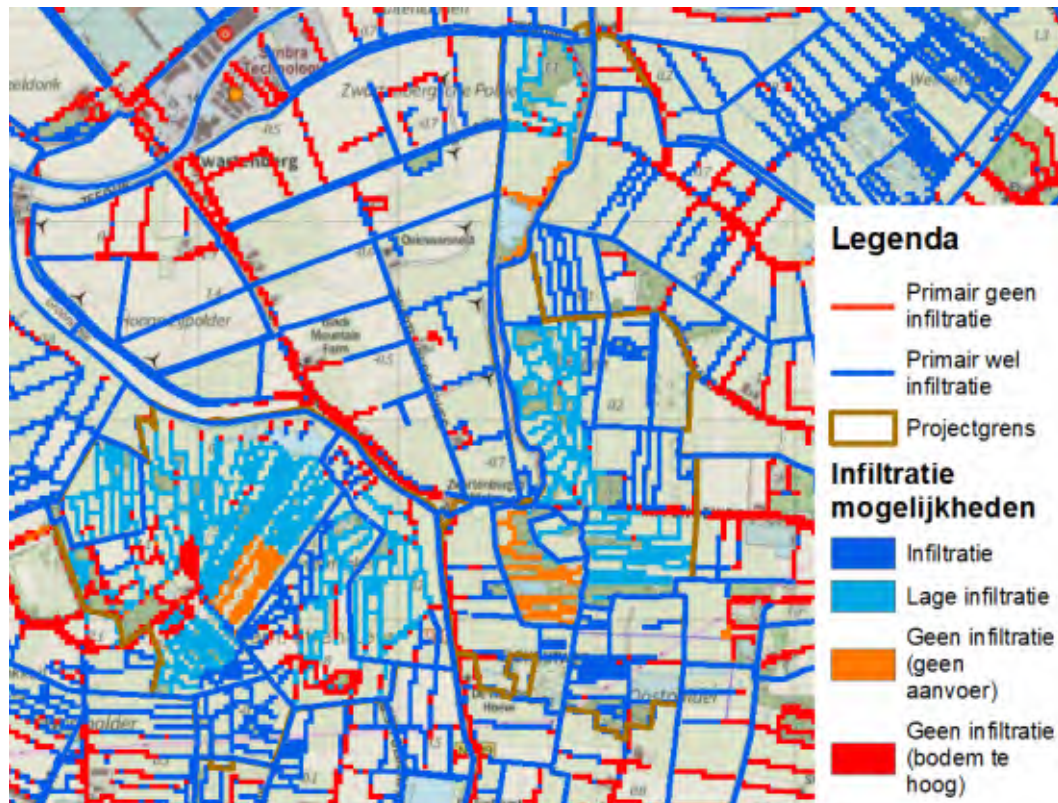
In de Zwartenbergse polder wordt momenteel een zomerpeil van -1,7m+NAP en een winterpeil van -1,8m+NAP gehanteerd; in het zuiden is het zomerpeil hoger, -1.3m+NAP. In de Halsche vliet en een deel van Strijpen/De Berk geldt een zomerpeil van -0,7 en een winterpeil van -0,8 m+NAP. In het natuurgebied van Strijpen/De Berk geldt een max/min peil van -0,2/-0,4.

Voor Kelsdonk/Zwermlaken is uitgegaan van max/minpeil, van -0,4/-0,9. In praktijk is de situatie in Kelsdonk/Zwermlaken veel complexer, omdat er allerlei stuwtjes en onderbemalingen in het gebied zijn die door particulieren of door de beheerder worden beheerd. De meeste van deze deelgebieden hebben een fluctuatie van 0,2 m. Omdat er geen overzicht is van deze deelgebieden wordt het geheel momenteel als één peilgebied beschouwd met een wat grotere bandbreedte.



Figuur 2.7. Peilgebieden en bijbehorend zomerpeil (ZP) en winterpeil (WP) in het modelgebied. In de geelomrande gebieden is geen zomer- en winterpeil aanwezig, maar een minimum en maximumpeil, zie tekst.

In droge perioden wordt water ingelaten om het gebied op peil te houden. In praktijk is de aanvoer van water niet optimaal door de verschillen in hoogteligging en (al dan niet bewust) beperkt onderhoud van de watergangen. Er is een inschatting gemaakt van de watergangen waar in de zomer water wordt aangevoerd (en die dus infiltreren), watergangen waar dat minder of zelfs niet gebeurt door gebrek aan aanvoer of een te hoge ligging (figuur 2.8).



Figuur 2.8. Watergangen in het gebied en de mate waarin ze functioneren voor de wateraanvoer en infiltratie van water.

2.6 Ecologie en hydrologische indicaties

Deze paragraaf geeft geen complete beschrijving van alle aanwezige natuurwaarden; de focus ligt op de indicaties die de vegetatie geeft en de potenties die daaruit kunnen worden afgeleid. De gegevens zijn afkomstig uit Waterschap Brabantse Delta (2010), Pranger & Tolman (2008) en de NDFF (geraadpleegd 19-3-2021).

2.6.1 Algemeen

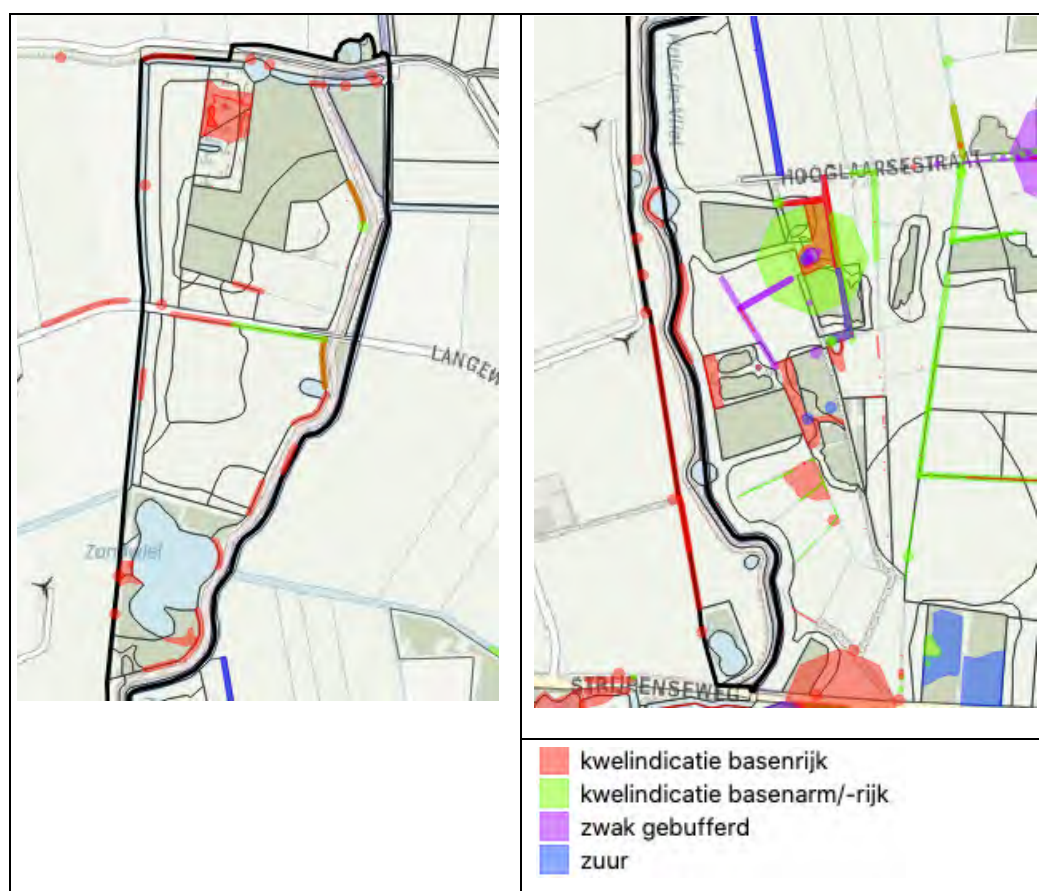
In het verleden kwamen in het plangebied zeer bijzondere plantensoorten voor. De meest kritische soorten als vlozegge, groenknolorchis, kleine valerian, melkviooltje, spaanse ruiter, vleeskleurige orchis en moeraskartelblad zijn begin jaren zestig uitgestorven. Draadzegge, gewone dotterbloem en waterdrieblad zijn sterk achteruitgegaan en de schraalgraslanden zijn vrijwel verdwenen (Natuurbeheerplan Noord-Brabant, 2009). Deze soorten wijzen op voedselarme, basenrijke omstandigheden, vrijwel zeker als gevolg van het uittreden van basenrijke kwel. De grote veranderingen in het landschap en de ontwatering, zoals onder andere beschreven in §2.4, hebben tot gevolg gehad dat de kweldruk zeer sterk is afgenomen. Dit is een belangrijke oorzaak van de afname van deze schrale natuurwaarden. Daarnaast zijn ook delen van het gebied ontgonnen, geëutrofeerd of verruigd als gevolg van verwaarlozing van het beheer. Onder de huidige omstandigheden bestaat het grootste deel van het plangebied uit voedselrijke of zeer



voedselrijke graslanden met weinig floristische natuurwaarde. Dit soort graslanden bevat geen indicatieve soorten en potenties zijn over het algemeen moeilijk in te schatten. Deze zijn soms wel af te leiden uit de in sloten en slootkanten voorkomende soorten (waar soms nog wel kwel optreedt) of uit omliggende, minder intensief gebruikte graslanden.

2.6.2 Zwartenbergse polder

In de Zwartenbergse polder zijn veel graslanden intensief gebruikt en ontwaterd waardoor in de percelen geen indicatieve flora te vinden is. In en langs sloten komen indicatoren van basenrijk (kwel)water echter regelmatig voor, met name langs de oostrand van het gebied (Figuur 2.9). Het gaat om moeraszegge en echte koekoeksbloem en (zeldzamer) ook om paddenrus, veldrus en waterviolier. Pranger en Tolman (2008) beschrijven dat in het noorden van het gebied ook kwelindicatoren voorkomen in de percelen. Het gaat om het terrein ten zuidoosten van het elzenbos (met als natuurambitie nat schraalland), waar de flora wijst op aanvoer van basenrijke kwel in combinatie met oppervlakkige verzuring. Ten westen van het elzenbos ligt een moeras met een vrij ruige vegetatie, waarin echter ook indicaties zijn van basenrijke kwel. Onduidelijk is of het kwelwater afkomstig is uit de Halsche vliet (die een veel hoger peil heeft) of dat het diepere kwel is. Daarmee samenhangend is ook de kwaliteit van dit kwelwater onbekend.

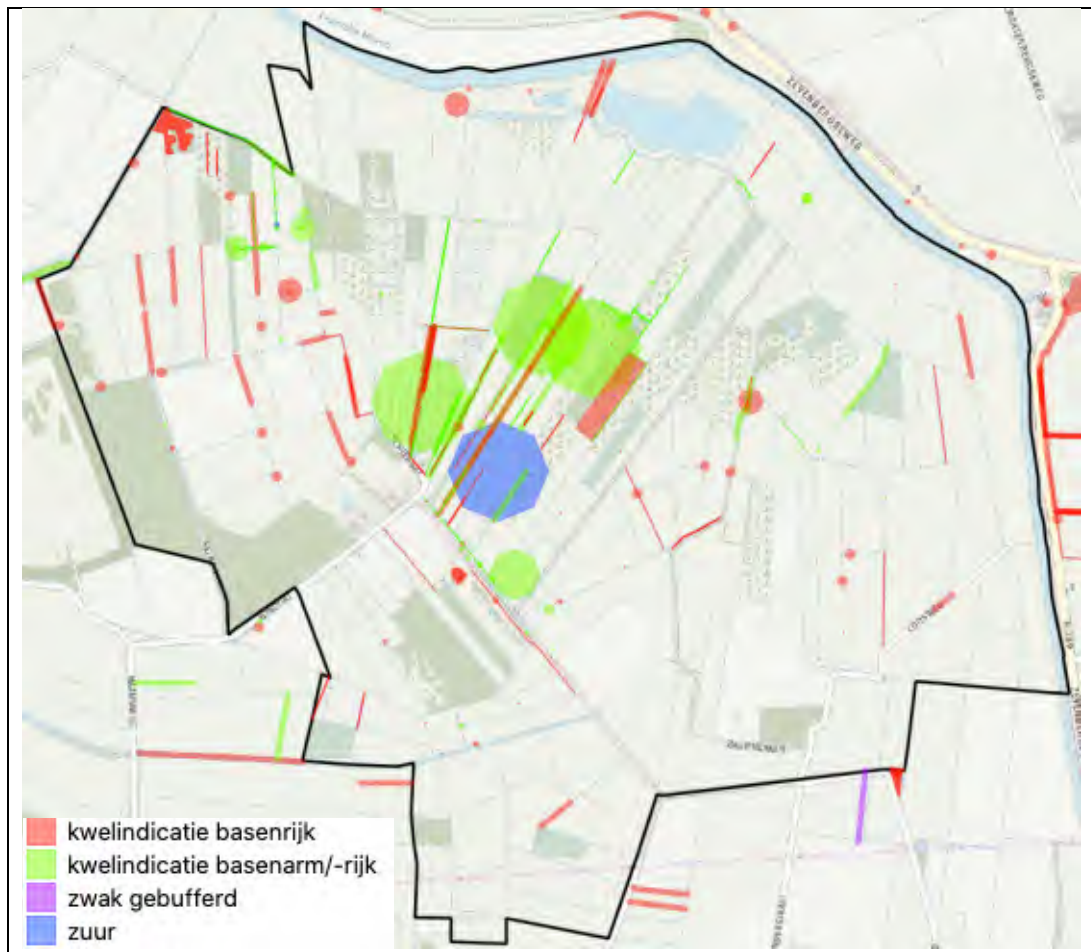


Figuur 2.9. Voorkomen van indicatieve planten na 1990 in deelgebied de Zwartenbergse polder (links: noordelijk deel, rechts: zuidelijk deel. Bron: NDFF. Voor soorten en hun indicaties zie bijlage II



2.6.3 Kelsdonk/Zwermlaken

In deelgebied Kelsdonk/Zwermlaken komen weinig floristische waarden voor in de graslanden; het betreft voedselrijke agrarische graslanden of witbolgraslanden. De GVG in de onderzochte percelen is ook te laag voor de ontwikkeling van dotterbloemhooiland. Langs sloten en greppels komen nog relictten voor van de oude blauwgraslanden en dotterbloemhooilanden, zoals blauwe knoop, dotterbloem, moeraszoutgras en diverse zeggensoorten (Waterschap Brabantse Delta 2010). In de sloten zijn ook soorten aangetroffen van matig voedselrijk gebufferd water, zoals puntig fonteinkruid, rossig fonteinkruid, waterviolier, kranswieren, grote waterranonkel en holpijp. Dit zijn sterke indicaties dat kwelwater uittreedt in deze sloten en langs de oevers. In figuur 2.8 is een duidelijke concentratie van waarnemingen te zien in het midden van het gebied; in dit gebied concentreren zich ook de meest kritische soorten en het is het gebied dat historisch gezien het natst was. Binnen Kelsdonk/Zwermlaken lijken de potenties voor natte natuur hier dan ook het grootst.



Figuur 2.10. Voorkomen van indicatieve planten in Kelsdonk/Zwermlaken polder na 1990. Bron: NDFF Voor soorten en hun indicaties zie bijlage II



2.6.4 **Striijen & De Berk**

Striijen en De Berk zijn van oudsher de meest natte deelgebieden waar de meest kritische soorten voorkwamen. En nog steeds komen met name in de Berk de meest bijzondere soorten voor van de drie deelgebieden. Waterschap Brabantse Delta (2010) beschrijft dat in Striijen/de Berk veel voedselrijke graslanden te vinden zijn. De floristische waarden bevinden zich in de bossen, de petgaten, enkele schraallanden en recent geplagde percelen. In een oud petgat zijn kleine zeggenvegetaties aanwezig die duiden op voedselarme, matig zure condities (draadzegge, wateraardbei, waterdrieblad, snavelzegge, moerasviooltje, moerasstruisgras, egelboterbloem en veenmossen), maar ook soorten die wijzen op een hogere basenrijkdom, zoals vleeskleurige orchis, rietorchis en paddenrus (Pranger en Tolman 2008; NDFF). Volgens lokale vrijwillige libellentellers (ontmoeting in het veld) zijn de petgaten in de droge jaren van 2018 en 2019 drooggevallen. In de jaren daarvoor hadden zij behoorlijk wat libellen waargenomen, waaronder zowel soorten van wat voedselrijkere verlandingssituaties (vroeg glazenmaker, glassnijder) als van meer zuurdere, venachtige situaties (azuurwaterjuffer, noordse witsnuitlibel, viervlek). In enkele nieuw gegraven petgaten waren zijn uitsluitend algemene soorten van voedselrijk water aangetroffen (Waterschap Brabantse Delta 2010). Bij een veldbezoek in het najaar van 2021 is vastgesteld dat de petgaten sterk van elkaar verschillen, maar dat er onder meer vegetatie voorkomen met holpijp en vlottende bies (en volgens de NDFF ook kleinste egelskop), met smalle waterpest en breekbaar kransblad, met riet en wateraardbei en met ongelijkbladig fonteinkruid. De oevers zijn begroeid met een rompgemeenschap van het junco-molinion, met onder meer pijpenstrootje, geelgroene zegge, biezenknoppen en grote wederik.

Nieuw inzicht: basenrijke kwel in De Berk

In 2008 is een vegetatiekartering in het gebied uitgevoerd (Pranger en Tolman 2008), die nog niet is meegenomen in bovenstaand Waterschap Brabantse Delta (2010). Pranger en Tolman (2008) constateren enkele belangwekkende veranderingen in het gebied. De belangrijkste is vooral in de Berk, waar moeraszegge sterk is toegenomen en nu in veel percelen abundant tot dominant voorkomt, vaak samen met paddenrus. Ook Waterviolier, Holpijp, Waterdrieblad, Wateraardbei en Stijve zegge zijn toegenomen. Dominantie van moeraszegge is een sterke indicatie dat er basenrijke kwel tot in het maaiveld rijkt. Overigens hoeft basenrijke kwel niet afkomstig te zijn van diepere watervoerende pakketten: Als er ondiep kalkhoudende lagen aanwezig zijn (zoals Brabantse leem), dan kan ook lokale kwel basenrijk zijn. Het is onbekend of dit in het plangebied aan de orde is, maar uit de omgeving van Breda zijn ondiepe leemlagen bekend; in vroeger tijden was in deze regio zelfs leemverwerkende industrie aanwezig (Van Eerde & Maarleveld 1954).

Striijen: minder basenrijk, maar wel voedselarme kwel

Ten noorden van de Striijpense weg, in het deelgebied Striijen, zijn de genoemde soorten veel zeldzamer. In het oosten van Striijen beperken de kwelindicatoren zich tot de sloten. Alleen in een zone parallel aan de Halsche Vliet (aan weerszijden van het wandelpad) komen paddenrus, moeraszegge, waterviolier en echte koekoeksbloem regelmatig voor en soms ook in de percelen. Opvallend is dat in beide gebieden, maar meer in Striijen, soorten van vrij voedselarm, zwak gebufferde omstandigheden in het water zijn aangetroffen, zoals vlottende bies, pilvaren, stijve moerasweegbree en duizendknoop-



fonteinkruid. Dit zijn soorten die meestal voorkomen in iets aangerijkte vennen, maar hier in sloten en poelen staan. Dit geeft wel aan hoe voedselarm het water is; geenszins de kwaliteit van inlaatwater uit de Halsche Vliet. Dit is een sterke indicatie dat hier potenties liggen voor schrale natuur, zoals nat schraalland of vochtig heischraal grasland.



Figuur 2.11. Voorkomen van indicatieve plantensoorten in Strijpen/de Berk na 1990. Indicaties voor kwel in groen, voor basenrijke kwel in rood, voor zure omstandigheden (regenwater) in blauw en voor zwak gebufferde omstandigheden (venachtig) in paars Bron: NDFF. Voor soorten en hun indicaties zie bijlage II

Veldbezoek: potenties voor schrale graslanden

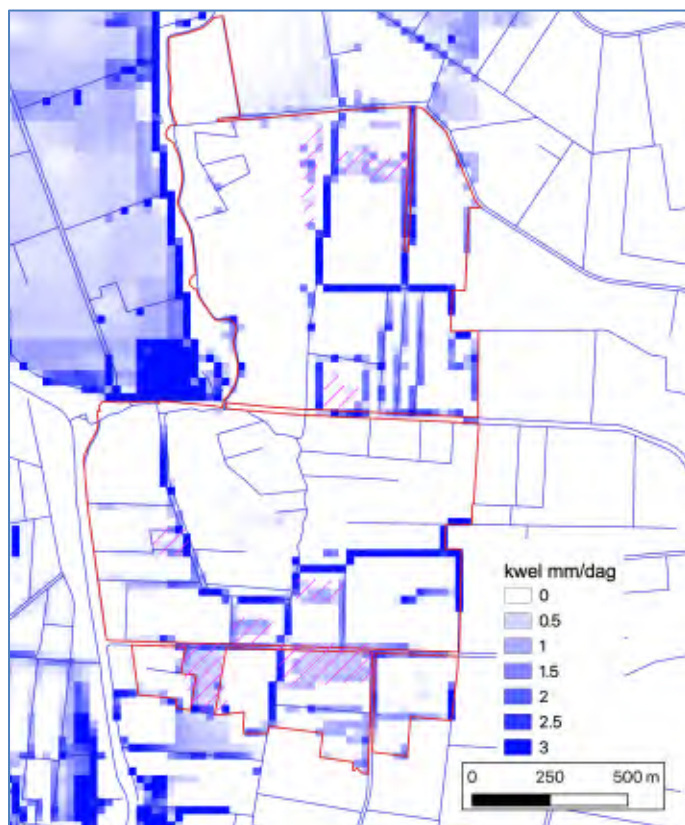
Tijdens het veldbezoek zijn aanvullende waarnemingen gedaan. In het meest westelijke deel van het gebied is vooral intensief agrarisch grasland aanwezig. Direct ten oosten van het pad zijn voedselrijke natte graslanden aanwezig met dominantie van ruwe smele en pitrus, en op enkele plekken ook concentraties van tweerijige zegge en moeraszegge. Dit indiceert dat er sprake is van basenrijke natte, en voedselrijke condities en dat een ontwikkeling naar vochtig hooiland waarschijnlijk goed mogelijk is. Ten zuidoosten van de petgaten, vlak bij de stuw, ligt een perceel dat gekarakteriseerd kan worden als een matig ontwikkeld nat schraalland, met onder meer moerasstruisgras, blauwe knoop, grote pimpernel, zeegroene muur, moerasviooltje, moeraszegge, pijpenstrootje, hondsviooltje, tormentil en blauwe zegge. In 1994 stond hier zelfs nog Spaanse ruiter (bron NDFF). Dit geeft aan dat hier zeker potenties liggen voor de ontwikkeling van nat schraalland.

Modelresultaat: kwel in sloten en in afgegraven percelen

Ten behoeve van de herinrichting is een grondwatermodellering uitgevoerd. In Figuur 2.12 is de kwelkaart weergegeven. Hieruit blijkt dat er vooral in de grote sloten in het gebied grote hoeveelheden kwel optreden; meer dan 3 mm/dag. De meeste van deze sloten liggen momenteel in gebieden die in landbouwkundig gebruik zijn. Ze hebben dan ook, vooral in de winter, een laag peil en trekken mede daardoor veel kwel aan (Figuur 2.7). Ondanks het intensieve landbouwkundige gebruik worden in en langs deze sloten veel soorten aangetroffen die duiden op een goede waterkwaliteit en/of vrij voedselarme omstandigheden, zoals spits fonteinkruid, vlottende bies, stijve moerasweegbree, pilvaren, waterviolier, ongelijkbladig fonteinkruid en duizendknoopfonteinkruid. Dit is een sterke indicatie dat er hier inderdaad kwel optreedt en dat deze van goede kwaliteit is.



Op een aantal plaatsen treedt de kwel niet alleen in de sloten op, maar zelfs in het maaiveld (paars gearceerd in Figuur 2.12). Dit zijn vrijwel allemaal percelen die in het verleden zijn afgegraven (voor veen- en/of zoutwinning) of recent zijn afgeplagd. Afgraven kan dus in dit gebied leiden tot kwel in maaiveld en schrale natuur, zeker als dit gecombineerd wordt met enige peilopzet van de nu sterk drainerende sloten.



Figuur 2.12. Gemiddelde kwel (mm/dag) in Strijpen en De Berk in de huidige situatie. De grens van het projectgebied is aangegeven met een rode lijn. Gebieden met kwel tot in maaiveld zijn paars gearceerd.



3 Toetsing natuurambitie en kennisleemten

3.1 Zwartenbergse polder

In de Zwartenbergse polder zijn indicaties voor uittredend kwelwater in de sloten en ten noorden van de Langeweg mogelijk ook in de percelen. In de percelen ten noorden van de Langeweg indiceert de aanwezige vegetatie dat (nat) schraalland haalbaar is als de bovenlaag wordt verwijderd tot op het onveraarde veen. Ten zuiden van de Langeweg zijn die indicaties er niet door het intensievere landgebruik, maar verwacht wordt dat de situatie daar vergelijkbaar is. De herkomst en kwaliteit van het kwelwater is echter onbekend; dit is een kennisleemte die nader onderzocht zou moeten worden.

Voor wat betreft het droog schraalland is onduidelijk waarom dit in de natuurambitiekaart op deze manier is gealloceerd. De ligging ervan lijkt noch overeen te komen met (het zand op) de bodemkaart, noch met de hoogteligging.

Aan de westkant van het gebied is de ambitie glanshaverhooiland (middelgroen op de kaart). Uit de vegetatiekaart (Pranger en Tolman 2008) blijkt dat er een gradiënt in dit perceel zit. De westelijke rand is vrij droog en bevat een rompgemeenschap van het glanshaververbond, terwijl het grootste deel vochtiger is. De hoogteligging lijkt weinig te verschillen; mogelijk wordt de bodem kleiiger of veniger naar het oosten toe. Het is niet zeker of in dit vochtiger deel graslanden met grote vossenstaart gerealiseerd kunnen worden (onderdeel van beheertype glanshaverhooiland), of dat ze ook daarvoor te vochtig zijn. Het hele perceel is in ieder geval nog te voedselrijk. Omdat afgraven hier niet voorzien is en het dan ook te vochtig wordt voor glanshaverhooiland, is een verschraling door maaien en afvoeren, eventueel met nabeweiding de aangewezen beheervorm.

In het zuiden van de Zwartenbergse polder (voor kaart zie Strijpen/de Berk) is de ambitie kruiden- en faunarijke grasland, laagveenbos en zoete plas. Het twee laatste typen zijn reeds bestaande natuur, voor het eerste type wordt gedacht aan zelfrealisatie door de huidige agrarische eigenaar, de heer Vermunt.

Een algemene leemte in kennis bij natuurontwikkeling is of de gewenste (planten)soorten het gebied wel kunnen bereiken. Dit is met name belangrijk bij de ontwikkeling van meer zeldzame natuur, zoals trilveen of nat schraalland, omdat deze over het algemeen zeer gefragmenteerd voorkomt.



Figuur 3.1. Noordelijk deel van de Zwartenbergse polder: hoogteligging (AHN linksboven; blauw = laag, rood=hoog), bodemkaart (rechtsboven, paars=klei op veen, oranje=klei op zand en groen=klei) en natuurambitiekaart (linksonder; rood = nat schraalland, donkerrood=droog schraalland, oranje=vochtig hooiland, middelgroen = glanshaverhooiland, roze=moeras) en de voorgenomen afgraving (rechtsonder).

3.2 Kelsdonk/Zwermlaken

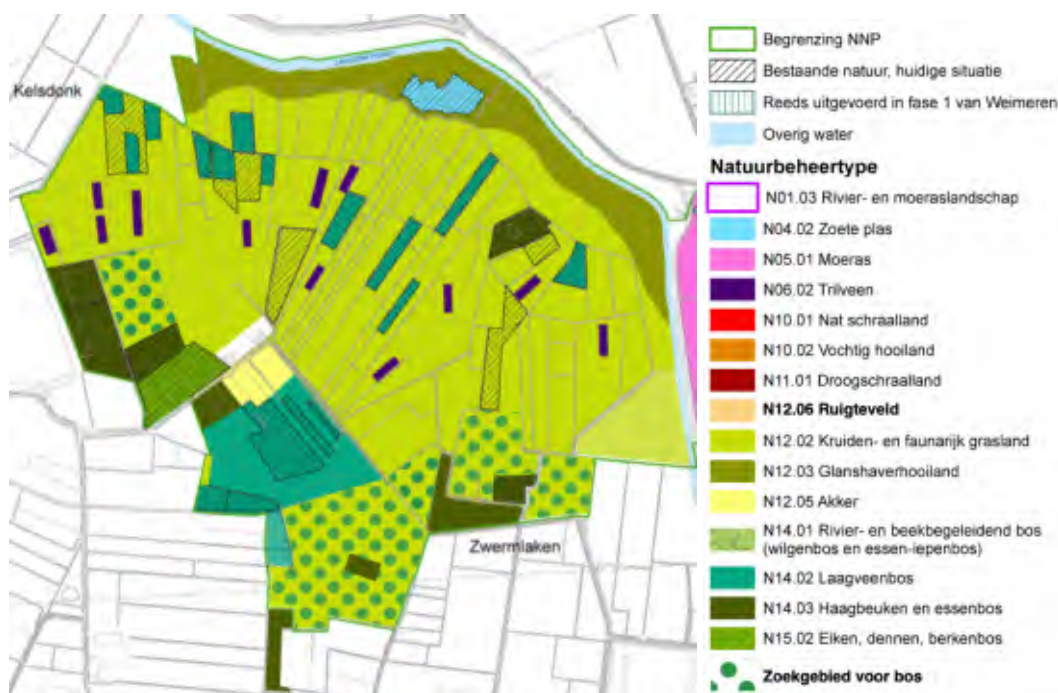
In Kelsdonk/Zwermlaken liggen twee grote donken met een hoge archeologische verwachtingswaarde; op de oostelijke donk zijn resten van een kampement uit de steentijd aangetroffen. Het overige deel van dit deelgebied bevat een karakteristiek verkavelingspatroon uit de Middeleeuwen, waarbij het lang ontgonnen is in langgerekte stroken aangeduid als beemden of maden. Dit verkavelingspatroon is in Zwermlaken nog het best bewaard gebleven (Ellenkamp 2007). In de regio wordt dit gebied door de bewoners ook



als (landschappelijk) meest waardevol ervaren. Dit maakt dat grootschalige vergravingen of grote veranderingen in het landschap niet gewenst zijn.

In Kelsdonk/Zwermlaken is de natuurambitie daarom grotendeels gebaseerd op de huidige waarden. Het grootste oppervlak heeft als ambitie kruiden- en faunairijk grasland, dat gemiddelde eisen stelt aan de hydrologie (niet extreem droog of nat) en niet afhankelijk is van kwelwater. Dit type grasland is wel bloemrijker en waardevoller naarmate de bodem voedselarm is, maar ook bij een relatief hoge voedselrijkdom kan dit type worden gehaald. Meestal is het type binnen enkele decennia te realiseren met een verschrallings-beheer.

Op de natuurambitiekaart van Kelsdonk/Zwermlaken staan ook laagveenbossen en de (wat hoger gelegen) haagbeuken- en essenbossen. Grotendeels betreft dit reeds bestaande boslocaties en er is geen reden om aan de haalbaarheid van deze ambitie te twijfelen. De realisatie van nieuw bos zonder het verwijderen van de voedselrijke toplaag, zal niet leiden tot goed ontwikkeld laagveenbos, maar tot vochtige, voedselrijke bossen gedomineerd door brandnetel en braam.



Figuur 3.2. De natuurambitiekaart voor Kelsdonk/Zwermlaken. NB: dit betreft de ambitiekaart 2020, die gaandeweg het proces wordt bijgesteld.

Het meest kritische natuurtype in Kelsdonk/Zwermlaken is trilveen, dat in een aantal nieuw te graven petgaten moet worden gerealiseerd. Trilveen stelt hoge eisen aan de waterkwaliteit en -kwantiteit en komt voor bij matig voedselrijke omstandigheden en stabiele hoge waterstanden. Meestal is sprake van aanvoer van gebufferd, voedselarm kwelwater dat mengt met oppervlaktewater en regenwater, maar in sommige gebieden kan het ook in oppervlaktewater met een goede kwaliteit worden gerealiseerd. In dit gebied zal, ook



gezien de landbouwhistorie de aanvoer van kwelwater de kans op succesvol trilveenherstel vermoedelijk sterk vergroten. Op basis van het huidige informatie lijkt de kern waar de meeste kwelindicatoren voorkomen dus het meest kansrijk, maar nader onderzoek hiernaar is gewenst. De kennisleemten zijn:

1. Is het mogelijk trilveen te realiseren op de aangewezen locaties, gezien de grondwater en bodemcondities?
2. Is uitspoeling vanuit naastgelegen gronden een belemmerende factor voor de ontwikkeling van trilveen?
3. Zijn er binnen het plangebied andere locaties die hogere potenties hebben, als gekeken wordt naar de bodem en aanvoer van basenrijke of basenarme kwel?
4. Bij nieuwe of verbreding van watergangen, is het dan mogelijk om schrale natuur te ontwikkelen op (flauwe) oevers en welke (inrichtings)maatregelen zijn daarvoor nodig?

Een algemene leemte in kennis bij natuurontwikkeling is of de gewenste (planten)soorten het gebied wel kunnen bereiken. Dit is met name belangrijk bij de ontwikkeling van meer zeldzame natuur, zoals trilveen of nat schraalland, omdat deze over het algemeen zeer gefragmenteerd voorkomt.

3.3 Strippen/De Berk

3.3.1 Toetsing natuurambities

De natuurambities in Strippen/de Berk (figuur 3.3) bestaan uit zoete plas, dynamisch moeras, trilveen, kruiden- en faunairijk grasland, ruigteveld, laagveenbos, haagbeuken- en essenbos en rivier- en beekbegeleidend bos. Om dit te realiseren is op een aantal plaatsen afgraving voorzien (Figuur 3.4).

Zoete plas en moeras

Zoete plas en moeras vormen de ambitie aan de westzijde van De Berk en enkele percelen verspreid door het gebied. Het zijn beide typen van natte, matig voedselrijke tot voedselrijke omstandigheden die voorkomen op klei- of veengronden. De betreffende gronden zijn momenteel niet zeer nat, maar wel zeer voedselrijk door bemesting. Uit dit vrij grote gebied zijn slechts drie fosfaatanalyses beschikbaar die laten zien dat de grond onder de bouwvoor veel totaal fosfor en vrij weinig beschikbaar fosfaat bevat. Om dit gebied voldoende nat te krijgen moet worden afgegraven (en/of het peil opgezet). Onbekend is wat de bodem- en waterkwaliteit dan zal zijn; peilopzet gaat vaak gepaard met het vrijkomen van fosfaat. Dit is van belang, omdat bij te voedselrijke omstandigheden er algenbloeien kunnen gaan optreden. Bij te voedselarme omstandigheden kan (riet)moeras zich niet goed ontwikkelen, maar dat zal vermoedelijk niet aan de orde zijn.

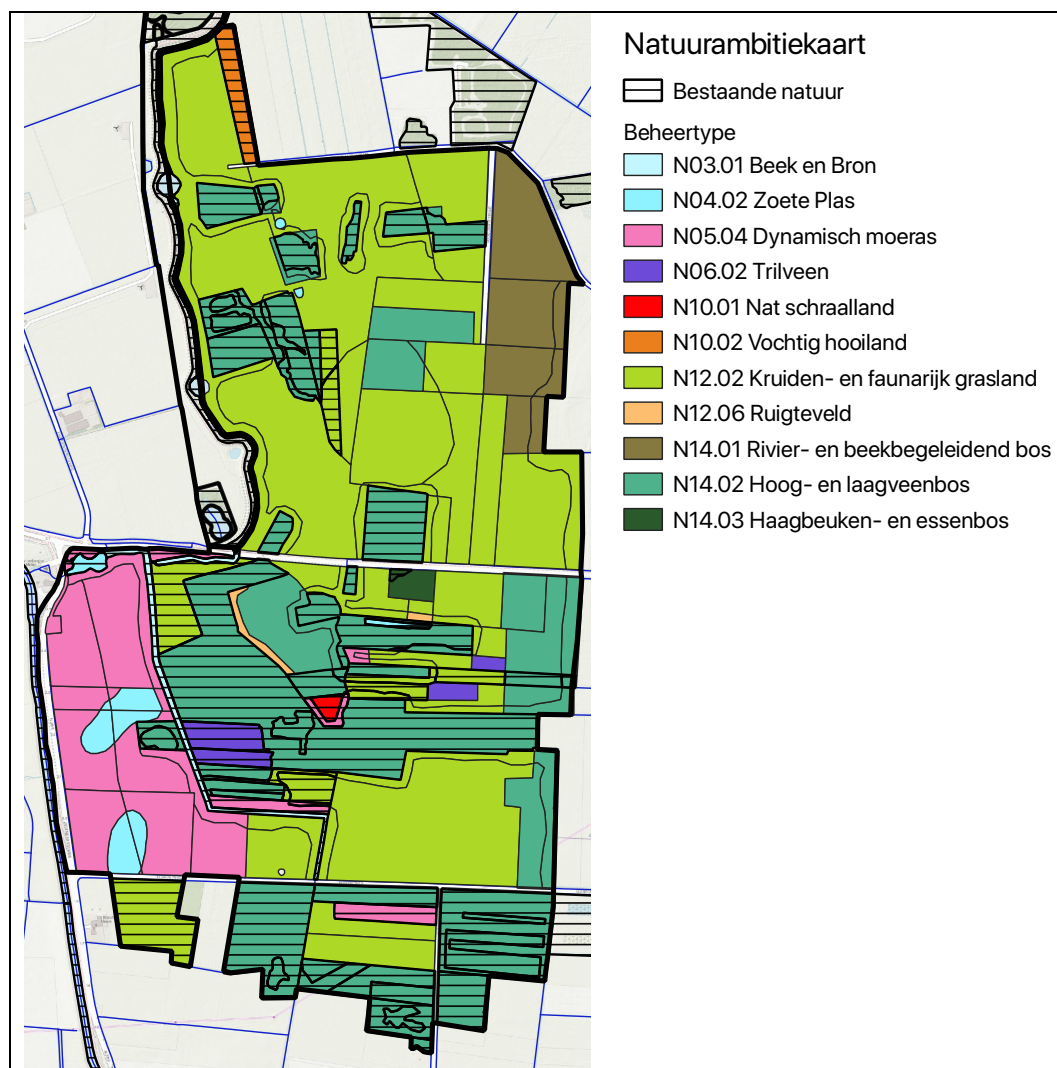
Trilveen

Het bestaande trilveen valt de laatste jaren droog en dit voorkomen is een belangrijke opgave voor de herinrichting. Waarschijnlijk kan veel worden bereikt door het opzetten van de watergang die direct langs het trilveen loopt; deze vangt veel kwel af. Het afgraven van



het moeras ten westen van dit trilveen zou kunnen leiden tot een afname van kwel en een daling van de waterstanden; dit moet goed worden getoetst met het grondwatermodel.

Aan de oostzijde van het gebied zijn twee nieuwe trilvenen voorzien. Deze lijken gezien de bodemopbouw ter plekke niet heel kansrijk en kunnen beter worden geplaatst op een perceel met een iets dikkere veenlaag.



Figuur 3.3. De bijgestelde natuurambitiekaart voor Strijpen/De Berk.

Kruiden- en faunarijk grasland en ruigteveld

Kruiden- en faunarijk grasland en ruigteveld stelt weinig eisen aan de abiotische omstandigheden en kan op termijn worden gerealiseerd. Gezien de voedselrijkdom van de toplaag gaat het nog wel jaren of decennia duren voordat de kruidenrijkdom en de natuurwaarde enigszins gaat toenemen.

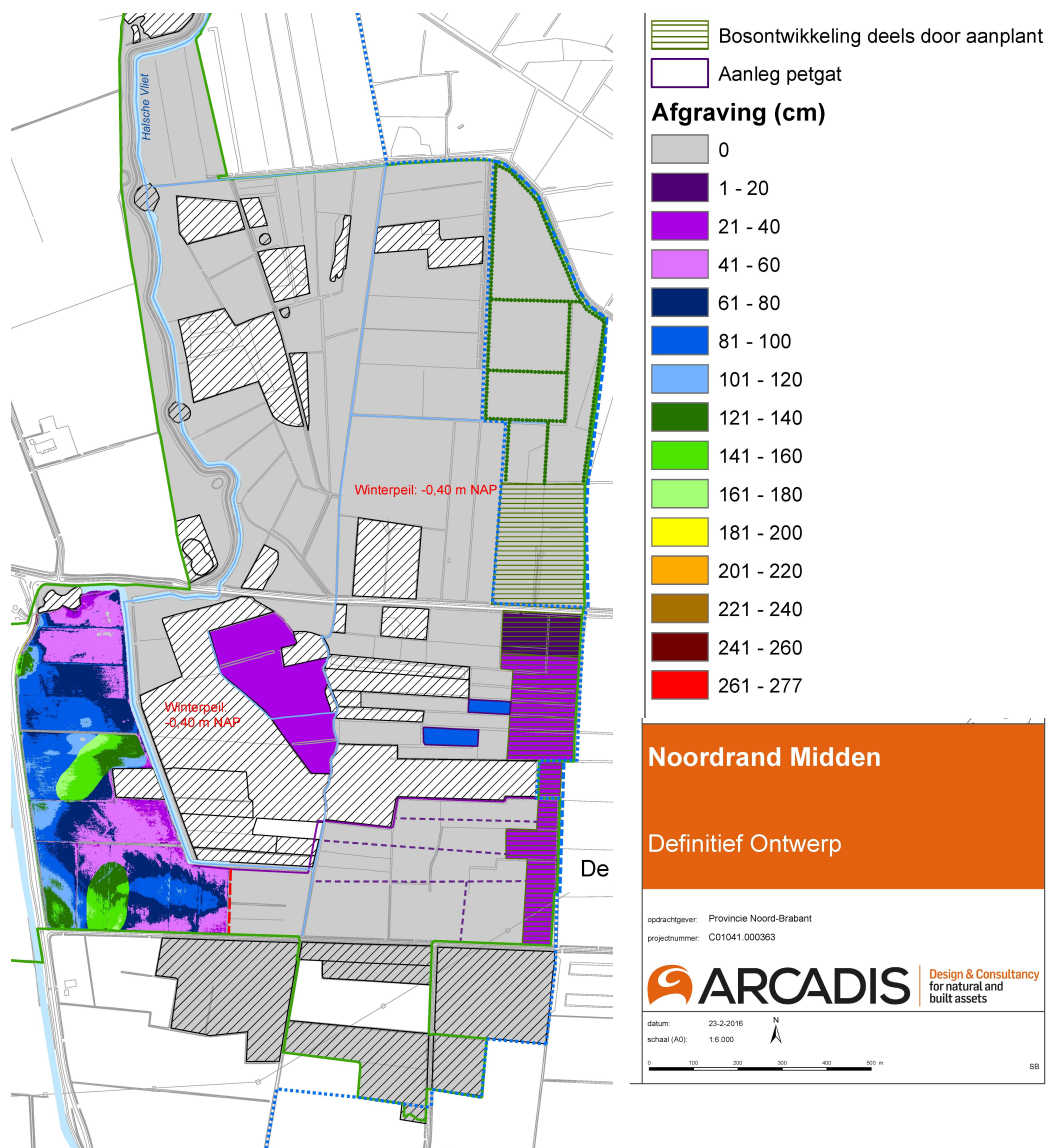
Bossen

In het gebied wordt een 15,5 ha nieuw laagveenbos en 10,6 ha nieuw rivier- en beekbegeleidend bos geambieerd. Het bestaande laagveenbos is ontstaan als gevolg van



veen-/zoutwinning, waarbij het maaiveld is verlaagd. Voor het nieuwe laagveenbos was in het DO 2016 20-40 cm afgraving gepland, er wordt vanuit gegaan dat dit ook voor alle laagveenboslocaties zal plaatsvinden. Rivier- en beekbegeleidend bos moet ook periodiek onder water staan door overstroming of hoge grondwaterstanden. Dit zal hier vermoedelijk ook niet haalbaar zijn zonder afgraving. Realisatie van bos op de huidige droge en voedselrijke landbouwgrond zal vrijwel zeker niet tot deze (gewenste) bostypen leiden, maar tot droge of vochtige bossen gedomineerd door brandnetel en bramen. Dit lijkt nog het meest op een slecht ontwikkelde vorm van haagbeuken- en essenbos. Omdat verschralen in bossen nauwelijks mogelijk is, levert dit een grote uitdaging voor de beheerder. Geadviseerd wordt alle plekken waar bos wordt gerealiseerd af te graven, of te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn zonder afgraving.

Ten slotte geldt voor de aanplant van bos op het meest noordoostelijke perceel dat de sloot langs de Hooglaarsestraat een hoge floristische natuurwaarde heeft die door bosaanplant zou verdwijnen. Ook dit verdient heroverweging.



Figuur 3.4. De voorgestelde afgraving volgens DO 2106. NB: deze afgraving is (nog) niet in overeenstemming met de bijgestelde natuurambitiekaart (figuur 3.3)

3.3.2 Hogere potenties: kansenkaart

In Strijpen de Berk lijken (op grond van deels nieuwe informatie) de potenties hoger dan eerder gedacht (zie §2.6.4):

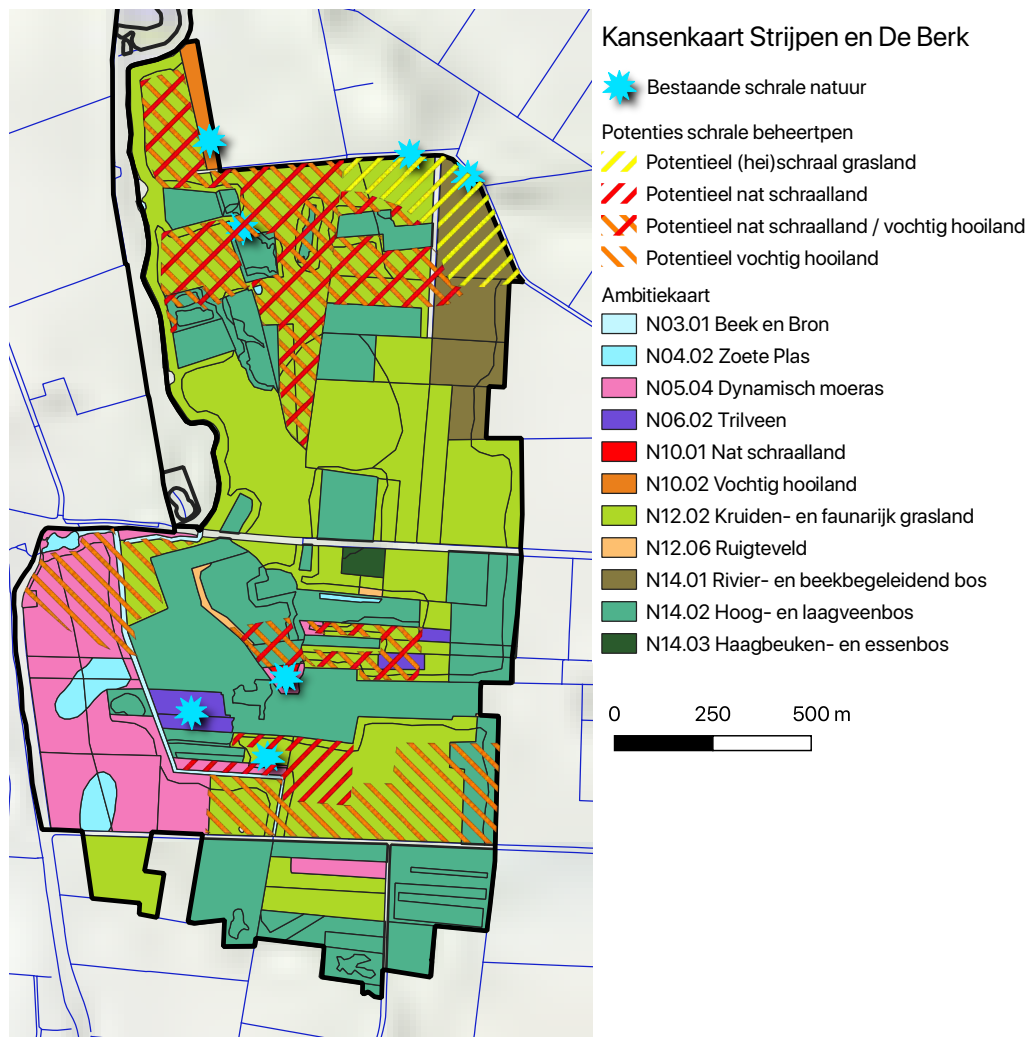
- op enkele percelen waar de kleilaag is verwijderd heeft zich wel degelijk nat schraalland ontwikkeld;
- andere percelen laten een ontwikkeling zien in de richting van dotterbloemhooiland (onderdeel van vochtig hooiland), maar voedselrijkdom en pitrus zijn een probleem. De beschikbare fosfaatgehaltes in de bouwvoor zijn hoog, maar direct onder de bouwvoor zijn ze vrijwel overal laag genoeg voor schrale vegetaties;
- er zijn sterke indicaties dat in de Berk basenrijk water in de sloten en lokaal ook in de percelen komt en dat plaatselijk voedselarme, zwak gebufferd kwelwater aan de oppervlakte komt.



Op grond van de bodemkaart (Bijlage I), de fosfaatbeschikbaarheid, de kwelkaart (Figuur 2.12) en het voorkomen van indicatieve plantensoorten (Figuur 2.11) lijken er op een aantal plekken grote potenties te zijn voor schrale natuur in plaats van kruiden- en faunairijk grasland. Met name rondom bestaande schrale vegetaties zijn die potenties extra groot vanwege de bewezen gunstige abiotische condities en de aanwezige zaadbronnen. Op grond van bovengenoemde gegevens is ingeschat welke plekken vrijwel zeker kansrijk zijn voor de ontwikkeling van waardevolle schrale natuurwaarden (Figuur 3.5). In vrijwel het hele gebied zit het zand binnen 120cm-mv. Op de plekken met een relatief dikke veenlaag lijkt op voorhand vochtig hooiland het meest kansrijk, op plekken met een dunne veenlaag nat schraalland en op plekken waar de veenlaag (vrijwel) kan mogelijk vochtig (hei)schraal grasland ontwikkeld worden. Vanwege de grote variatie in het gebied zal vaak sprake zijn van overgangen tussen deze typen, wat het als geheel alleen maar waardevoller maakt. Overigens is het niet zo dat op de niet gemarkeerde percelen de potenties zeker ontbreken, alleen zijn er geen of minder indicaties voor.

Geadviseerd wordt om eerst vast te stellen of en zo ja waar het gewenst is de natuurambitie naar boven bij te stellen en dan nader onderzoek te doen naar de mogelijkheden voor de realisatie ervan.

Een algemene leemte in kennis bij natuurontwikkeling is of de gewenste (planten)soorten het gebied wel kunnen bereiken. Dit is met name belangrijk bij de ontwikkeling van meer zeldzame natuur, zoals trilveen of nat schraalland, omdat deze over het algemeen zeer gefragmenteerd voorkomt.



Figuur 3.5. Kansenkaart schrale natuur Strijpen & De Berk. Voor toelichting zie tekst

3.3.3 Kennisleemten en onderzoeksvragen

Het voorgaande leidt tot de volgende kennisleemten/onderzoeksvragen:

1. Welk effect hebben het opzetten van het waterpeil van de aangrenzende sloot en het ontgraven ten behoeve van moeras en zoete plas op de grondwaterstanden (en kwel) van het bestaande trilveen?
2. Wat wordt de (water)kwaliteit van de zoete plassen en het moeras? Is er een groot risico op algen- of kroesbloei door nalevering van fosfaat of eventueel aanvoer van voedselrijk grondwater?
3. Zijn laagveenbossen en rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar zonder afgraving van de bouwvoor of niet? Wordt dit zonder afgraving inderdaad brandnetelbos? Hoe diep moet worden afgegraven om dit te voorkomen?
4. Zijn de twee (nieuwe) locaties waar trilveen is daarvoor (het meest) geschikt? Zijn er wellicht andere geschiktere locaties aan te wijzen?
5. Passen de voor Strijpen/De Berk geambieerde natuurtypen wel bij dit gebied gezien de historie? Zijn er inderdaad hogere potenties?



4 Plan van aanpak nader onderzoek

4.1 Zwartenbergse polder

De belangrijkste kennisleemte voor het realiseren van schrale vegetaties in de Zwartenbergse polder betreft de oorsprong en kwaliteit van het grondwater, omdat dit invloed kan hebben op de potenties voor nat schraalland en vochtig hooiland.

Hiervoor worden twee peilbuizen geplaatst met elk twee filters (feitelijk dus vier meetlocaties). Daarbij zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- De eerste peilbuis wordt vrij dicht bij de Halsche vliet geplaatst, de tweede wat verder naar het westen.
- Beide peilbuizen krijgen twee filters: een ondiepe net onder de (verwachtte) GLG en een diepere bovenin de formatie van Bortel (op ongeveer $\frac{3}{4}$ van de laag).
- In het gebied wordt in de toekomst heringericht (afgraving). Dit vormt een risico bij het plaatsen van de peilbuizen. Een alternatief is om geen peilbuizen te plaatsen maar de grondwaterkwaliteit (éénmalig) te meten met behulp van lysimeters; maar mogelijk is de bemonstering daarvoor te diep.

In de peilbuizen worden de stijghoogte en de grondwaterkwaliteit gemeten. Hoewel het om een zeer beperkt aantal metingen gaat kan hier wel uit blijken of er inderdaad sprake is van kwel vanuit de Formatie van Bortel. De grondwaterkwaliteit alsmede een eventueel verschil tussen de kwaliteit in de buizen geeft informatie over de herkomst van het grondwater: betreft dit geïnfiltrerd oppervlaktewater uit sloten of de Halsche Vliet of betreft dit (regionaal) grondwater vanaf de hogere zandgronden. Heeft de kwelsituatie en de kwaliteit van het grondwater nog gevolgen voor op de verwachte natuurdoelen?

Daarnaast kan het zinvol zijn oppervlaktewaterkwaliteit te meten in de sloten, de Halsche vliet en de Mark, tenzij het waterschap daar al metingen van heeft.

4.2 Kelsdonk/Zwermlaken

De kennisleemten ten aanzien van het realiseren van schrale vegetaties zijn:

1. Is het mogelijk trilveen te realiseren op de aangewezen locaties, gezien de grondwater en bodemcondities?
2. Zijn er binnen het plangebied andere locaties die hogere potenties hebben, als gekeken wordt naar de bodem en de kwaliteit van het toestromende grondwater?
3. Hoe (diep) werden petgaten historisch uitgegraven en welke aanbevelingen voor de inrichting en beheer van de petgaten kunnen worden gegeven (bijvoorbeeld: diepte uitgraving, peil, mate van isolatie, etc.)
4. Is uitspoeling vanuit naastgelegen gronden een belemmerende factor voor de ontwikkeling van trilveen?
5. Bij nieuwe of verbreding van watergangen, is het dan mogelijk om schrale natuur te ontwikkelen op (flauwe) oevers en welke (inrichtings)maatregelen zijn daarvoor nodig?



Het plan van aanpak voor het nader onderzoek bestaat uit:

- Het meten van een EGV-profiel (met een prikstok) en/of een boring door enkele bestaande (dichtgegroeide) petgaten met als doel om te bepalen hoe diep ze oorspronkelijk zijn uitgegraven en hoe de kwaliteit van het bodem/grondwater verloopt (vraag 3);
- Meting van de ondiepe grondwaterkwaliteit op de 12 locaties waar trilveen de ambitie is (vraag 1) en twee extra locaties in de natte kern (vraag 2);
- Het nemen van bodemonsters tot op de diepte van uitgraving op de op de 12 locaties waar trilveen de ambitie is en deze analyseren op alle macro-ionen (vraag 1). Idem twee extra locaties in de natte kern (vraag 2);
- Het bepalen van de bodemopbouw (klei- en veendikte) op deze locaties (vraag 3);
- Het uitvoeren van bodemonderzoek op enkele naastgelegen percelen (steekproef) om de kans op uitspoeling te bepalen en dit extrapoleren naar de rest van het gebied op basis van de eerder uitgevoerde bemonsteringen;
- Het uitvoeren van bodemonderzoek (steekproef) op enkele oevers waar herinrichting gaat plaatsvinden (vraag 5).

4.3 Strijpen/De Berk

In §3.3 zijn de volgende kennisleemten en onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Welk effect hebben het opzetten van het waterpeil van de aangrenzende sloot en het ontgraven ten behoeve van moeras en zoete plas op de grondwaterstanden (en kwel) van het bestaande trilveen?
2. Wat wordt de (water)kwaliteit van de zoete plassen en het moeras? Is er een groot risico op algen- of kroosbloei door nalevering van fosfaat of eventueel aanvoer van voedselrijk grondwater?
3. Is rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar zonder afgraving van de bouwvoor of niet? Wordt dit zonder afgraving inderdaad brandnetelbos? Hoe diep moet worden afgegraven om dit te voorkomen?
4. Zijn de twee (nieuwe) locaties waar trilveen is daarvoor (het meest) geschikt? Zijn er wellicht andere geschiktere locaties aan te wijzen?

De mate waarin nader onderzoek gewenst of noodzakelijk is hangt mede af van de gewenste ambitie en de wenselijkheid voor eventuele (extra) afgraving.

Voorgesteld wordt nader onderzoek te doen naar deze kennisleemten:

1. Grondwatermodellering van de toekomstige situatie met nieuwe peilen en afgraving.
2. Bemonstering van de bodem en poriewater op de diepte waar moeras wordt gerealiseerd en beoordeling van de resultaten;
3. Bemonstering van de bouwvoor en 20 cm daaronder om te bepalen of rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar is zonder afgraving.
4. In overleg met de beheerder selecteren kansrijkere locaties voor de petgaten en vervolgens bemonstering van die locaties (conform onderzoeksplan Zwerm-laken);
5. Eerst in overleg bepalen waar een hoger ambitieniveau gewenst is (en waar niet) en vervolgens nader onderzoek aan bodem en grondwater.

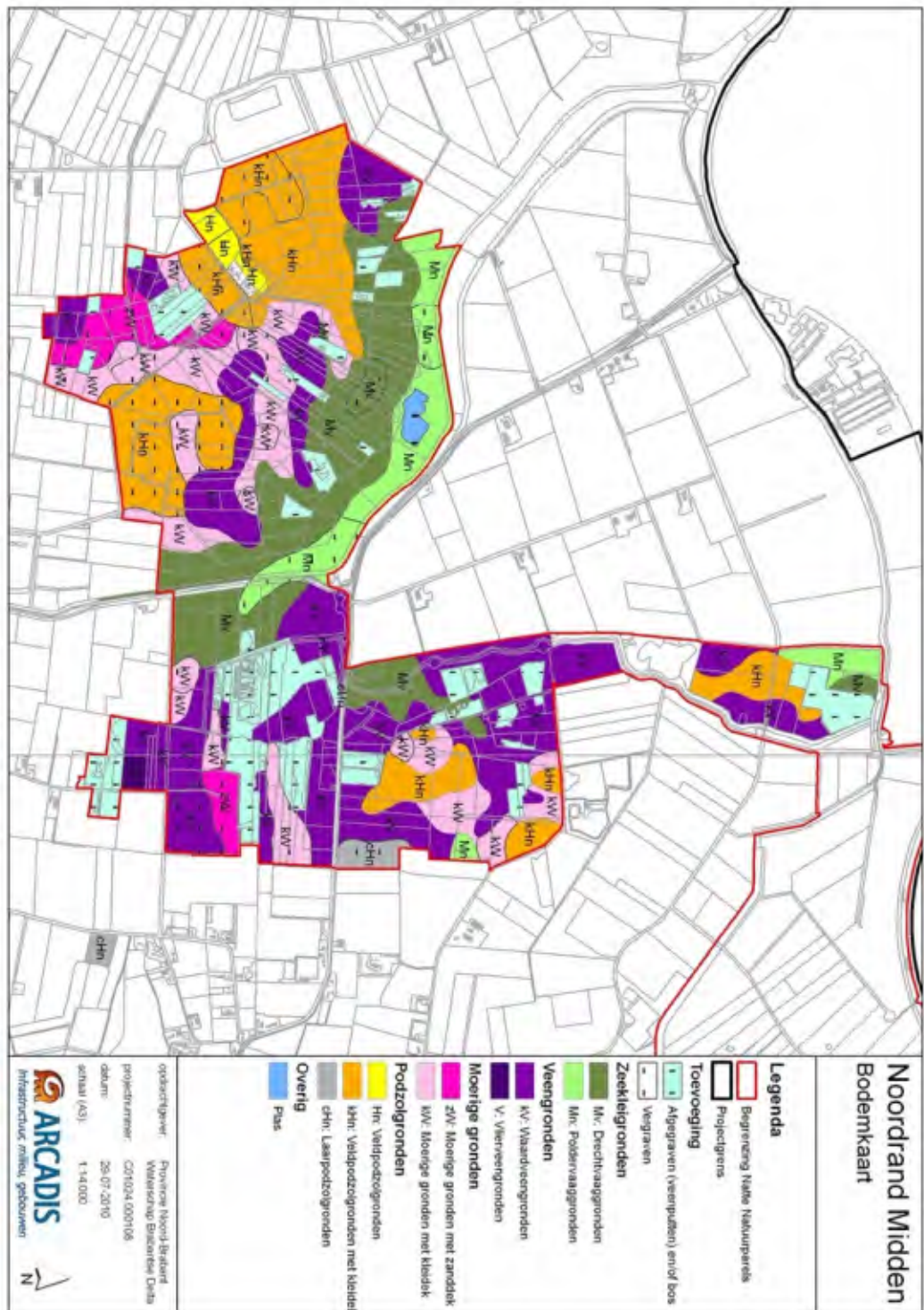


5 Literatuur

- Ellenkamp, G.R. 2007. Cultuurhistorische en aardkundige waarden in plangebied Noordrandmidden; een cultuurhistorische verwachtings- en beleidsadvieskaart (concept). RAAP Archeologisch adviesbureau bv. i.o.v. Waterschap Brabantse Delta.
- Jorna, F.J., 2008. Integrale Gebiedsanalyse Noordrandmidden. Royal Haskoning DHV i.o.v. Waterschap Brabantse Delta.
- Pranger, D.P. & M.E. Tolman, 2008. Vegetatiekartering Haagse beemden, Brabantse wal en Oost- en Noordwaard 2008. EGG-rapport 761EGG-pt in opdracht van SBB Regio Zuid.
- Van Eerde, L.A.A. & G.C. Maarleveld, 1954. Verkenningsonderzoek naar het voorkomen van leem in enige gebieden van Noord-Brabant. StiBoKa, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/415820>
- Waterschap Brabantse Delta, 2010. Systeemanalyse en natuurdoelen NNP'S Noordrand Midden (eindconcept).



Bijlage I Bodemkaart





Bijlage II Indicatieve plantensoorten

In de tekst wordt gebruikt gemaakt van indicatieve plantensoorten.
Hiervoor is onderstaande indeling gebruikt.

basenrijk	kwelindicatie
Echte koekoeksbloem Gevleugeld hertshooi Gewone dotterbloem Hartbladig puntmos Moeraszegge Moesdistel Paddenrus Puntig fonteinkruid Reuzenpaardenstaart Rietorchis Spits / Plat fonteinkruid Spits fonteinkruid Vleeskleurige orchis Zeegroene zegge	Biezenknoppen Brede waterpest Grote boterbloem Grote waterranonkel Kransvederkruid Ongelijkbladig fonteinkruid Veldrus Waterviolier
zuur	zwak gebufferd
Fraai veenmos Geoord veenmos Gewimperd veenmos Gewoon veenmos Glanzend veenmos Moeraskartelblad Moerasviooltje Sterzegge WATERAARDBEI Zompzegge Zwarte zegge	Bruine snavelbies Duizendknoopfonteinkruid Kleinste egelskop Pilvaren Stijve / Kruipende moerasweegbree Stijve moerasweegbree Veelstengelige waterbies Vlottende bies

Bijlage C Haalbaarheidsstudie natuurdoelen Strippen – de Berk

Haalbaarheidsstudie natuurdoelen Strijpen-De Berk



Eindrapportage

Opdrachtgever: Arcadis • Projectnummer: PR-22.062 • Rapportnummer: RP-22.062.22.83

• Datum: 10-11-2022

Auteurs: Daniël Tak, Roos Loeb & Rob van de Haterd

Niets uit dit rapport mag worden gereproduceerd, opnieuw vastgelegd, vermenigvuldigd of uitgegeven door middel van druk, fotokopie, microfilm, langs elektronische of elektromagnetische weg of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Titel rapport:

Haalbaarheidsstudie natuurdoelen Strijpen-De Berk

Opdrachtgever: Arcadis

Auteurs:

Daniël Tak, Roos Loeb, Rob van de Haterd

Rapportnummer: RP-22.062.22.83

Foto voorzijde: Daniël Tak

Informatie:

Onderzoekcentrum B-WARE B.V.

Postbus 6558

6503 GB Nijmegen

Tel: 024-2122206

r.loeb@b-ware.eu

© Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen, 2021/ Bureau Waardenburg, Culemborg.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Inleiding	4
Gebiedsbeschrijving en vraagstelling	4
Abiotische randvoorwaarden	11
Gebiedsbeschrijving Strijpen-De Berk.....	13
Materiaal en methode	14
Veldwerk	14
Chemische analyses	16
Berekening verschrallingsduur	17
Advies introductie soorten	17
Resultaten, knelpunten en advies	19
Bodem- en grondwatermetingen	19
Bodemprofielen	19
Referentie, locaties 1, 13 en 14	20
Strijpen landbouwpercelen.....	23
De Berk, locaties 2 t/m 9 + 40	30
De Berk, locaties 10, 11 en 12	36
De Berk, locaties 15-19	38
De Berk, locaties 20-25 + 38 en 39	41
De Berk, locaties 36 en 37 (transecten)	45
Introductie soorten	48
Conclusies	50
(Her)introductie soorten.....	55
Hydrologie	55
Aanleg petgaten.....	56
Beantwoording onderzoeksvragen	58
Literatuur	60
Bijlagen.....	62
Belang fosfaatlimitatie.....	62
Fosfaatbeschikbaarheid	62
Verschrallingsmaatregelen	64
Berekening verschrallingsduur	68
Aanvullende (beheer)maatregelen	68
Advies introductie soorten	69
Lijst met relevante plantensoorten	71
Pyrietoxidatie	72
Karakteristieken en beperkingen voor verschillende verlandingsstypen	74
Bodemchemische data	78
Ligging monsterpunten.....	82

Inleiding

Gebiedsbeschrijving en vraagstelling

In opdracht van de provincie Noord-Brabant, het waterschap Brabantse Delta en Staatsbosbeheer hebben Arcadis en Bureau Waardenburg een inrichtingsplan opgesteld voor “Noordrand Midden-West” (NRW-W). Een van de deelgebieden is Strijpen/de Berk. Dit is een gebied ten noorden van Etten-Leur en ten westen van Prinsenbeek. Het onderzoeksgebied bestaat uit een stuk broekbos en hooiland met petgaten en omliggende (voormalige) landbouwgronden (figuur 1). Uitgangspunt voor de herinrichting is de opgestelde natuurambitiekaart.

Er is een eenvoudige landschapsecologische systeemanalyse (LESA) gemaakt voor het gebied (figuur 2; Van de Haterd, 2021), waarin potenties en leemten in kennis zijn beschreven met betrekking tot de realisatie van de beoogde natuurambitie. Uit de landschapsecologische systeemanalyse bleek dat de doelen op enkele plekken kunnen worden aangescherpt (figuur 1), omdat er hier mogelijk potenties liggen voor waardevolle natuurtypen. Voor dit deel van het gebied is onderzoekscentrum B-WARE gevraagd om potenties van het inrichtingsplan te onderzoeken.

Aan de hand van de LESA zijn voor het deelgebied Strijpen/de Berk de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Zijn de twee aangewezen locaties De Berk (zie *Veldonderzoek*) geschikt voor trilveen?
2. Is het mogelijk om in het noordoosten van het gebied (Strijpen) (hei)schraal grasland te ontwikkelen met een zone met zwak gebufferde soorten langs de sloot?
3. Is de realisatie van nat schraalland of vochtig hooiland mogelijk, lettend op fosfaatconcentraties en bodembuffering? Moet hiervoor afgegraven worden? Zo ja, hoe ver?
4. Wat zijn de potenties in verhouding tot de bestaande natuurwaardes van referentielocaties in het gebied?
5. Hoe dik is de afdekkende kleilaag waar dynamisch moeras gewenst is en wat is de kwaliteit van de bodem na afgraven?
6. Is rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar zonder afgraven van de bouwvoor of wordt dit dan een brandnetelbos? Hoe diep zou er moeten worden afgegraven?
7. Kunnen de gewenste (planten)soorten het gebied bereiken? Met name bij meer zeldzame natuur, zoals trilveen of nat schraalland, die over het algemeen gefragmenteerd voorkomt.

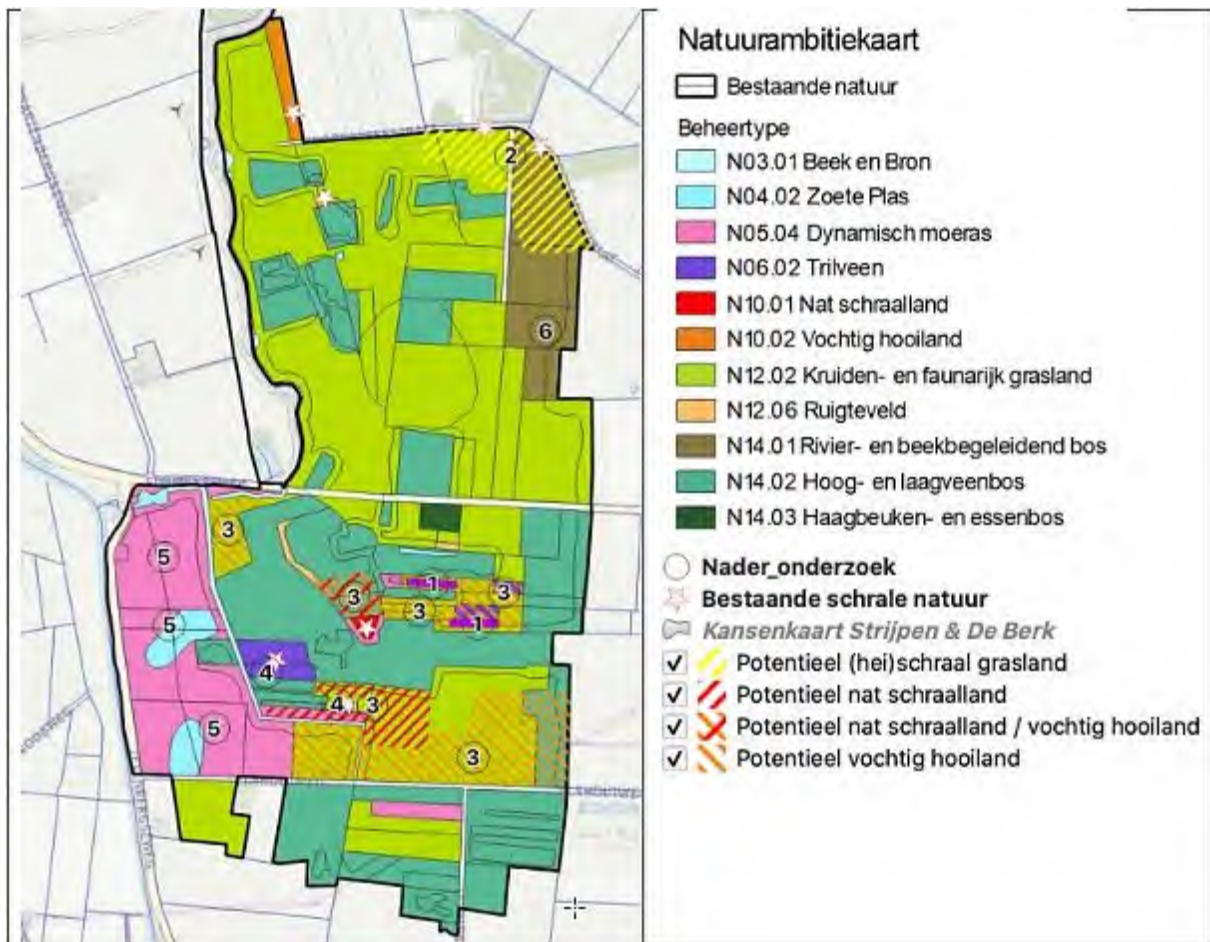


Figuur 1. De ligging van de onderzochte percelen. Luchtfoto: PDOK.

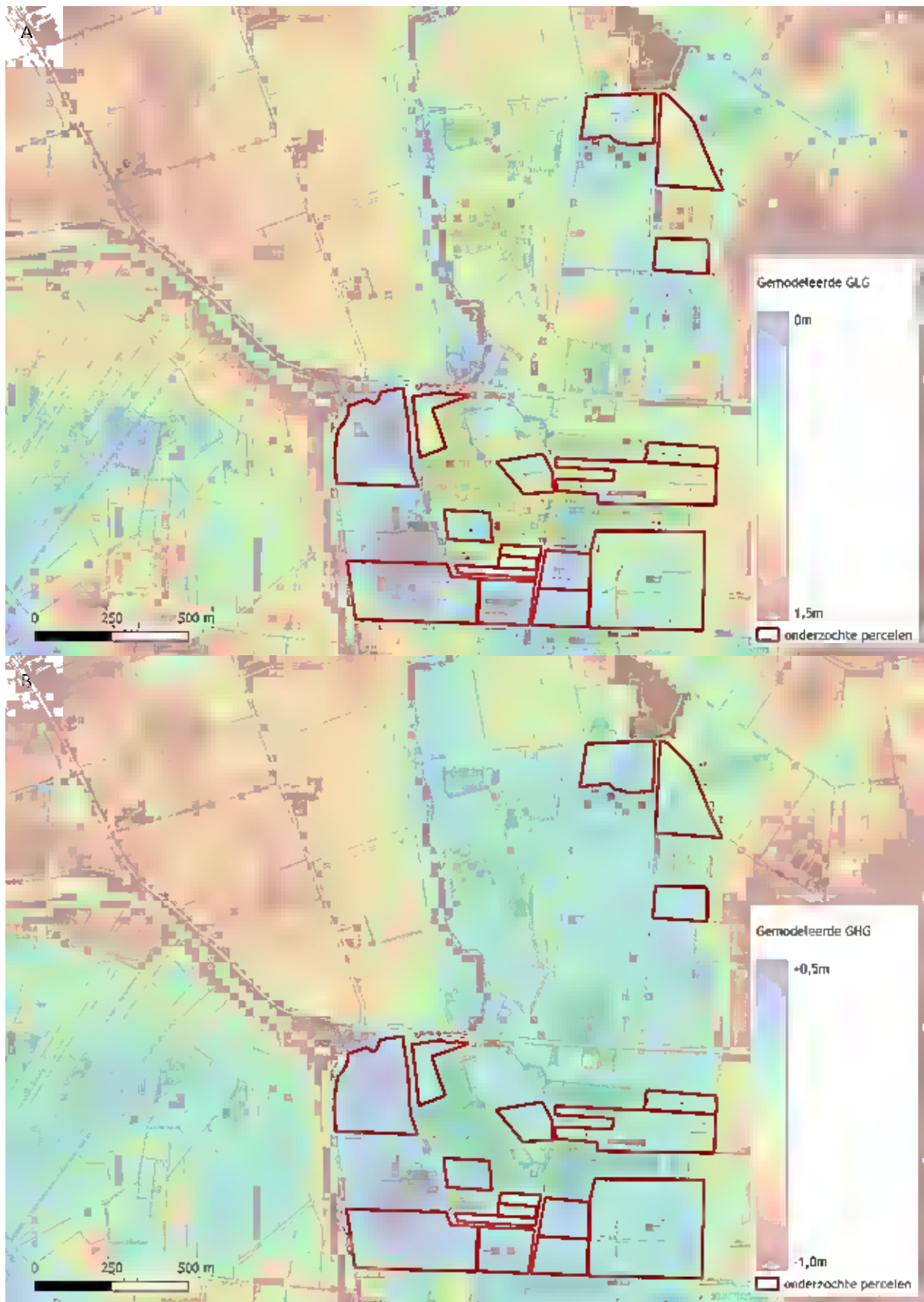
Vroeger werd in een deel van dit gebied veen gestoken. Dit is in sommige delen van het gebied nog steeds terug te zien. Het deelgebied Strijpen/De Berk is een samenvoeging van Strijpen ten noorden van de Strijpenseweg en De Berk dat ten zuiden van deze weg gelegen is. Strijpen is een natuurgebied dat grenst aan de Halsche Vliet. Vochtige graslanden worden afgewisseld met kleine bosjes en rietkragen. De Berk bestaat voor een groot gedeelte uit nat Elzenbroekbos dat vermoedelijk is ontstaan op gronden waar veen is gewonnen. Een kenmerkend punt in De Berk zijn de veenputten. Naast oude veenputten met een bijzondere kleine zeggenvegetatie zijn hier ongeveer 15 jaar geleden een aantal nieuwe veenputten ontgraven (hierna locatie 13 genoemd).

Aan de hand van de plannen die er op dit moment liggen ten aanzien van ontgronding en peilverandering zijn de laagste grondwaterstand (GLG; figuur 3.A) en de hoogste grondwaterstand (GHG; figuur 3.B) berekend door Arcadis. In het model is op de percelen waar volgens de LESA potenties waren voor schrale graslanden uitgegaan van een maaiveldverlaging van 20 cm. Op de locaties van de aan te leggen petgaten is uitgegaan van 80 cm maaiveldverlaging waar petgaten worden aangelegd, en in de toekomstige moeras-/ruigtezone circa 40 cm. In de rest van het gebied is geen maaiveldverlaging toegepast. De figuren geven de GLG en GHG ten opzichte van in het model gebruikte huidige maaiveldhoogte. In tabel 1 is te zien wat de berekende GHG en GLG zijn ten opzichte van het huidige maaiveld, waarbij uit is gegaan van de gedetailleerde maaiveldhoogte uit het AHN. Het gebied is een nat gebied: ten opzichte van het huidige maaiveld zou de hoogste grondwaterstand gemiddeld op 7 cm onder maaiveld uitkomen, met een minimum van 40 cm onder maaiveld in het noordoosten van het gebied en een maximum van 36 cm boven het huidige maaiveld in de toekomstige moeras-/ruigtezone in het zuidwesten. Deze laatste hoge grondwaterstanden zijn mogelijk sterk beïnvloed door de aanname dat er hier grootschalig afgegraven gaat worden. De

gemiddeld laagste standen worden berekend op 66 cm onder maaiveld, met uitschieters tot meer dan een meter onder maaiveld, wat aan de lage kant is voor vochtige of natte natuurdoeltypen.



Figuur 2. kaart van het onderzoeksgebied met de huidige natuurambities en de potenties volgens de LESA (Van de Haterd, 2021).



Figuur 3. De gemodelleerde GLG (boven) en GLG (onder) zoals deze verwacht worden na het uitvoeren van de huidige plannen.

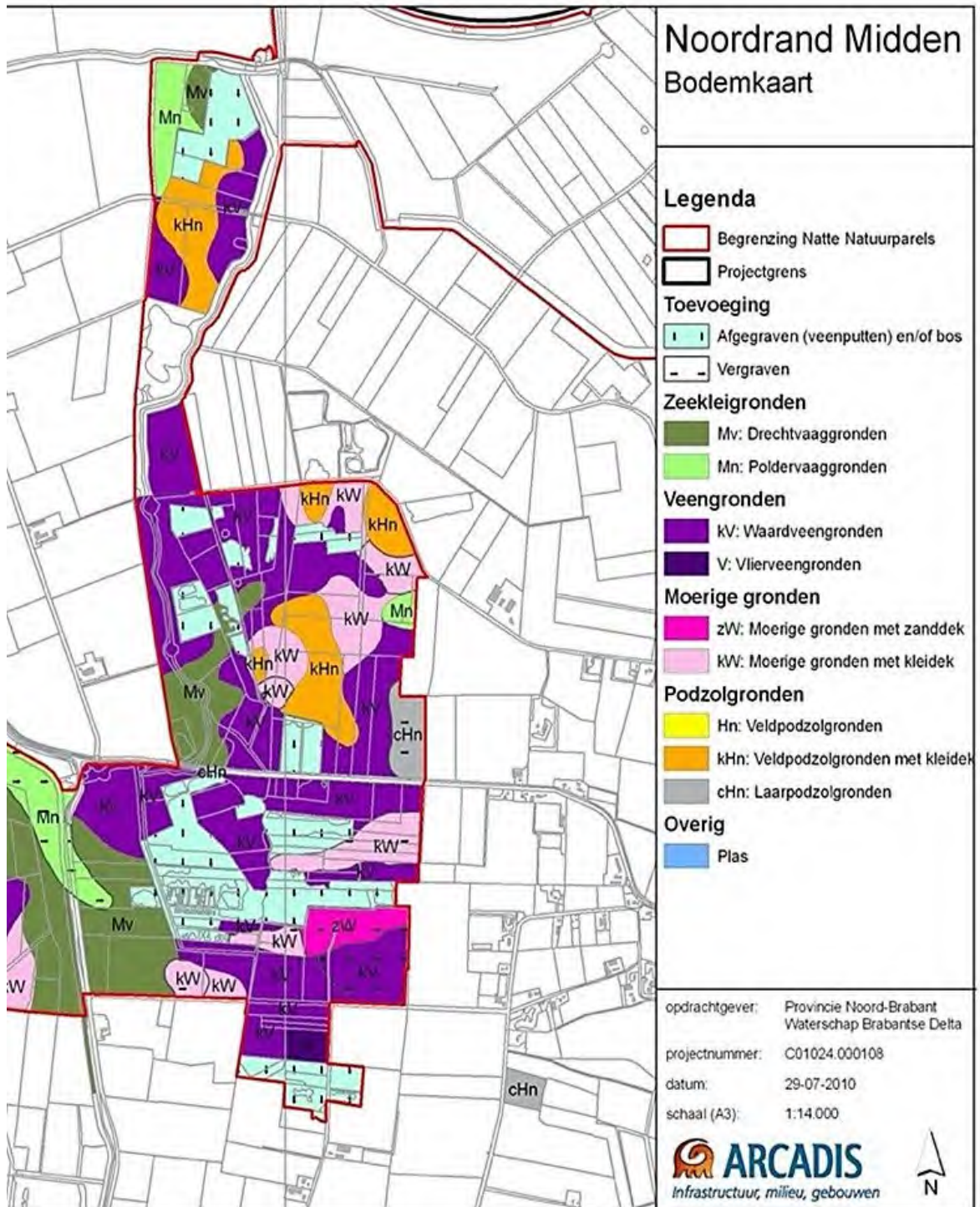
Tabel 1. Locaties met hun huidige maaiveld volgens AHN (m +NAP), het maaiveld dat in het model gebruikt is (m_ref) 25mx25m grid),, de afgravingsdiepte in het model (mv diff), de gemodelleerde GHG (cm onder huidig maaiveld volgens AHN), GVG (cm onder huidig maaiveld volgens AHN) en GLG (cm onder huidig maaiveld volgens AHN).

locatie	Huidig mv (m+NAP)	mv_ref	Afgraving model (m)	GHG	GVG	GLG
1	-0,17	-0,22	0	2	9	64
2	0,12	0,2	0,2	20	43	115
3	-0,11	-0,13	0,2	22	29	64
4	-0,09	-0,1	0	0	8	69
5	0,24	0,24	0,2	39	63	114
6	0,21	0,09	0,2	38	63	115
7	-0,03	-0,12	0,2	28	34	95
8	-0,27	-0,26	0,8	-8	-5	53
9	-0,05	-0,06	0,2	20	36	100
10	-0,06	-0,01	0,2	14	30	109
11	-0,38	-0,33	0,2	4	10	60
12	-0,41	-0,38	0,2	0	5	58
13	-0,17	-0,21	0	10	13	63
14	0	-0,06	0,2	25	36	102
15	-0,12	-0,04	0,2	12	24	91
16	-0,16	-0,03	0,2	8	20	71
17	-0,36	-0,36	0,2	3	5	44
18	-0,49	-0,48	0,2	-10	-8	26
19	-0,42	-0,45	0,2	-2	0	37
20	-0,27	-0,24	0,2	12	16	58
21	-0,3	-0,29	0,2	9	11	65
22	-0,26	-0,2	0,2	13	17	71
23	-0,32	-0,28	0,2	8	17	77
24	-0,29	-0,3	0,2	11	13	70
25	-0,28	-0,26	0,2	13	28	84
26	-0,12	-0,18	0	5	11	66
27	0,05	0,01	0,2	34	58	110
28	-0,28	-0,37	0,2	24	37	76
29	-0,43	-0,11	0,2	29	44	59
30	-0,07	-0,1	0,2	25	47	95
31	-0,03	-0,12	0,2	32	57	98
32	-0,37	0,58	0,2	4	32	63
33	0	0,04	0,2	28	62	108
34	-0,04	-0,13	0,2	40	68	102
35	-0,34	0,12	0	12	33	52

locatie	Huidig mv (m+NAP)	mv_ref	Afgraving model (m)	GHG	GVG	GLG
36	0,12	0,25	0	-29	-24	40
36,1	0,34	0,59	0	12	32	90
36,2	-0,04	0,4	0	-20	-11	59
36,3	-0,27	0,25	0	-31	-26	38
36,4	-0,27	-0,08	0,39	9	11	54
36,5	-0,28	-0,06	0,35	5	7	55
37	0,74	-0,32	0,33	-2	0	38
37,1	0	0,06	0	-25	-17	28
37,2	-0,1	-0,29	0	-36	-34	7
37,3	-0,21	-0,28	0,3	-5	-3	38
37,4	-0,32	-0,26	0,32	1	3	43
37,5	-0,12	-0,32	0,33	-4	-2	36
37,6	-0,53	-0,32	0,25	-9	-7	32
37,7	-0,15	-0,26	0,2	-7	-4	30
38	0,1	-0,17	0,2	24	29	67
39	-0,25	-0,5	0,2	-14	-12	17
40	-0,26	-0,05	0	-9	18	73

In figuur 4 wordt een gedetailleerde bodemkaart weergegeven. De onderzoekpercelen in het noorden van Strijpen liggen op veldpodzolen met een kleidek, moerige gronden met kleidek en waardveengronden. De veldpodzolen zijn ontstaan onder infiltratie bij vrij hoge grondwaterstanden.

Voor de andere twee typen heeft het grondwater nog hoger gestaan: hier is onder permanent natte omstandigheden veen gevormd, waarop later door inbraken van de zee een kleidek is afgezet. In De Berk bestaat de bodem ook uit waardveengronden en moerige gronden met kleidek en in het oosten deel met zanddek. Naar het westen van de Berk neemt de dikte van het klei- en zavelpakket toe: hier kunnen deze bodems als drechtvaaggrond geclassificeerd worden. In het centrum van de Berk liggen ook delen waar het kleipakket weg is gehaald en waar vroeger veen gewonnen werd. Dit zijn botanisch gezien de best ontwikkelde delen.



Figuur 4. Uitsnede van de bodemkaart van het gebied. Bron: Arcadis

Abiotische randvoorwaarden

De kansen voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden worden sterk bepaald door de bodemchemische condities van de bodem en de hydrologie. Wat betreft de bodemchemie en de potenties voor natuurontwikkeling dan worden deze het best weergegeven door de fosfaatbeschikbaarheid (Olsen-P en totaal-P-concentraties) en de mate van buffering van de bodem (pH-H₂O of pH-NaCl, en Ca-NaCl). In

tabel 2 worden de abiotische randvoorwaarden aangegeven voor de voor Strijpen-De Berk relevante natuurbeheertypen. Hier zouden, naast de doelen kruidenrijk grasland en rivier- en beekbegeleidend bos, mogelijk na verschraling ook Vochtig hooiland (Dotterbloemhooiland) ook Nat schraalland (Blauwgrasland, Kleine zeggenmoeras of Vochtig heischraal grasland) of moeras (Rietmoeras, Grote zeggenmoeras) mogelijk zijn. Voor het rivier- en beekbegeleidend bos zijn de lepenrijk Essenverbond en Verbond van Els en Es de meest waarschijnlijke types. Het wilgenverbond is minder waarschijnlijk, omdat er geen overstroming met rivierwater plaatsvindt in het gebied. Kruiden- en faunarijk grasland is een botanisch vrij breed gedefinieerd type, dat ook bij hoge voedselrijkdom nog aanwezig is. Voor de ontwikkeling van een bloemrijke variant, is echter een niet al te eutrofe bodem nodig. De meeste van deze natuurbeheer- en habitattypen kunnen op verschillende soorten substraat voorkomen, maar voor echte oligo-mesotrofe typen is een (dikke) kleilaag niet geschikt. Heischraal grasland komt voor op zandig en moerig substraat en blauwgrasland soms nog op een dunne kleilaag op veen.

Trilveen, waarvan de ontwikkeling beoogd is na de aanleg van de petgaten, ontwikkelt zijn eigen substraat. Het is echter wel sterk afhankelijk van de waterkwaliteit, substraat en de vorm van het petgat of zich hier botanisch trilveen kan ontwikkelen. In het kader in het hoofdstuk conclusies staat samengevat wat de abiotische vereisten voor trilveenontwikkeling zijn.

Voorwaarde bij de ontwikkeling van soortenrijke voedselarme systemen blijft de lage fosfaatbeschikbaarheid voor planten (zie Bijlagen Belang van fosfaatlimitatie, Fosfaatbeschikbaarheid, Verschralingsmaatregelen & Aanvullende (beheer)maatregelen). De metingen van de Olsen-P (en totaal-P) concentraties zijn dan ook in belangrijke mate leidend in de natuurontwikkelingskansen.

Tabel 2. Abiotische randvoorwaarden (optimumranges) voor de habitattypen en natuurbeheertypen Nat schraalland, Vochtig hooiland, Moeras, Rivierbegeleidend bos en de bloemrijke variant van Kruiden- en faunarijk grasland. Gemiddelde hoogste (GHG) en laagste (GLG) grondwaterstand, pH-H₂O en fosfaatconcentraties in de bodem van enkele natte (grondwaterafhankelijke) natuurbeheertypen (optimumranges). Bronnen: Ertsen e.a. (2005); Onderzoekcentrum B-WARE, niet gepubliceerde data; Waterlood terrestrisch 3.0.4; De Becker (2004).

Natuurbeheertype	Specificatie	Olsen-P	totaal-P	pH-H ₂ O	pH-NaCl	Ca-NaCl	GHG	GLG
Nat schraalland	Nat heischraal grasland	150 - 400	0,5 - 2,5	3,8 - 6,0	3,5 - 5,5	3-10	0 - -40	-40 - -120
	Kleine zeggenmoeras (Verbond van Zwarte Zegge)	100 - 500	1 - 6	4,5 - 6,5	3,5 - 5,0	10 - 50	+20 - -20	-40 - -80
	Blauwgrasland	200 - 500	2 - 10	5,0 - 6,5	4,0 - 5,0	10 - 50	0 - -25	-40 - -80
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland	300 - 800	3 - 10	5,0 - 7,0	(4-) 5-7	>10	+20 - -20	-40 - -80
Moeras	Grote zeggenmoeras	300-800	8 - 20	5,0-7,0	4,0-6,0	5 - 50	+20 - 0	+10 - -50
	Rietmoeras	300-1000	2 - 15	>5,0	>4,0	10-100	+20 - 0	+10 - -40
Rivier- en beekbegeleidend bos	Iepenrijk Eiken-Essenbos + verbond van Els en Es	500-1500	5 - 15	5,5-7	4,5-6	15-50	< 0	(<0)- <-60
Kruiden- en faunarijk grasland (Bloemrijk grasland)		(<)900 - 1200	5 - 15	5,0 - 8,0	4,0 - 7,0	5 - 50	nvt	> -20

Gebiedsbeschrijving Strijpen-De Berk

Het onderzoeksgebied ligt op de overgang van de hoger gelegen zandgronden ten zuiden en het zeekleigebied met de rivier de Mark en (verder weg) het Hollands Diep. Er is redelijk wat hoogteverschil in dit gebied, van ongeveer 1 meter onder NAP ten oosten van Zwartberg (ten noorden van Strijpen) tot 9 meter boven NAP richting Etten Leur (ten zuiden van de Berk). Op dit moment geldt in het gebied een maximum en minimum oppervlaktewaterpeil. In de Halsche vliet en een deel van Strijpen/De Berk geldt een zomerpeil van -0,7 en een winterpeil van -0,8 m+NAP. In het natuurgebied van Strijpen/De Berk geldt een max/min peil van -0,2/-0,4.

De afzettingen die in plangebied aan of nabij het oppervlak voorkomen zijn afgezet in het Pleistoceen (2,3 miljoen jaar geleden - 10.000 jaar geleden) en het daaropvolgende Holoceen (10.000 jaar geleden - heden). De ondergrond van het onderzoeksgebied bestaat uit een dikke pakketten met zand en grind afgewisseld met meestal wat dunner kleilagen. In het Vroeg Pleistoceen zijn pakketten met fijnere en grovere riviersediment afgezet.

Strijpen en de Berk zijn van oudsher vrij natte gebieden waar enkele kritische soorten voorkomen. Met name in de Berk komen nog bijzondere soorten voor. De floristische waarden bevinden zich in de bossen, de petgaten, enkele schraallanden en recent geplagde percelen.

De dominantie van moeraszegge in De Berk is een sterke indicatie dat hier basenrijk kwel tot aan het maaiveld komt. In Strijpen beperken de kwelindicatoren zich tot de sloten en de zone parallel aan het Halsche Vliet. De aanwezigheid van soorten als zoals vlottende bies, pilvaren, stijve moerasweegbree en duizendknoopfonteinkruidgeven aan dat het om voedselarm (maar minder basenrijk) water gaat.

Materiaal en methode

Veldwerk

Voorafgaand aan het veldwerk is er aan de hand van bestaande gegevens over bodemprofielen, bouwvoordikte, heterogeniteit in P-Al en toekomstige grondwaterstanden (GxG's) een bemonsteringsplan opgesteld. Het veldwerk is uitgevoerd op 1, 4 en 5 juli 2022. Alle bodemboringen zijn gedaan met een edelmanboor. Grondwater is overnacht genomen doormiddel van keramische cups.

De volgende bodem- en watermonsters zijn verzameld:

- Om onderzoeksvraag 2 te kunnen beantwoorden, zijn op de locaties die geschikt lijken voor (hei)schraal grasland (27 t/m 35) bodemmonsters genomen in drie raaien richting de sloot. De punten het verste van de sloot gelegen (27, 30 en 33) zijn 0-10cm van de bouwvoor en 0-10cm onder de bouwvoor bemonsterd. De middelste punten (28, 31 en 34) zijn bemonsterd op 0-10, 10-20 en 20-30cm onder de bouwvoor. De locaties het dichtste bij de sloot (29, 32 en 35) zijn bemonsterd op 4 dieptes verticaal verdeeld tussen de onderkant van het bouwvoor en de bodem van de sloot. De slootbodem lag op 80 cm onder maaiveld. Maaiveld, waterstand en slootdiepte zijn ingemeten met een dGPS. Een oppervlaktewatermonster is genomen om de kwaliteit van het slootwater te bepalen. Dit kan inzicht geven in de kwaliteit van het grondwater dat hier uittreedt.
- Op de percelen waar nat schraalland of vochtig hooiland als potentie benoemd is, is elke keer op 3 dieptes bemonsterd. Aan de hand van de opbouw van de bovenste 50 cm van de bodem zijn 3 dieptes in verschillende lagen (bouwvoor, (ijzerrijk) zand, klei, veen) gekozen. Tevens werd op het traject van 4-6 en 5-9 aan de hand van het bodemprofiel de meest geschikte locatie voor een petgat aan de hand van de dikte en diepte van de veenlaag bepaald. Op deze locaties (4 en 8) is ook de onderste 10cm van het veen en de bovenste 10cm van het onderliggende zand. Verder zijn lysimeters geplaatst op een diepte van een meter om porievocht te bemonsterd om onderzoeksvraag 1 te kunnen beantwoorden.
Ten westen van deze percelen liggen twee percelen (locaties 2 en 3) waar de bovenste en onderste 10 cm van de kleilaag en de bovenste 10 cm van de onderliggende veenlaag zijn bemonsterd.
Op de locaties 15-17 is de bovenste 0-10 en 10-20 cm van de kleilaag en de bovenste 10 cm van het veen bemonsterd.
Verder is er op de locaties 10-12 in het noordwesten van De Berk en op de locaties 18-25 bemonsterd op een diepte van 0-10 cm en op 0-10 en 10-20cm van de laag onder de klei of bouwvoor. Op locatie 18 is daarnaast ook een monster genomen van de veenband (~10 cm) in de kleilaag.
Als laatste is op de locaties 38 en 39 bemonsterd op 0-10,10-20 en 20-30 cm.
- Om de potenties in verhouding met de al bestaande natuur te kunnen vergelijken (onderzoeksvraag 4) zijn er op 3 referentielocaties (1, 13 en 14) vegetatiebeschrijvingen gemaakt en bodemmonsters genomen op 0-10 en 10-20 cm (1 en 13) en op 0-10 en 20-30 cm (14).
- Voor het bepalen van de dikte van de kleilaag op de percelen voor het dynamisch moeras (locaties 36 en 37, onderzoeksvraag 5) is in twee transecten het bodemprofiel bepaald. De transecten zijn van de Zevenbergseweg naar het Halsche Vliet (dus van west naar oost)

gelopen. Op het punt met de dikste klei- en veenlaag is 0-10 cm van het onderliggende zand bemonsterd.

- Om te bepalen of een rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar is zonder afgravingen van de bovenste laag, zijn op de locaties 26 in Strijpen en 40 in De Berk monsters genomen van 0-20 en 20-30cm.



Figuur 5. Ligging van de monsterlocaties en de potenties natuurtypen per perceel. Kaart: PDOK OpenTopo.

Chemische analyses

Bodemanalyses

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 24 uur bij 70°C. Uit het vaste volume van deze bakjes werd de bodemdichtheid berekend. De fractie organische 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 goed overeen met de fractie organisch materiaal in de bodem.

Olsen-extractie

Plantbeschikbaar fosfaat werd met behulp van een Olsen-extractie (Olsen et al., 1954) bepaald. De fosfaatconcentratie bepaald met een Olsen-extractie is sterk gecorreleerd met de opname van P door de vegetatie en geeft een goede voorspelling van de soortenrijkdom van halfnatuurlijke graslanden (Gilbert et al., 2009). 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 mol l⁻¹ natriumbicarbonaat (NaHCO_3) toegevoegd. Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 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.

Zoutextractie (NaCl-extractie)

Bij een natriumchloride(zout)-extractie worden aan het bodemadsorptiecomplex gebonden kationen verdrongen door natrium. Met deze extractie kan onder andere de pH, ammonium- en nitraatbeschikbaarheid van de bodem bepaald worden en de concentratie kationen aan het kationadsorptiecomplex van de bodem. Voor een zoutextractie werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml 0,2 mol l⁻¹ natriumchloride (NaCl) toegevoegd. Gedurende 60 minuten werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (100 r.p.m.) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon rhizons en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse.

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 milliQ water. De monsters werden in polyethyleenpotjes bij 4 °C bewaard voor verdere analyse.

Oppervlaktewater- en grondwateranalyses

De pH van het grondwater werd gemeten met een standaard Ag/AgCl-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC, som van CO_2 en HCO_3^-) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De concentraties CO_2 en HCO_3^- werden met behulp van het pH-evenwicht berekend uit de concentraties totaal anorganisch koolstof. De alkaliniteit van het oppervlaktewater werd bepaald door een deel van het monster te titreren met verdund zoutzuur tot pH 4,2. De monsters voor de autoanalyser werden

bewaard bij een temperatuur van -20°C tot aan de analyse. De monsters voor de ICP werden aangezuurd voor analyse en gekoeld bewaard bij 4°C.

De analyses van calcium, magnesium, kalium, ijzer, aluminium, silicium, zink, mangaan, totaal fosfor en totaal zwavel en Olsen-P werden uitgevoerd met behulp van Inductief Gekoppeld Plasma - Optische Emissie Spectrometrie (ICP-OES, ICAP 6300, Thermo Fisher Scientific; of ARCOS MV, Spectro). Nitraat ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) en ammonium, orthofosfaat werden colorimetrisch bepaald met behulp van een Seal auto-analyser III.

Concentraties in de bodem zijn uitgedrukt per liter bodem omdat dit een beter beeld geeft van de daadwerkelijk voor planten beschikbare concentratie dan uitgedrukt per massa-eenheid.

Berekening verschralingsduur

Als uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat, dan is verschalingsbeheer nodig om soortenrijke natuurstreken tot ontwikkeling te kunnen laten komen. Verschaling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschaling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P-concentratie een indicatieve verschralingsduur berekend worden.

De verschralingsduur 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 standaardwaarde 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 Olsen-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 verschralingsperiode gelijk blijft. Wanneer we hiervoor zouden corrigeren (veranderende (Ca+Fe)/P-ratio) valt de verschralingsduur 10-20% lager uit. Het is echter te verwachten dat de effectiviteit van de verschaling pas in de laatste fase afneemt, waardoor de P-afvoer van 10 kg/ha/jaar niet meer wordt gehaald en de verschralingsduur eerder hoger uit zou vallen. De gehanteerde formule lijkt overall dan ook een goed beeld te geven van de indicatieve verschralingsduur. Verder is de ondergrens voor de totaal-P streefconcentratie gesteld op 3 mmol/l. Voor uitmijnen kan de verschralingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

Advies introductie soorten

Zoals in de inleiding aangegeven zijn voor de ontwikkeling van een vegetatie naast de juiste abiotische omstandigheden ook de 'juiste' plantensoorten nodig. Planten verspreiden zich via zogenaamde diasporen (zaden of plantfragmenten zoals wortelstokken). Elke plantensoort heeft één of meerdere verspreidingsmechanismen, vaak gekoppeld aan het habitat waar de soort in voorkomt; zo verspreiden

water- en oeverplanten verspreiden zich vaak via lang drijvende zaden of wortelstokken en hebben planten van graslanden vaak zaden met windverspreiding (denk aan vliegende paardenbloemzaadjes). Daarnaast verspreiden plantenzaden zich via vogels en door menselijk toedoen, zoals onder een wandelschoen of met de maaimachine, maar hier gaat toeval een grote rol spelen. Het merendeel van de zaden valt relatief dicht bij de plant en slechts een klein deel komt verder dan enkele tientallen meters en verder dan enkele kilometers wordt de kans op effectieve verspreiding erg klein (zie bijv. Van de Haterd et al. 2018). Uitzondering vormen sporenplanten (o.a. varens), mossen en korstmossen, deze verspreiden zich over vele kilometers via de wind. Voor succesvolle kolonisatie zijn in theorie maar enkele zaden nodig die op de goede plek vallen, maar in praktijk gaan veel zaden verloren omdat ze verkeerd terechtkomen, niet kunnen kiemen of als zaailing verloren gaan door bijvoorbeeld droogte of vraat. Op basis van de ervaring van B-Ware & Science4Natura (ongepubliceerde gegevens) blijkt dat enkele honderden zaden nodig zijn om een redelijke mate van zekerheid te hebben dat een soort een (abiotisch geschikt) terrein koloniseert.

Voor een goede ontwikkeling van een beheertype zijn een drietal categoriën planten nodig:

1. Een aantal SNL-meetsoorten (dit zijn kritischere, minder algemene soorten), zodat voldaan kan worden aan kwaliteitsniveau midden van het beheertype. Voor beheertype trilveen, nat schraalland en vochtig hooiland zijn er in totaal 82 SNL meetsoorten flora (website Bij12). Op deze (landelijke) SNL-lijst staan ook soorten die in dit gebied niet te verwachten zijn (zoals wilde kievitsbloem). Hier is rekening mee gehouden; er zijn maar een beperkt aantal soorten 'nodig' om het kwaliteitsniveau te halen. Daarnaast mogen bepaalde faunasoorten en bepaalde Rode Lijstsoorten ook meetellen. In praktijk is het zonder een significant aantal plantensoorten onmogelijk om het kwaliteitsniveau midden te halen;
2. Een aantal algemene soorten die vaak aspectbepalend voorkomen in het beheertype om een enigszins gevarieerde vegetatie kunnen vormen. Deze lijst (en de volgende) is gebaseerd op expert-judgement;
3. Specifieke soorten voor bepaalde ecologische functies. Voor trilvenen zijn zogenaamde biobouwers nodig, zoals krabbenscheer, waterdrieblad, snavelzegge, draadzegge of kleine lisdodde, die drijvende kragges kunnen vormen (). Voor graslanden kunnen grote ratelaar of rode ogentroost als half-parasiet een rol spelen in het onderdrukken van het grassen en het stimuleren van kruiden. Enkele van deze soorten zijn ook al opgenomen als meetsoort of aspectbepalende soort.

In de Bijlage Lijst met relevante plantensoorten is de lijst met relevante plantensoorten voor de beheertypen nat schraalland (N10.01), vochtig hooiland N10.02) en trilveen (N06.02) opgenomen. Voor deze rapportage is het voorkomen van deze soorten in heden (en verleden) van deze soorten in beide deelgebieden onderzocht op basis van de gegevens uit de Nationale Databank Flora en Fauna, aangevuld met eigen veldwaarnemingen tijdens het project.

Resultaten, knelpunten en advies

Bodem- en grondwatermetingen

De tabellen van de belangrijkste bodemchemische parameters per gebied zijn te vinden bij de resultaten en adviezen van desbetreffende gebieden, net als de metingen van het oppervlakte water of bodemvocht waar van toepassing. Opvallend was dat over het algemeen de toplagen op de locaties erg voedselrijk waren en de diepere lagen een stuk schraller. Tabel 3 geeft de classificatie van de bodemchemie weer. Overige resultaten zijn te vinden in de bijlage.

Tabel 3. classificatie van bodemchemische data.

P-Olsen	P-totaal	P-NaCl	pH-NaCl	Al-t	Ca-t	Ca-z	Fe-t	NO3-NaCl	NH4-NaCl
<200	<1,5	0-4	<4,0	<150	<10	<2.000	<20	<100	<100
200-350	1,5-2,5	5-10	4,0-5,5	150-250	10-20	2.000-4.000	20-50	100-200	100-200
350-500	2,5-5	>10	5,5-6,0	250-400	20-30	4.000-8.000	50-100	200-300	200-300
500-600	5-7		>6,0	400-750	30-50	8.000-15.000	100-150	>300	>300
600-800	7-10			>750	50-80	15.000-40.000	150-300		
>800	>10				>80	>40.000	>300		

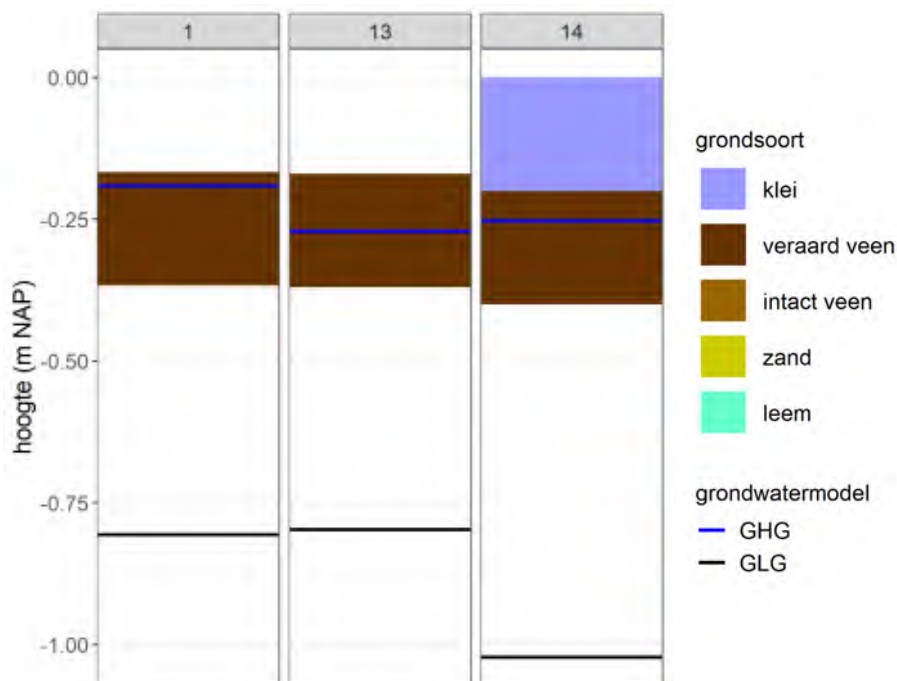
Bodemprofielen

De bodemopbouw varieerde sterk van elkaar op de verschillende locaties. Over het algemeen was de toplaag direct onder het maaiveld klei of in sommige gevallen zand. Bij locatie 7 en bij een van de locaties van het transect bij locatie 36 (figuur 30) is een laag leem gevonden.

De bevindingen van het veldwerk, chemische analyses en de adviezen zullen per deelgebied behandeld worden. Hierbij wordt er bij de grondwaterstanden (GXG's) altijd gepraat over de gemodelleerde GXG ten opzichte van het huidige maaiveld.

Referentie, locaties 1, 13 en 14

De referentielocaties 1 en 13 werden gekenmerkt door een dikke laag intact veen. Bij locatie 14 was een laag klei van 20 cm aanwezig voor er intact veen werd aangetroffen (figuur 6).



Figuur 6. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Op zowel locatie 1 en 13 werd een open zeggenvegetatie aangetroffen. Locatie 1 betrof een kleine zeggenvegetatie met een open bodem onder zeer natte omstandigheden (plas-dras) met (in volgorde van bedekking) moerasstruisgras, wateraardbei, waterdrieblad, gewone wederik, pijpenstrootje, waternavel, veenmos, draadzegge, riet, snavelzegge, melkeppe, zwarte zegge en poelruit (figuur 7). De vegetatie stond op een drijvende kragge in een petgat dat enkele decennia geleden was aangelegd. In de bodem werd een pH-NaCl van 5,0 gemeten op beide bemonsterde dieptes (0-10 en 10-20 cm). Verder was de fosfaatbeschikbaarheid 110 en respectievelijk 71 mmol P-Olsen/l bodem en de concentratie totaal-fosfor 1,6 en 2,4 mmol/l bodem (tabel 4, figuur 8). Deze kraggevegetatie laat zien welke lokale potenties er aanwezig zijn voor de ontwikkeling van een trilveenachtige vegetatie in nieuw te graven petgaten.

Op locatie 13, een rib van een tussen de 30-40 jaar geleden gegraven petgaten, lag een redelijk ontwikkelde, vrij open kleine zeggenvegetatie met bijmenging van wat soorten van schraalgrasland, zoals gewoon puntmos en moerasviooltje (dominant) en ook zwarte zegge, pijpenstrootje, biezknoppen, geelgroene zegge, moerasstruisgras en waternavel. De locatie was iets droger. Vermoedelijk stond het grondwater hier 1-2 dm onder maaiveld. Wat betreft de bodemchemie viel op dat, vergeleken met locatie 1, de bodem wat zuurder was, met een pH-NaCl van 4,2 en 4,1 voor de dieptes 0-10 en 10-20 cm. De fosfaatbeschikbaarheid en concentratie totaal-fosfor waren vergelijkbaar met locatie 1.

In tegenstelling tot locatie 1 en 13, lag locatie 14 niet direct op intact veen. Het veen werd hier bedekt door een 20 cm dikke kleilaag. Dit was terug te zien in zowel de vegetatie als de bodemchemie. De locatie was een stuk droger dan de andere twee referentielocaties. Het kleidek was eutroof, met

een fosfaatbeschikbaarheid van 1022 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ en een concentratie totaal-fosfor van 8,6 mmol/l. Daarnaast waren zowel de kleilaag als het onderliggende veen met een pH-NaCl van respectievelijk 3,9 en 3,8 vrij zuur. De vegetatie betrof een gesloten, matig ontwikkeld schraalgrasland met plaatselijk dominantie van moerasviooltje. Graslandsoorten die hier aanwezig waren, waren onder meer moerasstruisgras, gewoon reukgras, riet, kale jonker, veelbloemige veldbies, tormentil, pijpenstrootje, biezenknoppen, gewone wederik, knoopkruid en moerasrolklaver. Langs de oostrand van het perceel was de vegetatie wat ruiger en kwamen grote zeggen in de vegetatie voor.

Het ging bij locatie 14 dus om een vrij eutrofe en zure bodem met een matig ontwikkeld schraalgrasland. De veenlaag onder de klei had een P-beschikbaarheid van 418 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem, waarmee de bodem qua voedselrijkdom beter paste bij een schraalgrasland. Op locaties 13 was te zien hoe een schraalgrasland zich hier op veen kan ontwikkelen.

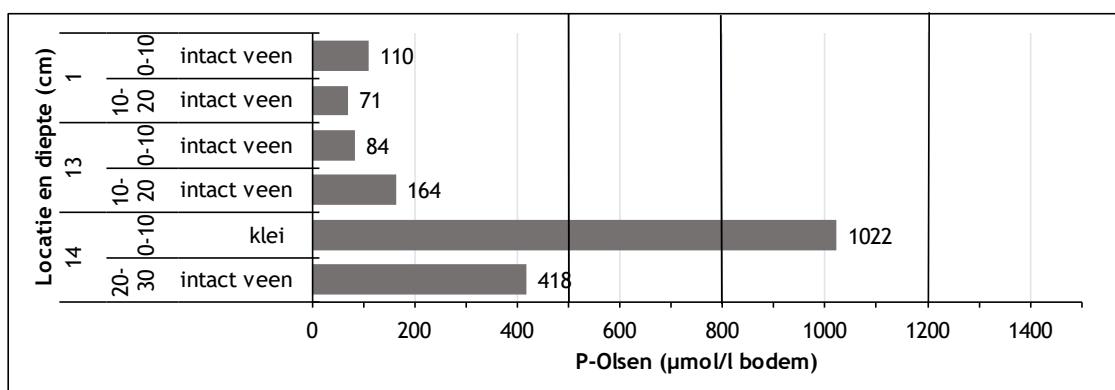
Advies: Ondanks dat locatie 14 meegenomen is bij de referenties, betreft het eigenlijk een vrij matig ontwikkeld schraalgrasland. Voor een betere ontwikkeling zou bij locatie 14 de kleilaag afgegraven kunnen worden. De veenlaag was dan echter wel nog vrij zuur, wat mogelijk een gevolg is van verzuring door verlaagde grondwaterstanden. Eventueel zou er ook licht bekalkt kunnen worden, maar dan moet er opgepast worden dat er niet te overmatig wordt bekalkt, wat mineralisatie van veen zou kunnen bevorderen. Op deze locatie zou de aanvoer van gebufferd grondwater een positief effect kunnen hebben op de verder ontwikkeling van de vegetatie.



Figuur 7. De open kleine-zeggenvegetatie op locatie 1 (linksboven) en op de ribben tussen de petgaten op locatie 13 (rechtsboven). Onder het matig ontwikkeld schraalgrasland op locatie 14.

Tabel 4. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodems. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschralingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

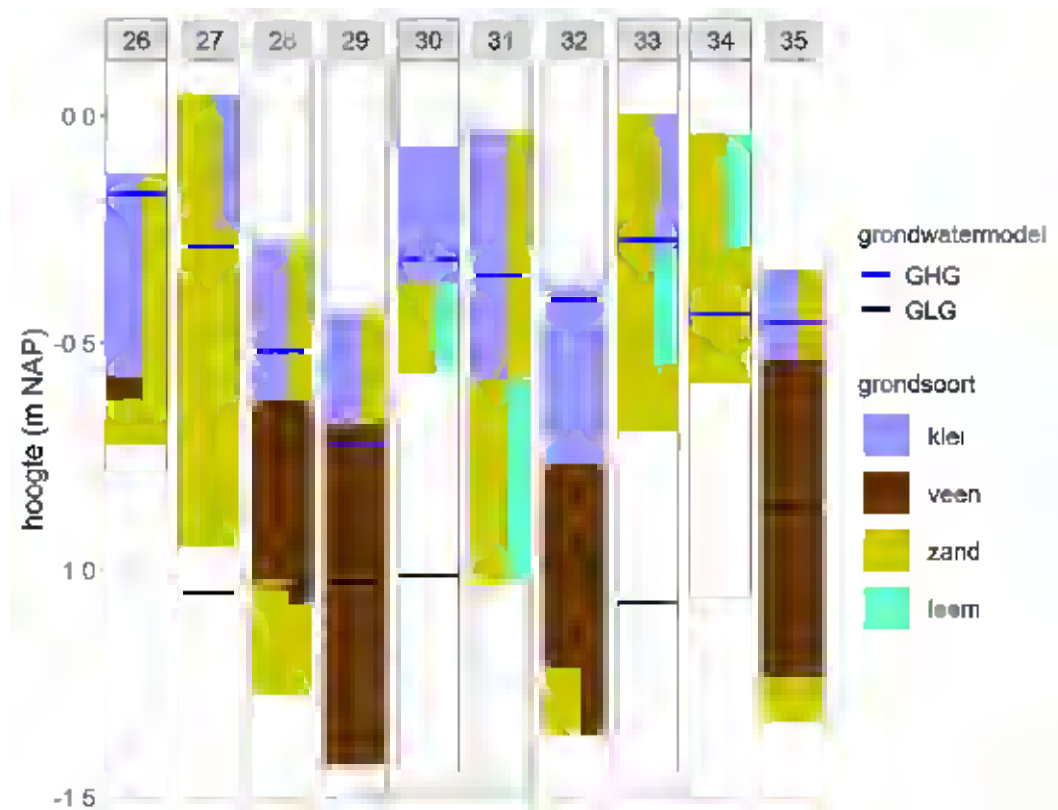
locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
1 0-10 intact veen	89	110	5	24	9	1,6	15	5,0	6	415	8128	5,1	207	2	9	64	0	0	0
1 10-20 intact veen	85	71	9	35	12	2,4	26	5,0	4	266	12370	5,0	473				0	0	0
13 0-10 intact veen	89	84	9	44	55	2,5	33	4,2	2	781	14077	1,3	385	10	13	63	0	0	0
13 10-20 intact veen	75	164	28	66	186	4,0	42	4,1	15	703	17824	0,5	257				0	0	0
14 0-10 klei	16	1022	588	46	331	8,6	26	3,9	0	132	16835	2,7	195	25	36	102	14	6	0
14 20-30 intact veen	53	418	121	40	163	3,8	31	3,8	195	169	14161	1,2	459				0	0	0



Figuur 8. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaardes van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

Strijpen landbouwpercelen

In het noorden van het onderzoeksgebied, aan de Hooglaarsestraat, lagen de monsterlocaties 27-35 waar kruidenrijk grasland het doel is een rivier- en beekbegeleidend. Mogelijk zijn hier potenties aanwezig voor heischrale vegetatie. Monsterlocatie 26 had als doel rivier- en beekbegeleidend bos.



Figuur 9. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Vanwege de bijzondere soorten in die eerder gemeld waren uit de randsloot (stijve moerasweegbree, veldrus, waterviolier, geelgroene zegge, ongelijkbladig fonteinkruid, spits fonteinkruid, duizendknoopfonteinkruid, pilvaren, kransvederkruid) was het vermoeden dat die sloot lokale kwel ontvangt vanaf de zuidelijk gelegen zandopduikingen. Tijdens het veldbezoek zijn veldrus en geelgroene zegge wel gevonden, maar de overige soorten niet. Stijve moerasweegbree is vrijwel zeker verwisselt met slanke waterweegbree. Verder van de sloot af (27-28, 30-31 en 33-34) en in het perceel bij locatie 26 was de vegetatie vrij soortenarm en werden vooral soorten als gestreepte witbol, kruipende boterbloem, veldzuring, kropaar gevonden (figuur 10). Bij locatie 26 was ook veel perzikkruid aanwezig.



Figuur 10. locatie 26 (linksboven), locatie 28 kijkend richting de locaties 30-32 (rechtsboven) en de sloot bij locatie 32.

De locatie langs de sloot (29, 32 en 35) leken erg op elkaar. Deze locaties bestonden uit een toplaag van zanderig klei (20-40 cm) met daaronder een laag intact veen. De vegetatie langs de oever liet zich het beste omschrijven als een grazige rietoevers, met veel riet, pitrus, moerasrolklaver, tormentil, melkeppe, gestreepte witbol, beemdlangbloem, reukgras en gewoon struisgras. Her en der zijn ook egelboterbloem, veldrus, geelgroene zegge en gewone waterbies aangetroffen. Ook de bodemchemische analyse liet potentie zien voor de ontwikkeling van schrale vegetaties bij afgraven. Op deze locaties is bemonsterd op verschillende dieptes vanaf de bouwvoor tot ongeveer de diepte van de slootbodem. Met de concentraties plantbeschikbaar fosfaat van $<200 \mu\text{mol P-Olsen/l}$ bij 29 en 35 en $<300 \mu\text{mol/l}$ bij 32 en concentraties totaal-fosfor van $<5 \text{ mmol/l}$ waren de bodems schraal genoeg op 15-40 cm onder maaiveld. De buffering van de bodems was ook op orde met een pH-NaCl tussen 4,0 en 5,5. De uitzonderingen hierop waren de kleilaag (15-25 cm) op locatie 29, die vrij voedselrijk was (P-Olsen $478 \mu\text{mol/l}$ en P-totaal 9 mmol/l) en de bovenste veenlaag (40-50 cm) bij 32 en de kleilaag (20-30 cm) plus bovenste veenlaag (30-40 cm) bij 35 waar de bodem te zuur was (pH-NaCl 3,1 - 3,4). Het slootwater had een vrij hoge bicarbonaatconcentratie ($3500 \mu\text{mol/l}$) en is met een alkaliniteit van $4,3 \text{ meq/l}$ goed gebufferd (tabel 6). Hiermee wordt de hypothese ontkracht dat er sprake is van voeding met lokaal, zacht grondwater. Het water bevatte vrij lage nutriëntenconcentraties.

Locatie 29 was met een pH-NaCl van 4,7 en P-Olsen van 94 $\mu\text{mol/l}$ de veenlaag al vanaf 35 cm zeer geschikt voor nat schraalland. Op de locaties 32 en 35 is in de bovenste bemonsterde veenlaag (40-50 cm) een pH-NaCl van respectievelijk 3,1 en 3,3 gemeten en is daardoor te zuur voor een goed ontwikkeld vochtig nat schraalland. Vanaf 50 cm was de pH-NaCl een stuk hoger (4,6) en is daarmee wel geschikt voor nat schraalland. Echter leek er in de bodem, gezien de hoge S-NaCl (5 tot 10 mmol/l) en de lage pH-NaCl van de bovenste veenlaag (40-50 cm), pyrietoxidatie op te treden. De voedselrijkdom is in alle bemonsterde lagen met intact veen laag genoeg voor heischraal grasland (tussen 100 en 300 μmol P-Olsen/l bodem bij 32 en tussen de 50 en 70 μmol P-Olsen/l bodem bij 35).

De locaties 27-28, 30-31 en 33-34 lagen verder weg van de sloot. Locatie 27 lag iets hoger in het landschap ten opzicht van de rest van het perceel en werd gekenmerkt door een dikke zandlaag (minimaal 1 m), waarvan de bovenste 30 cm iets organisch was. De toplaag (0-10 cm) was vrij rijk met een concentratie plantbeschikbaar fosfaat van 1249 μmol P-Olsen/l bodem en een totaal-fosforconcentratie van 14 mmol/l. Vanaf 30 cm was de bodem een stuk schraler met een P-Olsen van 208 $\mu\text{mol/l}$ en een concentratie totaal-fosfor van 2 mmol/l. De pH-NaCl was in het diepere monster iets hoger (5,4) dan in de toplaag (4,7). De gemodelleerde toekomstige GHG en GLG ten opzichte van het huidige maaiveld op deze locatie zijn ongeveer -35 en -110 cm. Op dit moment heeft locatie 27 potentie voor een kruidenrijk grasland.

In tegenstelling tot locatie 27, lag er bij locaties 30 en 33 een 30 cm dikke kleilaag op het zand. Ook hier waren de toplagen erg voedselrijk met plantbeschikbare fosfaatconcentraties <1200 $\mu\text{mol/l}$ en concentratie totaal-fosfor van ongeveer 15 mmol/l. Opvallend waren de hoge nitraatconcentraties die gemeten zijn bij locatie 33. Figuur 11 laat zien dat er in het veld lijnen door de vegetatie liepen, die waarschijnlijk een indicatie zijn van recentelijk bemesten. Op een diepte 30 cm was de nitraatconcentratie al een stuk lager. Voor beide locaties wordt een gemodelleerde grondwaterstand tussen de 25 (GHG) en 100 (GLG) onder het huidige maaiveld verwacht. Op dit moment ligt op locatie 30 de potentie voor kruidenrijk grasland. Bij 33 was de nitraatconcentratie momenteel erg hoog in de toplaag. Op een diepte van 20 cm werd een lagere nitraatconcentratie gemeten (346 $\mu\text{mol/l}$).



Figuur 11. De vegetatie bij locatie 33.

Het bodemprofiel van locatie 28 bestond uit een laag zanderig klei van 35 cm, een laag veraard veen en vanaf 75 cm zand. Op deze locatie zijn de bovenste 10, 20 en 30 cm van de veenlaag bemonsterd. Het veen was schraal (concentratie P-Olsen <200 µmol/l en concentratie P-totaal 3-4 mmol/l) en de bodem was goed gebufferd (pH-NaCl tussen 4,0 en 4,5). De toplaag is hier niet geanalyseerd, echter op basis van de gegevens van locatie 27 en vegetatie aangetroffen is de verwachting dat deze locatie potentie heeft voor kruidenrijk grasland. Het veraarde veen vanaf 35 cm onder het maaiveld was geschikt voor blauwgrasland, mits er afstroom van het water richting de sloot mogelijk is. De gemodelleerde GHG komt in de toekomst op ongeveer 24cm en de GLG 76 cm onder het huidige maaiveld.

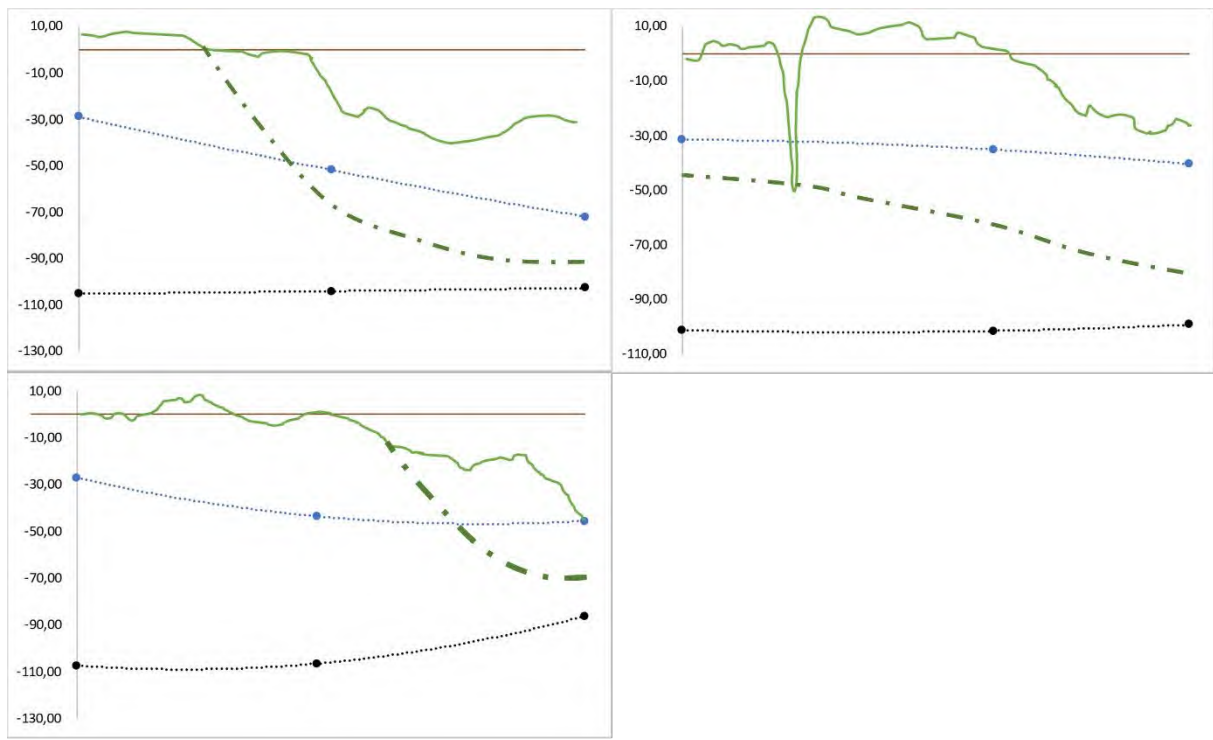
Locatie 31 bestond uit een 55 cm laag zanderige bruine klei, met daaronder wit zand. Locatie 34 bestond uit een toplaag van erg organische zand, met daaronder wit zand. Op beide locaties is het witte zand op 0-10, 10-20 en 20-30 cm onder deze toplagen bemonsterd. Chemische analyse liet zien dat hierbij de bovenste dieptes iets rijker zijn (concentratie P-Olsen tussen 250 en 300 µmol/l en concentratie P-totaal tussen 3,0 en 5,0) dan op diepere dieptes (concentratie P-Olsen <200 µmol/l en concentratie P-totaal <3,0). De bodembuffering daarentegen was juist in deze diepere monsters iets hoger (pH-NaCl < 5,5) en beter bij 0-10 cm van het witte zand. Beide locaties waren vanaf bovenste laag wit zand zeer geschikt zijn voor schraal grasland.

Advies: Het huidige advies is om dichtbij de sloot ongeveer tot een diepte van 50 cm af te graven. Op deze diepte komt de meest geschikte veenlaag naar boven. Als het gewenst is, is in de hoek van locatie 29 ongeveer 35 cm afgraven al voldoende, omdat het hier minder zuur was. Door het maaiveld landinwaarts geleidelijk op te laten lopen, kan er een natuurlijke oever gecreëerd worden. Hier kan een ontwikkeling richting kleine zeggenmoeras worden ingezet. Iets hoger op het perceel is het advies om in ieder geval de voedselrijke kleilaag (25/35 cm) te verwijderen tot op het veen of zand. Hiermee worden deze locaties geschikt voor nat schraalland. Het is bekend op deze percelen oude donken liggen en ook tijdens het boren is naar boven gekomen dat er delen zijn die enkel uit zand bestaan. Op locaties met direct zand in de toplaag is het advies om niet af te graven. Deze locaties hebben potenties voor kruidenrijk grasland.

- *locatie 29: Als er besloten wordt hier tot 50 cm af te graven, bestaat er de kans dat er in de nieuwe toplaag met intact veen opnieuw pyrietoxidatie zal optreden. Om dit te voorkomen is het van belang dat het grondwaterpeil, vooral de GLG, niet te laag wordt. Dit zal verzuring door pyrietoxidatie kunnen voorkomen. Op dit moment is de verwachte GLG een halve en een meter onder het huidige maaiveld.*
- *Bij locatie 28 zal deze locatie na het afgraven van 35 cm tot het veen wel iets aan de natte kant zijn, aangezien de GHG dan volgens het model boven het maaiveld zal staan. Zolang er met afgraven rekening wordt gehouden dat er geen 'bak' ontstaat, maar dat het water richting een sloot weg kan stromen is de verwachting dat dit geen probleem zal vormen.*

Op locatie 26, waar een rivier- en beekbegeleidend bos gewenst is, is een vrij voedselrijke toplaag gemeten (concentratie P-Olsen 1542 µmol/l bodem en concentratie P-totaal 15 mmol/l). Normaal gesproken is de ondergroei in dit bostype fosfaat gelimiteerd, maar door de hoge voedselrijkdom is dat hier waarschijnlijk niet het geval. Daarom wordt hier geen goed ontwikkelde ondergroei, maar dominantie van brandnetels verwacht. De laag van 20-30 cm was met een pH-NaCl van 4,5 en een P-Olsen van 948 µmol/l meer geschikt voor een rivier- en beekbegeleidend bos. Vanaf 20 cm is de bodem beter geschikt, mits er grondwaterinvloed is om de buffering in stand te houden. Volgens het huidige model, zal de toekomstige GHG rond het huidige maaiveld zitten en de GLG op ongeveer 60 cm onder het huidige maaiveld. Qua hydrologie zou er dus niet veel meer dan 20 cm afgegraven moeten worden zodat de grondwaterstand niet te hoog komt.

Advies: 10 cm afgraven voor de ontwikkeling van rivier- en beekbegeleidend bos.



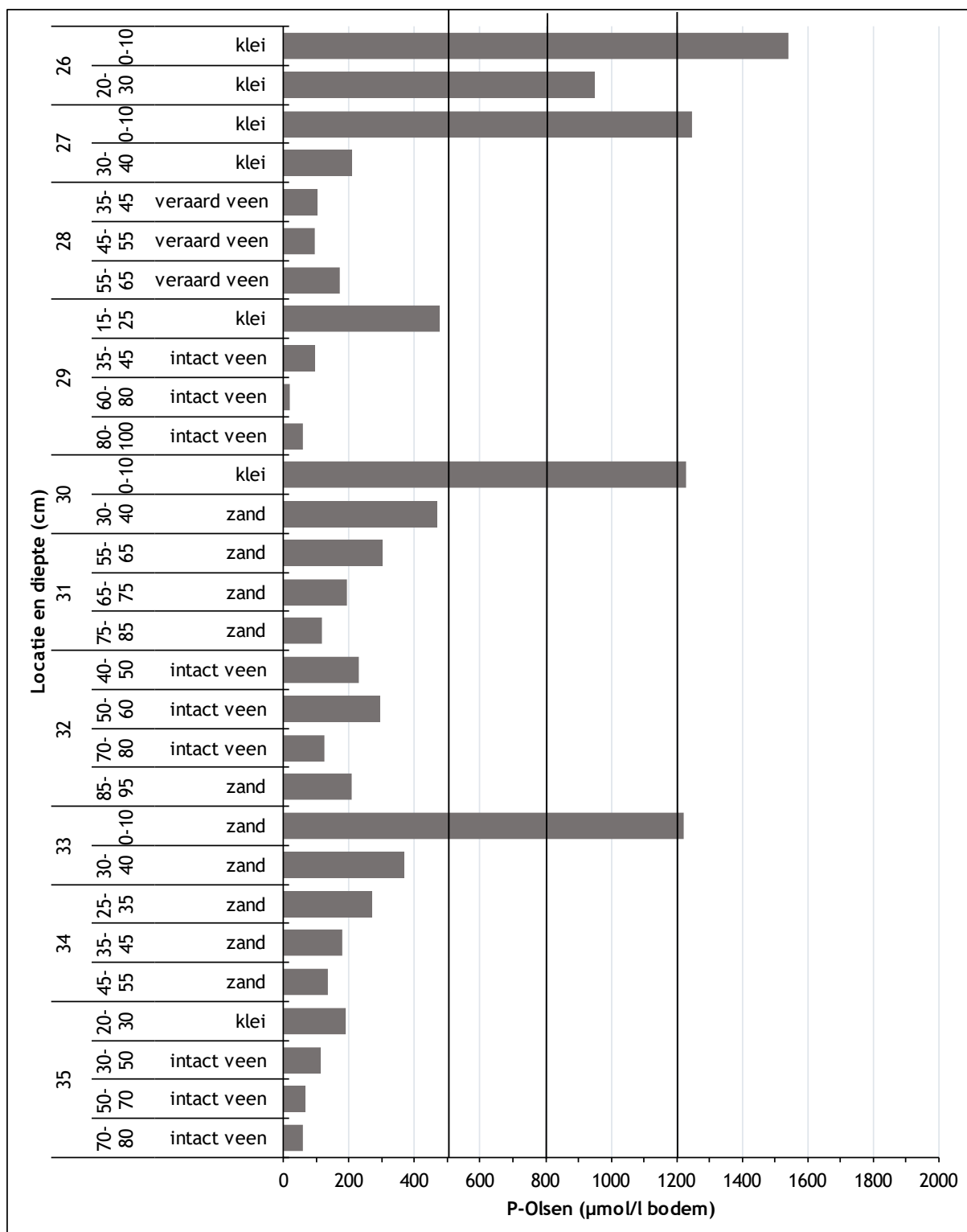
Figuur 12. Doorsnede van de raaien van 27-29 (boven) 30-32 (midden) en 33-35 (onder). Afstand tussen de twee uiterste monsterpunten van elke raai is circa 70 meter. De groene lijn is het huidige maaiveld (AHN). De gemodelleerde grondwaterstanden worden weergegeven door de blauwe (GHG) en zwarte (GLG) lijn. Groen gestippelde lijn: voorgestelde afgravingslijn.

Tabel 5. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodem. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in µmol/l bodem. Indicatieve verschralingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 µmol P-Olsen/l in jaren per bodemmonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 µmol/l (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO3-NaCl	NH4-NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
26 0-10 klei	15	1542	414	63	276	15	20	4,2	123	123	20326	1,6	190	5	11	66	31	22	10
26 20-30 klei	13	948	421	68	290	10	19	4,5	13	29	22378	0,7	597				14	5	0
27 0-10 zand	8	1249	402	65	303	14	12	4,7	113	68	20936	0,8	144	34	58	110	25	15	2
27 30-40 zand	1	208	84	20	47	2	0	5,4	33	16	7073	0,5	139				0	0	0
28 35-45 veraard veen	66	102	49	57	81	3	33	4,0	81	14	13313	0,6	808	24	37	76	0	0	0
28 45-55 veraard veen	57	94	82	66	117	4	34	4,4	93	24	17073	0,6	684				0	0	0
28 55-65 veraard veen	50	172	103	72	72	4	38	4,3	68	43	18507	0,8	1208				0	0	0
29 15-25 klei	17	478	628	92	565	9	29	4,2	373	99	27281	0,7	414	29	44	59	0	0	0
29 35-45 intact veen	73	94	76	46	87	3	39	4,7	3	23	14974	0,6	5274				0	0	0
29 60-80 intact veen	84	18	15	120	48	1	114	5,5	3	19	19167	0,8	902				0	0	0
29 80-100 intact veen	86	57	35	90	48	1	81	5,4	3	62	18561	2,2	495				0	0	0
30 0-10 klei	11	1230	493	77	350	14	19	5,0	32	25	29315	1,2	275	25	47	95	25	15	1
30 30-40 zand	3	468	313	44	117	6	10	5,6	17	35	12531	0,5	422				0	0	0
31 55-65 zand	3	301	323	46	166	5	7	5,4	113	50	12742	0,4	228	32	57	98	0	0	0
31 65-75 zand	2	194	482	36	232	3	5	5,5	48	37	12971	0,3	213				0	0	0
31 75-85 zand	3	116	854	53	552	3	4	5,5	23	31	19211	0,4	221				0	0	0
32 40-50 intact veen	44	228	54	13	160	3	98	3,1	3	279	6712	1,9	5282	4	32	63	0	0	0
32 50-60 intact veen	43	295	101	14	96	4	174	4,6	4	826	22828	1,1	9208				0	0	0
32 70-80 intact veen	34	126	185	103	116	4	168	4,6	4	885	25277	1,0	8553				0	0	0
32 85-95 zand	17	206	208	150	57	3	86	5,4	11	975	26897	0,9	4492				0	0	0
33 0-10 zand	13	1222	305	68	246	15	17	5,6	1573	19	17782	1,5	375	28	62	108	28	16	1
33 30-40 zand	4	367	305	66	87	5	9	6,0	346	45	14799	0,5	342				0	0	0
34 25-35 zand	2	268	214	23	60	3	4	5,5	277	52	9234	0,3	181	40	68	102	0	0	0
34 35-45 zand	1	180	196	20	43	2	3	5,9	140	15	7141	0,4	177				0	0	0
34 45-55 zand	1	136	218	19	44	3	3	5,9	76	12	6180	0,4	182				0	0	0
35 20-30 klei	74	191	38	17	96	4	50	3,4	49	301	8833	2,6	1934	12	33	52	0	0	0
35 30-40 intact veen	86	115	30	12	44	2	72	3,3	4	181	6192	2,4	5004				0	0	0
35 50-60 intact veen	89	66	36	16	46	2	92	4,1	3	27	16418	2,4	9430				0	0	0
35 70-80 intact veen	61	57	61	58	67	2	124	4,4	3	28	19170	1,4	9532				0	0	0

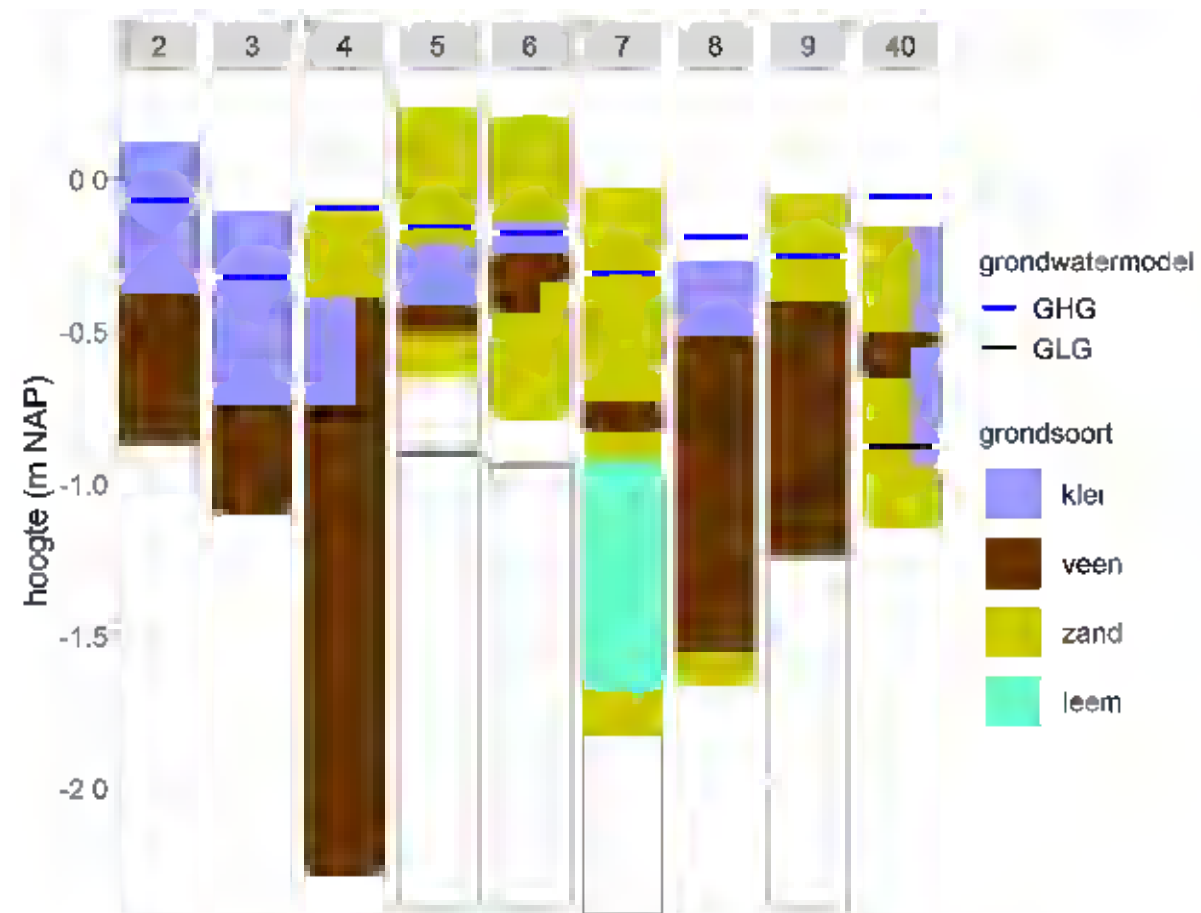
Tabel 6. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de sloot, met de alkaliniteit (alk) in meq/l, EGV in µS/cm en alle elementen in µmol/l.

	pH	alk	EGV	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Na	K	Cl	Ca	Mg	P	S
Sloot (32)	7,4	4,3	519	3504	1,9	6,7	1,4	1194	151	933	1813	689	2,23	370



Figuur 13. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaarden van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

De Berk, locaties 2 t/m 9 + 40



Figuur 14. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Bij de locaties 2 en 3 in het midden van De Berk werd in beide gevallen een kleilaag van ongeveer 50 cm aangetroffen bovenop het intacte veen. Op beide locaties was de toplaag van de klei erg eutroof. Locatie 2 had een concentratie plantbeschikbaar fosfaat van 1177 $\mu\text{mol/l}$ en een concentratie totaal-fosfor van 10 mmol/l in de toplaag. De onderste 10 cm van de klei en de bovenste 10 cm van het veen was een stuk minder voedselrijk (concentratie plantbeschikbaar fosfaat rond 230 $\mu\text{mol/l}$ en 37 mmol/l). Met een pH-NaCl tussen 4,0 en 5,5 was de bodem goed gebufferd. De hoge S-NaCl (tot 1000 $\mu\text{mol/l}$) wees erop dat er waarschijnlijk pyriet aanwezig was en er pyrietoxidatie had plaatsgevonden. De gemodelleerde GHG en GLG zullen rond 20 cm onder het huidige maaiveld zal worden en de GLG ruim 110 cm diepte. Op dit moment heeft locatie 2 potenties voor kruidenrijk grasland. In tabel 7 staat de duur voor (MA) verschrallen door maaien berekend voor bemonsterde diepte (10 cm). Het verschrallen van de bovenste 20 cm tot een concentratie P-Olsen van 800 $\mu\text{mol/l}$, voor vochtig hooiland, zal ongeveer 22 jaar duren. Een andere optie is om de bovenste 20 cm te verwijderen. Het bodemprofiel liet een toplaag van ongeveer 20 cm organische klei zien, met daaronder grijze klei en veen (figuur 15). De verwachting is dat de grijze klei op deze diepte al arm genoeg zal zijn voor schrale vegetatie. Hier is echter niet bemonsterd en dit is dus alleen een verwachting. Daarnaast zal de GLG nog steeds erg laag zijn (richting 100cm).



Figuur 15. Bodemprofiel locatie 2.

Advies: Niet afgraven en ontwikkelen tot kruidenrijk grasland. Alternatief: 20 cm afgraven voor de ontwikkeling van een kleine zeggenmoeras.

Locatie 3 leek wat betreft bodemprofiel, bodemchemie en vegetatie erg op locatie 2. Het grote verschil was dat er bij locatie 3 hogere concentraties plantbeschikbaar fosfaat werden gemeten (2023 $\mu\text{mol/l}$). Daardoor was deze locatie niet kansrijk voor kruidenrijk grasland. Ook hier was de laatste 10 cm van de klei en de eerste 10 cm van het veen was een stuk minder voedselrijk (concentratie P-Olsen rond 232 $\mu\text{mol/l}$ en 34 mmol/l). De tussenliggende dieptes van de kleilaag zullen hier naar verwachting wat betreft voedselrijkdom tussenin zitten, De verwachte GHG is 20 cm en GLG is 65 cm onder maaiveld.

Advies: 20 cm afgraven en ontwikkelen naar vochtig hooiland.



Figuur 16. De monsterlocaties en de vier vegetatietypes op de geplande percelen voor de petgaten. De grijze ruiten geven extra boringen aan en de rode lijn de grens van de percelen..

Locatie 4 lag op een perceel behorend bij het Reukgras-Gewoon struisgrastype en werd gekenmerkt door een laag zand, met daaronder klei en uiteindelijk vanaf 50 cm een dikke laag veen. Bij een extra boring in het oosten van dit perceel (figuur 16) bleek hier een dikke veenlaag afwezig te zijn. Op een meter diep werd een dun veenbandje aangetroffen. De zandlaag (0-10 en 10-20 cm) en de bovenste laag van de klei (20-30 cm) waren vrij voedselrijk, met concentraties plantbeschikbaar fosfaat tot bijna 3000 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ en concentraties totaal-fosfor tot bijna 15 mmol/l bodem. Het grondwater van deze locatie was vrij sterk gebufferd en niet al te voedselrijk. Het grondwater was neutraal (pH 6,3) en goed gebufferd (3838 $\mu\text{mol/l HCO}_3$). Het had een normaal EGV voor grondwater (442 $\mu\text{S/cm}$). Natrium- en chlorideconcentraties waren laag met 123 en 66 $\mu\text{mol/l}$, calcium was 1784 $\mu\text{mol/l}$ en sulfaat slechts 59 $\mu\text{mol/l}$. Hierdoor liggen er hier potenties om in dit perceel een petgat aan te leggen en in de toekomst trilveen te ontwikkelen in de te graven petgaten. Wel levert de hoge concentratie P-Olsen in de bovenste 20 cm een risico op eutrofiëring van een te graven petgat. De verwachte GLG zal rond het huidige maaiveld liggen, de GLG zal richting 70 cm onder het huidige maaiveld gaan. Deze locatie is matig kansrijke locatie voor het creëren van nat schraalland, omdat er daarvoor minimaal 40 cm ontgrond moet worden en het dan te nat wordt voor nat schraalland. Petgat: Het grondwater van deze locatie was vrij sterk gebufferd en niet al te voedselrijk.

Advies: Aanleggen petgat en oever langs het petgat afgraven zodat eventueel voedselrijk water niet in het petgat komt.

De locaties 5 en 6 hadden een heel dunne laag veen van maximaal 10 cm op ongeveer 40 cm diepte. Op locatie 6 lag daaronder nog ongeveer 10 cm weinig zand. Op beide locaties lag de fosfaatbeschikbaarheid in de bovenste zandlaag tussen concentraties van 3000 en 6500 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$, de concentratie totaal-fosfor tussen 15 en 23 mmol/l en de concentratie ammonium in de bovenste 10 cm tussen de 550 en 750 $\mu\text{mol/l}$. Gezien de hoge voedselrijkdom van de bovenste zandlaag en het feit dat er een ondiepe en heel dunne laag intact veen aanwezig was, bleken deze locaties niet geschikt voor het aanleggen van petgaten. Daarnaast zijn deze locaties met een verwachte GLG van ongeveer een meter ten opzichte van het huidige maaiveld te droog voor petgaten. De graslanden behoorden tot het Glanshaver-Witbol-Reukgrastype (5) en het Witbol-Grote vossenstaart type (6) en hadden daarmee al veel waarde als kruidenrijk grasland.

Advies: verder verschralen door middel van maaien en afvoeren tot goed ontwikkeld kruidenrijk grasland.

Op perceel van monsterlocatie 7 kwamen twee vegetatietypes voor. Het westen (waar het daadwerkelijke monsterpunt lag), behoorde tot het Reukgras-Moerasstruisgras-Waternaveltype en had een dikke zand laag met op 70 cm een veenband en vanaf 90 cm leem. Het oosten van het perceel behoorde tot het Reukgras-Gewoon struisgrastype. Een extra boorboring liet hier een profiel van ruim een meter zand met daaronder veen zien. Hiermee had dit perceel al veel waarde als kruiden- en fauna rijk grasland. Deze monsterlocatie had een zandlaag tot minstens 30 cm met concentraties plantbeschikbaar fosfaat tot 2700 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ en totale fosfaatconcentraties tot 14 mmol/l bodem erg voedselrijk en was dus niet geschikt voor nat schraalland. Gezien afwezigheid van een goede veenlaag bleek deze locatie niet geschikt voor eventuele petgaten.

Advies: Verschralen middels maaien en afvoeren voor de verdere ontwikkeling van kruiden- en faunairijk grasland.

Locatie 8 lag op een perceel met Witbol-Grote vossenstaart vegetatietype. Het bodemprofiel bestond uit een kleilaag van 25 cm met daaronder een veenlaag van ruim een meter. Ook hier is een extra bodemboring gedaan voor het bepalen van de heterogeniteit van het profiel. Deze boring lag aan de oostkant van het perceel en liet een vergelijkbaar beeld zien (klei op veen). In de bovenste 10 cm werd een concentratie P-Olsen van 1006 $\mu\text{mol/l}$ en een concentratie totaal-fosfor van 15 mmol/l gemeten. Dit was na 10 cm afgenomen naar concentraties van 744 $\mu\text{mol/l}$ (P-Olsen) en 13 mmol/l (P-totaal). Na 20 cm tot een 87 $\mu\text{mol/l}$ (P-Olsen) en 2,9 mmol/l (P-totaal). Net als bij locatie 4 was ook hier het grondwater goed gebufferd (3838 $\mu\text{mol/l}$ HCO_3) en vrij voedselarm. Het had een normaal EGV voor grondwater (494 $\mu\text{S/cm}$). Natrium- en chlorideconcentraties waren iets hoger (361 en 211 $\mu\text{mol/l}$), de calciumconcentratie lag rond 2604 $\mu\text{mol/l}$ en de sulfaatconcentratie was slechts 90 $\mu\text{mol/l}$. Dit maakt de bodem vanaf een diepte van 20 cm geschikt voor een blauwgraslandachtige situatie. Er wordt een GHG van 8 cm boven en een GLG van 53 cm onder het huidige maaiveld verwacht, maar het is de vraag hoe nauwkeurig deze modellering was, aangezien deze locatie naast het laagste maaiveld volgens de modellering de hoogste grondwaterstanden ten opzichte van NAP zou hebben.

Advies: Gezien de dikke veenlaag die tot een diepte van ongeveer 130 cm doorliep en de lage voedselrijkdom van het grondwater en de bodem heeft deze locatie potentie voor het graven van petgaten. Het advies is om een of meerdere petgaten van ongeveer 1 m diep te graven. Met verwachte grondwaterstanden zullen de petgaten een waterpeil hebben van een 0,5 tot 1 m. Dit kan goed gecombineerd worden met de ontwikkeling van een blauwgraslandachtige situatie rondom het petgat, als rondom 20 cm klei van het perceel verwijderd wordt.

Locatie 9 bestond uit een erg rijke zandlaag van ongeveer 35 cm, met concentraties plantbeschikbaar fosfaat van 3864 $\mu\text{mol/l}$ (0-10 cm) en 4344 $\mu\text{mol/l}$ (10-20 cm) en een concentraties totaal-fosfor van 14 en 18 mmol/l. Onder de zandlaag lag een dik pak veen tot minimaal een diepte van 120 cm. Het zand tussen 20 en 35 cm diep is niet bemonsterd, maar de verwachting is dat diepte ook vrij veel fosfaat zal bevatten. Het bodemprofiel liet een vrij homogene zandlaag zien (figuur 17). De vegetatie viel onder het Reukgras-Gewoon struisgrasstype. Er worden voor deze locatie grondwaterstanden van 20 (GHG) tot 100 cm (GLG) onder het huidige maaiveld verwacht.

Advies: 35 cm ontgronden voor voor het creëren van een kleine zeggenmoeras. Alternatief: niet afgraven en verder verschrallen door middel van maaien en afvoeren tot goed ontwikkeld kruidenrijk grasland.

Als laatste lag iets naar het noorden monsterpunt 40. De fosfaatbeschikbaarheid van 706 μmol P-Olsen/l. De totale fosfaatconcentratie was erg hoog (21 mmol/l). In de laag van 20-30 cm was dit een stuk lager (197 μmol P-Olsen/l en 6,9 mmol P-totaal/l). Opvallend was verder de relatief grote hoeveelheid nitraat in de bodem zit (576 en 700 μmol $\text{NO}_3\text{-NaCl/l}$ bodem). Voor een rivier- en beekbegeleidend bos is de gemodelleerde toekomstige gemiddeld hoogste grondwaterstand van 9 cm boven maaiveld veel te hoog. Het risico bestaat daarnaast dat er nu bij vernatting een heleboel fosfaat uit de bodem vrij komt.

Advies: 20 cm af te graven en het ontwikkelen van elzenbroekbos (hoog- en laagveenbos).



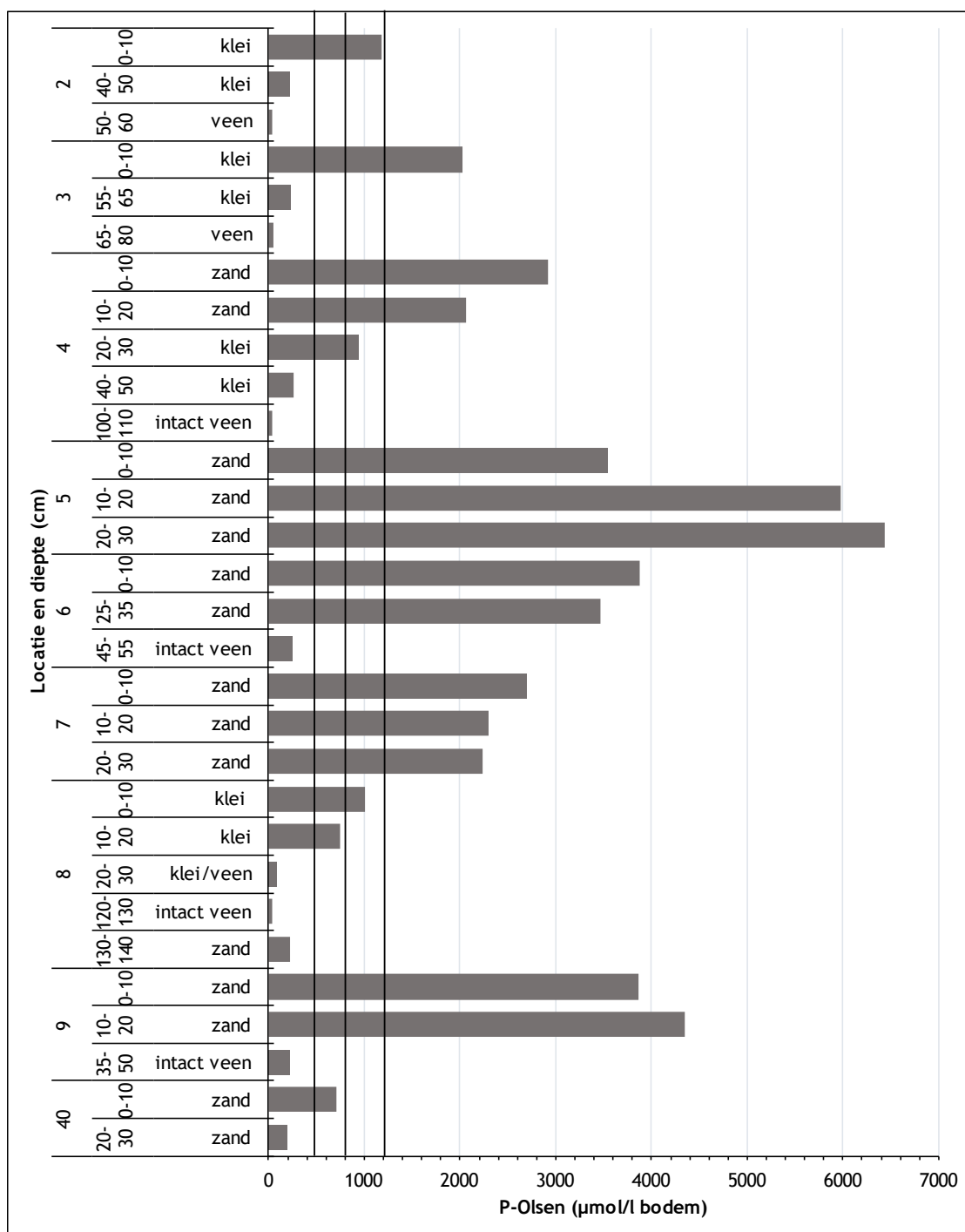
Figuur 17. Bodemprofielen van locatie 8 (linksboven), locatie 9 (rechtsboven) en locatie 40 (linksonder).

Tabel 7. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodem. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschralingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemmonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
2 0-10 klei	34	1177	307	41	205	10,6	32	4,2	1	14	16528	0,7	623	20	43	115	19	11	0
2 40-50 klei	7	230	702	86	396	5,3	24	5,3	6	83	32862	0,8	4518				0	0	0
2 50-60 veen	78	37	7	49	59	1,4	108	5,0	2	23	17062	0,9	7339				0	0	0
3 0-10 klei	24	2023	307	68	200	30,9	42	4,6	388	121	21644	3,1	3782	22	29	64	73	58	39
3 55-65 klei	11	232	586	107	383	6,2	170	5,3	4	519	33942	0,7	8795				0	0	0
3 65-80 veen	70	46	29	59	71	1,9	130	5,2	7	64	19345	0,9	9618				0	0	0
4 0-10 zand	7	2917	124	16	48	13,6	12	4,5	158	147	6709	3,6	214	0	8	69	23	31	25
4 10-20 zand	6	2057	171	16	78	11,7	6	4,6	240	61	6446	2,2	176				27	33	15
4 20-30 klei	3	944	153	15	98	5,7	1	4,8	136	54	9632	0,6	181				0	0	0
4 40-50 klei	11	266	648	81	315	6,4	47	4,5	4	832	29218	0,5	1002				0	0	0
4 100-110 intact veen	85	34	6	36	56	1,3	70	5,2	2	274	12395	1,3	1663				0	0	0
5 0-10 zand	6	3535	103	11	29	15,9	9	4,2	287	731	5285	14,1	199	39	63	114	40	38	33
5 10-20 zand	4	5971	163	8	45	20,8	2	4,1	227	89	2634	7,1	120				56	56	52
5 20-30 zand	3	6436	180	8	73	22,8	2	4,2	141	71	2319	6,5	137				62	62	58
6 0-10 zand	5	3874	180	14	78	18,8	6	4,3	128	555	7426	9,5	157	38	63	115	49	47	41
6 25-35 zand	3	3461	216	22	119	19,2	2	4,9	249	63	19208	0,7	149				51	46	39
6 45-55 intact veen	62	251	55	99	171	5,6	23	4,9	544	59	22848	0,5	410				0	0	0
7 0-10 zand	4	2699	136	13	41	14,0	4	4,4	230	441	7024	5,0	268	28	34	95	34	31	24
7 10-20 zand	4	2302	147	18	55	13,4	4	4,6	192	62	7837	1,0	230				32	27	20
7 20-30 zand	3	2236	140	21	45	11,7	1	5,0	166	36	8650	1,5	237				27	24	17
8 0-10 klei	24	1006	564	81	393	15,2	27	4,0	315	98	29580	1,0	835	-8	-5	53	24	10	0
8 10-20 klei	19	744	504	110	341	13,8	33	4,7	242	178	31896	1,3	1244				14	0	0
8 20-30 klei/veen	79	87	33	67	62	2,8	29	5,0	17	81	17302	1,1	1251				0	0	0
8 120-130 intact veen	86	35	6	57	37	1,1	47	5,3	3	105	16761	1,5	1928				0	0	0
8 130-140 zand	3	219	112	35	21	1,3	8	5,9	4	486	12300	1,5	369				0	0	0
9 0-10 zand	5	3864	186	11	57	14,2	6	4,0	104	633	6096	7,7	225	20	36	100	35	35	31
9 10-20 zand	4	4344	233	17	77	17,7	12	4,4	75	62	8152	2,3	457				46	45	40
9 35-50 intact veen	56	224	88	58	102	4,5	26	4,5	9	180	19145	0,7	376				0	0	0
40 0-20 zand	32	706	153	105	181	21,0	28	4,9	576	101	23227	1,6	1432	-9	18	73	19	0	0
40 20-30 zand	62	197	49	102	96	6,9	28	4,8	700	103	21718	2,3	1012				0	0	0

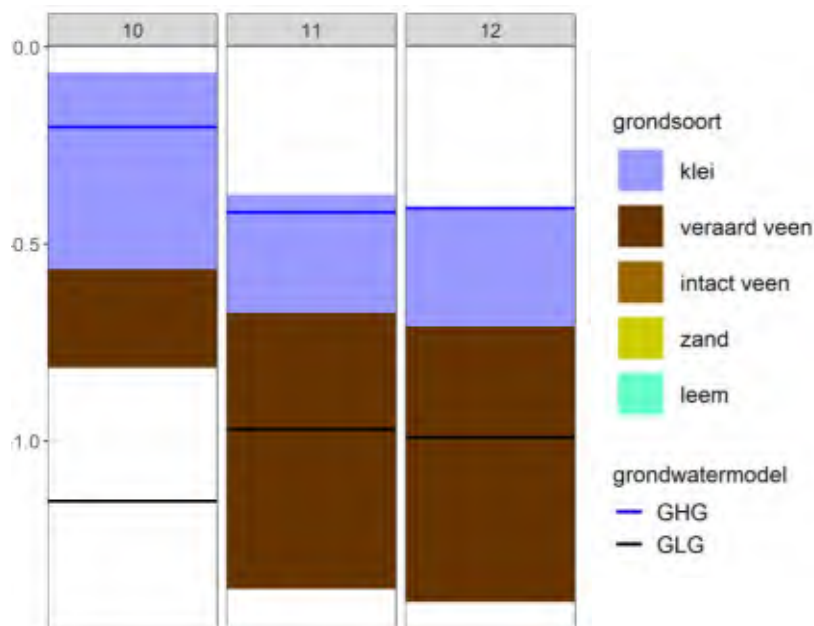
Tabel 8. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van het grondwater, met de alkaliniteit (alk) in meq/l. EGV in $\mu\text{S/cm}$ en alle chemische elementen in $\mu\text{mol/l}$.

	pH	alk	EGV	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Na	K	Cl	Ca	Mg	P	S
GW 4	6,3	5,0	442	3838	1,6	187,0	1,4	123	22	66	1784	1042	3,61	59
GW 8	6,3	5,2	494	3866	1,6	42,3	2,8	361	22	211	2604	423	6,07	90



Figuur 18. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaardes van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

De Berk, locaties 10, 11 en 12



Figuur 19. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Bij de parkeerplaats aan de Strijpense weg lagen percelen met volgens de LESA mogelijk potenties om vochtig hooiland te creëren. De graslanden bij monsterpunt 10, 11 en 12 behoorden tot de rompgemeenschappen van ruwe smele en plaatselijk stukken die behoorde bij de rompgemeenschap van tweerijige zegge. Beide rompgemeenschappen indiceerde basenrijke, vrij voedselrijke en periodiek natte omstandigheden. Ook in de bodemchemie was dat terug te vinden. Met een concentraties plantbeschikbaar fosfaat van 1500-2500 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ en concentraties totaal-fosfor tussen 10 en 15 mmol/l was de toplaag op alle locaties erg voedselrijk.

Op locatie 10 had een profiel met de bovenste 50 cm klei met daaronder intact veen. Het lag een stuk hoger in het veld dan de andere twee locaties. De bemonsterde bovenste laag van de kleilaag was erg voedselrijk en daardoor te rijk voor vochtig hooiland. De veenlaag onder het klei was al beter geschikt voor vochtig hooiland (concentratie P-Olsen van 409 $\mu\text{mol/l}$ en een pH-NaCl van 5,0). Met een verwachte GHG van ongeveer 15 cm en een GLG op ongeveer een meter ten opzichte van het huidige maaiveld, zal zo diep (50 of 60 cm) afgraven waarschijnlijk niet mogelijk en gewenst zijn, aangezien het hier dan veel te nat wordt. Zoals te zien op de foto van het bodemprofiel (figuur 20) was er geen duidelijke bouwvoor te zien. Daarom was het niet vast te stellen of minder afgraven (bijvoorbeeld 20 of 30 cm) afdoende is.

Advies: verschrallen via maaien en afvoeren tot kruiden- en faunarijk grasland. Dit zal onder optimale omstandigheden ongeveer 20 jaar duren om de bovenste 20 cm te verschrallen tot een P-Olsen van 1200 $\mu\text{mol/l}$.



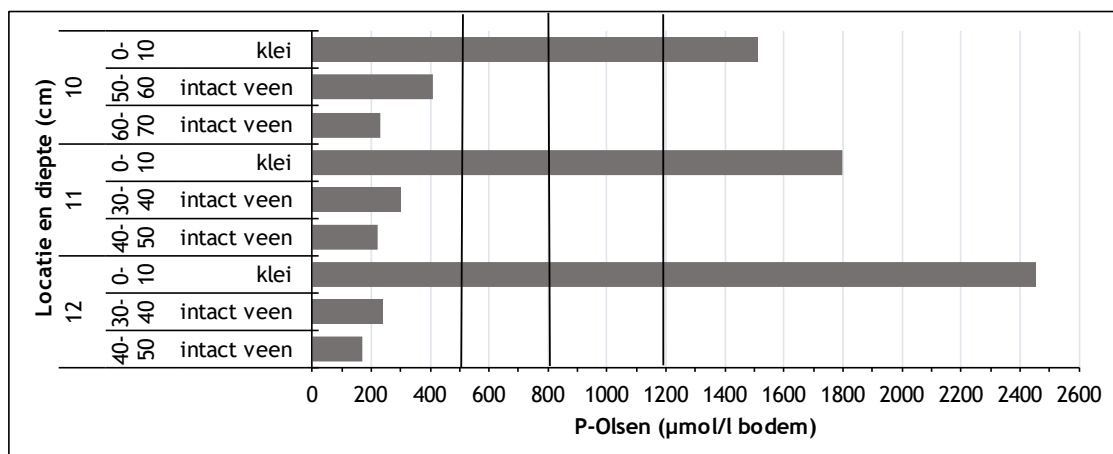
Figuur 20. Bodemprofiel van locatie 10.

Locatie 11 en 12 vielen op door de zure bodem. Alle bemonsterde lagen (dus de bovenste 10 cm van de klei en de bovenste 10 en 20 cm van het veen) hadden een pH-NaCl < 3,5. Ook vielen hier de hoge sulfaatconcentratie op (800-300 $\mu\text{mol S-NaCl/l}$ bodem) als het gevolg van pyrietoxidatie. De veenlaag onder de kleilaag was een stuk schraler (P-Olsen tussen 150 en 300 $\mu\text{mol/l}$), maar de concentraties ammonium waren vrij hoog (> 500 $\mu\text{mol NH}_4\text{-NaCl/l}$). Er worden voor deze locatie grondwaterstanden van 0 (GHG) tot 60 cm (GLG) onder het huidige maaiveld verwacht. Deze combinatie maakt dat deze locaties geen potentie hebben voor vochtig hooiland zonder af te graven.

Advies: er liggen hier geen goede potenties voor botanisch rijke vegetatietypen.

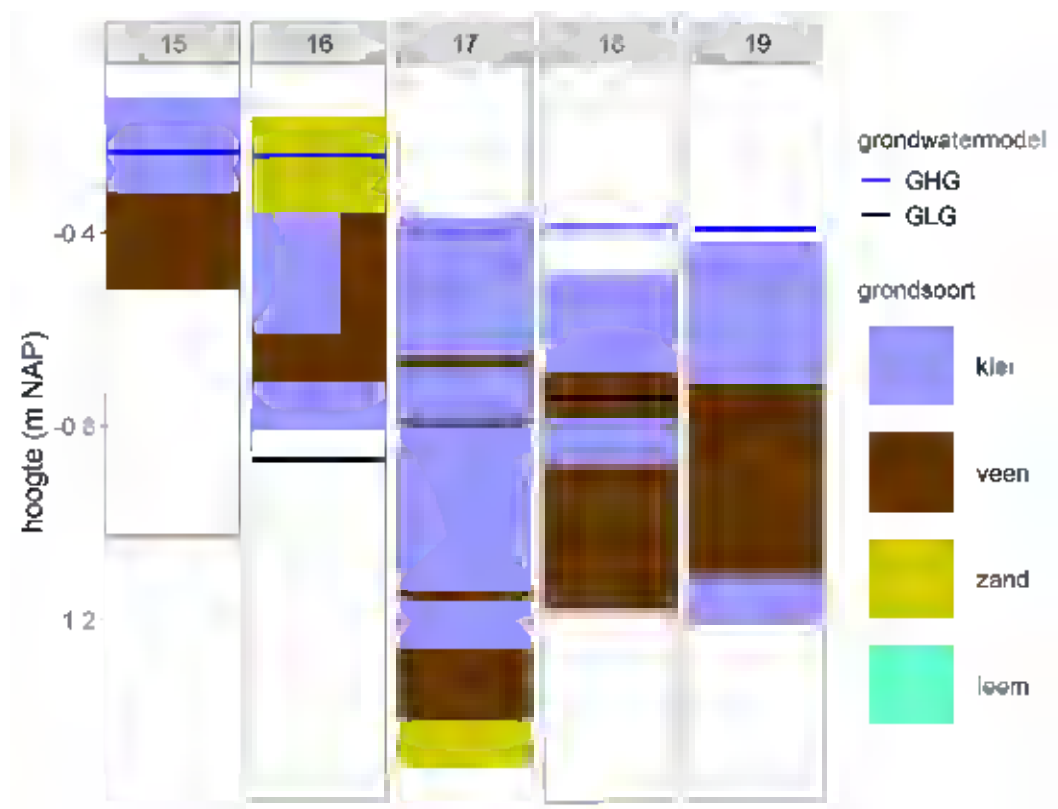
Tabel 9. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodems en de sloot. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschralingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
10 0-10 klei	12	1513	562	68	326	15,2	16	4,6	3	32	24721	0,9	319	14	30	109	32	22	10
10 50-60 intact veen	6	409	766	126	699	11,7	12	3,0	157	15	40307	0,3	430				0	0	0
10 60-70 intact veen	42	232	116	87	108	4,7	81	4,5	53	320	20652	0,7	584				0	0	0
11 0-10 klei	25	1798	514	11	294	10,9	57	3,4	6	201	4504	2,2	1450	4	10	60	25	19	11
11 30-40 intact veen	75	300	62	14	68	3,4	66	3,3	1	795	7434	4,6	2011				0	0	0
11 40-50 intact veen	79	220	38	17	44	2,5	69	3,4	1	1796	8360	8,2	1535				0	0	0
12 0-10 klei	26	2453	448	7	207	13,8	49	3,4	175	262	2283	4,6	839	0	5	58	34	29	22
12 30-40 intact veen	87	239	35	10	48	2,9	54	3,0	0	670	5867	4,9	1961				0	0	0
12 40-50 intact veen	93	169	22	10	36	2,1	62	3,2	2	1053	5918	6,1	2960				0	0	0



Figuur 21. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaarden van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

De Berk, locaties 15-19



Figuur 22. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Een paar uur voor het uitvoeren van het veldwerk op de locaties 15 en 16, zijn deze percelen gemaaid. Hierdoor was het vrij lastig om iets over de vegetatie te kunnen zeggen, maar beide percelen hadden een vrij ruige vegetatie met onder meer kale jonger, grote zeggen en hennegras. Locatie 15 werd gekenmerkt door een 20 cm dikke kleilaag met daaronder veen. In de bovenste 10 cm van de kleilaag waren de concentraties plantbeschikbaar fosfaat ($937 \mu\text{mol P-Olsen/l}$) en de concentraties totaal-fosfor ($13,6 \text{ mmol/l}$) wat aan de hoge kant. De verwachte grondwaterstand zal variëren tussen de 10 (GHG) en 100 cm (GLG) ten opzichte van het huidige maaiveld. Daarmee had deze locatie veel potentie voor kruidenrijk grasland. Op 20 cm diepte was de veenlaag schraal met een Olsen-P-concentratie van ongeveer $200 \mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem en was met een pH van 4,2 en een vrij goede buffering ($21.000 \mu\text{mol Ca-NaCl/l}$ bodem) geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. In de winter zal de grondwaterstand op of net boven maaiveld staan, afhankelijk van de afwateringsmogelijkheden en in de zomer vallen de standen net niet te ver weg voor de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies: 20 cm afgraven en het ontwikkelen van blauwgrasland. Alternatief: ontwikkelen van kruidenrijk grasland.

Op locatie 16 viel op dat er veel kale jonker had gestaan, voordat de maaierwerkzaamheden hadden plaatsgevonden. De zandlaag had een vrij hoge concentratie plantbeschikbaar fosfaat (rond de $1000\text{--}1200 \mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem) en een vrij hoge concentratie nitraat ($200\text{--}350 \mu\text{mol NO}_3\text{-NaCl/l}$ bodem). De bovenste 10 cm van het zand was vrij zuur met een pH-NaCl van 3,9. Het veen onder de zandlaag was nog steeds vrij voedselrijk met een concentratie Olsen-P van $616 \mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem.

Advies: Ontwikkelen van kruiden- en faunarijk grasland. Het alternatief is om via verschrallingsbeheer zou de concentratie plantbeschikbaar fosfaat omlaag te brengen richting vochtig

hooiland. Dit zal onder optimale omstandigheden tussen de 12 en 15 jaar kosten om de concentratie P-Olsen in de bovenste 20 cm terug te dringen richting respectievelijk 800 en 500 $\mu\text{mol/l}$.

Locatie 17 werd gekenmerkt door een dikke laag klei tot een diepte van 90 cm, met tussendoor twee heel dunne veenbanden. Onder het kleipakket werd een veenlaag van ongeveer 15 cm aangetroffen, voor de zandlaag begon. De bovenste 10 cm van het kleipakket bevatte veel fosfaat (1175 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ en 13.6 mmol P-totaal/l) en relatief veel nitraat (345 $\mu\text{mol NO}_3\text{-NaCl}$). Na 10 cm nam de fosfaatconcentratie al veel af (993 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$), maar de nitraatconcentratie bleef vrij hoog. Deze zal ook afnemen als gestopt wordt met bemesting. De toplaag is nu zeer geschikt voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland. Er wordt een GLG rond een halve meter en een GHG rond het maaiveld verwacht.

Advies: Het advies is om door middel van maaien en afvoeren in ongeveer 12 jaar geschikt gemaakt kunnen worden voor vochtig hooiland. Ook de toekomstige grondwaterstanden passen daar dan bij. Alternatief: Er kan ook voor gekozen geen aanvullende maatregelen te treffen, daarmee blijft de locatie geschikt voor kruidenrijk grasland.



Figuur 23. Bodemprofiel van locatie 17.

Het bodemprofiel van locatie 18 bestond uit een laag klei, waarvan in ieder geval de bovenste 10 cm een vrij hoge fosfaatbeschikbaarheid (1431 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$) en totale fosfaatconcentratie (15 mmol P/l) had. Ook de concentratie ammonium was 244 $\mu\text{mol/l}$ iets aan de hoge kant. De veenlaag hieronder was voedselarm met een Olsen-P-concentratie van 160-380 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem, was vrij goed gebufferd en had een pH-NaCl van 4,9. In dit gebied wordt een grondwaterstand variërend tussen 10 cm boven het huidige maaiveld (GHG) en 30 cm onder het huidige maaiveld (GLG) verwacht.

Advies: Als de kleilaag (0-20 cm) wordt verwijderd, komt er een schrale laag intact veen boven waar het grondwater continu rond of zelfs boven het nieuwe maaiveld zal zitten. Daarmee is deze veen-op-kleilaag geschikt voor een wat nattere moerasontwikkeling. Alternatief: Locatie 18 is kansrijk voor een kruidenrijk grasland na verschraling door maaien en afvoeren. Volgens de berekeningen zou het onder optimale omstandigheden ongeveer 7 jaar kosten om in de bovenste 20 cm tot een concentratie P-Olsen van maximaal 1200 $\mu\text{mol/l}$ te komen, maar onder natte omstandigheden verloopt dit trager.

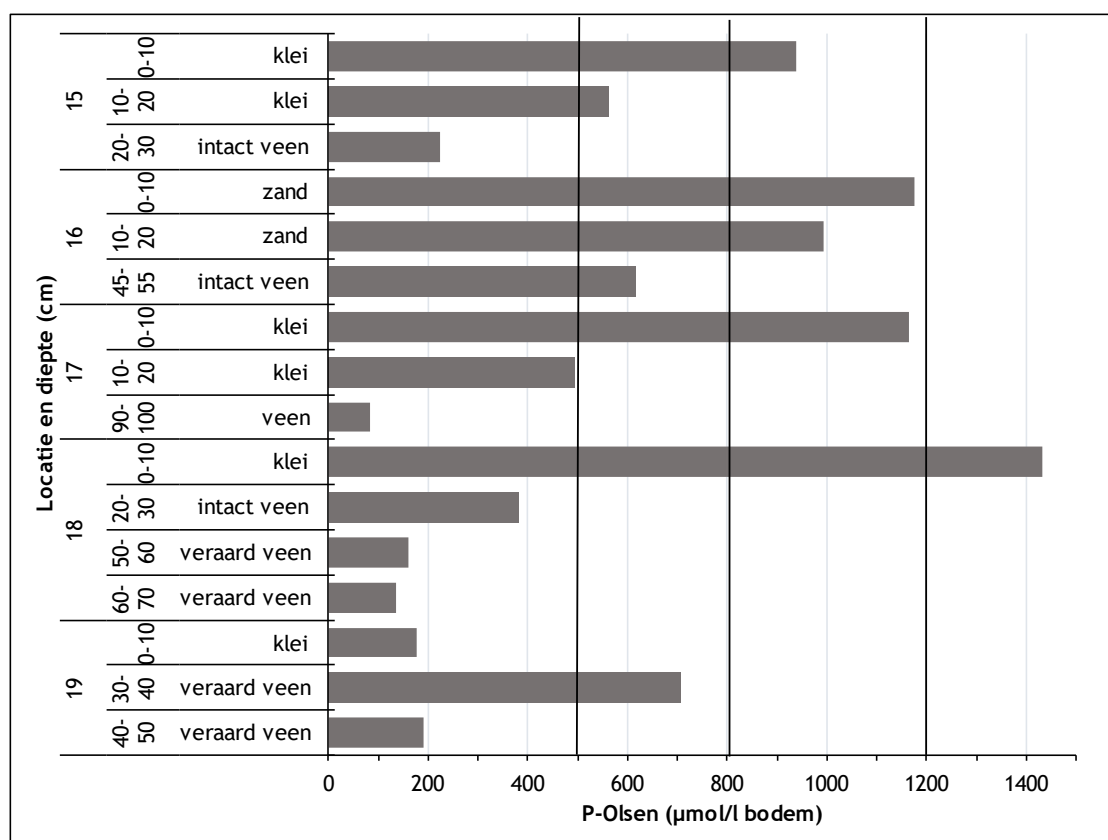
Locatie 19 leek sterk op locatie 18. Ook hier bestond het bodemprofiel uit een kleilaag met daaronder veraard veen, alleen ontbrak de band met intact veen. De concentratie totaal-fosfor was met 19 mmol/l er hoog en de concentratie ammonium was aan de hoge kant (352 $\mu\text{mol NH}_4\text{-NaCl/l}$) in de bovenste 10 cm van de kleilaag. In de onderliggende veenlaag was de concentratie plantbeschikbaar fosfaat met 705 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ hoog, maar de concentratie totaal-fosfor van 5 mmol/l bodem wees al op vrij schrale omstandigheden. Door de te hoge totale fosfaatconcentratie en de vrij zure bodem (pH-NaCl van 4,0) is het huidige maaiveld op dit moment niet kansrijk voor een kruidenrijk grasland. Ook hier is de verwachting dat de GLG en GHG boven of aan maaiveld zullen komen.

Advies: Het advies is om het verwijderen van de kleilaag eventueel in combinatie met verschraling doormiddel van maaien en afvoeren van het maaisel voor schrale moerasontwikkeling.

Voor beide locaties is het van belang dat de grondwaterstand niet teveel zakt om pyrietoxidatie te voorkomen. Om dit moment zit de verwachte GLG op rond de 30 en 40 cm onder het huidige maaiveld, dus is het risico op verzuring door pyrietoxidatie klein.

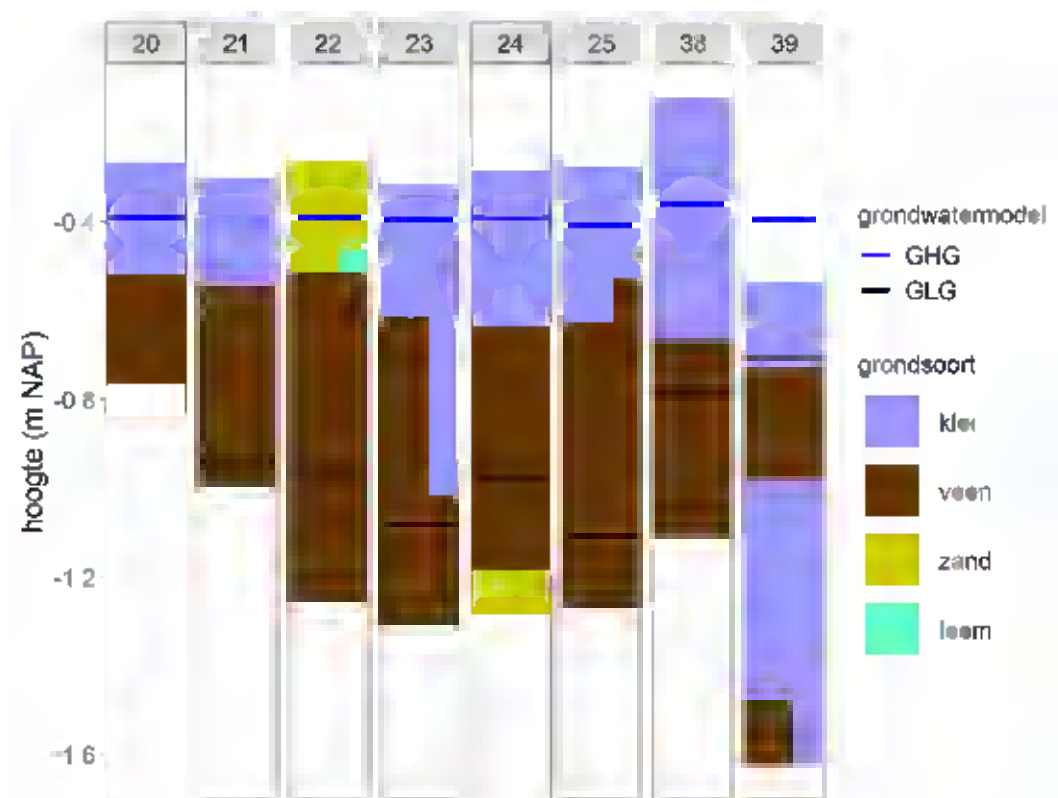
Tabel 10. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodems. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschralingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschralingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschralingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschralingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
15 0-10 klei	23	937	437	80	407	13,6	20	4,2	42	1,32	26235	1,0	168	12	24	91	20	6	0
15 10-20 klei	16	562	809	105	550	9,0	17	4,1	32	48	14517	0,7	247				3	0	0
15 20-30 intact veen	72	223	82	71	197	5,1	39	4,2	91	106	21483	0,9	365				0	0	0
16 0-10 zand	11	1175	194	39	132	8,0	17	3,9	356	130	14255	1,4	323	8	20	71	14	8	0
16 10-20 zand	11	993	274	50	186	7,3	18	4,3	221	47	19143	1,2	465				11	4	0
16 45-55 intact veen	48	616	165	40	116	5,9	43	4,2	209	136	15294	1,1	998				3	0	0
17 0-10 klei	18	1163	410	80	240	12,8	29	4,5	345	253	23729	1,2	652	3	5	44	23	12	0
17 10-20 klei	15	493	651	110	441	8,1	23	4,2	385	192	33556	0,8	910				0	0	0
17 90-100 veen	18	82	44	77	51	2,2	52	5,3	5	314	19143	0,7	1017				0	0	0
18 0-10 klei	25	1431	271	65	278	14,8	32	4,4	164	244	19211	1,7	911	-10	-8	26	30	20	7
18 20-30 intact veen	30	380	314	77	259	6,1	33	4,5	182	62	23943	0,7	942				0	0	0
18 50-60 veraard veen	27	159	184	85	141	4,5	99	4,9	5	236	23684	0,8	5494				0	0	0
18 60-70 veraard veen	33	134	144	91	121	4,2	82	5,0	4	557	24194	0,6	4184				0	0	0
19 0-10 klei	30	177	275	55	274	19,0	36	4,0	68	352	14216	2,6	2202	-2	0	37	0	0	0
19 30-40 veraard veen	47	705	60	86	180	5,1	128	4,8	6	102	24068	0,9	6843				5	0	0
19 40-50 veraard veen	56	190	65	63	138	3,3	104	4,4	14	64	19060	0,8	6890				0	0	0



Figuur 24. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaarden van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

De Berk, locaties 20-25 + 38 en 39



Figuur 25. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

Helemaal in het zuiden van De Berk, aan de Elshoutweg, lagen percelen waar volgens de LESA vochtig hooiland realiseerbaar is (20-25, 38 en 39). Qua bodemopbouw leken alle locaties vrij veel op elkaar; bij alle locaties werd veen afgedekt door een klei- of zanddek van 25-50 cm. Ook qua vegetatie leken de locaties vrij veel op elkaar en werden ze gekenmerkt door soorten als: pitrus, rolklaver, kruipende boterbloem, kale jonker, veldzuring, en her en der riet en gewoon struisgras (figuur 26, links).

Locatie 20 bestond uit een dunne laag klei (25 cm) op intact veen. De voedselrijkdom zat met een concentratie plantbeschikbaar fosfaat van 800 $\mu\text{mol/l}$ en een concentratie totaal-fosfor van 12 mmol/l aan de bovengrens van een dotterbloemhooiland. Opvallend was de vrij hoge concentraties ammonium gemeten in de bemonsterde lagen (300-700 $\mu\text{mol NH}_4\text{-NaCl/l}$). De hoge stikstofconcentraties zijn waarschijnlijk effecten van bemesten. Deze zullen, zolang er geen veenoxidatie plaatsvindt, vanzelf afnemen. Op 25 cm diepte was de veenlaag zeer voedselarm (Olsen-P-concentratie circa 100 $\mu\text{mol/l}$ boem; concentratie totaal-P 3 mmol/l bodem) en had een vrij hoge pH-NaCl van 5,1. Voor deze locatie wordt een GHG net onder het huidige maaiveld en een GLG op ongeveer 60 cm verwacht. Na 25 cm afgraven zijn zowel de bodemchemie als de grondwaterstand geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland.

Advies: 25 cm afgraven (kleidek) en ontwikkelen naar blauwgrasland. Alternatief: niet afgraven en ontwikkelen van dotterbloemhooiland. Door enkele jaren verschralen zou de concentratie plantbeschikbaar fosfaat omlaag gebracht kunnen worden.

De locaties 21 t/m 25 een laag klei van ongeveer 25 cm op intact veen. De toplagen (0-10 cm) waren met plantbeschikbare fosfaatconcentraties tussen 1100 en 2000 $\mu\text{mol/l}$ en een concentratie totaal-fosfor tussen 10 en 20 mmol/l voedselrijk. De concentraties ammonium waren een stuk lager (locaties 21, 22 en 23 <200 $\mu\text{mol/l}$ en 24 239 $\mu\text{mol/l}$), behalve in de toplaag van locatie 25 (487 $\mu\text{mol/l}$). De pH-NaCl zat bij alle bemonsterde dieptes tussen 4,0 en 5,5. Verwacht wordt dat de GHG op deze

locatie maximaal 15 cm onder het huidige maaiveld zal uitkomen en dat de GLG tussen de 65 en 85 cm. Op dit moment zijn de locaties 21 t/m 25 geschikt voor kruidenrijk grasland, eventueel met extra verschraling. De veenlaag onder het klei- of zanddek was net als op locatie 20 zeer voedselarm en redelijk gebufferd. Met het afgraven van het klei- of zanddek komen de GLG en GHG binnen de optimale range voor blauwgrasland te liggen.

Advies: het advies is om op deze locaties af te graven tot het veenpakket (25 cm) voor de ontwikkeling van een blauwgrasland. Belangrijk is dat bij de werkzaamheden ervoor gezorgd wordt dat er geen 'bak' ontstaat, maar dat als het grondwater boven het maaiveld dreigt te komen, dit richting een sloot afgevoerd kan worden. Alternatief: als afgraven niet gewenst is kan verschrallingsbeheer doormiddel van maaien en afvoeren toegepast worden.



Figuur 26. De vegetatie zoals die werd aangetroffen bij de locaties. Links locatie 25, rechts locatie 38 uitkijkend op locatie 39.

Locatie 38 verschilde qua vegetatie van de rest (figuur 26, rechts). Dit perceel leek een actief begraasd (of gemaaid) perceel. Hier werden vooral veel gras, veldzuring, kruipende boterbloem en her en der een kale jonker aangetroffen. De bodem bleek tot veel dieper in de kleilaag voedselrijk zijn. Tot 30 cm werden hoge concentraties plantbeschikbaar fosfaat ($> 1700 \mu\text{mol/l}$), totaal-fosfor ($> 20 \text{ mmol/l}$) en nitraat ($> 480 \mu\text{mol/l}$) gemeten. Er zijn geen metingen gedaan in diepere lagen, maar het bodemprofiel liet zien dat er tot 55 cm ook donkere klei met organisch materiaal aanwezig was en dat er geen duidelijke sporen van een bouwvoor of van ploegen aangetroffen werden (figuur 27). Er kan daarom niet noodzakelijkerwijs aangenomen worden dat het materiaal dieper in deze kleilaag schraler zullen zijn.

Advies: verschrallen via maaien en afvoeren om bloemrijk grasland te ontwikkelen



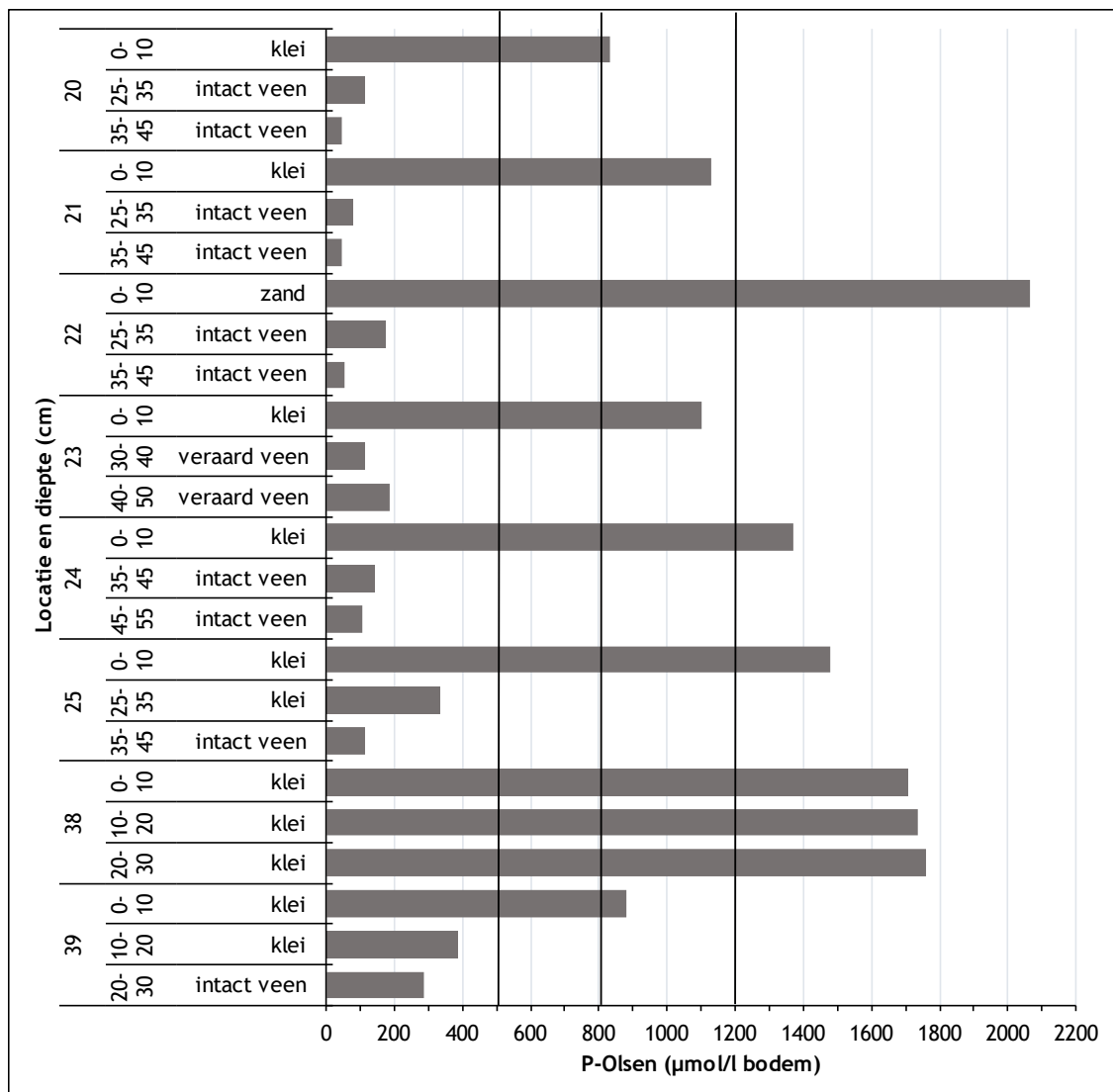
Figuur 27. Bodemprofiel van locatie 38.

Op locatie 39 was enkel de bovenste 10 cm aan de rijke kant. De concentratie plantbeschikbaar fosfaat was 879 $\mu\text{mol/l}$, concentratie totaal-fosfor was 19 mmol/l en concentratie ammonium was 212 $\mu\text{mol/l}$. Er wordt op deze locatie een grondwaterstand tussen 20 cm boven het huidige maaiveld (GHG) en 20 cm onder het huidige maaiveld (GLG) verwacht. Deze vernatting kan leiden tot het vrijkomen van fosfaat uit de bouwvoor.

Advies: ontwikkelen van (een natte vorm van) kruidenrijk grasland. Eventueel verder verschrallen doormiddel van uitmijnen en afvoeren.

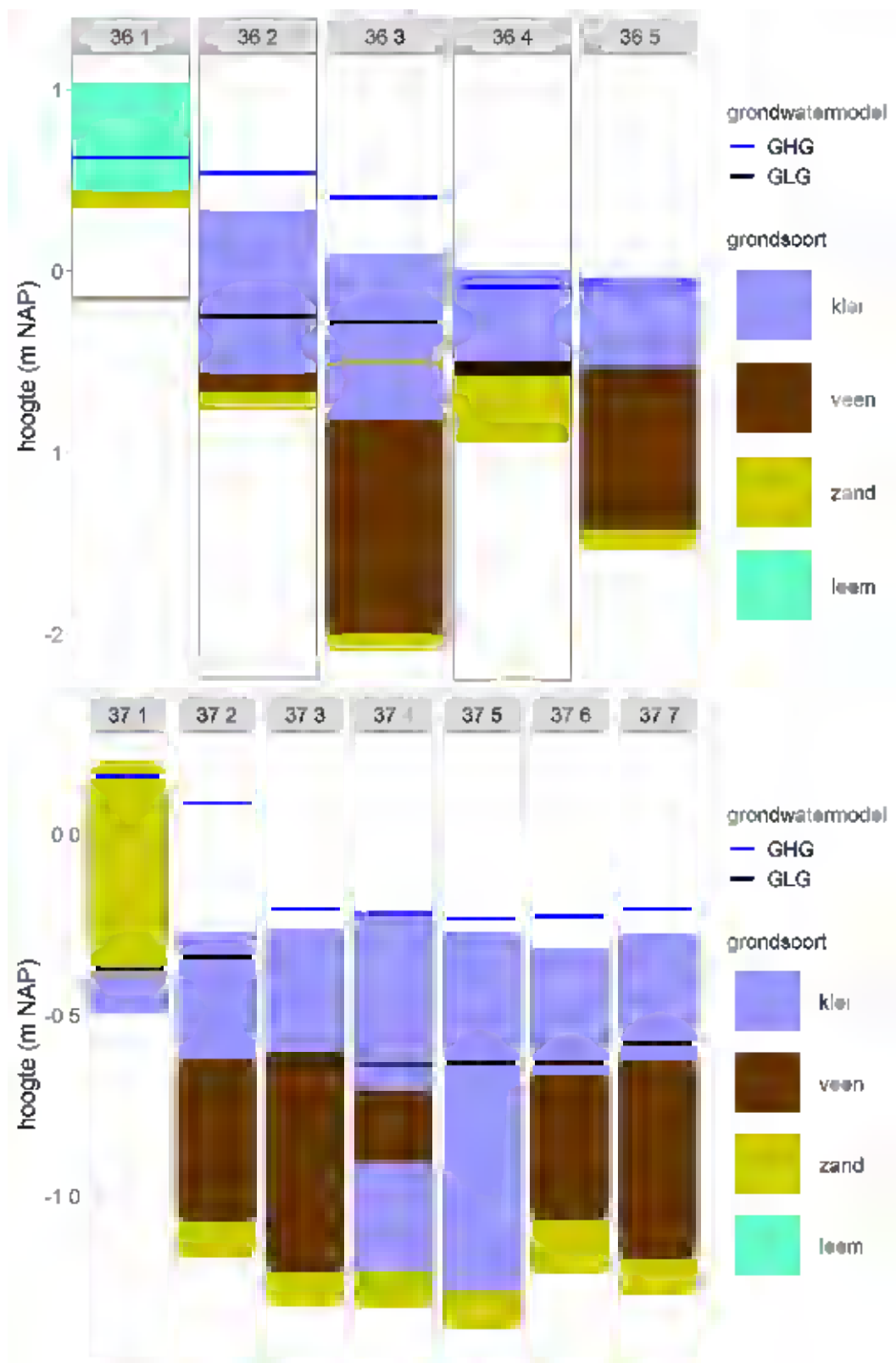
Tabel 11. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodems. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschrallingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemmonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschrallingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
20 0-10 klei	28	833	319	75	303	12,2	29	4,6	795	680	21632	2,1	1489	12	16	58	15	2	0
20 25-35 intact veen	64	116	41	82	88	2,9	30	5,1	222	319	15623	0,8	796				0	0	0
20 35-45 intact veen	80	47	17	72	41	1,7	24	4,9	172	319	12793	2,3	708				0	0	0
21 0-10 klei	32	1130	352	112	183	15,1	32	5,0	71	84	24097	1,1	243	9	11	65	27	14	0
21 25-35 intact veen	83	80	23	107	45	2,7	33	5,3	76	81	17358	2,9	294				0	0	0
21 35-45 intact veen	90	44	5	89	21	1,4	29	5,0	29	56	17578	3,8	394				0	0	0
22 0-10 zand	15	2064	159	68	127	19,9	22	5,0	58	50	20115	4,1	382	13	17	71	47	38	26
22 25-35 intact veen	63	173	24	69	39	3,5	26	5,0	31	59	18801	1,2	461				0	0	0
22 35-45 intact veen	85	56	10	65	23	1,7	25	5,0	42	31	16291	1,4	997				0	0	0
23 0-10 klei	37	1103	283	100	162	13,2	36	4,8	57	179	22939	2,8	482	8	17	77	23	11	0
23 30-40 veraard veen	74	113	37	97	41	2,7	28	5,0	209	60	22288	0,9	356				0	0	0
23 40-50 veraard veen	65	188	67	107	55	4,2	30	5,1	248	57	20831	1,0	295				0	0	0
24 0-10 klei	35	1369	272	45	152	13,4	28	4,2	173	239	15982	1,8	685	11	13	70	27	17	5
24 35-45 intact veen	76	141	40	67	80	3,3	32	4,5	129	63	17805	0,7	831				0	0	0
24 45-55 intact veen	87	105	44	55	57	2,1	26	4,5	104	62	16638	0,8	792				0	0	0
25 0-10 klei	26	1479	166	31	82	12,6	22	4,2	236	487	10272	2,1	309	13	28	84	26	18	7
25 25-35 klei	60	334	101	68	102	6,3	37	4,2	161	51	18018	0,9	219				0	0	0
25 35-45 intact veen	89	114	13	47	31	1,8	26	4,3	54	51	13924	0,9	384				0	0	0
38 0-10 klei	17	1707	351	56	271	19,8	19	4,5	522	485	19188	1,8	343	24	29	67	44	33	18
38 10-20 klei	15	1737	384	64	324	22,9	21	4,4	480	40	21920	1,1	319				51	39	22
38 20-30 klei	12	1759	448	72	357	22,3	18	4,5	488	44	24322	1,2	350				50	38	22
39 0-10 klei	15	879	249	112	162	18,6	112	4,4	45	212	28364	3,4	16012	-14	-12	17	25	5	0
39 10-20 klei	29	389	253	81	161	9,4	51	4,4	118	71	23578	1,0	8037				0	0	0
39 20-30 intact veen	49	287	81	65	68	8,3	54	4,8	92	95	14774	1,4	5394				0	0	0



Figuur 28. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaardes van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

De Berk, locaties 36 en 37 (transecten)



Figuur 29. Bodemprofielen van de onderzochte locaties. Maaiveldhoogte in meter +NAP.

In twee landbouwpercelen ten westen van De Berk werden in transecten bodemboringen zijn gedaan om de kleidikte te bepalen. Bij beide percelen was het maaiveld aan de kant van de Zevenbergseweg (36.1 en 37.1) een stuk hoger dan de rest van het perceel gelegen maaiveld (figuur 29). Op beide plekken werd hier een 60 cm dikke zandlaag aangetroffen (figuur 30). Bij locatie 36.1 was dit lemig zand. Waarschijnlijk is dit de oude oeverwal van de Leursche Haven. Verder was het opvallend dat er bij transect 36 een sterke variatie was in de dikte van de veenlaag en bij 37 in het midden van het transect geen of een hele dunne laag veenlaag aanwezig. Op beide locaties is de zandlaag bemonsterd op de locatie waar deze het diepste zat ten opzichte van het maaiveld. Dat waren locaties 36.3 en 37.5. Deze zandlagen waren vrij schraal, met P-Olsen van 76 en 179 $\mu\text{mol/l}$ en P-totaal van 1,4 en 2.1 mmol/l voor respectievelijk 36.3 en 37.5. De ammoniumconcentraties (432 en 635 $\mu\text{mol NH}_4\text{-NaCl/l}$) en de bodembuffering (pH-NaCl 6,4 en 5,5) waren relatief hoog.

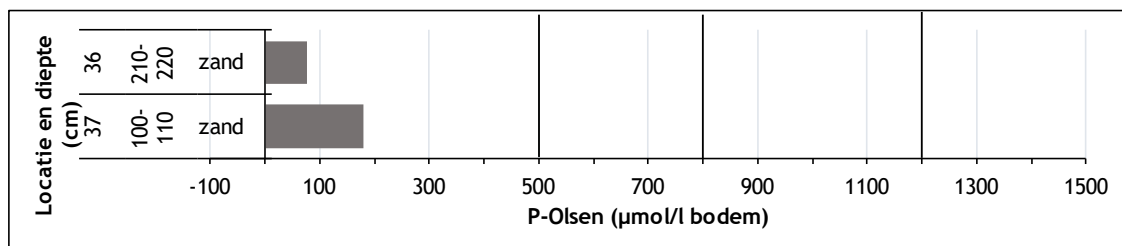
Advies: Beide locaties zijn geschikt voor het aanleggen van een ruigtezone. Hier zitten meestal geen bodemchemische belemmeringen aan. Voor het aanleggen van de moeraszone is het advies om 10 tot 20 cm van de bovenste kleilaag te verwijderen, om zo uitspoeling van fosfaat tegen te gaan. Het is wel van belang dat er rekening mee gehouden moet worden dat het verwijderen van de kleilaag de weerstand voor het grondwater wegneemt. Dit kan negatieve gevolgen hebben op de kwelsituatie en de omliggende natuur beïnvloeden, zoals de petgaten bij locatie 1 en 13.



Figuur 30. Locatie 37 uitkijkend op de Swartenbergse Molen (westelijke richting).

Tabel 12. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses van de bodems. Diepte bemonstering en gemodelleerde GXG in cm onder het huidige maaiveld, om% = massapercentage organische stof en totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. Indicatieve verschrallingsduur (MA) tot 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ in jaren per bodemonsterdikte door middel van jaarlijks maaien en afvoeren bij een P-afvoer van 10 kg/ha/jaar op basis van een Olsen-P streefconcentratie van 500 $\mu\text{mol/l}$ (verschrallingsduur middels uitmijnen is 4x zo snel). N.B. Voor het berekenen van de totale verschrallingsduur op een bepaalde diepte moeten, in verband met de worteldiepte van planten, de verschrallingsduren van een bodempakket tot 20 cm bij elkaar worden opgeteld.

locatie	om %	Olsen-P	Al-tot	Ca-tot	Fe-tot	P-tot	S-tot	pH-NaCl	NO ₃ -NaCl	NH ₄ -NaCl	Ca-NaCl	P-NaCl	S-NaCl	GHG	GVG	GLG	MA 500	MA 800	MA 1200
36,1														12	32	90			
36,2														-20	-11	59			
36,3 210-220 zand	4	76	88	51	20	1,4	22	6,4	14	432	14330	2,3	1006	-31	-26	38	0	0	0
36,4														9	11	54			
36,5														5	7	55			
37,1														-25	-17	28			
37,2														-36	-34	7			
37,3														-5	-3	38			
37,4														1	3	43			
37,5 100-110 zand	3	179	204	43	68	2,1	42	5,5	7	635	9226	0,5	4260	-4	-2	36	0	0	0
37,6														-9	-7	32			
37,7														-7	-4	30			



Figuur 31. De plantbeschikbare fosfaatconcentratie per bodemonster (in $\mu\text{mol/l}$ bodem). De dikke verticale lijnen geven de randvoorwaardes van 500, 800 en 1200 $\mu\text{mol/l}$ weer (tabel 2).

Introductie soorten

In bijlage 1 is de lijst met relevante plantensoorten voor de beheertypen nat schraalland (N10.01), vochtig hooiland N10.02) en trilveen (N06.02) opgenomen. Tevens is aangegeven wat het laatste jaar van waarneming is in De Berk en in Strijpen. Indien geen jaartal is opgenomen zijn geen waarnemingen uit het gebied bekend (ook geen historische).

Voor het beheertype trilveen (N06.02) zijn in de Berk de laatste drie jaar draadzegge, snavelzegge, waterdrieblad, wateraardbei, stijve zegge en geelgroene zegge waargenomen. Ondanks dat krabbenscheer, de kraggevormer bij uitstek, ontbreekt, zijn dit waarschijnlijk wel voldoende algemene soorten en biobouwers om een kraggen met een redelijk gevarieerde vegetatie te vormen. De soorten verspreiden zich echter via water (en vanwege de zware zaden niet via de wind) en er is voorzover bekend geen waterstroom van de bronpopulatie in het westen naar de plekken met potentie in het oosten.

Er zijn recent twee SNL-metsoorten waargenomen (draadzegge en waterdrieblad), iets langer geleden ook vleeskleurige orchis (2012) en ronde zegge (2001). Voor kwaliteitsniveau midden moeten 3-5 SNL-metsoorten aanwezig zijn, daarvoor moeten dus drie van deze vier soorten de nieuwe petgaten zien te bereiken. Het lijkt vrijwel uitgesloten dat zonder ingrepen het kwaliteitsniveau midden gehaald kan worden.

Voor het beheertype nat schraalland (N10.01) zijn in de Berk in de laatste vijf jaar 7 algemene soorten en 7 SNL-metsoorten aangetroffen. Dit lijkt ruim voldoende om een gevarieerde vegetatie te vorm en het kwaliteitsniveau midden te halen; daarvoor zijn minimaal 5 kwalificerende soorten nodig. Zeker voor kleine zeggenvegetaties lijkt voldoende bronmateriaal in het gebied aanwezig. Of dit bronmateriaal de nieuwe schraallanden ook kan bereiken is onduidelijk, omdat tussen de bronpopulaties en de nieuwe plekken een elzenbroekbos ligt (barrière voor windverspreiders) en er geen duidelijk hydrologische verbinding is voor waterverspreiders. In geval van ontwikkeling naar blauwgrasland missen sowieso enkele belangrijke soorten die in het verleden in het gebied voorkwamen: spaanse ruiter, vlozegge, bevertjes en kleine valeriaan. Indien er potenties zijn voor blauwgrasland wordt aanbevolen maaisel elders uit de regio uit te leggen (bijvoorbeeld uit het Gastels laag). In Strijpen zijn in de laatste 5 jaar slechts 2 algemene en 1 SNL-metsoort waargenomen. Dit is onvoldoende voor de ontwikkeling van nat schraalland.



Figuur 32: Blauwgraslandvegetatie met Spaanse ruiter in het Gastels Laag. Hier is het kleidek van het veen gehaald om blauwgrasland te herstellen.

Voor het beheertype vochtig hooiland (N10.02) zijn in de Berk 6 algemene soorten en 5 SNL-meetsoorten aangetroffen en in Strijpen 5 algemene en 3 SNL-meetsoorten. Qua algemene soorten lijkt dit wel voldoende voor het vegetatietype dotterbloemhooiland. Rode ogentroost en Grote ratelaar, die als half-parasiet het gras kunnen onderdrukken zijn niet (meer) aanwezig. Voor kwaliteitsniveau midden zijn echter minimaal 5 soorten nodig, dat lijkt in de Berk aan de krappe kant (ook omdat sommige meetsoorten uitgesproken schaars zijn zoals rietorchis en moesdistel) en in Strijpen niet haalbaar. Daarom wordt hier geadviseerd om te kijken naar de introductie van soorten met maaisel uit andere goed ontwikkelde percelen in de regio.

Conclusies

Potenties voor schralere natuurtypen, kruidenrijk grasland en rivier- en beekbegeleidend bos

Uit de LESA (Van de Haterd, 2018) bleek dat er in Strijpen en De Berk mogelijk botanisch hogere potenties aanwezig zijn dan het natuurdoeltype kruiden- en faunairijk grasland dat nu voorzien is op de voormalige landbouwpercelen. Deze potenties zijn in deze studie onderzocht. De potenties hangen abiotisch onder meer samen met de trofiegraad en buffering van de bodem, de toekomstige grondwaterstanden, grondwaterkwaliteit en de bodemopbouw.

Waar de bovenste 10 cm van de bodem bemonsterd is, bleek deze te rijk te zijn voor de ontwikkeling voor schralere natuurdoelen dan kruidenrijk grasland. Ook door middel van met maaïen en afvoeren waren op de meeste plekken niet binnen een tiental jaren schralere typen als vochtig hooiland te realiseren.

In een deel van het onderzoeksgebied zijn er echter goede potenties aanwezig voor de ontwikkeling van botanisch zeer waardevolle schralere natuurtypen, waaronder blauwgrasland. Hieronder wordt voor de verschillende clusters van percelen aangegeven waar er goede kansen liggen op de ontwikkeling van de verschillende natuurdoeltypen (tabel 13 en figuur 33).

Noordoosten van Strijpen (locaties 27 tot en met 35)

In het noordoosten van Strijpen zijn landbouwpercelen onderzocht waar richting de sloot het maaiveld aangepast zou kunnen worden om de oever natuurvriendelijker te maken en eventueel een deel van het perceel verlaagd zou kunnen worden ten behoeve van de ontwikkeling van voedselarmere natuurtypen. Er zijn drie transecten doorgemeten. Op de meest westelijke transect (27 - 29) werd op locatie 27 een zandige kop aangetroffen, waarvoor gekozen kan worden om deze te laten liggen. Door middel van maaïen en afvoeren kan dit hogere deel goed worden verschaald tot kruidenrijk grasland. Richting de sloot wordt geadviseerd om het maaiveld 35 cm, en dichtbij de sloot 50 cm af te graven. Hierbij komt een goede kwaliteit veen aan maaiveld. Dichtbij de sloot liggen dan potenties voor een kleine zeggenvegetatie, die vrij nat blijft. Iets verder van de sloot liggen op het veen potenties voor blauwgrasland. Hierbij is het wel belangrijk dat er afwatering richting de sloot mogelijk blijft, aangezien de berekende GHG iets boven maaiveld uitkomt. Op het middelste transect van 30 naar 32 kan het zandige kleidek afgegraven worden. Met het afgraven van 50-55 cm verder naar de sloot tot 40 vlak bij de sloot wordt het perceel natter en liggen er goede potenties voor het ontwikkelen van een goed gebufferd blauwgrasland op zand iets verder van de sloot, naar een wat zuurdere kleine zeggengemeenschap op veen langs de sloot. Op het meest oostelijk gelegen transect ligt een zandkop vrij dicht aan de sloot. Hier kan door middel van maaïen en afvoeren verder verschaald worden tot kruidenrijk grasland. Dichtbij de sloot kan de bodem 50 cm ontgrond worden. Niet alleen de kleilaag, maar ook de zure bovenlaag van het veen wordt dan verwijderd, zodat een kleine zeggenvegetatie ontwikkeld kan worden. De huidige slootbodem bevond zich op -1,30 m +NAP en het oppervlaktewaterpeil op -0,9 m +NAP tijdens de bemonstering. Het toekomstige maaiveld zou dan met -0,8 - -0,9 m +NAP goed aansluiten op het gemeten slootpeil. Voor de toekomst is het de vraag wat het effect van het nieuwe peilregime (-0,2/-0,4 m +NAP) zal zijn op het slootpeil. Als dit ook in deze sloten het nieuwe peil wordt, zou het nieuwe maaiveld inunderen en heeft deze afgraving weinig nut voor de ontwikkeling van terrestrische natuur.

Noordwesten van de Berk (locaties 10, 11, 12)

De kleilaag was hier voedselrijk en op locatie 10 goed te verschrallen middels maaien en afvoeren tot een bloemrijker kruiden- en faunairijk grasland. De kleilaag is dik, waardoor het niet realistisch is deze geheel af te graven. Op locaties 11 en 12 waren de potenties kleiner; zowel de kleilaag als veenlaag waren hier verzuurd door pyrietoxidatie (zie Bijlage Pyrietoxidatie).

Centrum De Berk (locaties 15 tot en met 19)

De kleilaag was hier dunner en soms was zand op het veen afgezet in plaats van klei. Alle doorgemeten percelen zouden hier, soms met enige verschraling en het juiste beheer, geschikt kunnen zijn voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland. Perceel 16 was tot dieper in de bodem voedselrijk, maar op de andere percelen was de kleilaag al op 10 cm diepte minder eutroof en soms bevond zich op 20 cm diepte al een voedselarme veenlaag. In perceel 17 bleef de concentratie ammonium in de dieper lagen vrij hoog. Daarmee zijn de locaties 16 en 17 geschikt om te verschrallen richting een vochtig hooiland. Wat voedselrijkdom en buffering betreft op de andere locaties, zouden er na het afgraven van de kleilaag of het voedselrijke deel van de kleilaag goede potenties zijn voor het ontwikkelen van schralere typen, ware het niet dat met name het gebied rond 18 en 19 naar herinrichtingsmaatregelen zeer nat zal worden. Volgens de modellering staat het grondwater hier in de winter en het voorjaar al boven maaiveld, en zal in de zomer slechts 30-40 cm diep wegzakken. Als er hier 20-30 cm ontgrond zou worden, zou het water een groot deel van het jaar boven maaiveld staan (tenzij er sprake is van afstroming) en zou het water slechts enkele centimeters onder maaiveld wegzakken in de zomer. Hier liggen dan dus eerder potenties voor moerasontwikkeling of elzenbroekbos. Locatie 15 vormt hier een positieve uitzondering: hier is op 20 cm diepte al een zeer geschikte veenlaag aanwezig en hier zakt, net als op locaties 16 en 17, het grondwater wat dieper weg in de zomer. Bij afgraven van 20 cm klei is dit perceel erg geschikt voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Na ontgronding is naar verwachting de GLG ook niet te laag voor dit doelttype.

Zuidoosten van De Berk (20 tot en met 25)

De top laag van de klei was hier, soms met enige verschraling, al geschikt voor de ontwikkeling van kruidenrijk grasland. Onder de kleilaag, op 20-35 cm diepte, bevond zich een dik veenpakket dat qua bodemchemie zeer geschikt was voor de ontwikkeling van blauwgrasland. Na afgraven van 20-35 cm komt het grondwater in de winter boven maaiveld en zakt het in de zomer uit tot zo'n 30-60 cm onder maaiveld. De voorjaarssituatie is dan iets aan de natte kant, maar hier zou met ondiepe begreppeling gezorgd kunnen worden voor afvoer van water op het maaiveld.

Zuiden van De Berk (locaties 38 en 39)

Locatie 38 is tot dieper in de kleilaag voedselrijk. Hier zou met verschrallen door middel van maaien en afvoeren een wat bloemrijkere situatie gecreëerd kunnen worden, maar de verwachting is wel dat deze verschraling langdurig moet worden volgehouden. Op locatie 39 is de voedselrijkdom van de klei nu al geschikt voor kruidenrijk grasland. Volgens de hydrologische modellering wordt dit perceel echter erg nat, met grondwaterstanden in winter en voorjaar boven maaiveld en 's zomers hier net wat onder. Afgraven voor verschraling heeft hier geen zin voor de ontwikkeling van nat schraalland of vochtig hooiland, omdat ook de zomersituatie dan zeer nat blijft.

Noorden van De Berk (locaties 2 tot en met 9)

In het noorden van De Berk is gezocht naar goede locaties om petgaten aan te leggen. Geschikte locaties werden aangetroffen op de locaties die hier 4 en 8 genoemd zijn en waar een zich een niet al te dik pakket klei en zand op een dikke veenlaag bevond. Grondwater uit locatie 4 gaf aan dat het

water dat in het petgat te verwachten is, vrij sterk gebufferd is en niet al te voedselrijk. Hierdoor liggen er potenties om in de toekomst trilveen te ontwikkelen in de te graven petgaten. Op locatie 8 kan een petgat goed gecombineerd worden met de ontwikkeling van een blauwgraslandachtige situatie rondom het petgat, als ook 20 cm klei van het perceel verwijderd wordt. Als er 20 cm ontgrond wordt, wordt komt ook de GLG binnen het bereik van blauwgrasland. Bij het graven van het petgat moet erop gelet worden dat dit diep genoeg wordt om er ook in de zomer nog water in te laten staan. Omdat er hier sprake is van een dikke veenlaag, is jonge verlanding met krabbenscheer, waterdrieblad of kleine lisdodde hier de meest waarschijnlijke route van verlanding. Het is dan echter wel belangrijk dat de bodem van het petgat niet in het zand komt te liggen, maar er wat veen op de bodem overblijft. Op locatie 4 is de veenlaag dikker, en is dit dus makkelijker te realiseren in het westen van het perceel, maar hier is de grondwaterstand zo hoog dat dit regelmatig in contact staat met het water in de eutrofe zandlaag, waardoor er uitspoeling van fosfaat naar het petgat plaats kan vinden. In het oosten van het perceel is de veenlaag dunner, of bestaat uit zand- en veenbandjes.

Op locaties 5, 6 en 7 zijn de potenties laag. Hier is de zandbodem tot diep verrijkt en zou er veel afgegraven moeten worden om een voedselarmere bodem te krijgen. Op locatie 9 is de zandlaag ook sterk verrijkt, maar hier zou met het afgraven van het 35 dikke zandpakket een dik veenpakket aan maaiveld komen, waarop goed een kleine zeggengemeenschap ontwikkeld kan worden. Op locatie 2 is de toplaag nu al geschikt voor kruidenrijk grasland. Wordt er hier 20 cm van de klei afgehaald, dan is de kleilaag een stuk schraler en geschikt voor een kleine zeggengemeenschap. Op locatie 3 is de bovenste 10 cm van de kleilaag nu te rijk, maar de onderste 10 cm van de dikke kleilaag wel voedselarm. Aangenomen kan worden dat hier met het afgraven van zo'n 20 cm waarschijnlijk een goede uitgangssituatie voor vochtig hooiland kan worden gemaakt.

Boslocaties 40 en 26

Voor de ontwikkeling van rivier- en beekbegeleidend bos is er vanuit gegaan dat de uitgangssituatie niet heel schraal hoeft te zijn en er dus waarschijnlijk weinig afgegraven hoeft te worden. Op locatie 40 is de toplaag van de bodem niet extreem voedselrijk en mogelijk al geschikt voor de bostypen die onder rivier- en beekbegeleidend bos vallen, maar de grondwaterstand wordt hier erg hoog, met waterstanden die in de winter en het voorjaar op of aan maaiveld staan. Daarnaast is er ook uitspoeling van fosfaat te verwachten vanuit de bovenste 10 cm van de huidige bodem. Qua waterstanden is de locatie beter geschikt voor een elzenbroekbos. Om verruiging van de ondergroei van het elzenbroekbos te voorkomen (Runhaar et al., 2019) is het aan te raden de bovenste 10 cm af te graven. De kleilaag op locatie 26 is voedselrijker. De bovenste 10 cm is iets te rijk voor een goed ontwikkeld rivier- en beekbegeleidend bos. De toekomstige grondwaterstanden zijn hier ook hoog, maar blijven wel net onder het maaiveld. Als hier ontgrond zou worden, zou er het water in de winter ook boven maaiveld komen. Als een elzenbroekbos gewenst is, zal er waarschijnlijk ongeveer 30 cm ontgrond moeten worden. Een alternatief zou hier zijn om eerst een decennium intensief te verschralen en het perceel daarna om te vormen naar bos.

Moeras- en ruigtezone bij locaties 36 en 37

Voor het aanleggen van een ruigtezone zijn meestal geen abiotische belemmeringen. Er hoeft hiervoor niet ontgrond te worden. Voor de aanleg van moeras zou overwogen kunnen worden om 10-20 cm van de kleilaag af te halen, zodat het risico op uitspoeling van fosfaat en op algenbloei kleiner wordt, hoewel hier geen metingen van beschikbaar zijn. In het hydrologische model is rekening gehouden met een ontgroning van ongeveer 30 tot 40 cm. Op veel plekken zou daarmee de kleilaag afgegraven worden, waarmee de weerstand voor grondwater weggenomen wordt. Als hier een moeras zou worden aangelegd, is de overweging van belang of het grootschalig ontgronden tot op de zandgrond geen negatieve werking zou hebben op de kwelsituatie in het aangrenzende natuurgedeelte. De behoefte

aan gebufferd grondwater voor de schralere natuurtypen blauwgrasland, dotterbloemhooiland en trilveen is hoog en moet daarom meegewogen worden in het inrichtingsadvies.



Figuur 33. Vlakdekkende adviezen voor maatregelen en potenties.

Tabel 13. Huidige vegetatie, ambities, potenties volgens de LESA en adviezen voor maatregelen en potenties per locatie.

deelgebied	monster-locaties	vegetatie	huidige ambitie	LESA suggestie	geadviseerde maatregel	potenties na uitvoering
referentie-locaties	1	kleine zeggenmoeras	kleine zeggenmoeras	-	-	kleine zeggenmoeras
	13	kleine zeggenmoeras	kleine zeggenmoeras	-	-	kleine zeggenmoeras
	14	droog schraalgrasland (romp)	kruidenrijk grasland	-	10 cm afgraven	kleine zeggenmoeras (nat schraalland)
Strippen	27-35	grasland	kruidenrijk grasland	(hei)schraal grasland	aanleg brede natuurvriendelijke oever; zandige koppen verschralen d.m.v. maaien en afvoeren. voor voorgestelde profielen zie figuur 12	kleine zeggenmoeras (lage oever), blauwgrasland (hogere oever) (nat schraalland), kruidenrijk grasland (zandige koppen)
	26	grasland	rivier- en beekbegeleidend bos	rivier- en beekbegeleidend bos	afgraven (10 cm)	rivier- en beekbegeleidend bos
De Berk	2	grasland	kruidenrijk grasland	nat schraalland/vochtig hooiland	20 cm afgraven	kleine zeggenmoeras (nat schraalland)
	3	grasland	kruidenrijk grasland	nat schraalland/vochtig hooiland	20 cm afgraven	vochtig hooiland
	4 en 8	grasland	kruidenrijk grasland	nat schraalland/vochtig hooiland	verschralen/locatie 8 20 cm afgraven + petgat	petgaten met trilveen, locatie 8 blauwgrasland
	5-7	grasland)	kruidenrijk grasland	nat schraalland/vochtig hooiland	verschralen (uitmijnen)	
	9	grasland	kruidenrijk grasland	nat schraalland/vochtig hooiland	35 cm afgraven	kleine zeggengemeenschap
	40	grasland	hoogveen/laagveenbos	rivier- en beekbegeleidend bos	afgraven (10 cm)	elzenbroekbos (hoog- en laagveenbos)
	10	rompgem. Ruwe smele/ tweerijige zegge	kruidenrijk grasland	vochtig hooiland	verschralen (maaieren en afvoeren)	kruiden- en faunarijk grasland
	11 en 12	rompgem. Ruwe smele/ tweerijige zegge	kruidenrijk grasland	vochtig hooiland		weinig potenties
	15	grasland (gemaaid)	kruidenrijk grasland	nat schraalland	afgraven (10 cm)	blauwgrasland
	16	grasland (gemaaid)	kruidenrijk grasland	nat schraalland	verschralen (maaieren en afvoeren)	vochtig hooiland
	17	grasland (gemaaid)	kruidenrijk grasland	nat schraalland	verschralen (maaieren en afvoeren)	vochtig hooiland
	18 en 19	grasland (gemaaid)	kruidenrijk grasland	nat schraalland	afgraven (20-30 cm (kleilaag))	elzenbroekbos/moeras
	38 en 39	grasland	kruidenrijk grasland	vochtig hooiland	verschralen (maaieren en afvoeren)	kruidenrijk grasland
	20-25	grasland	kruidenrijk grasland	vochtig hooiland	afgraven (20-35 cm (tot veenlaag))	blauwgrasland
	36, 37	grasland (gemaaid)	dynamisch moeras	dynamisch moeras	lokaal afgraven (10-20 cm)	dynamisch moeras

(Her)introductie soorten

Voor de nieuwe petgaten geldt dat de kans erg klein is dat de kraggenvormende soorten deze spontaan bereiken. Zonder maatregelen wordt vrijwel zeker geen trilveen ontwikkeld van kwaliteitsniveau midden. Daarom wordt geadviseerd maaisel op de grens van de oever in te brengen vanuit de oude petgaten in de Berk.

Gezien de barrières in het gebied wordt de kans vrij klein geacht dat voldoende soorten van nat schraalland spontaan de nieuwe terreinen kunnen bereiken. Daarom worden hier ook aanvullende maatregelen geadviseerd. Voor kleine zeggenvegetaties kan gebruik worden gemaakt van maaisel uit de oude petgaten in De Berk (dit bevat voldoende soorten voor kwaliteitsniveau midden). Voor de plekken waar potenties voor blauwgraslanden zijn, wordt geadviseerd maaisel van buiten het projectgebied te betrekken, bijvoorbeeld uit het Gastels laag. Een oplossing kan ook zijn om maaisel uit de Berk en uit Gastels laag te mengen.

Voor vochtig hooiland wordt het in De Berk lastig en in Strijpen vrijwel onmogelijk om het kwaliteitsniveau 'midden' van het beheertype te halen zonder introductie van soorten, bijvoorbeeld door het uitleggen van maaisel. Omdat er zelfs binnen het gebied niet voldoende SNL-meetsoorten aanwezig zijn, wordt geadviseerd te zoeken naar een geschikt gebied in de regio.

Hydrologie

De grondwaterstanden zullen in Strijpen en De Berk na herinrichtingsmaatregelen sterk stijgen. Dit komt doordat er een hoofdafwatering zal worden verlegd, er sloten zullen worden gedempt, er percelen worden afgegraven en het oppervlaktewaterpeil hoger zal worden met een flexibel peil tussen -0,2 en -0,4 m +NAP. Dit peil wordt nu al gehanteerd in de natuurkern van de Berk: de stuw staat hier afgesteld op -0,2 m +NAP en bij standen lager dan -0,4 m +NAP wordt er water ingelaten. Voor de rest van het gebied betekent dit een verhoging van het oppervlaktewaterpeil van circa 30 cm in de zomer en circa 60 cm in de winter. Dit heeft een groot effect op de grondwaterstand in de percelen, zeker als ze dicht in de buurt van een watergang liggen. Voor veel gewenste schralere natuurdoeltypen zoals nat schraalland, trilveen en vochtig hooiland is een hoge grondwaterstand benodigd. Dit grondwater is niet alleen belangrijk voor de toevoer van water voor de vegetatie, maar ook om de voor deze typen benodigde buffering van de bodem op orde te houden door de aanvoer van basen. In de zomer zakken de grondwaterstanden enkele decimeters weg, kan er zuurstof de bodem indringen en treedt er enige verzuring op, die vervolgens in de winter weer gecompenseerd wordt door de oplading van het adsorptiecomplex met basische kationen door grondwater dat tot in de wortelzone rijkt. Behalve een hoge grondwaterstand is dus ook de kwaliteit van het grondwater van groot belang. Hiervoor is het van belang dat het peil niet zover opgezet wordt dat het water dat in de percelen aan maaiveld komt voornamelijk uit regen- of oppervlaktewater bestaat. Er moet nog voldoende afvoer oppervlakkige afvoer mogelijk zijn om regenwater dat op de percelen valt, af te voeren, en het grondwater niet weg te drukken. Hierbij is niet alleen de inrichting binnen het gebied van belang, maar ook het peilregime in de omliggende landbouwpolders, waar het zomerpeil tussen -0,7 en -1,7 m +NAP ligt, en het winterpeil tussen -0,8 en -1,8; een verschil van zo'n 0,3 tot zelfs 1,6 meter, waardoor grondwater weggetrokken kan worden naar deze polders.

Op de meeste plekken in het onderzoeksgebied ligt het huidige maaiveld ongeveer tussen -0,2 en -0,4 m +NAP, dus ongeveer even hoog als het oppervlaktewaterpeil. Bij afgraven van enkele decimeters komt er dus een deel van het gebied onder het oppervlaktewaterpeil te liggen. Zeker voor de schralere typen natuur als nat schraalland en trilveen is het van belang dat de vegetatie niet geïnundeerd wordt door, relatief, voedselrijk en slibrijk oppervlaktewater. Daarnaast is het van belang dat voor de meeste terrestrische natuurtypen het water niet permanent boven of aan maaiveld staat, maar ook

enkele decimeters uit kan zakken. Echt natte natuurtypen zoals trilveen of moerastypen (kleine en grote zeggenmoeras, rietmoeras) hebben wel een stabiel hoge waterstand nodig.

Aanleg petgaten

Voor de ontwikkeling van vegetatie van het petgat is het ontwerp van groot belang. Eén van de doelen bij de aanleg van petgaten in Strijpen - De Berk is het ontwikkelen van trilveenvegetaties. Trilveen (habitatype H7140A Overgangs- en trilvenen (trilveen); met name de Associatie van schorpioenmos en ronde zegge) is een zeer waardevol, zeer kwetsbaar en botanisch zeer rijk vegetatietype, dat voornamelijk voorkomt op kragges van verlandende petgaten. Een indeling in verschillende jonge verlandingsvormen die kragges kunnen ontwikkelen wordt gepresenteerd in de Bijlage Verlandingstypen. Globaal zijn er drie manieren waarop kragges kunnen ontstaan: via drijvende vegetaties, via soorten die vanaf de oever uitlopers maken die drijvende matten vormen, en via soorten die vanaf de oever zich over de bodem wortelend uitbreiden en pas later gaan opdrijven. Niet alle jonge, kraggevormende verlandingstypen hebben de potentie om uiteindelijk bij goed beheer een successie naar trilveen te kunnen laten zien. De verlandingstypen waarvan aangetoond is dat hieruit trilveen kan ontstaan, zijn voornamelijk verlandingen met kwel van kalkrijk, voedselarm water, en krabbenscheerverlandingen. Krabbenscheerverlandingen kennen een grotere invloed van oppervlaktewater en zijn iets voedselrijker dan eerstgenoemde verlandingsvegetaties. Daarnaast kan er ook kraggevorming optreden onder meer regenwaterachtige condities (kragges met Kleine Lisdodde en Moerasvaren) of onder eutrofe condities (verlanding met Grote Lisdodde en Riet). Deze verschillende jonge verlandingsvegetaties stellen andere eisen aan het ontwerp van het petgat. Verlandingsvegetaties in voedselarme kwelgevoede systemen met een grote potentie voor trilveenvorming, ontstaan vaak op een flauwe (licht hellende) zandbodem. Op deze bodem groeien dan helofyten als snavelzegge, holpijp en riet. Vanaf de oevers breiden deze soorten zich uit richting het water, waarbij ze in de zandbodem wortelen. Uiteindelijk ontstaan er opdrijvende wortelmatten, die loslaten van de onderliggende bodem en een kragge vormen vanuit de flauwe oever. Om deze situatie te creëren moet de het petgat dus tot in het zand worden uitgegraven, met een flauwe zandoever aan de kanten. Het petgat mag ten opzichte van de waterspiegel niet te diep zijn, zodat deze kleine helofyten makkelijk boven water uit kunnen groeien. Hiervoor is het dus ook van belang dat de bovenkant van de zandige oevers boven de waterspiegel blijven. Gezien de diepte waarop er in Strijpen - De Berk zand aanwezig is, zal dit type verlanding niet mogelijk zijn.

Krabbenscheer heeft een heel ander soort petgat nodig. De soort drijft in het groeiseizoen op het water, en trekt zich in de winter terug op de bodem van het petgat. Hiervoor moet het petgat dus diep zijn, maar dan ook weer niet al te diep, omdat er voldoende licht op de bodem moet vallen om de planten in het voorjaar te doen opdrijven. Optimaal is een diepte tussen circa 1 meter en 1,50 meter. Als sediment prefereert Krabbenscheer veen, en geen zand. De planten doen het het best op het sapropelium dat zij zelf produceren, en als er planten worden uitgezet is het aanraden om ook het sapropelium mee te transplanteren. Voor de ontwikkeling van Krabbenscheervelden zijn geen flauwe oevers benodigd; deze mogen ook steil zijn. Ook andere vormen van verlanding, zoals verlanding met kleine lisdodde en moerasvaren en met paddenrus en waterdrieblad prefereren een veenbodem in het petgat. Bij deze twee typen is het van belang dat de soorten vanaf de venige oever het water in kunnen groeien. Dit betekent dus dat er een venige oever moet zijn tot waaraan het waterpeil staat. Deze venige, natte oever moet vrij breed zijn, zodat er ruimte is voor deze soorten om te wortelen en te groeien voordat zij het water van het petgat zullen koloniseren. Verlanding vanuit een petgat met een venige bodem en venige oevers is het meest kansrijke type van verlanding in Strijpen - De Berk.

De oevervorm en zal in Strijpen - De Berk waarschijnlijk mede afhangen van het verwachte grondwaterstandsverloop. Als de verwachte hoogste standen hoog zijn ten opzichte van het huidige maaiveld, zal dit betekenen dat de oever nog uit klei of voedselrijk zand zal bestaan. De kansen voor kraggeverlanding en trilveenvorming zijn dan klein, aangezien de soorten die deze verlanding in gang moeten zetten, niet op klei of voedselrijk zand groeien. Alleen verlanding met Krabbenscheer zou in dat geval nog mogelijk zijn, zolang de basis van het petgat in het veen komt te liggen. Om het risico op fosfaatuitspoeling naar het petgat te beperken, zal in elk geval de toplaag van de klei of het zand moeten worden afgegraven.

Van belang bij de inrichting van de petgaten en de oevers van de petgaten is dat er na aanleg voldoende diasporen van de gewenste soorten worden aangebracht. Voor de oevers kan dit door vers maaisel van goed ontwikkelde veenvegetaties met de benodigde verlandende soorten uit te rijden, bijvoorbeeld uit de Westelijke Langstraat. Van aquatische soorten kunnen stekken of, in het geval van krabbenscheer, hele planten uitgezet worden. Met uitzondering van holpijp en riet zullen deze soorten zich niet makkelijk spontaan in de petgaten vestigen, omdat ze zware zaden hebben die zich niet via wind maar alleen drijvend verspreiden. Dit geldt overigens ook voor de soorten die zich in het trilveenstadium moeten vestigen. Deze kunnen na ontwikkeling van een jonge kragge aangebracht worden met maaisel van trilveen. Hiernaar is onderzoek gedaan in lopend OBN-onderzoek in de Vechtplassen en de Weerribben (Cusell *et al.* in prep.).

Beantwoording onderzoeksvragen

Samengevat kunnen de onderzoeksvragen als volgt worden beantwoord:

1. Zijn de twee aangewezen locaties De Berk geschikt voor trilveen?

Op grond van de boringen in een aantal percelen, waarin onder andere gekeken is naar de dikte van het veenpakket en de diepte van dit pakket onder maaiveld, zijn twee locaties gekozen waar het zwaartepunt voor de aanleg van twee petgaten. Op grond van de meting van de grondwaterkwaliteit lijken hier potenties voor trilveenvorming te liggen. Knelpunten hierbij kunnen de eutrofe toplaag zijn, waaruit fosfaat uit kan spoelen, en de beschikbaarheid van diasporen van kraggevormende soorten.

2. Is het mogelijk om in het noordoosten van het gebied (Strijpen) (hei)schraal grasland te ontwikkelen met een zone met zwak gebufferde soorten langs de sloot?

De zone in het noordoosten van Strijpen is geen specifieke locatie waar heischraal grasland kan worden verwacht. Deze verwachting kwam voort uit plantensoorten van zwakgebufferde wateren die in de aangrenzende sloot waargenomen zouden zijn, in combinatie met de aanwezigheid van oorsprong zuurdere veldpodzolen met kleidek in het gebied. Tijdens dit veldwerk bleken deze aquatische soorten niet aanwezig te zijn in de sloot, en bleek het water in de sloot sterk gebufferd. Ook de veen- en zandlagen van de aangrenzende percelen waren gebufferd, met uitzondering waar er sprake was van verzuring door pyrietoxidatie. Er zijn echter wel goede potenties voor andere typen nat schraalland als de voedselrijke toplaag wordt verwijderd. In het rapport worden drie profielen getoond die toegepast zouden kunnen worden om een brede natuurvriendelijke oever aan te leggen.

3. Is de realisatie van nat schraalland of vochtig hooiland mogelijk, lettend op fosfaatconcentraties en bodembuffering? Moet hiervoor afgegraven worden? Zo ja, hoe ver?

Er liggen duidelijke potenties voor de ontwikkeling van nat schraalland en vochtig hooiland in het gebied. Op een aantal locaties is het afgraven van 10 tot 25 cm van de toplaag hier al voldoende voor. Zonder afgraven is dit via maaien en afvoeren niet binnen enkele decennia te bereiken.

4. Wat zijn de potenties in verhouding tot de bestaande natuurwaardes van referentielocaties in het gebied?

In het gebied zijn twee goed-ontwikkelde locaties op veengrond bemonsterd. Deze hadden een zeer lage trofiegraad. Een dergelijk lage trofiegraad is op een aantal plaatsen ook te realiseren door het weghalen van het kleidek.

5. Hoe dik is de afdekkende kleilaag waar dynamisch moeras gewenst is en wat is de kwaliteit van de bodem na afgraven?

De kleilaag is in twee transecten in beeld gebracht. Het kleidek was ongeveer een halve meter tot een meter dik. Onder dik kleidek bevond zich soms zand en soms veen. Het zand was voedselarm en gebufferd.

6. Is rivier- en beekbegeleidend bos realiseerbaar zonder afgraven van de bouwvoor of wordt dit dan een brandnetelbos? Hoe diep zou er moeten worden afgegraven?

De toekomstige grondwaterstand aan de hoge kant voor rivier- en beekbegeleidend bos; elzenbroekbos lijkt hier passender. Verschraling kan ofwel plaatsvinden door middel van maaien en afvoeren voorafgaand aan de omvorming, of door het afgraven van de voedselrijke toplaag.

7. Kunnen de gewenste (planten)soorten het gebied bereiken? Met name bij meer zeldzame natuur, zoals trilveen of nat schraalland, die over het algemeen gefragmenteerd voorkomt.

Het is niet goed mogelijk de meer zeldzame natuurtypen te realiseren door diasporen van deze soorten te introduceren. Voor kleine zeggengemeenschappen is introductie via maaisel uit De Berk zelf afdoende, maar voor trilveen, blauwgrasland en dotterbloemhooiland is ook maaisel uit de regio nodig.

Literatuur

- 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.
- Chardon, W.J. (2008) Uitmijnen of afgraven van voormalige landbouwgronden ten behoeve van natuurontwikkeling. Een studie in het kader van 'Bodemdiensten'. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1683. 25 blz; 43 ref.
- Cusell, C., S. Kanters & R. van de Haterd, in prep. Onderzoek naar stimuleren van trilveenontwikkeling door aanbrengen van diasporen en uitsluiten van (vogel)begrazing.
- De Becker, P. (2004) Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende *Alno*/*Padion* en *Alnion incanae*/gemeenschappen. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.
- Den Held, A.J., M. Schmitz & G. Van Wirdum, 1992. Types of terrestrializing fen vegetation in the Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (red). *Fens and bogs in The Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*: 237-321. Kluwer, Dordrecht.
- Ertsen, D., P. de Louw & J. Buma, 2005. *OGOR Natuur in Noord-Brabant*. Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.
- 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. *Biol. Conserv.* 140: 318-328.
- Lamers, L., E. Lucassen, F. Smolders & J. Roelofs, 2005. Fosfaat als adder onder gras bij 'nieuwe natte natuur'. *H2O* 38(17): 28-30.
- Lamers, L., E. Lucassen, H. Tomassen, A. Smolders & J. Roelofs, 2009. Verpitruissing bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110 (1): 43-46.
- Loeb, R., J. Geurts, L. Bakker, R. van Leeuwen, J. van Belle, J. van Diggelen, A.-H. Faber, A. Kooijman, O. Brinkkemper, B. van Geel, W. Weijs, G. van Dijk, J. Loermans, C. Cusell, W. Rip, L. Lamers, 2016. *Verlandig in laagveenpetgaten*. Speerpunt voor natuurherstel in laagvenen. Rapport nr. 2016/OBN208-LZ. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren.
- Olsen S.R., Cole C.W., Watanabe R. & Dean L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dpt. of Agriculture circular* 939.
- Sarneel J.M., N. Huig, G.F. Veen, W. Rip. & E.S. Bakker, 2014b. Herbivores enforce sharp boundaries between terrestrial and aquatic systems. *Ecosystems* 17: 1426-1438.
- Sarneel, J.M., M.B. Soons, J.G.M. Geurts, B. Beltman & J.T.A. Verhoeven, 2011. Multiple effects of land-use changes impede the colonization of open water in fen ponds. *Journal of vegetation Science* 22: 551-563.
- 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.

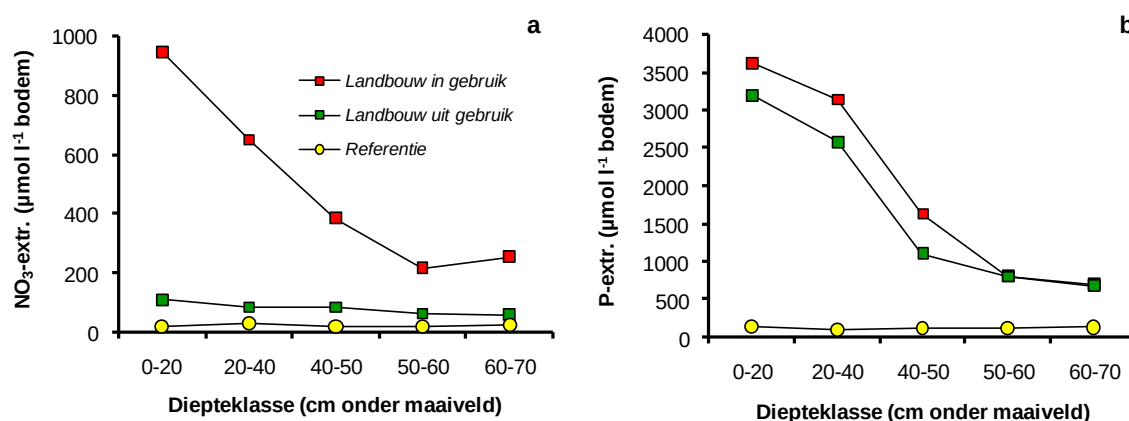
- Smolders, A., E. Lucassen, M. van Mullekom, H. Tomassen, & E. Brouwer (2009) Ontgronden op voormalige landbouwgronden: doeltreffend maar ook toereikend? *De Levende Natuur* 110: 33-38.
- Smolders, A.J.P. & J.G.M. Roelofs, 1995. Internal eutrophication, iron limitation and sulphide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in the Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie*, 133: 349-365.
- Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, C. den Hartog & J.G.M. Roelofs, 2003. Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in the Netherlands: sulphate as a key variable. *Hydrobiologia* 506: 603-610.
- Timmermans, B.G.H & N. van Eekeren (2012) Uitmijnen: het bodemfosfaatgehalte verlagen met grasklaver en kalibemesting. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 1: 12-15.
- 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.
- Van de Haterd, R.J.W., 2021. Landschapsecologische systeemanalyse NRM-W, Etten-Leur. Deelgebieden Zwartenbergse polder, Strijpen & De Berk, Kelsdonk & Zwermmlaken. Rapportnr. 21-213. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Van der Grift B. & P.J. Stuyfzand, 2019. Uitlogging geochemisch buffervermogen ondergrond. BTO 2019.036. KWR, Nieuwegein.
- Van der Wal, J.E.M, M. Dorenbosch, A.K. Immers, C. Vidal Forteza, J.J.M. Geurts, E.T.H.M. Peeters, B. Koese & E.S. Bakker, 2013. Invasive crayfish threaten the development of submerged macrophytes in lake restoration. *PLoS ONE* 8: 1-11
- Van Diggelen, J.M.H., Y.J.M. Verstijnen, J.G.M. Roelofs & A.J.P. Smolders, 2020. Uniek verschijnsel in de Groene Waterparel. Katteklei in de bodem leidt tot vegetaties van Oeverkruid-klasse in boerensloten. *Landschap* 2020 (2): 87-97.
- Van Mullekom, M., A. Smolders, E. Brouwer & J. Roelofs (2007) Onderzoek naar de kansen voor natuurontwikkeling in het Wisselse Veen. Rapport B-WARE Research Centre, Nijmegen.
- Van Mullekom, M., 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.
- Van Mullekom, M., F. Smolders, E. Brouwer, W. Geraedts & J. Roelofs, 2009. Herstel van schraalgraslanden in het Hierdense beekdal. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 6: 2-7.
- Vink J., B. van der Grift, Ch. Schmidt, 2010. Arseen in het lokale grondwater van Nederland en indelingen voor regionale beoordeling. 1203842-000. Deltares, Utrecht/Delft.
- Waternood terrestrisch 3.0.4; Runhaar, H. & S. Hennekens, 2014. Waternood, Hydrologische randvoorwaarden Natuur, versie 3.
- Weijs W., 2013. Mislukking en succes van nieuwe petgaten in de Oostelijke Vechtstreek. Natuurmonumenten, Beheereenheid Vechtplassen.

Bijlagen

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.

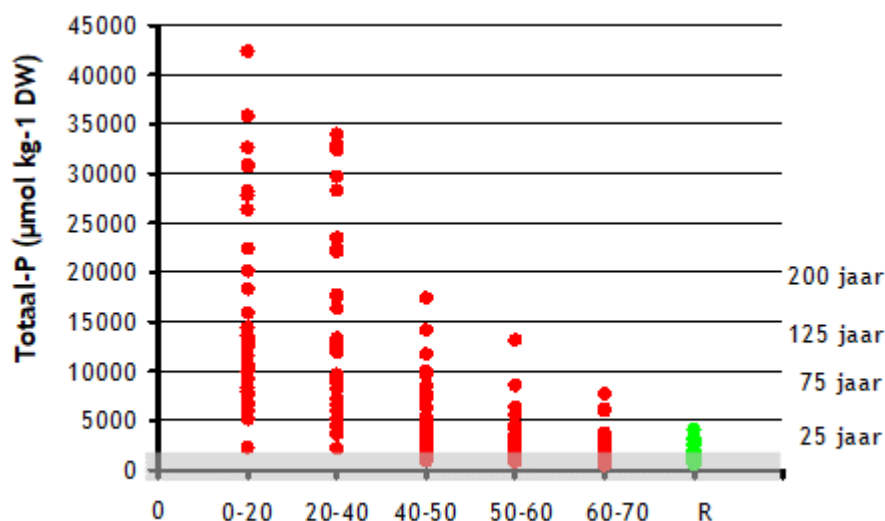
Na beëindiging van het agrarische gebruik neemt de stikstofbeschikbaarheid vaak sterk af als gevolg van nitraatuitspoeling en denitrificatie (figuur 34.A; Lamers e.a., 2005; Smolders e.a., 2006). Fosfor daarentegen wordt sterk in de bodem gebonden en de fosforbeschikbaarheid neemt na beëindiging van het agrarische gebruik niet sterk af (figuur 34.B; 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.



Figuur 34. 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).

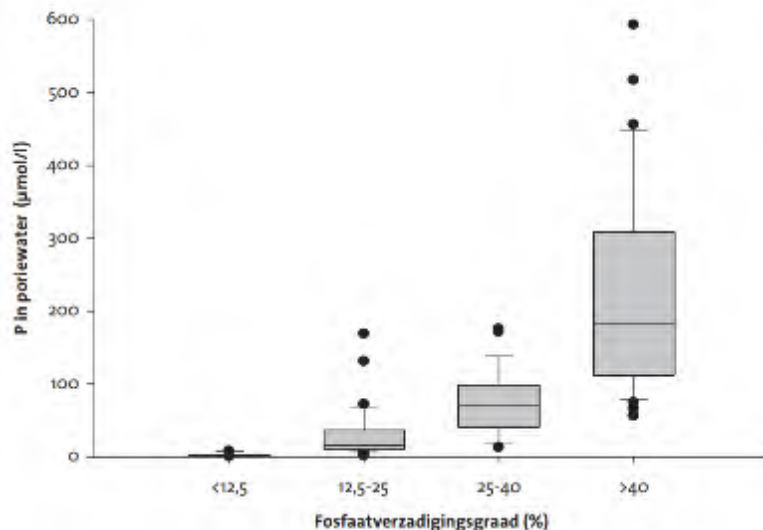
Fosfaatbeschikbaarheid

In tegenstelling tot stikstof neemt de fosforbeschikbaarheid niet sterk af door uitspoeling. Door middel van maaien en afvoeren kan de P-beschikbaarheid op voormalige landbouwgronden meestal onvoldoende worden teruggebracht om binnen een termijn van enkele tientallen jaren een P-gelimiteerde uitgangssituatie te krijgen (zeer kalkrijke bodems uitgezonderd) (figuur 35; 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).



Figuur 35. 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).

In het geval dat de natuurontwikkeling gepaard gaat met vernatting is het van belang om tevens 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. Onder aerobe (zuurstofrijke) condities bestaat bij een fosfaatverzadigingsgraad > 25% kans op fosfaatuitspoeling en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld. Onder nattere (anaerobe) omstandigheden komt er door de reductie van deze ijzerverbindingen echter al eerder fosfaat vrij in het grondwater, dat vervolgens weer in het grond- of oppervlaktewater terecht kan komen. Dit gebeurt al bij een fosfaatverzadigingsgraad tussen 12,5 en 25% (figuur 36), terwijl het risico op nalevering boven 25% nog groter is. Bij het een fosfaatverzadiging tussen de 12,5 en 25% wordt in dit onderzoek vanwege de natte omstandigheden in de percelen het risico op nalevering als matig groot beschouwd en boven 25% als groot



Figuur 36. Fosfaatverzadigingsgraad (bezetting van de amorfe ijzer- en aluminiumhydroxides met fosfaat) van de bodem als indicator voor de fosforconcentratie in het grondwater na 8 weken vernatten van de bodem. Bij een hoge fosfaatverzadigingsgraad leidt vernatting van de bodem tot hoge fosforconcentraties in het grondwater van de bodem en daarmee tot een hoge risico op fosfaatnalevering (bron: B-WARE brochure Waterbodem en waterkwaliteit).

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

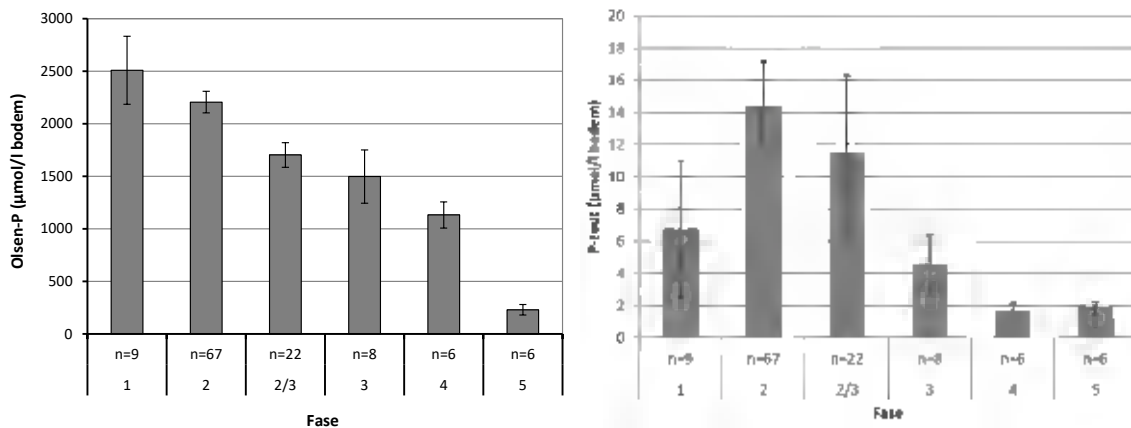
Bij extensieve begrazing worden nutriënten opgenomen door grazers. Via mest en urine komen ze dan elders weer vrij. Probleem hiervan is echter dat dit vooral leidt tot herverdeling van nutriënten binnen het gebied en veel minder tot de afvoer van nutriënten. Daarnaast worden bepaalde soorten als Pitrus (*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 35, Smolders e.a., 2006; Lamers e.a., 2005).

In figuur 37 wordt weergegeven binnen welke termijn een soortenrijk kruiden- en faunarijk grasland (Olsen-P <1200 µmol/l bodem) tot ontwikkeling kan komen door middel van aanvullend verschralingsbeheer (met maaien en afvoeren) van de toplaag van de bodem. Uit recent onderzoek blijkt dat op de meest waardevolle kruiden- en faunarijke graslanden ook de Olsen-P concentratie relatief laag is (<1000-1200 µmol/l; figuur 37). 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 ($P\text{-}z < 1\text{-}2 \mu\text{mol/l}$). Onder droge, P-rijke condities kan tevens een soortenrijkere ontwikkeling optreden wanneer sprake is van droogtestress en/of N-limitatie ($< 20\text{-}100 \mu\text{mol/l}$ nitraat).



Figuur 37. 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).

De laatste jaren zijn goede resultaten bereikt met de ontwikkeling van glanshaverhooiland en kruiden- en faunarijkgasland door middel van chopperen en gericht inzaaien op P-rijkere gronden. Door te chopperen wordt de dichte, soortenarme graszode verwijderd en ruimte gecreëerd voor de kieming van de doelsoorten. Na het chopperen wordt gericht zaadmengsel (bestaande uit zowel inheemse grassen als kruiden van Biodivers) van glanshaverhooiland of kruiden- en faunarijkgasland opgebracht. Deze methode bevindt zich echter nog wel in de experimentele fase, het is nog niet duidelijk of de ontwikkelde vegetaties zich op de lange termijn standhouden en waarom het op sommige gronden wel en niet werkt (mogelijk speelt stikstoflimitatie een rol).

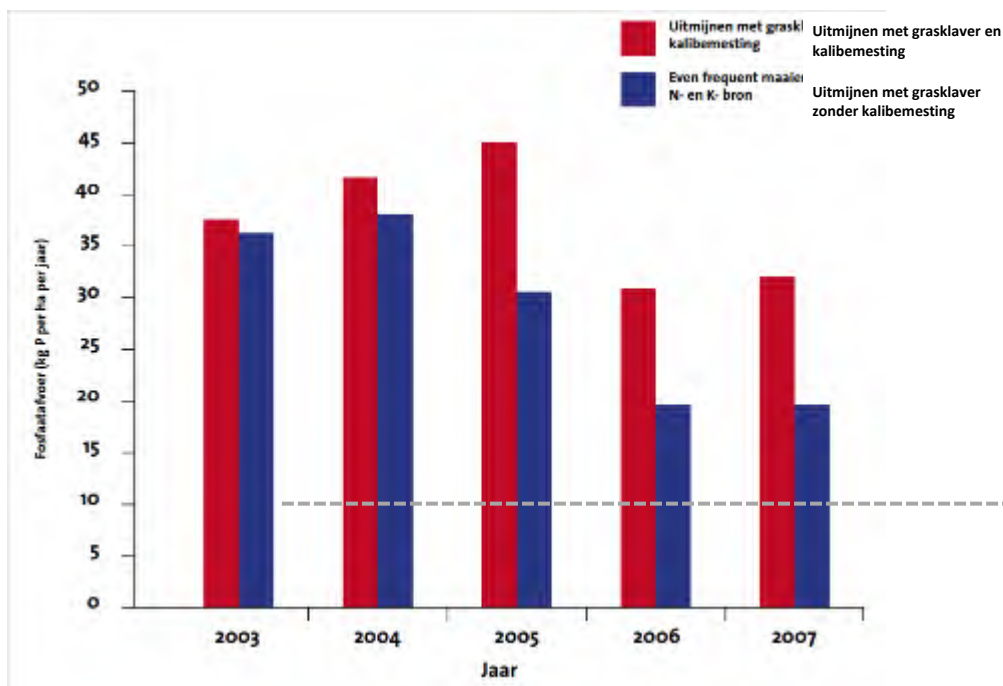
Om op voedselrijkere, droge gronden de dominantie van witbol te doorbreken wordt geadviseerd witbol vroeg af te maaien, bijvoorbeeld in mei. Deze grassen bloeien namelijk voordat de zomerkruiden gaan bloeien. Op deze manier wordt gestreepte witbol actief teruggedrongen ten gunste van later bloeiende kruidachtigen. Goed ontwikkelde kruidenrijke graslanden worden vaak laat in de zomer (augustus/september) gemaaid.



Figuur 38. Foto's van een goed ontwikkeld droog (links; Winterswijk) en vochtig (rechts; Doetinchem) kruiden- en faunarijk grasland. Foto's: Mark van Mullekom.

Uitmijnen

Uitmijnen is een versterkte verschraling 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 verschralingsniveau is bereikt (Van Mullekom e.a., 2013) (figuur 39). Het uitmijnen kan versneld worden door het verwijderen van de extreem voedselrijke toplaag.



Figuur 39. 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/maaienveldverlaging) worden enkele decimeters van de toplaag verwijderd. 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 verschraling 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 (grond)waterstanden 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, 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.

Berekening verschrallingsduur

Als uit het bodemchemisch onderzoek blijkt dat de bodem in het onderzoeksgebied als gevolg van het landbouwkundig gebruik verrijkt is met fosfaat, dan is verschrallingsbeheer nodig om soortenrijke natuurtypen tot ontwikkeling te kunnen laten komen. Verschralling kan plaatsvinden door maaien en afvoeren, uitmijnen of het verwijderen van de fosfaatrijke toplaag. Om te kunnen bepalen of verschralling via maaien en afvoeren of uitmijnen binnen een redelijke termijn te realiseren is, kan op basis van de Olsen-P en totaal-P-concentratie een indicatieve verschrallingsduur berekend worden.

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 standaardwaarde 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 Olsen-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 pas 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. Voor uitmijnen kan de verschrallingsduur op dezelfde wijze berekend worden, maar dan wordt uitgegaan van een P-afvoer van 40 kg hectare per jaar. Deze afvoer kan gehaald worden met uitmijnen met grasklaver in combinatie met kalibemesting of een productieve graszode in combinatie met stikstof- en kalimesting, maar de daadwerkelijke onttrekking is afhankelijk van de omstandigheden (o.a. effectiviteit en hydrologie).

Aanvullende (beheer)maatregelen

Na het verwijderen van de P-verrijkte toplaag is het vaak nodig om nog een aantal jaren aanvullend verschrallingbeheer te plegen door middel van maaien en afvoeren. Begrazen houdt het terrein wel open maar leidt nauwelijks of niet tot een verdere verschralling 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). Daarom is onderzocht of er van voldoende doelsoorten nog bronpopulaties het gebied aanwezig zijn en dit wordt gekoppeld aan een advies.

Uiteraard is het voor het realiseren van een doelttype 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. blauwgrasland 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 inzijs op aanzienlijke afstand. Een bijkomend voordeel van verschrallen 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.

Advies introductie soorten

Zoals in de inleiding aangegeven zijn voor de ontwikkeling van een vegetatie naast de juiste abiotische omstandigheden ook de 'juiste' plantensoorten nodig. Planten verspreiden zich via zogenaamde diasporen (zaden of plantfragmenten zoals wortelstokken). Elke plantensoort heeft één of meerdere verspreidingsmechanismes, vaak gekoppeld aan het habitat waar de soort in voorkomt; zo verspreiden water- en oeverplanten verspreiden zich vaak via lang drijvende zaden of wortelstokken en hebben planten van graslanden vaak zaden met windverspreiding (denk aan vliegende paardenbloemzaadjes). Daarnaast verspreiden plantenzaden zich via vogels en door menselijk toedoen, zoals onder een wandelschoen of met de maaimachine, maar hier gaat toeval een grote rol spelen. Het merendeel van de zaden valt relatief dicht bij de plant en slechts een klein deel komt verder dan enkele tientallen meters en verder dan enkele kilometers wordt de kans op effectieve verspreiding erg klein (zie bijv. Van de Haterd et al., 2018). Uitzondering vormen sporenplanten (o.a. varens), mossen en korstmossen, deze verspreiden zich over vele kilometers via de wind. Voor succesvolle kolonisatie zijn in theorie maar enkele zaden nodig die op de goede plek vallen, maar in praktijk gaan veel zaden verloren omdat ze verkeerd terechtkomen, niet kunnen kiemen of als zaailing verloren gaan door bijvoorbeeld droogte of vraat. Op basis van de ervaring van B-Ware & Science4Natura (ongepubliceerde gegevens) blijkt dat enkele honderden zaden nodig zijn om een redelijke mate van zekerheid te hebben dat een soort een (abiotisch geschikt) terrein koloniseert.

Voor een goede ontwikkeling van een beheertype zijn een drietal categorieën planten nodig:

4. Een aantal SNL-meetsoorten (dit zijn kritischere, minder algemene soorten), zodat voldaan kan worden aan kwaliteitsniveau midden van het beheertype. Voor beheertype trilveen, nat schraalland en vochtig hooiland zijn er in totaal 82 SNL meetsoorten flora (website Bij12). Op deze (landelijke) SNL-lijst staan ook soorten die in dit gebied niet te verwachten zijn (zoals wilde kievitsbloem). Hier is rekening mee gehouden; er zijn maar een beperkt aantal soorten 'nodig' om het kwaliteitsniveau te halen. Daarnaast mogen bepaalde faunasoorten en bepaalde Rode Lijstsoorten ook meetellen. In praktijk is het zonder een significant aantal plantensoorten onmogelijk om het kwaliteitsniveau midden te halen;

5. Een aantal algemene soorten die vaak aspectbepalend voorkomen in het beheertype om een enigszins gevarieerde vegetatie kunnen vormen. Deze lijst (en de volgende) is gebaseerd op expert-judgement;
6. Specifieke soorten voor bepaalde ecologische functies. Voor trilvenen zijn zogenaamde biobouwers nodig, zoals krabbenscheer, waterdrieblad, snavelzegge, draadzegge of kleine lisdodde, die drijvende kragges kunnen vormen (). Voor graslanden kunnen grote ratelaar of rode ogentroost als half-parasiet een rol spelen in het onderdrukken van het grassen en het stimuleren van kruiden. Enkele van deze soorten zijn ook al opgenomen als meetsoort of aspectbepalende soort.

In de volgende bijlage is de lijst met relevante plantensoorten voor de beheertypen nat schraalland (N10.01), vochtig hooiland N10.02) en trilveen (N06.02) opgenomen. Voor deze rapportage is het voorkomen van deze soorten in heden (en verleden) van deze soorten in beide deelgebieden onderzocht op basis van de gegevens uit de Nationale Databank Flora en Fauna, aangevuld met eigen veldwaarnemingen tijdens het project.

Lijst met relevante plantensoorten

Tabel 14. lijst met relevante plantensoorten voor de beheertypen nat schraalland (N10.01), vochtig hooiland N10.02) en trilveen (N06.02) opgenomen.

Nederlandse_naam	Wetenschappelijke_naam	relevantie	N06.01	N10.01	N10.02	aanwezig de Berk	aanwezig strepen	Opmerking
Addertong	Ophioglossum vulgatum	SNL meetsoort	1	1				
Adderwortel	Persicaria bistorta	SNL meetsoort		1		1984		
Armbloemige waterbies	Eleocharis quinqueflora	SNL meetsoort	1					
Boerndooievaarsbek	Geranium pratense	SNL meetsoort		1				
Bevertjes	Briza media	SNL meetsoort	1	1		1939		
Blauwe knoop	Succisa pratensis	SNL meetsoort	1			2019	1994	
Bloke zegge	Carex pallescens	SNL meetsoort	1	1		1948	2019	
Blonde zegge	Carex hostiana	SNL meetsoort	1	1				
Bonte paardenstaart	Equisetum variegatum	SNL meetsoort		1				
Bosbies	Scirpus sylvaticus	SNL meetsoort		1		2021	2021	
Brede orchis	Dactylorhiza majalis subsp. majalis	SNL meetsoort	1	1		1939		
Breed wollegras	Eriophorum latifolium	SNL meetsoort		1				
Draadgentiaan	Cicendia filiformis	SNL meetsoort		1				
Draadrus	Juncus filiformis	SNL meetsoort	1	1				
Draadzegge	Carex lasiocarpa	SNL meetsoort	1	1		2022		
Dwergbloem	Centunculus minimus	SNL meetsoort		1				
Dwergrus	Juncus pygmaeus	SNL meetsoort		1				
Geelharthe	Linum catharticum	SNL meetsoort	1					
Gele zegge	Carex flava	SNL meetsoort		1				
Gevekte orchis	Dactylorhiza maculata	SNL meetsoort	1	1				
Gevegeld hertschoi	Hypericum tetrapterum	SNL meetsoort		1		2019	2005	
Gewone dotterbloem	Caltha palustris subsp. palustris	SNL meetsoort		1		2011	2003	
Gewone vleugeltjesbloem	Polygala vulgaris	SNL meetsoort		1				
Groenknolorchis	Liparis loeselii	SNL meetsoort	1	1				
Grondster	Illecebrum verticillatum	SNL meetsoort		1				
Grote muggenorchis	Gymnadenia conopsea	SNL meetsoort		1				
Grote pimpinel	Sanguisorba officinalis	SNL meetsoort		1		2020	2019	
Guiden boterbloem	Ranunculus auricomus	SNL meetsoort		1				
Harlekijn	Orchis morio	SNL meetsoort		1				
Heidekartelblad	Pedicularis sylvatica	SNL meetsoort		1				
Herfsttijloos	Colchicum autumnale	SNL meetsoort		1				
Honingorchis	Horminum monorchis	SNL meetsoort		1				
Karwijsele	Selinum carvifolia	SNL meetsoort		1				
Klein blaasjeskruid	Utricularia minor	SNL meetsoort	1					
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	SNL meetsoort	1	1		1988	1990	
Klimopwaterranonkel	Ranunculus hederaceus	SNL meetsoort		1				
Kloksgentiaan	Gentiana pneumonanthe	SNL meetsoort		1				
Knotsteenbreek	Saxifraga granulata	SNL meetsoort		1		1950		
Knotzegge	Carex buxbaumii	SNL meetsoort	1	1				
Koprus	Juncus capitatus	SNL meetsoort		1				
Kranskarwij	Carum verticillatum	SNL meetsoort		1				
Kruipende moerasweegbree	Baldolia ranunculoides subsp. repens	SNL meetsoort		1		1939	1934	
Liggende vleugeltjesbloem	Polygala serpyllifolia	SNL meetsoort		1				
Melkwoolte	Viola persicifolia	SNL meetsoort		1				
Moeraskartelblad	Pedicularis palustris	SNL meetsoort	1	1		1939	2008	
Moerassreepzaad	Crepis paludosa	SNL meetsoort		1		1984		
Moeraswespenorchis	Epipactis palustris	SNL meetsoort	1	1				
Moesdistel	Cirsium oleraceum	SNL meetsoort		1		2020		
Noords walstro	Galium boreale	SNL meetsoort		1				
Noordse zegge	Carex aquatilis	SNL meetsoort		1				
Paardenhaarzegge	Carex appropinquata	SNL meetsoort	1	1				
Parnassia	Parnassia palustris	SNL meetsoort		1				
Plat blaasjeskruid	Utricularia intermedia	SNL meetsoort	1	1				
Platte bie	Blismus compressus	SNL meetsoort		1				
Polei	Mentha pulegium	SNL meetsoort		1				
Rietorchis	Dactylorhiza majalis subsp. praetermissa	SNL meetsoort		1		2021		
Rode ogentroost	Odontites vernus subsp. serotinus	SNL meetsoort		1				
Ronde zegge	Carex diandra	SNL meetsoort	1	1		2001		
Schildereprijs	Veronica scutellata	SNL meetsoort		1		2017	2005	
Schubzegge	Carex lepidocarpa	SNL meetsoort		1				
Slank wollegras	Eriophorum gracile	SNL meetsoort		1				
Spaanse ruiter	Cirsium dissectum	SNL meetsoort	1	1		1994	2000	
Sterzegge	Carex echinata	SNL meetsoort		1		2019		
Stijf struisriet	Calamagrostis stricta	SNL meetsoort		1				
Teer guichelheil	Anagallis tenella	SNL meetsoort		1				
Troedravik	Bromus racemosus	SNL meetsoort		1			1990	
Tweehuizige zegge	Carex dioica	SNL meetsoort	1	1				
Veenmosorchis	Hammarbya paludosa	SNL meetsoort		1				
Verfbrem	Genista tinctoria	SNL meetsoort		1				
Vetblad	Pinguicula vulgaris	SNL meetsoort		1				
Vleeskleurige orchis	Dactylorhiza incarnata	SNL meetsoort	1	1		2012		
Viozegge	Carex pulicaris	SNL meetsoort		1		1939		
Waterdriehal	Menyanthes trifoliata	SNL meetsoort	1	1		2022	1939	
Waterkruskruid	Jacobaea aquatica	SNL meetsoort		1				* Niet bekend uit Strepen en De Berk, wel uit Zwartenbergse Polder en Kelsdonk
Weidekervel	Silene silaus	SNL meetsoort		1				
Weidevergeet-mij-nietje	Myosotis scorpioides subsp. nemorosa	SNL meetsoort		1				
Welriekende nachtorchis	Platanthera bifolia	SNL meetsoort		1				
Wydbleuende rus	Juncus tenageia	SNL meetsoort		1				
Wilde herfsttijloos	Colchicum autumnale	SNL meetsoort		1				
Wilde kievitsbloem	Fritillaria meleagris	SNL meetsoort		1				
Zitte rus	Juncus gerardi	SNL meetsoort		1				
Zwartblauwe rapunzel	Phyteuma spicatum subsp. nigrum	SNL meetsoort	1	1				
Blauwe zegge	Carex panicea	aspectbepalend	2			2019	2016	
Echte koekoeksbloem	Silene flos-cuculi	aspectbepalend	2	2		2019	2016	
Geelgroene/Dwergzegge	Carex demissa/oederi	aspectbepalend	2	2		2022	2022	
Grote ratelaar	Rhinanthus angustifolius	aspectbepalend	2	2		2004	1938	
Moerasrolklaver	Lotus pedunculatus	aspectbepalend		2		2022	2022	
Moeraszegge	Carex acutiformis	aspectbepalend		2		2020	2016	
Pipenstroolte	Molinia caerulea	aspectbepalend		2		2022	2008	
Scherpe zegge	Carex acuta	aspectbepalend		2		2018	2016	
Stuwe zegge	Carex elata	aspectbepalend	2			2022	2016	
Tormentil	Potentilla erecta	aspectbepalend		2		2022	1992	
Tweerijge zegge	Carex disticha	aspectbepalend		2		2022	2016	
Veldrus	Juncus acutifloris	aspectbepalend	2	2		2022	2003	
Zompzegge	Carex curia	aspectbepalend		2		2019	2012	
Snavelzegge	Carex rostrata	biobouwer/aspe	2	2		2022	2008	
Krabbenscheer	Stratiotes aloides	biobouwer	2			1930	1989	
Wateraardbei	Comarum palustre	biobouwer	2			2019	1988	
Grote boterbloem	Ranunculus lingua	biobouwer	2			1994	2008	

Pyrietoxidatie (uit: Loeb, 2021)

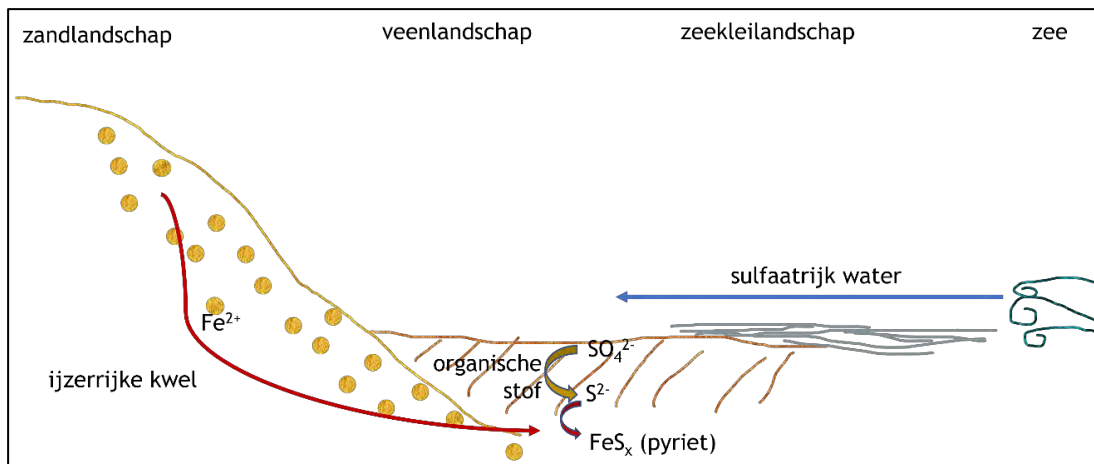
Uit de bodemchemische metingen blijkt dat er op een aantal plekken in Strijpen en De Berk sprake is van pyrietoxidatie. Pyrietoxidatie werd aan de hand van sterk verhoogde sulfaatconcentraties in de bodem vastgesteld in het noorden van De Berk (locaties 2, 3, 4, 8 en 40), het noordwesten van De Berk (locaties 11 en 12), in de toplaag van locatie 20 (zuidoosten van De Berk) en 39 (zuiden in De Berk), en het noordoosten van Strijpen (locaties 28, 32, 35). Op locaties 11, 12 en 35 had dit al geleid tot een sterke verzuring waardoor de pH-NaCl beneden 3,5 lag en calcium uit de bodem was uitgespoeld. Ook in het centrum van De Berk (locaties 18 en 19), was waarschijnlijk pyriet aanwezig in de ondiepe ondergrond, maar hier was geen sprake van oxidatie van het pyriet.

Pyriet (FeS_x ; meestal FeS_2) ontstaat als er hoge concentraties sulfaat worden gereduceerd, waarbij sulfide ontstaat. Bij aanwezigheid van ijzer slaat dit sulfide met het ijzer neer als pyriet. Hoge pyrietconcentraties in de bodem worden in Nederland veel aangetroffen op de overgangen van het veen- naar het zeekleilandschap waar er vroeger intrusies met zout of brak water waren (Van der Grift & Stuyfzand, 2019; Vink et al., 2010). In Strijpen en De Berk gebeurde dit tijdens de St-Elisabethsvloed. Dit (zee-)water bevat veel sulfaat. Onder natte omstandigheden is dit sulfaat vervolgens gereduceerd door het aanwezig organisch materiaal (veen). Dit sulfide vormde vervolgens een neerslag met ijzer. Veel ijzer is bijvoorbeeld te vinden op plekken waar van oudsher ijzerrijke kwel optrad (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

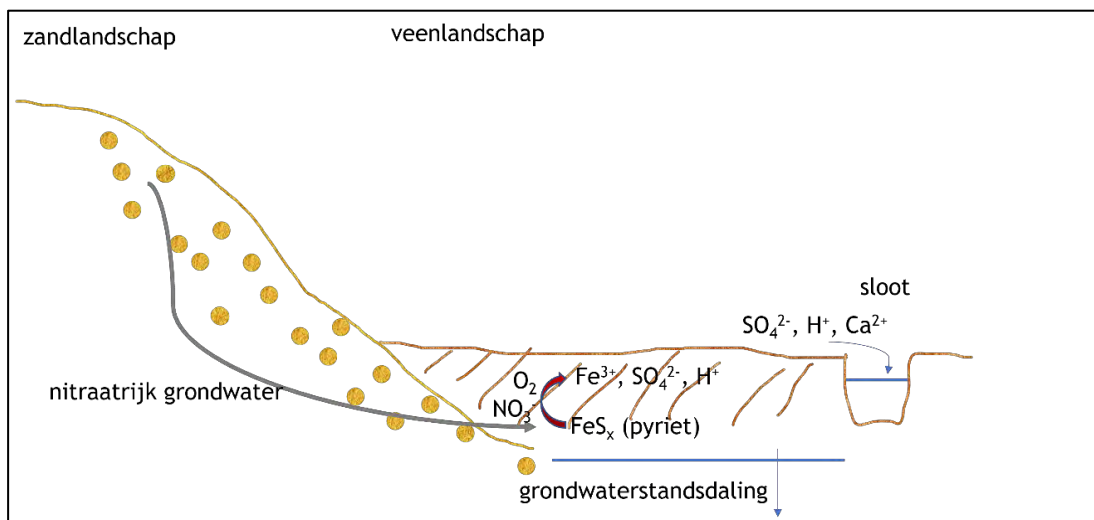
Het aanwezig pyriet kan ook weer geoxideerd worden. Als er zuurstof door kan dringen tot de pyrietlaag, doordat bijvoorbeeld de grondwaterstand daalt, wordt pyriet omgezet in sulfaat, protonen (zuur) en gereduceerd of geoxideerd ijzer (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Het zuur wordt gebufferd door kalk (calciumcarbonaat) in de bodem, en als dat er niet is, door bicarbonaat in het bodemwater en door uitwisseling tegen kationen aan het adsorptiecomplex, zoals calcium en magnesium. Daarbij gaan de protonen aan het kationadsorptiecomplex zitten, en komen calcium en magnesium in het grondwater terecht, waarna ze samen met het gevormde sulfaat en overgebleven protonen uit kunnen spoelen naar het grondwater of naar aanpalende sloten. Hierdoor blijft er in de bodem steeds minder bufferend vermogen over. Het ijzer blijft als minder mobiel ijzer(hydr)oxide achter in de bodem. Als het pyriet niet volledig geoxideerd wordt, maar alleen het sulfide omgezet wordt in sulfaat en het ijzer tweewaardig ijzer blijft, is het ijzer mobiel. Het kan dan van dieper in de bodem meegevoerd worden naar het grensvlak tussen grondwater en de onverzadigde zone. Door het zuurstof dat hier aanwezig is, oxideert het ijzer hier wel naar driewaardig ijzer, waarbij ook weer zuur vrijkomt. Hierdoor kunnen pyrietlagen dieper in de bodem ook een verzurende werking hoger in de bodem hebben. Naast zuurstof kan ook nitraat zorgen voor oxidatie van pyriet. Hierdoor vindt er momenteel veel pyrietoxidatie plaats op plaatsen waar grondwater dat door uitspoeling uit landbouwgronden verrijkt is met nitraat de pyrietlagen raakt.

De uitspoeling van zuur water naar de sloten bij pyrietoxidatie kan het aquatische milieu sterk beïnvloeden. In de Groene Waterparel, een polder in Zuid-Holland tussen Rotterdam en Gouda, is het slootmilieu door pyrietoxidatie zodanig zuur geworden dat er vensoorten van de Oeverkruidklasse groeien, zoals vlottende bies en kleinste egelskop (Van Diggelen et al., 2020). Bij deze sloten is in chemische samenstelling een groot verschil te zien tussen de momenten waarop de sloten de percelen draineren en er uitspoeling vanuit de percelen naar de sloten plaatsvindt, waarbij de pH onder 3 kan dalen, en de momenten waarop er water vanuit de sloten de percelen intrekt (Van Diggelen et al., 2020).

Pyrietoxidatie kan tegengegaan worden door de grondwaterstand hoog te houden en aanvoer van nitratrijk grond- of oppervlaktewater te stoppen.



Figuur 40. Schematische weergave van het ontstaan van pyriet.



Figuur 41. Schematische weergave van de oxidatie van pyriet.

Karakteristieken en beperkingen voor verschillende verlandingsstypen (naar: Loeb et al., 2016)

In figuur 42 staan de standplaatskarakteristieken, en huidige beperkende factoren voor de belangrijkste jonge verlandingsstypen *sensu* Den Held (Den Held et al., 1992) weergegeven. De mesotrafente typen, die bij juist beheer over kunnen gaan in Trilveen, zijn bijna allemaal afhankelijk van kwel en allemaal van een lage nutriëntenbeschikbaarheid. Voor verlanding met Waterdrieblad, die van een wat kleinere ondergrond houdt dan de overige mesotrafente verlandingsstypen, lijkt het van belang dat de waterstand hoog is ten opzichte van de legakker of oever om groei van deze soort mogelijk te maken. Bij legakkers of oevers die hoog boven het water uitsteken, kan de soort zich lastig op de legakker of oever vestigen en is hij afhankelijk van aangroei vanuit oude kraggen, die wel diep in het water liggen. Als er in de directe omgeving en in de zaadbank geen soorten als Snavelzegge, Grote boterbloem en Waterdrieblad (soorten die slecht met de wind verspreiden) zijn, zou dispersie ook een beperkende factor kunnen vormen.

Verlanding met Krabbenscheer komt juist voor bij iets hogere nutriëntenconcentraties; de planten zijn deels afhankelijk van nutriënten in het oppervlaktewater. Het water mag echter niet te eutroof zijn. Dan ontstaat er algenbloei of concurrentie met eutrafentere macrofyten, waardoor er te weinig licht is voor Krabbenscheer, met name op de momenten dat de plant 's winters onder water gedoken is. Het water moet ook voldoende gebufferd zijn, voldoende CO₂ bevatten en een lage N/K-verhouding hebben (ook in het sediment). Sulfidetoxiciteit kan ook een knelpunt vormen (Smolders & Roelofs, 1995; Smolders *et al.*, 2003). In de praktijk betekenen deze vereisten dat er voldoende voeding moet zijn via oppervlaktewater dat een niet te hoge nutriëntenconcentratie bevat. Vraat van Krabbenscheer kan echter een sterk beperkende rol spelen (o.a. Sarneel *et al.*, 2011). Dit kan zowel vraat zijn door watervogels, als 'vernieling' door Amerikaanse rivierkreeft. Dit geldt ook voor de ontwikkeling van de aquatische vegetatie (Van der Wal *et al.*, 2013).

Het veelvoorkomende type van Kleine lisdodde en Moerasvaren heeft een breed voorkomen van regenwater-gevoed tot eutrofer en oppervlaktewater-gevoed. Het type komt vooral voor op plekken met een grote slibophoping. De belangrijkste beperking lijkt vraat (met name van Kleine lisdodde) te zijn. Het type doet het ook goed op en tussen Krabbenscheervelden.

Verlandingen met Grote lisdodde en Riet doen het goed onder voedselrijke condities. Voor de uitbreiding van Riet via stolonen is het belangrijk dat de oever niet te steil is. Ook voor dit type kan vraat een beperking vormen momenteel vraat te zijn (vgl. o.a. Sarneel, 2014; Van den Wyngaert, 2003).

Aanleg

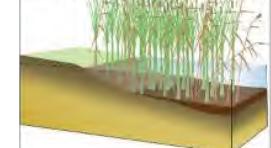
Bij de locatiekeuze voor de aanleg voor nieuwe petgaten of het uitgraven van bestaande is het verstandig rekening te houden met de standplaatscondities van gewenste verlandingsstypen. Als het doel is om mesotrafente jonge verlanding te krijgen die zich richting trilveen zal ontwikkelen, moeten de petgaten ondiep zijn, een flauwe oever hebben (Weijs, 2013), een zandige bodem en vooral onder invloed staan van ijzer- en calciumrijke kwel. Met behulp van

kwelkaarten en metingen om de kwaliteit van deze kwel te bepalen kunnen de locaties voor nieuwe petgaten zo gekozen worden dat ze gunstig liggen voor het invangen van kwelwater van geschikte kwaliteit. Voor de ontwikkeling en het behoud van trilveen vanuit jonge verlanding zijn altijd basenrijke en voedselarme omstandigheden nodig. Dit betekent dat de aanvoer van basenrijk water ook na de initiële vorming van het trilveen gewaarborgd moet blijven, anders zal het trilveen snel weer verdwijnen. Dit geldt ook voor eutrofe, oppervlaktewatergevoede systemen waaruit trilveen kan zijn ontstaan (Type van Krabbescheer, Type van Kleine lisdodde & Moerasvaren). Zelfs onder hydrologisch relatief gunstige omstandigheden houdt het trilveenstadium slechts ongeveer 30 jaar stand, maar met aanvoer van basenrijk, voedselarm water zou dit veel langer kunnen zijn.

Ook voor eutrafente verlanding met Riet is een flauwe oever en een niet te diep petgat van belang. Er kan ook voor gekozen worden om van bestaande petgaten de oever te verflauwen door middel van afplaggen. Indien er sprake is van hypertrofe oevers, maakt het verflauwen van de oever de oevers door het verlagen van de nutriëntenbeschikbaarheid eveneens geschikter voor soorten die de verlanding in gang kunnen zetten.

Bij het aanleggen van petgaten kan ook binnen het petgat in diepte gevarieerd worden om ruimte te geven aan verschillende typen verlanding. Ondiepe zones met flauwe oevers zijn dan geschikt voor helofytenverlanding, terwijl diepere delen geschikt kunnen zijn voor Krabbenscheer. Ook kan binnen een petgat gevarieerd worden in plekken waar er veen met zaden en plantenresten blijft liggen en waar, indien de veenlaag niet zo dik is, tot op het zand wordt verveend. Op die manier is er binnen een petgat ook meer sprake van risicospreiding voor verschillende typen verlanding, waardoor de kansen op verlanding wat groter worden.

Overmatige herbivorie door vogels speelt een belangrijke rol in de ontwikkeling van verlandingsvegetaties in laagveengebieden in het midden- en westen van Nederland. Bij de aanleg van nieuwe petgaten kan geprobeerd worden rekening te houden met de aantrekkelijkheid voor ganzen. Door de petgaten verder van landbouwgebied te leggen, maakt het de petgaten als overnachtingsplek mogelijk iets minder interessant. Ook de aanleg van een wandelpad langs de petgaten kan ervoor zorgen dat er veel verstoring van watervogels optreedt, waardoor het petgat minder aantrekkelijk wordt.

verlandingsstype	successie naar trilveen	standplaatscondities	beperkingen
Types van Snavelzegge, Holpijp en Riet & Holpijp 	• Waarschijnlijk hoge potentie	• Kwelgebonden (hoog Fe, Ca, HCO₃); • Lage nutriëntenconcentraties, zowel in het oppervlaktewater als in de onderwaterbodem; • Begint wortelend in bodem, maar kan soms op gaan drijven; • Ondiepe petgaten met een flauwe oever en een zandige bodem;	• Te weinig kwel; • Te hoge nutriëntenconcentraties, zowel in oppervlaktewater als in onderwaterbodem; • Petgatvorm niet geschikt; • Te dikke sliblaag; • Dispersie kan voor Snavelzegge en Grote boterbloem een probleem zijn als deze niet in omgeving voorkomen; • <i>Vraat?</i>
Type van Paddenrus & Waterdrieblad 	• Waarschijnlijk hoge potentie	• Gebonden aan kwel (hoog Fe, Ca, HCO₃) of gebufferd oppervlaktewater (hoog Ca en HCO₃); • Lage nutriëntenconcentraties, zowel in het oppervlaktewater als in de onderwaterbodem; • Verlandt vanuit oude kragges en legakkers; • Petgaten kunnen wat dieper zijn en een meer organische bodem hebben; • Hoge waterstand t.o.v. oever nodig om legakker geschikt te laten zijn voor Waterdrieblad;	• Te weinig buffering; • Te hoge nutriëntenconcentraties, zowel in oppervlaktewater als in onderwaterbodem; • Dispersie kan voor Waterdrieblad een probleem zijn; • <i>Vraat?</i>
Type van Krabbenscheer 	• Type is niet indicatief voor omstandigheden met een hoge kans op trilveenvorming, maar successie naar trilveen mogelijk onder specifieke omstandigheden • Door grote oppervlak van type kan het qua oppervlak juist wel belangrijk zijn voor trilveenvorming	• Voldoende nutriënten in oppervlaktewater, maar niet teveel (niet hypertroof); vaak oppervlaktewater gevoed; • Hoge K-beschikbaarheid (lage N/K-verhouding) en hoge CO₂-beschikbaarheid; • Voldoende buffering	• <i>Vraat</i>; • Te hoge of te lage nutriëntenconcentraties; • Te lage K-beschikbaarheid, te hoge N/K-ratio, NH₄-toxiciteit, CO₂-tekort; • Dispersie kan een probleem vormen voor terugkeer van Krabbenscheer
Type van Kleine Iisdodde & Moerasvaren 	• Type is niet indicatief voor omstandigheden met een hoge kans op trilveenvorming, maar successie naar trilveen mogelijk onder specifieke omstandigheden • Door grote oppervlak van type kan het qua oppervlak juist wel belangrijk zijn voor trilveenvorming	• Breed voorkomen van mesotroof tot hypertroof en van zwakgebufferd tot sterk gebufferd (zowel oppervlaktewater gevoed als regenwater gevoed); • Meestal in diepe, venige petgaten met een dikke sliblaag	• <i>Vraat</i>; • Petgat ongeschikt (te minerale bodem, te ondiep of te weinig slib door blijv. ligging aan de loefzijde)
Type van Grote Iisdodde en Riet 	• Waarschijnlijk lage potentie	• (Hyper)eutroof oppervlaktewater, slib en oever (legakker); • Verlanding vanuit wortelende helofyten of via kraggevorming; • Prefereert een flauwe oever en een niet al te diep petgat;	• <i>Vraat</i>

Figuur 42. Standplaatscondities jonge verlandingsgemeenschappen, hun potentie voor trilveenvorming en hun belangrijkste knelpunten. Uit: Loeb et al., 2006.

Bodemchemische data

Tabel 15. Overzicht meetlocaties met vochtgehalte (V) in percentage, de bodemdichtheid (BD) in kg droge bodem per liter verse boden en het aandeel organische stof (OS) in percentage en de zoutextractie met alle elementen in $\mu\text{mol/l}$ bodem.

Locatie	Bodemtype	DWOS				Zout ($\mu\text{mol/l}$ FW)											
		gem. vochtgehalt	gem. kg droog/liter vers	fractie OS	pH extract	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
1 0-10	intact veen	91	0,09	89	5,0	6	415	1	8128	3	409	1217	14	5,1	207	146	4
1 10-20	intact veen	91	0,09	85	5,0	4	266	8	12370	12	81	1255	4	5,0	473	131	8
2 0-10	klei	54	0,39	34	4,18	1	14	160	16528	8	27	3397	3	0,7	623	67	18
2 40-50	klei	38	0,85	7	5,26	6	85	5	32862	6	125	8049	81	0,8	4518	275	1
2 50-60	veen	88	0,11	78	5,01	2	23	11	17062	24	110	3338	67	0,9	7339	151	2
3 0-10	klei	47	0,52	24	4,60	388	121	172	21644	17	59	3280	142	3,1	3782	148	25
3 55-65	klei	46	0,70	11	5,32	4	519	7	33942	58	559	9223	310	0,7	8795	393	1
3 65-80	veen	85	0,14	70	5,24	7	64	11	19345	6	161	4798	136	0,9	4618	281	1
4 0-10	zand	30	0,93	7	4,45	158	147	311	6709	14	169	1045	85	3,6	214	88	30
4 10-20	zand	22	1,09	6	4,55	240	61	447	6446	3	129	478	33	2,2	176	93	18
4 20-30	klei	16	1,20	3	4,79	116	54	147	9632	2	106	1476	12	0,6	181	150	4
4 40-50	klei	44	0,75	11	4,52	4	832	28	29218	171	276	6654	190	0,5	1002	680	6
4 100-110	intact veen	88	0,11	85	5,18	2	274	3	12195	35	100	3314	86	1,1	1861	264	1
5 0-10	zand	23	0,85	6	4,15	287	731	155	5285	14	503	2732	182	14,1	199	102	39
5 10-20	zand	14	1,06	4	4,10	227	89	681	2634	4	173	589	44	7,1	120	40	31
5 20-30	zand	13	1,17	3	4,24	141	71	672	2319	4	181	273	31	6,5	137	61	27
6 0-10	zand	16	1,02	5	4,29	128	555	196	7426	7	292	2426	87	9,5	157	89	31
6 25-35	zand	12	1,20	3	4,88	249	63	98	19708	1	120	2787	6	0,7	149	116	5
6 45-55	intact veen	66	0,29	62	4,91	544	59	15	22848	3	61	3394	5	0,5	410	82	1
7 0-10	zand	20	1,06	4	4,44	230	441	225	7024	22	233	740	85	5,0	268	68	29
7 10-20	zand	19	1,13	4	4,59	192	62	174	7837	3	126	258	4	1,0	230	107	9
7 20-30	zand	17	1,32	3	4,99	166	36	68	8860	2	153	501	2	1,5	237	137	6
8 0-10	klei	47	0,63	24	4,03	315	98	330	29580	7	50	4040	165	1,0	835	224	12
8 10-20	klei	46	0,63	19	4,69	242	178	162	31896	7	20	3969	118	1,3	1244	260	7
8 20-30	klei/veen	80	0,17	79	4,97	17	81	12	17302	3	43	2389	65	1,1	1251	113	2
8 120-130	intact veen	89	0,10	86	5,30	3	105	1	16761	8	151	1934	37	1,5	1928	143	1
8 130-140	zand	21	1,39	3	5,91	4	486	24	12300	6	363	1027	8	1,5	369	145	2
9 0-10	zand	20	1,06	5	3,96	104	633	685	6096	171	240	1130	88	7,7	225	93	46
9 10-20	zand	18	1,24	4	4,37	75	62	751	8152	7	130	448	24	2,3	457	71	28
9 35-50	intact veen	68	0,28	56	4,45	9	180	57	19145	3	36	2793	131	0,7	376	131	2
10 0-10	klei	33	0,75	12	4,57	3	32	45	24721	1	73	7156	61	0,9	319	170	10
10 50-60	intact veen	78	1,14	6	5,01	157	15	7	40307	1	96	10601	4	0,1	410	667	2
10 60-70	intact veen	66	0,33	42	4,51	53	320	39	20652	3	94	4882	39	0,7	584	269	0
11 0-10	klei	39	0,56	25	3,39	6	201	5033	4504	24	72	839	5	2,2	1450	117	12
11 30-40	intact veen	77	0,20	75	3,29	1	795	1570	7434	32	96	1023	19	4,6	2011	217	12
11 40-50	intact veen	81	0,17	79	3,40	1	1796	630	8360	274	129	1384	37	8,2	1535	278	13
12 0-10	klei	46	0,52	26	3,35	175	262	4288	2283	100	58	428	4	4,6	839	322	19
12 30-40	intact veen	81	0,17	87	3,02	0	670	1311	5867	172	101	805	26	4,9	1961	471	21
12 40-50	intact veen	85	0,14	93	3,19	2	1053	1338	5918	274	109	787	40	6,1	2960	439	22
13 0-10	intact veen	82	0,15	89	4,2	2	781	43	14077	8	87	893	21	1,3	385	76	1
13 10-20	intact veen	75	0,23	75	4,1	15	703	114	17824	147	154	747	7	0,5	257	59	2
14 0-10	klei	37	0,66	16	3,4	0	132	534	16835	202	417	3958	170	2,7	195	206	39
14 20-30	intact veen	72	0,28	53	3,8	195	169	127	14161	15	84	1855	15	1,2	459	203	2
15 0-10	klei	43	0,57	23	4,24	42	132	85	26235	4	62	3463	88	1,0	168	71	9
15 10-20	klei	39	0,83	16	4,10	32	48	164	34517	3	64	4279	73	0,7	247	68	5
15 20-30	intact veen	71	0,27	72	4,15	91	106	78	21481	7	26	2552	52	0,9	165	51	2
16 0-10	zand	26	0,90	11	3,91	356	130	168	14755	12	162	1717	51	1,4	323	155	29
16 10-20	zand	27	0,94	11	4,25	221	47	147	19143	9	85	1582	42	1,2	465	189	20
16 45-55	intact veen	64	0,31	48	4,20	209	156	288	15294	28	63	1981	50	1,1	998	168	30
17 0-10	klei	41	0,62	18	4,48	345	253	62	23729	17	129	3556	112	1,2	652	134	23
17 10-20	klei	39	0,78	15	4,21	385	193	54	33556	8	258	5099	36	0,8	910	89	5
17 90-100	veen	63	0,44	18	5,30	5	314	3	19143	3	316	1827	17	0,7	1017	247	0
18 0-10	klei	43	0,58	25	4,43	163	244	118	19211	60	75	3373	165	1,7	911	162	32
18 20-30	intact veen	57	0,47	30	4,50	182	62	92	23943	8	41	3881	95	0,7	942	240	8
18 50-60	verdaard veen	58	0,46	27	4,87	5	236	7	23684	4	172	4068	99	0,8	5494	208	2
18 60-70	verdaard veen	63	0,37	33	5,02	4	557	1	24194	2	253	4146	101	0,6	4184	164	1
19 0-10	klei	46	0,47	30	3,99	68	352	279	14216	416	37	2078	131	2,6	2202	123	65
19 30-40	verdaard veen	74	0,24	47	4,76	6	102	22	24068	59	98	2740	183	0,9	6843	267	29
19 40-50	verdaard veen	74	0,20	56	4,51	14	64	16	19060	5	88	2193	151	0,8	6890	202	13
20 0-10	klei	42	0,47	28	4,58	795	680	66	21632	7	185	5045	66	2,1	1489	92	8
20 25-35	intact veen	74	0,19	64	5,06	222	319	4	15673	4	129	3561	9	0,8	796	51	1
20 35-45	intact veen	81	0,13	80	4,92	172	319	1	12793	4	140	2738	9	2,3	708	68	0
21 0-10	klei	49	0,43	32	4,99	71	84	15	24097	4	29	4222	37	1,1	243	111	4
21 25-35	intact veen	80	0,17	83	5,28	76	81	16	17358	6	55	2240	10	2,9	294	66	1
21 35-45	intact veen	83	0,14	90	4,99	29	56	4	17578	6	30	2278	11	3,8	394	83	1
22 0-10	zand	33	0,73	15	4,99	58	50	39	20115	25	82	3040	57	4,1	382	146	11
22 25-35	intact veen	86	0,12	85	5,03	42	31	17	16291	7	62	2440	42	1,4	997	172	4
22 35-45	intact veen	81	0,18	63	5,01	31	59	18	18801	6	15	2709	19	1,2	461	177	5
23 0-10	klei	48	0,47	37	4,78	57	179	61	22939	22	120	4221	220	2,8	482	154	9
23 30-40	verdaard veen	78	0,19	74	5,03	209	60	26	22788	8	1	2780	26	0,9	356	117	1
23 40-50	verdaard veen	72	0,22	65	5,12	248	57	20	20831	6	4	2649	19	1,0	295	101	1
24 0-10	klei	50	0,40	35	4,21	173	239	205	15982	136	101	2885	159	1,8	685	99	38
24 35-45	intact veen	76	0,18	76	4,49	129	63	57	17805	12	29	2702	55	0,7	831	72	3
24 45-55	intact veen	79	0,16	87	4,66	104	62	38	16638	12	53	2587	47	0,8	792	78	2
25 0-10	klei	41	0,42	26	4,17	236	487	145	10772	96	23	1878	156	2,1	309	107	35
25 25-35	klei	64	0,27	60	4,18	161	51	261	18018	8	40	3684	56	0,9	219	46	7
25 35-45	intact veen	83	0,14	89	4,29	54	51	41	13924	9	37	2463	47	0,9	384	66	2

26	0-10	klei	34	0,73	15	4,2	123	123	140	20326	15	58	3845	107	1,6	190	155	16
26	20-30	klei	31	0,72	13	4,5	13	29	171	22378	3	33	2647	32	0,7	597	113	4
27	0-10	zand	24	0,95	8	4,7	113	68	30	20936	3	97	6089	15	0,8	144	116	7
27	30-40	zand	11	1,26	1	5,4	33	16	29	7073	3	254	1314	2	0,5	139	49	1
28	45-55	veraard veen	64	0,29	57	4,4	93	24	96	17073	6	99	4363	39	0,6	684	194	2
28	35-45	veraard veen	70	0,24	66	4,0	81	14	126	13313	6	81	2760	52	0,6	808	134	1
28	55-65	veraard veen	64	0,37	50	4,3	68	43	169	18507	8	130	3790	79	0,8	1208	191	1
29	15-25	klei	38	0,83	17	4,2	373	99	220	27281	4	159	10341	79	0,7	414	198	7
29	35-45	intact veen	80	0,19	73	4,7	3	23	29	14974	6	59	4820	61	0,6	5274	24	2
29	60-80	intact veen	81	0,18	84	5,5	3	19	1	19167	6	167	7384	87	0,8	902	51	1
29	80-100	intact veen	83	0,17	86	5,4	3	62	6	18561	21	323	7136	102	2,2	495	117	3
30	0-10	klei	26	1,14	11	5,0	32	25	20	29315	4	84	5956	4	1,2	275	188	2
30	30-40	zand	19	1,39	3	5,6	17	35	6	12531	3	138	2637	1	0,5	422	73	1
31	55-65	zand	17	1,49	3	5,4	113	50	9	12742	3	187	2690	1	0,4	228	54	2
31	65-75	zand	17	1,56	2	5,5	48	37	4	12971	1	225	3616	1	0,3	213	70	2
31	75-85	zand	25	1,25	3	5,5	23	31	15	19211	1	232	6893	4	0,4	221	79	2
32	40-50	intact veen	72	0,23	44	3,1	3	279	1551	6712	213	127	1495	45	1,9	5282	287	13
32	50-60	intact veen	69	0,33	43	4,6	4	826	103	22828	59	301	2988	313	1,1	9208	442	1
32	70-80	intact veen	62	0,45	34	4,6	4	885	98	25277	66	353	3281	301	1,0	8553	404	2
32	85-95	zand	36	0,90	17	5,4	11	975	14	26897	5	632	5618	206	0,9	4492	275	1
33	0-10	zand	26	0,76	13	5,6	1573	19	10	17782	3	1282	6714	5	1,5	375	137	2
33	30-40	zand	18	1,29	4	6,0	346	45	10	14799	4	226	2686	0	0,5	342	44	1
34	25-35	zand	11	1,22	2	5,5	277	52	8	9234	1	262	2504	1	0,3	181	60	1
34	35-45	zand	12	1,31	1	5,9	140	15	4	7141	1	268	1636	1	0,4	177	56	1
34	45-55	zand	12	1,41	1	5,9	76	12	4	6180	2	275	1303	0	0,4	182	61	1
35	20-30	klei	79	0,19	74	3,4	49	301	314	8833	28	876	2656	62	2,6	1934	186	17
35	30-40	intact veen	83	0,14	86	3,3	4	181	862	6192	58	657	1634	55	2,4	5004	145	18
35	50-60	intact veen	85	0,12	89	4,1	3	27	190	16418	44	872	2517	196	2,4	9430	155	6
35	70-80	intact veen	81	0,18	61	4,4	3	28	161	19170	43	1646	2917	203	1,4	9532	211	4
36	210-220	zand	32	1,14	4	6,38	14	432	3	14330	2	289	2425	5	2,3	1006	209	1
37	100-110	zand	24	1,34	3	5,54	7	635	4	9226	5	419	2654	203	0,5	4260	292	1
38	0-10	klei	32	0,73	17	4,47	522	485	78	19188	8	1526	4914	122	1,8	343	218	18
38	10-20	klei	31	0,79	15	4,40	480	40	198	21920	8	147	5284	128	1,1	319	166	23
38	20-30	klei	29	0,91	12	4,46	488	44	220	24322	7	157	5304	137	1,2	350	185	25
39	0-10	klei	52	0,58	15	4,36	45	212	116	28364	84	124	10742	146	3,4	16012	117	28
39	10-20	klei	47	0,48	29	4,42	118	71	45	23578	8	64	10668	118	1,0	8037	157	10
39	20-30	intact veen	62	0,28	49	4,83	92	95	27	14774	7	139	6138	51	1,4	5394	149	8
40	0-10	zand	47	0,40	32	4,86	576	101	39	23227	8	5	1909	10	1,6	1432	80	1
40	20-30	zand	66	0,23	62	4,84	700	103	55	21718	7	23	2283	52	2,3	1012	72	4

Tabel 16. Overzicht meetlocaties met Olsen extractie (in mmol/l) en destructie (in $\mu\text{mol/l}$ bodem).

		Olsen (μmol/l FW)	Destructie (mmol/l FW)										
Locatie	Bodentype	P	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	
1 0-10	intact veen	110	5	24	9	1	3	0,1	1,6	15	1,5	0,1	
1 10-20	intact veen	71	9	35	12	1	3	0,0	2,4	26	1,5	0,3	
2 0-10	klei	1177	307	41	205	20	47	0,5	10,6	32	6,1	0,4	
2 40-50	klei	230	702	86	396	52	158	1,6	5,3	24	14,3	0,6	
2 50-60	veen	37	7	49	59	0	7	0,4	1,4	108	1,3	0,0	
3 0-10	klei	2023	307	68	200	20	52	1,5	30,9	42	8,0	0,6	
3 55-65	klei	232	586	107	383	51	143	4,7	6,2	170	12,2	0,7	
3 65-80	veen	46	29	59	71	3	17	0,9	1,9	130	2,1	0,1	
4 0-10	zand	2917	124	16	48	7	14	0,7	13,6	12	12,1	0,3	
4 10-20	zand	2057	171	16	78	7	17	0,3	11,7	6	14,8	0,3	
4 20-30	klei	944	153	15	98	7	14	0,6	5,7	1	15,3	0,3	
4 40-50	klei	266	648	81	315	49	154	1,8	6,4	47	12,3	0,7	
4 100-110	intact veen	34	6	36	56	0	7	0,4	1,3	70	1,3	0,0	
5 0-10	zand	3535	103	11	29	7	13	1,1	15,9	9	10,8	0,3	
5 10-20	zand	5971	163	8	45	5	13	0,3	20,8	2	14,8	0,3	
5 20-30	zand	6436	180	8	73	6	14	0,4	22,8	2	15,3	0,3	
6 0-10	zand	3874	180	14	78	7	18	1,1	18,8	6	14,7	0,5	
6 25-35	zand	3461	216	22	119	8	22	1,3	19,2	2	16,6	0,4	
6 45-55	intact veen	251	55	99	171	2	13	0,7	5,0	23	4,5	0,1	
7 0-10	zand	2699	136	13	41	5	10	0,3	14,0	4	16,4	0,3	
7 10-20	zand	2302	147	18	55	6	11	0,6	13,4	4	18,4	0,3	
7 20-30	zand	2236	140	21	45	6	10	0,6	11,7	1	16,7	0,4	
8 0-10	klei	1006	564	81	393	38	97	1,7	15,2	27	11,0	0,5	
8 10-20	klei	744	504	110	341	34	89	1,9	13,8	33	7,8	0,6	
8 20-30	klei/veen	87	33	67	62	2	9	0,6	2,9	29	3,0	0,1	
8 120-130	intact veen	35	6	57	37	0	5	0,3	1,1	47	1,4	0,0	
8 130-140	zand	219	112	35	21	5	7	0,1	1,3	8	17,1	0,2	
9 0-10	zand	3864	186	11	57	9	18	0,2	14,2	6	15,0	0,3	
9 10-20	zand	4344	233	17	77	11	24	0,3	17,7	12	18,2	0,5	
9 35-50	intact veen	224	88	58	102	6	16	0,8	4,5	26	3,8	0,1	
10 0-10	klei	1513	562	68	326	35	118	3,4	15,2	16	11,8	0,8	
10 50-60	intact veen	409	766	126	699	54	192	9,8	11,7	12	17,2	0,9	
10 60-70	intact veen	232	116	87	108	9	32	0,7	4,7	81	4,6	0,1	
11 0-10	klei	1798	514	11	294	34	61	0,7	10,9	57	7,8	0,4	
11 30-40	intact veen	300	62	14	68	4	6	0,1	3,4	66	2,9	0,1	
11 40-50	intact veen	220	38	17	44	2	4	0,1	2,5	69	2,5	0,1	
12 0-10	klei	2453	448	7	207	30	52	0,3	13,8	49	7,7	0,3	
12 30-40	intact veen	239	35	10	48	2	3	0,1	2,9	54	2,4	0,1	
12 40-50	intact veen	169	22	10	36	1	2	0,1	2,1	62	2,0	0,1	
13 0-10	intact veen	84	9	44	55	0	2	0,1	2,5	33	1,9	0,0	
13 10-20	intact veen	164	28	66	186	1	3	0,0	4,0	42	3,9	0,0	
14 0-10	klei	1022	588	46	331	44	102	1,1	8,6	26	12,7	0,6	
14 20-30	intact veen	418	121	40	163	9	20	0,4	3,8	31	3,6	0,1	
15 0-10	klei	937	437	80	407	22	72	3,8	13,6	20	8,3	0,5	
15 10-20	klei	562	809	105	550	54	152	2,8	9,0	17	13,6	0,7	
15 20-30	intact veen	223	82	71	197	5	14	0,6	5,1	39	3,8	0,1	
16 0-10	zand	1175	194	39	132	9	23	0,5	8,0	17	10,4	0,4	
16 10-20	zand	993	274	50	186	16	36	0,5	7,3	18	12,2	0,4	
16 45-55	intact veen	616	165	40	116	9	22	0,4	5,9	43	4,3	0,3	
17 0-10	klei	1163	410	80	240	30	76	1,5	12,8	29	8,0	0,6	
17 10-20	klei	493	651	110	441	46	136	1,8	8,1	23	13,8	0,7	
17 90-100	veen	82	44	77	51	3	10	0,3	2,2	52	4,6	0,1	
18 0-10	klei	1431	271	65	278	16	50	1,7	14,8	32	8,3	0,6	
18 20-30	intact veen	380	314	77	259	24	60	1,2	6,1	33	7,3	0,4	
18 50-60	veraard veen	159	184	85	141	12	40	1,1	4,6	99	5,9	0,2	
18 60-70	veraard veen	134	144	91	121	9	32	1,0	4,2	82	5,3	0,2	
19 0-10	klei	177	275	55	274	18	43	1,4	19,0	36	6,7	0,6	
19 30-40	veraard veen	705	60	86	180	3	12	1,0	5,1	128	3,3	0,3	
19 40-50	veraard veen	190	65	63	138	4	14	0,8	3,9	104	3,1	0,4	
20 0-10	klei	833	319	75	303	21	67	1,3	12,2	29	7,2	0,5	
20 25-35	intact veen	116	41	82	88	3	17	0,5	2,9	30	2,6	0,1	
20 35-45	intact veen	47	17	72	41	1	12	0,3	1,7	24	1,9	0,0	
21 0-10	klei	1130	352	112	183	22	68	1,7	15,3	32	6,0	0,6	
21 25-35	intact veen	80	23	107	45	1	10	0,3	2,7	33	2,8	0,1	
21 35-45	intact veen	44	5	89	21	0	6	0,2	1,4	29	1,7	0,0	
22 0-10	zand	2064	159	68	127	8	20	1,0	19,9	22	10,0	0,5	
22 25-35	intact veen	56	10	65	23	0	5	0,4	1,7	25	1,6	0,2	
22 35-45	intact veen	173	24	69	39	1	7	0,6	3,5	26	2,9	0,5	
23 0-10	klei	1103	283	100	162	19	53	3,0	13,2	36	6,7	0,5	
23 30-40	veraard veen	113	37	97	41	2	13	0,7	2,7	28	2,6	0,1	
23 40-50	veraard veen	188	67	107	55	4	18	1,1	4,2	30	3,4	0,1	
24 0-10	klei	1369	272	45	152	18	44	1,2	13,4	28	4,5	0,5	
24 35-45	intact veen	141	40	67	80	2	11	0,4	3,3	32	3,0	0,1	
24 45-55	intact veen	105	44	55	57	3	13	0,3	2,1	26	2,1	0,1	
25 0-10	klei	1479	166	31	82	10	23	0,6	12,6	22	5,8	0,4	
25 25-35	klei	334	101	68	102	6	18	0,4	6,3	37	4,4	0,2	
25 35-45	intact veen	114	13	47	31	1	6	0,2	1,8	26	2,2	0,1	

26	0-10	klei	1542	414	63	276	23	73	1,6	15	20	9,8	0,5
26	20-30	klei	948	421	68	290	24	76	1,5	10	19	10,3	0,4
27	0-10	zand	1249	402	65	303	29	87	5,3	14	12	16,8	0,6
27	30-40	zand	208	84	20	47	7	12	0,5	2	0	14,9	0,2
28	45-55	veraard veen	94	82	66	117	3	17	0,7	4	34	5,6	0,1
28	35-45	veraard veen	102	49	57	81	1	9	0,4	3	33	3,3	0,0
28	55-65	veraard veen	172	103	72	72	1	9	0,5	4	38	2,9	0,1
29	15-25	klei	478	628	92	565	44	150	2,6	9	29	16,1	0,7
29	35-45	intact veen	94	76	46	87	6	23	0,5	3	39	3,7	0,1
29	60-80	intact veen	18	15	120	48	1	28	1,4	1	114	1,8	0,1
29	80-100	intact veen	57	35	90	48	2	27	1,0	1	81	2,4	0,1
30	0-10	klei	1230	493	77	350	28	86	2,3	14	19	17,1	0,7
30	30-40	zand	468	313	44	117	9	26	0,6	6	10	15,7	0,3
31	55-65	zand	301	323	46	166	10	32	0,7	5	7	17,3	0,3
31	65-75	zand	194	482	36	232	19	57	0,7	3	5	18,6	0,3
31	75-85	zand	116	854	53	552	30	145	2,1	3	4	16,9	0,5
32	40-50	intact veen	228	54	13	160	4	6	0,3	3	98	3,5	0,1
32	50-60	intact veen	295	101	14	96	1	2	0,3	4	174	5,0	1,1
32	70-80	intact veen	126	185	103	116	2	9	1,9	4	168	10,7	0,7
32	85-95	zand	206	208	150	57	7	21	2,5	3	86	15,7	0,2
33	0-10	zand	1222	305	68	246	24	69	2,9	15	17	12,2	0,6
33	30-40	zand	367	305	66	87	13	28	0,9	5	9	18,8	0,3
34	25-35	zand	268	214	23	60	7	19	0,9	3	4	14,2	0,2
34	35-45	zand	180	196	20	43	6	16	0,5	2	3	16,0	0,2
34	45-55	zand	136	218	19	44	7	19	0,3	3	3	16,9	0,2
35	20-30	klei	191	38	17	96	3	7	0,3	4	50	3,6	0,1
35	30-40	intact veen	115	30	12	44	1	4	0,2	2	72	2,4	0,2
35	50-60	intact veen	66	36	16	46	1	3	0,3	2	92	1,5	0,3
35	70-80	intact veen	57	61	58	67	1	6	0,9	2	124	3,2	0,2
36	210-220	zand	76	88	51	20	5	11	0,3	1,4	22	17,1	0,1
37	100-110	zand	179	204	43	68	12	28	1,5	2,1	42	22,1	0,2
38	0-10	klei	1707	351	56	271	21	67	4,4	19,8	19	12,0	0,7
38	10-20	klei	1737	384	64	324	21	73	5,4	22,9	21	14,9	0,8
38	20-30	klei	1759	448	72	357	24	84	5,7	22,3	18	16,5	1,0
39	0-10	klei	879	249	112	162	19	74	1,2	18,6	112	9,4	0,8
39	10-20	klei	389	253	81	161	19	69	1,0	9,4	51	7,8	0,6
39	20-30	intact veen	287	81	65	68	5	26	0,7	8,3	54	4,4	0,5
40	0-10	zand	706	153	105	181	7	29	2,6	21,0	28	6,9	0,3
40	20-30	zand	197	49	102	96	2	11	1,1	6,9	28	4,3	0,1

Ligging monsterpunten

Tabel 17. Amersfoortcoördinaten monsterlocaties.

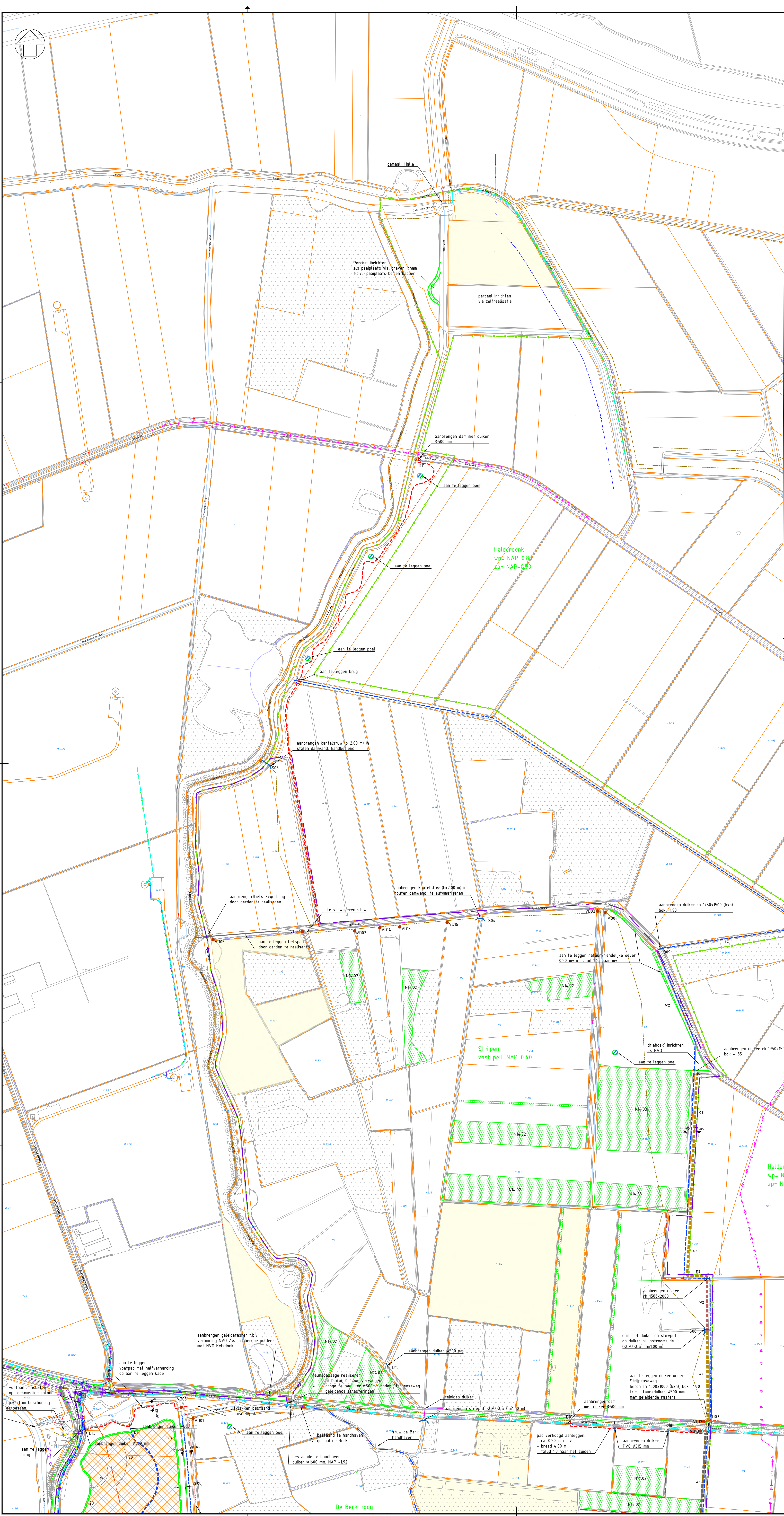
locatie	x	y
1	104626	402162
2	104891	402267
3	104856	402325
4	104986	402345
5	105230	402301
6	105302	402329
7	104997	402273
8	105166	402226
9	105315	402240
10	104530	402439
11	104534	402533
12	104577	402549
13	104643	402102
14	104832	402029
15	104855	402054
16	104834	401985
17	104975	402030
18	104959	401984
19	104962	401940
20	104995	401844
21	105101	401870
22	105261	402007
23	105390	401946
24	105292	401877
25	105408	401866
26	105323	403045
27	105115	403474
28	105111	403509
29	105107	403541
30	105265	403480
31	105261	403519
32	105258	403541
33	105341	403437
34	105360	403457
35	105382	403480
36	104394	401892
36,1	104322	401884
36,2	104350	401896
36,3	104393	401893
36,4	104478	401881
36,5	104538	401888
37	104396	402465

locatie	x	y
37,1	104288	402467
37,2	104304	402468
37,3	104334	402469
37,4	104358	402473
37,5	104395	402465
37,6	104427	402466
37,7	104450	402471
38	104823	401929
39	104785	401874
40	105428	402356

B
ware

www.b-ware.eu

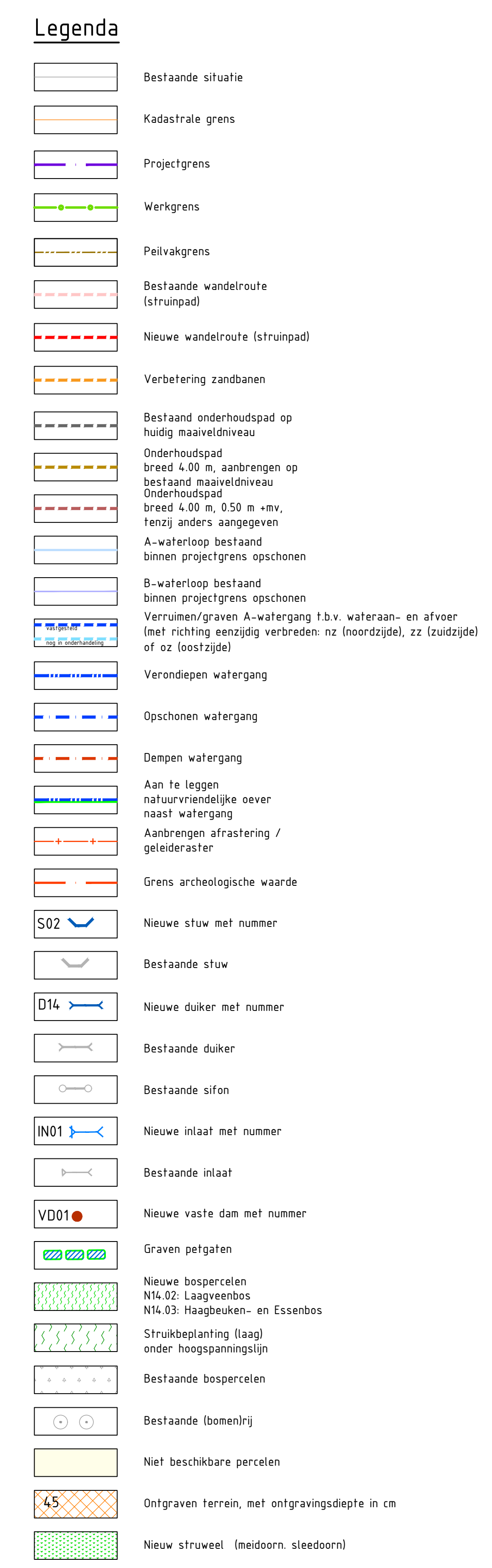
Bijlage D Definitief Ontwerp tekeningenset



Legenda

- Bestaande situatie
- Kadastrale grens
- Projectgrens
- Werkgrens
- Peilvakgrens
- Bestaande wandelroute (struimpad)
- Nieuwe wandelroute (struimpad)
- Verbetering zandbanen
- Bestaand onderhoudspad op huidig maaiveldniveau
- Onderhoudspad breed 4.00 m, aanbrengen op bestaand maaiveldniveau
- Onderhoudspad breed 4.00 m, 0.50 m + mv, tenzij anders aangegeven
- A-waterloop bestaand binnen projectgrens opschonen
- B-waterloop bestaand binnen projectgrens opschonen
- Vernieuwen/verbreiden A-watergang t.b.v. wateraan- en afvoer (met richting eenzijdig verbreden: nz (noordzijde), zz (zuidzijde) of oz (oostzijde))
- Verandieren watergang
- Opschonen watergang
- Dempen watergang
- Aan te leggen natuurvriendelijke oever naast watergang
- Aanbrengen afraastering / geleideraster
- Grens archeologische waarde
- S02 Nieuwe stuw met nummer
- Bestaande stuw
- D14 Nieuwe duiker met nummer
- Bestaande duiker
- Bestaande sifon
- IN01 Nieuwe inlaat met nummer
- Bestaande inlaat
- VD01 Nieuwe vaste dam met nummer
- Graven putgaten
- Nieuwe bospercelen N14.02: Laagveenbos N14.03: Haagbeuken- en Essenbos
- Struikbeplanting (laag) onder hoogspanningslijn
- Bestaande bospercelen
- Bestaande boomrij
- Niet beschikbare percelen
- Ontgraven terrein, met ontgravingsdiepte in cm
- Nieuw struweel (meidoorn, sleedoorn)

Version	Beschrijving wijzigingen:		
V13	Datum: 08-10-2024, Get.: I. Olfenau		
Version	Beschrijving wijzigingen beschikbaarheid percelen:		
V12	Datum: 10-10-2023, Get.: S. Thij		
Opdrachtgever		Contact	
Advies- en Ingenieursorganisatie		Architect	
ARCADIS		Arjan Ter Harmse	
Project Noordrand Midden-west		Contact	
Projectnummer: 125500		Bladnummer: 1 van 2	
Fase: Definitief Ontwerp		Status: definitief	
Onderwerp: situatie Strijpen de Berk met inrichtingsmaatregelen noordzijde		Versie: 13	
Schaal: 1:2500		Bladformaat: A0	
Contractnummer: SB01		Tekeningnummer: SB01	



Versie V13 Datum: 06-10-2023 Get.: 0:00:00 Versie V12	Beschrijving wijzigingen onderbouwd Zaken 16-10-2023 Get.: 0:00:00 Beschrijving wijzigingen aanpak Zaken 16-10-2023 Get.: 5:17:00	Lm: R. Straatman Cco: O. Steep	Wp: D. Steep Wp: A. ter Haarappel
Opdrachtgever		Contact _____	
Advies- en Ingenieursorganisatie		Architect	
 ARCADIS		Contact _____	
Project Noordrand Midden-west		Arjan ter Haarappel	
Projectnummer : Fase :		Security Category A32 Internal	
Onderwerp :		situatie Strijpen de Berk met inrichtingsmaatregelen zuidzijde	
Schaal : 1:2500 Contractnummer :	Bladformaat : A0 Bladnummer : 2 van 2	Status : definitief	
Tekeningnummer: SB02		Versie: 13	

Colofon

ONDERBOUWING ONTWERP (INTEGRALE RAPPORTAGE)
DEELGEBIED STRIJPEN DE BERK

KLANT

Waterschap Brabantse Delta

AUTEUR

Arjan ter Harmsel

PROJECTNUMMER

30073363

ONZE REFERENTIE

D10061415:32

DATUM

1 november 2023

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Daan Stoop
Manager Projectbeheersing

VRIJGEGEVEN DOOR

Johan Veth
Senior Project Manager

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.linkedin.com/company/arcadis)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)