

INTEGRALE RAPPORTAGE SCHRALE VEGETATIES, GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

Deelgebied Kelsdonk-Zwermlaken

Waterschap Brabantse Delta

17 JUNI 2022

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	9
2.2.3	Toetsing wateroverlast	12
2.3	Oppervlaktewater (kwaliteit en ecologie)	13
2.4	Grondwater en ondergrond	13
2.5	Ecologie / Bestaande natuurwaarden	15
2.6	Bestemmingen, eigendom en gebruik	16
2.6.1	Vigerend bestemmingsplan	16
2.6.2	Landgebruik	18
2.6.3	Grondeigendom	19
2.6.4	Peilbesluitfunctiekaart	20
2.6.5	Recreatie	21
3	OPTIMALE SITUATIE (OGOR)	22
3.1	Natuurdoelstellingen	22
3.1.1	Ambitiekaart 2021	22
3.1.2	Vogelvlucht (2020)	23
3.1.3	Bijstellen ambitiekaart 2021 (voorstel)	23
3.2	Randvoorwaarden aan de waterhuishouding (natuur)	24
3.2.1	Randvoorwaarden waterkwaliteit	25
3.3	Andere ecologische / natuur opgaven	26
3.4	Watersysteem opgaven	26
4	INRICHTINGSMAATREGELEN (GGOR)	27
4.1	Voorgeschiedenis ontwerp (2016)	27
4.2	Optimalisatie inrichtingsmaatregelen	28

4.3	Definitief Ontwerp juni 2022	28
4.3.1	Eindbeeld	28
4.3.2	Maatregelen	29
4.3.3	Waterhuishoudkundige maatregelen	31
4.3.3.1	Aanpassing watersysteem	31
4.3.3.2	Hydrologische mitigatiemaatregelen	31
4.3.3.3	Overige maatregelen	31
4.4	Nieuwe peilgebieden en drooglegging	32

5 EFFECTEN 37

5.1	Effecten op hoofdlijnen	37
5.1.1	Toetsing aan watersysteem opgaven	37
5.2	Hydrologische effecten	38
5.2.1	Effecten op oppervlaktewater (NBW)	38
5.2.2	Effecten op grondwater	38
5.3	Effecten op ruimtegebruik	39
5.3.1	Toetsing aan landbouw	39
5.3.2	Toetsing wegen, bebouwing en K&L	41
5.3.3	Toetsing aan natuur(ambities)	41
5.3.4	Bijdrage aan andere (ecologische) doelstellingen	42
5.3.5	Overige effecten	43
5.3.5.1	Voormalige vuilstortplaatsen	43
5.3.5.2	Effecten op archeologische waarden	43
5.3.5.3	Effecten op bodemdaling	43

BIJLAGEN

Bijlage A	Modelstudie grondwater
Bijlage B	Landschappelijke Ecologische Systeemanalyse (LESA)
Bijlage C	Eindrapport haalbaarheidsstudie petgaten natuurdoelen Kelsdonk-Zwermlaken
Bijlage D	Dimensionering vervangende wateraanvoer

Colofon

1 INLEIDING

Met de realisatie van Kelsdonk-Zwermlaken als Natte Natuurparel binnen het Natuurnetwerk Brabant (NNB) wordt 1 van de 3 deelprojectgebieden in het project Noordrand Midden West (NRM-W) ingericht 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 in de polders.

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.

Voor dit plangebied is al eerder 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 nieuwe.

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 peilbesluit. 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.

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:

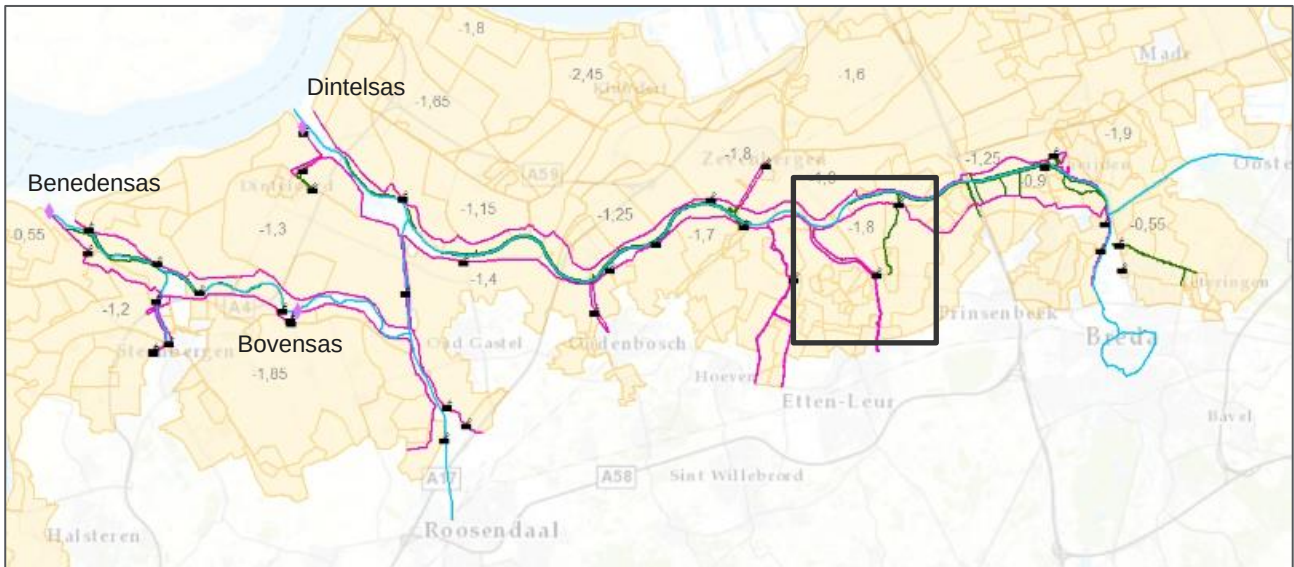
Afkorting	Voluit	Betekenis
AGOR	Actueel grond- en oppervlaktewaterregime	De fysiek aanwezige huidige situatie
OGOR	Optimaal grond- en oppervlaktewaterregime	Optimum behorend bij functie/ruimtegebruik
GGOR	Gewenst grond- en oppervlaktewaterregime	Nieuwe situatie, na afweging belangen

In het geval van Kelsdonk-Zwermlaken 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 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 (blank) 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 natuurparels aan.

Na de laatste ijstijd 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, zoals in dit gebied aan de zuidwest- en zuidoosthoek. 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 Boxtel. De formatie van Boxtel is zandig en dus veel beter doorlatend dan het holoceen.

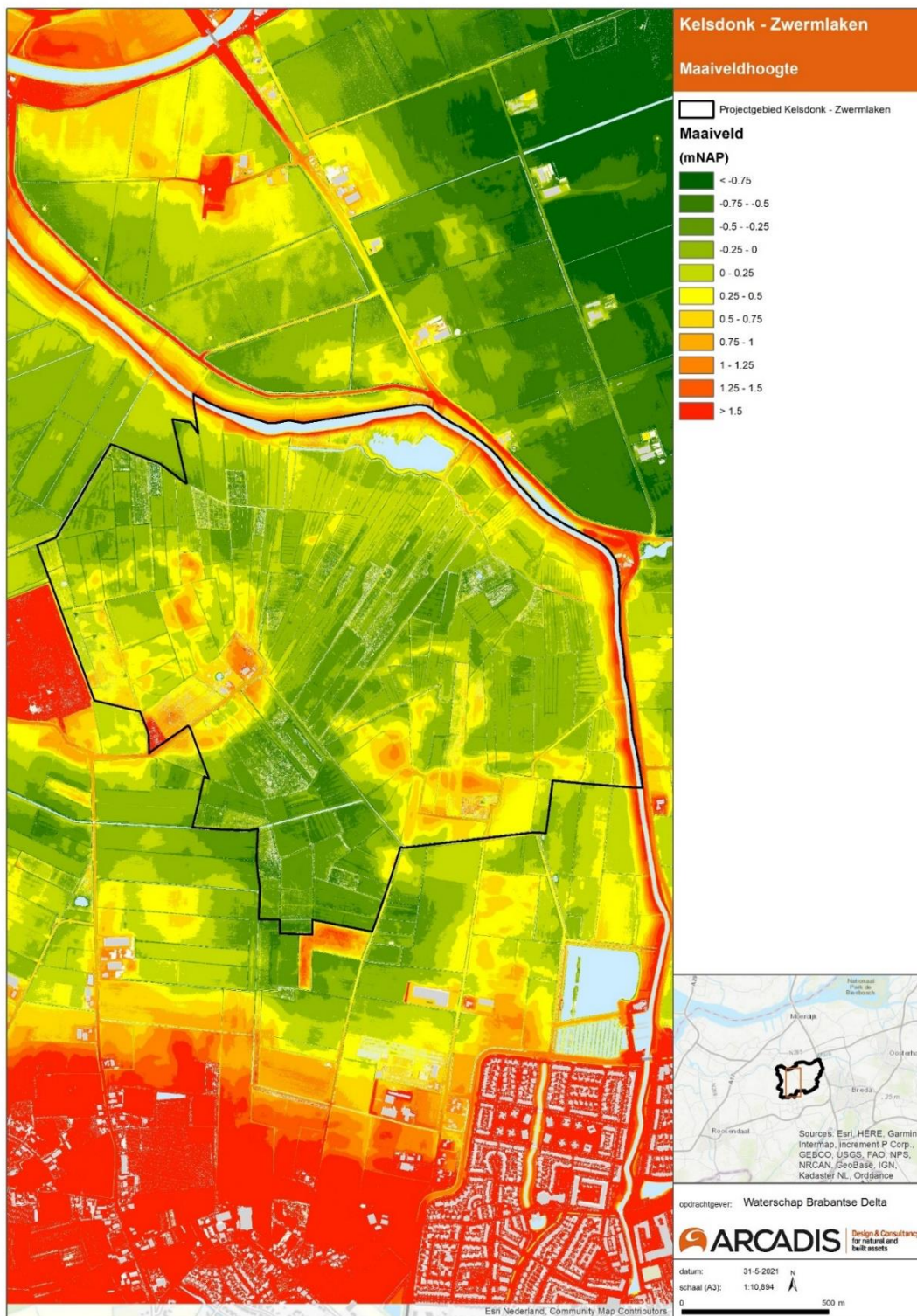
De Mark-Vliet-boezem, waar de natte natuurparels deel van uit maken, is het restant van een ooit dynamisch brakwatergetijdengebied dat onder de invloed stond van eb en vloed. De zee heeft hier nog voor de Middeleeuwen honderden jaren klei afgezet. Op sommige locaties, op de overgang van zand naar klei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

Maaiveldhoogte

In Figuur 2-2 is de maaiveldhoogte van het plangebied Kelsdonk-Zwermlaken en omgeving weergegeven. Langs de Leursche Haven ligt een wat hogere zone, de oeverwal. Het middengebied van Kelsdonk-Zwermlaken is vlak en laaggelegen. Aan de zuidwest- en zuidoosthoek zijn twee donken (zandige koppen) zichtbaar. Daartussenin ligt een lage, vlakke zone die aansluit op het vlakke middengebied. De hoge kop direct ten westen van het plangebied is een voormalige vuilstort Bollendonk.



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

2.2 Oppervlaktewater (kwantiteit)

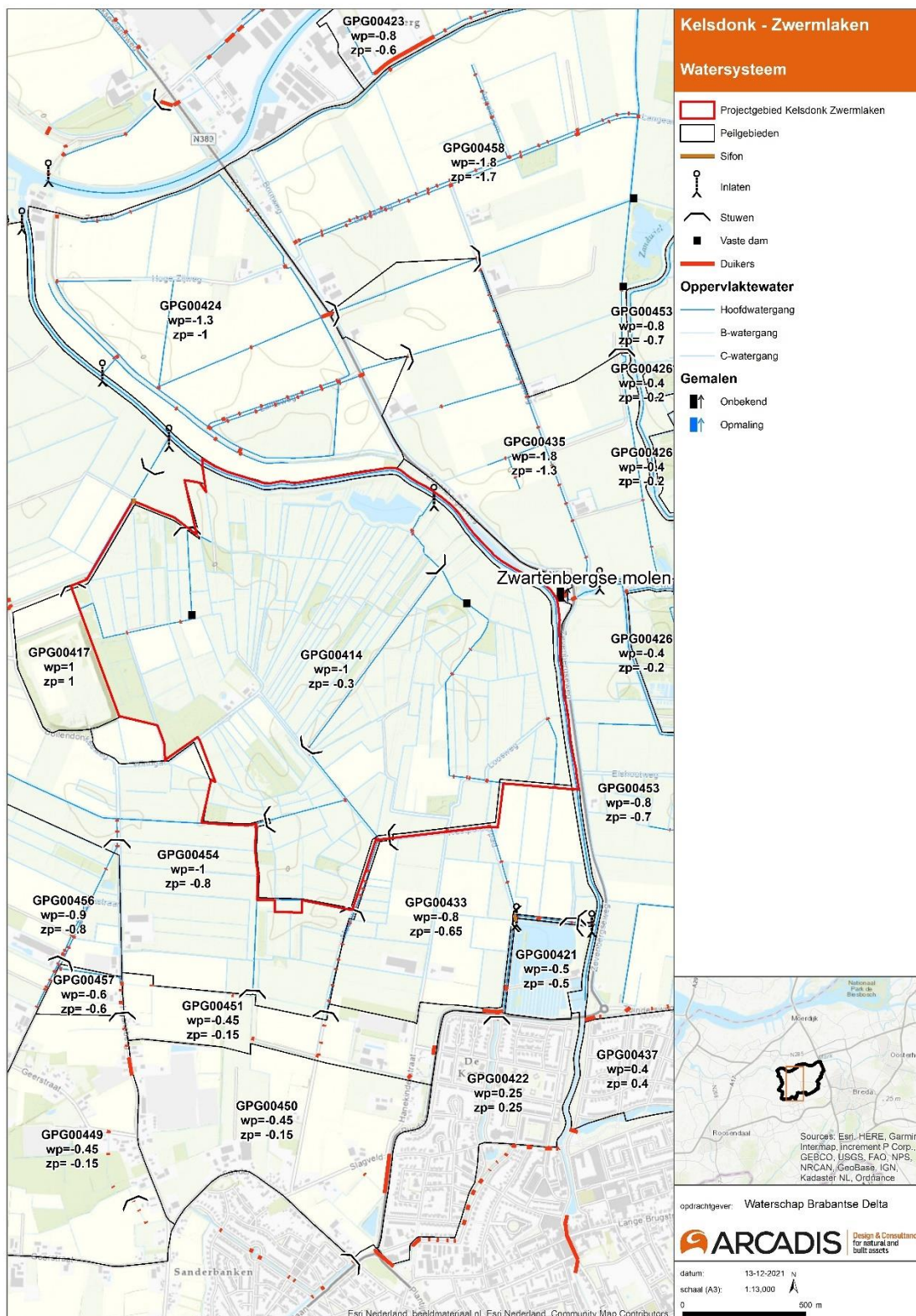
2.2.1 Watersysteem

In figuur 2-3 is een overzicht van het watersysteem in en om het plangebied weergegeven, inclusief peilgebieden.

Kelsdonk / Zwermlaken (inclusief de naastliggende polder) wordt bemalen door gemaal Emmer, dat uitwatert op de Laaksche Vaart ten westen van het plangebied. Gemaal Emmer heeft een capaciteit van 100,2 m³/min. Het totale oppervlak dat afwatert op gemaal Emmer is 1.222 Ha. Aan de noordoostzijde ligt een waterkering langs de Leursche Haven. Er kan water worden ingelaten vanuit de Leursche Haven in de polder. Het oppervlaktewaterpeil binnen het plangebied varieert per peilgebied, maar ligt voornamelijk tussen NAP -0,40m en NAP -0,80m. De Leursche Haven staat onder normale omstandigheden in open verbinding met De Mark en kent een peil rond NAP 0m. Ten westen van het plangebied ligt het polderpeil net wat lager dan in het plangebied.

Bij periode van droogte kan er water uit de Leursche haven worden ingelaten via inlaten. In de noordoosthoek van het plangebied ligt de belangrijkste, de inlaat Faassen. Hier wordt water ingelaten voor het plangebied maar ook voor het omliggende landbouwgebied. Dit water wordt dwars door het plangebied heen gevoerd van de inlaat naar de zuidwesthoek. Aan de noordwesthoek van het plangebied ligt een kleinere inlaat (Windgat) die via een lus door het plangebied loopt naar de naastliggende polder.

Het oppervlaktewatersysteem binnen het plangebied was slechts beperkt in beeld. Door middel van een veldinventarisatie is door Staatsbosbeheer nagegaan waar duikers, dammen en stuwen aanwezig zijn en welke stromingsrichting het water volgt. De hoofdlijn is nu bekend en komt overeen met figuur 2-3 maar de kleinere watergangen zijn soms matig onderhouden of verland, en de staat van duikers is soms onbekend.



Figuur 2-3. Overzicht van het watersysteem in en om de natte natuurparel Kelsdonk-Zwermlaken

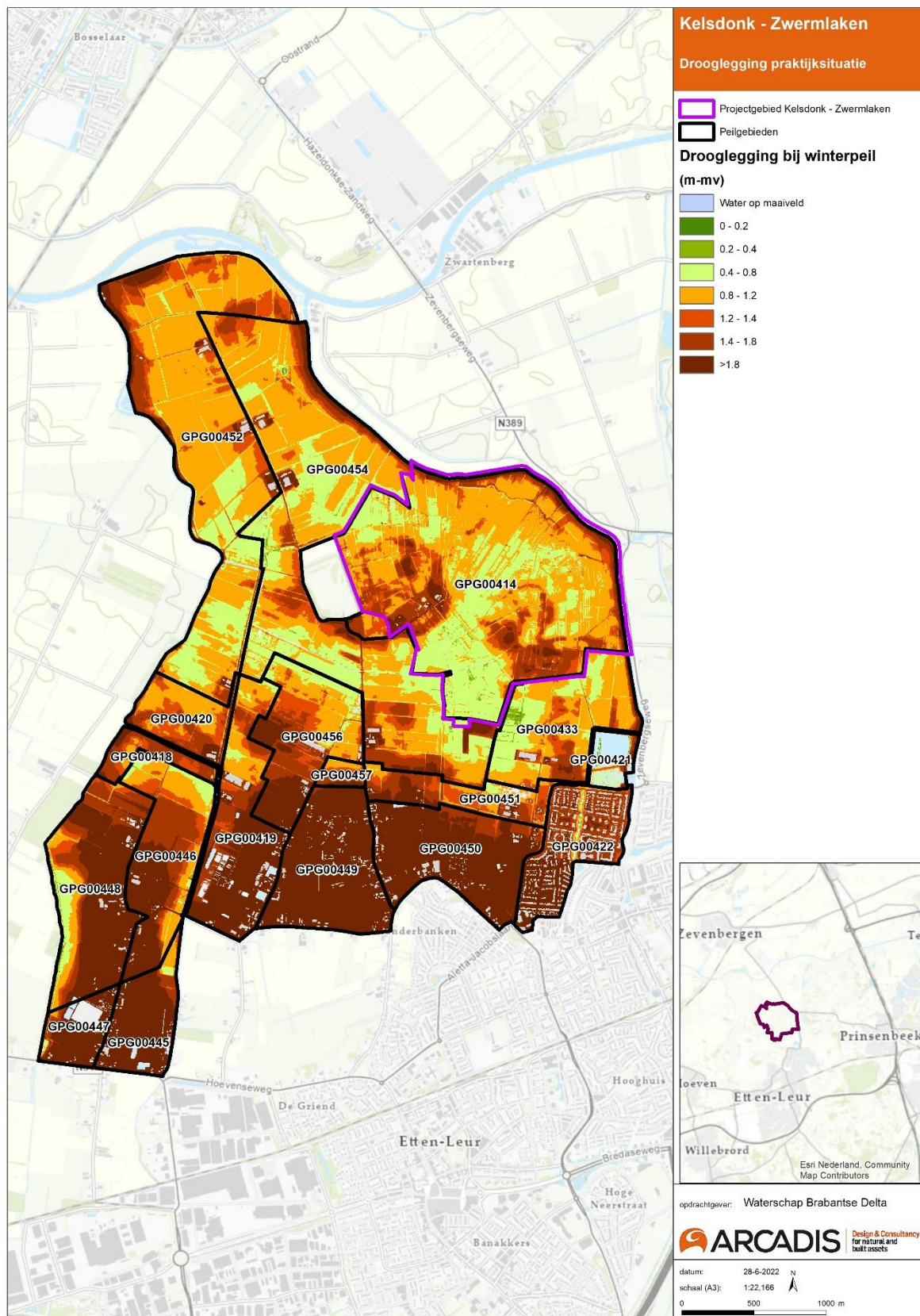
2.2.2 Drooglegging

In figuur 2-4 is de drooglegging van het bemalingsgebied bij winterpeil weergegeven. Dit betreft de formeel vastgelegde peilen, de praktijk is soms anders, zeker binnen het plangebied. De omgeving kent een landbouwkundige drooglegging, het plangebied is wat natter en kent een kleinere drooglegging. 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 praktijkpeilen, zie bijlage A.

Tabel 2-1. Overzicht per peilgebied (vigerend peil)

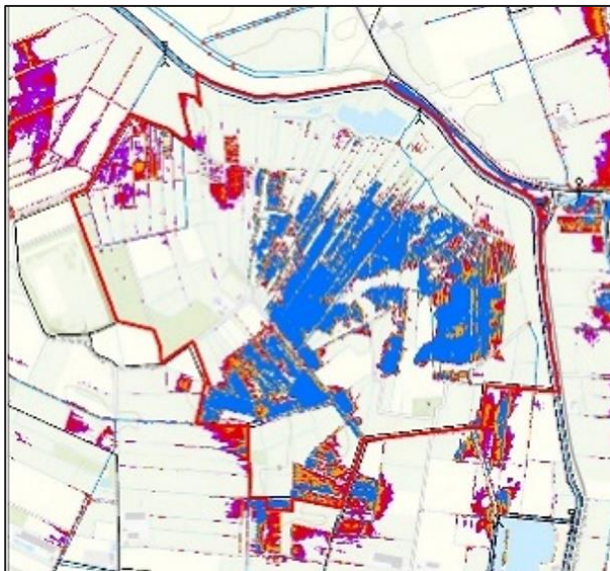
CODE (oud)	GPGIDENT codering peilgebied	NAAM	MIN (mNAP)	MAX (mNAP)	ZOMERPEIL (mNAP)	WINTERPEIL (mNAP)	MARGE (M)	DYNAMISCH (M)
MW4	GPG00415	Zes Bunder	-0.6	-0.4				0.2
MW5	GPG00427	Kelsdonk	-	-	-0.8	-1.0	0.1	0.3
MW6	GPG00413	Windgat	-0.5	-0.3	-	-		0.2
MW7	GPG00412	Zoetenbeet	-0.7	-0.5	-	-		0.2
MW8a	GPG00414	Zwermlaken	-0.6	-0.4	-	-		0.2
MW8b	GPG00425	Zwermlaken	-0.6	-0.4	-	-		0.2
MW8c	GPG00434	Zwermlaken	-	-	-0.65	-0.8	0.1	0.3
MW9a	GPG00443	De Dood	-0.8	-0.6	-	-		0.2
MW9b	GPG00444	De Dood	-	-	-0.8	-1	0.1	0.3
MW10	GPG00416	Achtergat	-0.6	-0.4	-	-		0.2
MW11	GPG00433	Hanekinderpolder	-	-	-0.65	-0.8	0.1	0.3
MW3	GPG00454	Ettense Beemden of Westpolder	-	-	-0.8	-1	0.1	0.3



Figuur 2-4. Drooglegging (bij winterpeil) in het plangebied Kelsdonk-Zwermakken en omgeving.

2.2.3 Toetsing wateroverlast

In 2018 is een NBW (Nationaal Bestuursakkoord Water)- wateroverlast toetsing uitgevoerd voor onder andere dit plangebied. In Figuur 2-5 zijn de berekende inundaties van deze toetsing weergegeven. Zoals te zien zijn er verschillende inundaties in het bemalingsgebied berekend. Figuur 2-6 laat zien of deze inundaties uiteindelijk knelpunten veroorzaken. Wanneer de inundaties vaker voorkomen, dan de toegestane normering, wordt er een knelpunt berekend. Voor het bemalingsgebied zijn er geen significante knelpunten berekend.



Figuur 2-5. Berekende inundaties voor de Natte Natuurparels en omgeving (Bron: Waterschap Brabantse Delta). Blauw is inundatie bij T=10, oranje is inundatie bij T=25, rood is inundatie bij T=50 en paars is inundatie bij T=100.



Figuur 2-6. Berekende knelpunten voor Kelsdonk-Zwermlaken en omgeving (Bron: Waterschap Brabantse Delta). De rood ingekleurde gebieden aan de zuidkant van het plangebied zijn aangegeven als NBW knelpunten.

2.3 Oppervlaktewater (kwaliteit en ecologie)

Er zijn zeer weinig gegevens over de kwaliteit van het oppervlaktewater binnen het plangebied. In het verleden waren er vier meetpunten, de gegevens daarvan dateren uit 1993-1977 en 2001-2006. In de periode 2001-2006 waren de gehalten aan nutriënten (N en P) “matig”, uitgaande van de KRW-meetlat voor sloten. Visuele waarnemingen bevestigen de aanwezigheid van kwel in sommige watergangen. Dit wordt bevestigd door de modelresultaten, zie figuur 2.8.

Voor wat betreft flora en fauna in het oppervlaktewater kan worden verwezen naar de nu uitgevoerde QuickScan (“QuickScan Wnb ontwikkeling natte natuurplek Kelsdonk-Zwermlaken”, d.d. 31-08-21). Daaruit blijkt onder andere dat de grote modderkruiper aanwezig is in het zuidelijk deel van het plangebied, en dat de primaire waterlopen geschikt zijn als voorplantingswater voor de alpensalamander en de poelkikker. Exoten zijn ook aangetroffen in het plangebied, zowel planten als dieren (Amerikaanse rivierkreeft).

De kwaliteit van het inlaatwater vanuit de Leursche Haven heeft invloed op de vegetatie in watergangen en oevers nabij de inlaat (mondelinge mededeling terreinbeheerder). Dit geeft aan dat het ingelaten water wat voedselrijker is dan het gebiedseigen water.

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).

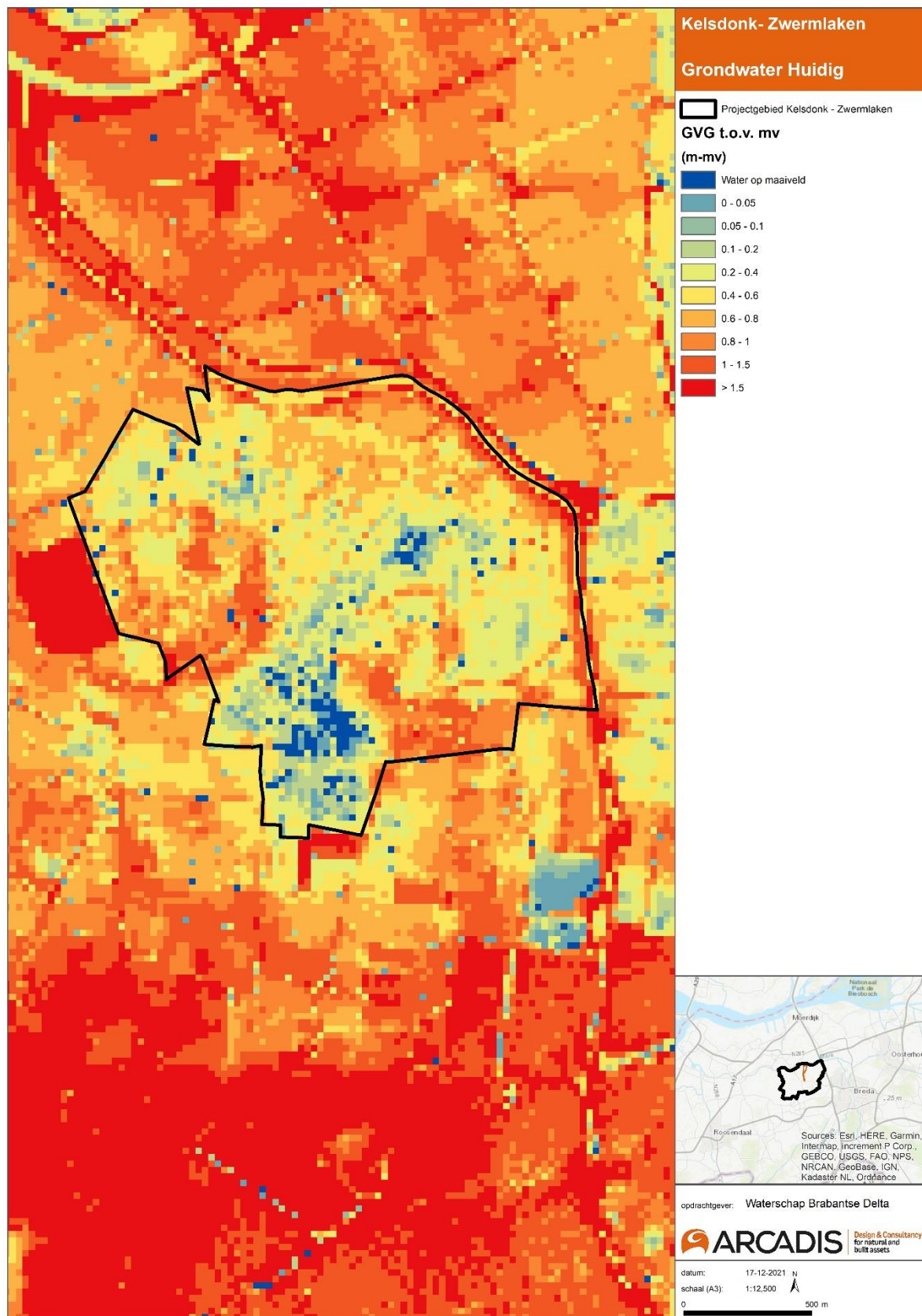
2.4 Grondwater en ondergrond

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, zoals in dit gebied aan de zuidwest- en zuidoosthoek. 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 Boxtel. De formatie van Boxtel is zandig en dus veel beter doorlatend dan het holoceen.

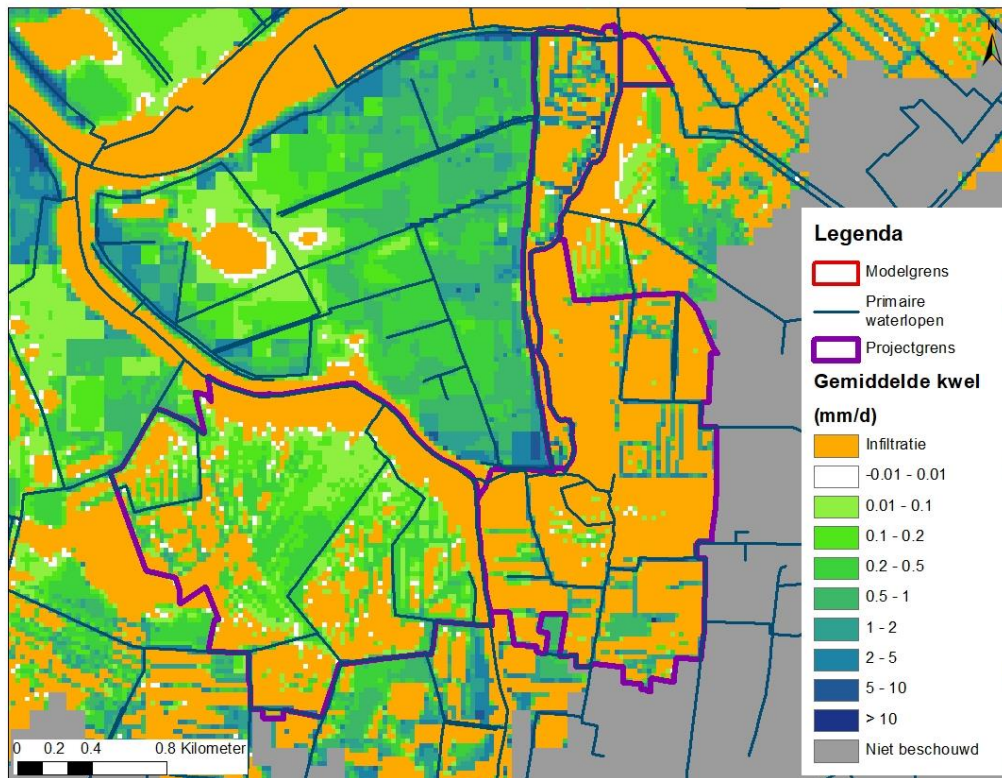
Onderstaand figuur 2-7 geeft de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand voor de huidige situatie weer. Het ruimtelijk patroon hiervan volgt het maaiveldverloop. De lage delen zijn nat, de hoge delen droog. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is het meest relevant voor de natuurdoelen, in de achtergrondrapportage zijn ook de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) opgenomen.



Figuur 2-7. Huidige GVG.

Met het grondwatermodel is ook bepaald of er sprake is van kwel. Kwel is in dit geval gedefinieerd als een flux naar de deklaag toe (zie figuur 2-8).

In bijlage B is een beknopte landschapsecologische systeemanalyse (LESA) uitgevoerd van het plangebied. Daaruit bleek dat er geen gegevens waren over de grondwaterkwaliteit. Gezien het belang daarvoor voor het realiseren van de beheertypen 'Petgaten' en 'Laagveen Bos' is hiervoor een nader onderzoek uitgevoerd (zie bijlage C).



Figuur 2-8. Kwel voor het gehele plangebied NRM-W, inclusief Kelsdonk-Zwermlaken.

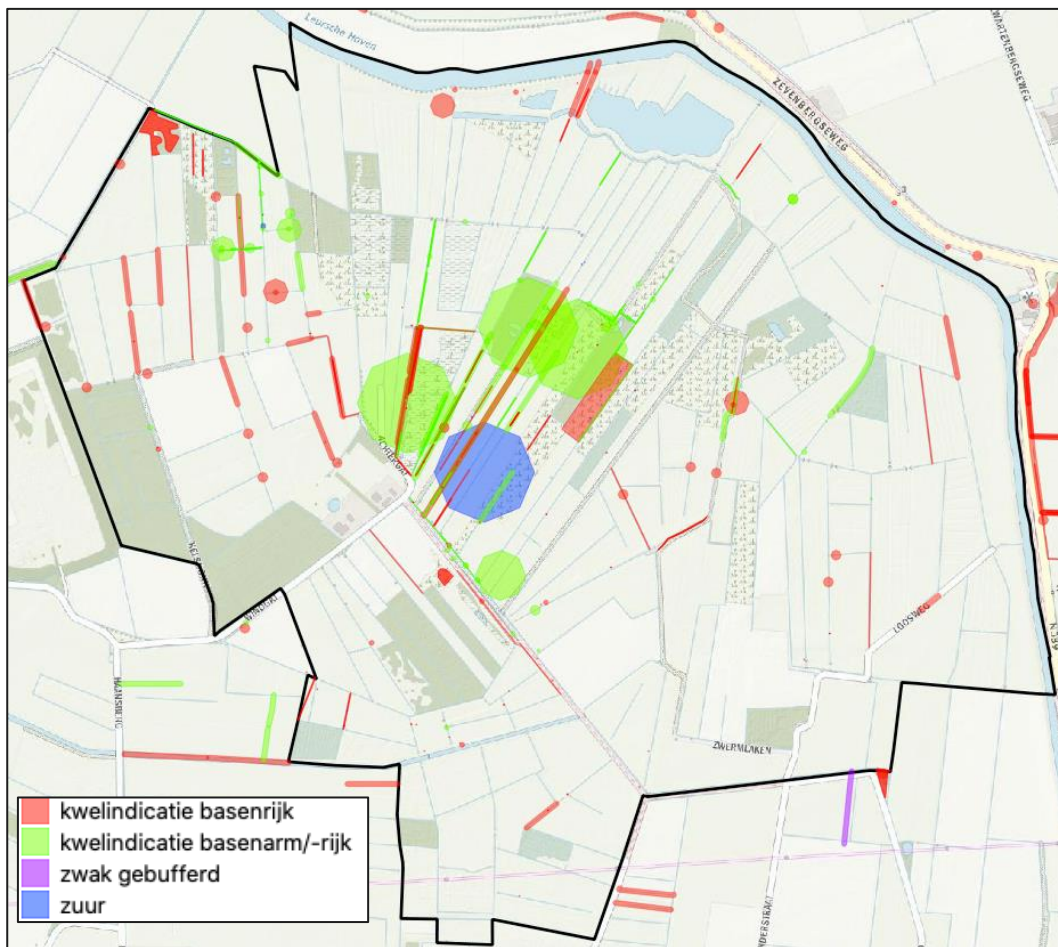
Het plangebied kent een afwisseling van infiltratie en kwelgebieden. Het ruimtelijk patroon komt grofweg overeen met dat van de maaiveldhoogte; infiltratie op de hogere, zandige delen en kwel op de lagere delen.

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.

2.5 Ecologie / Bestaande natuurwaarden

In bijlage B is een globale landschapsecologische analyse opgenomen. Deze paragraaf geeft geen beschrijving van aanwezige natuurwaarden; de focus ligt op de indicaties die de vegetatie geeft en de potenties die daaruit kunnen worden afgeleid. 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. Dit beeld bevestigt de modeluitkomsten, zie figuur 2-8.

In figuur 2-9 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.



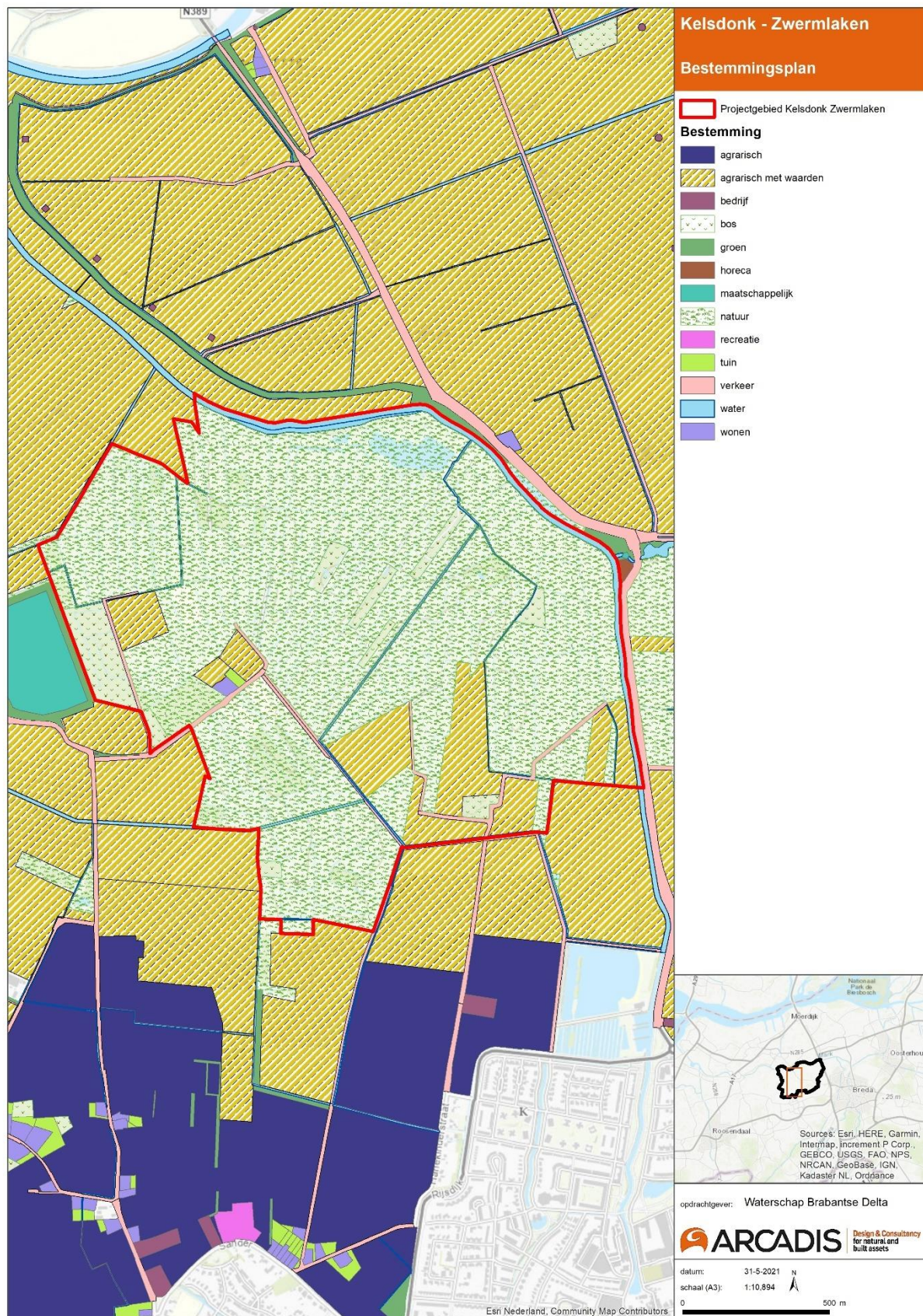
Figuur 2-9. Voorkomen van indicatieve plantensoorten in deelgebied Kelsdonk-Zwermlaken na 1990. (Bron: NDFF). Voor toelichting op soorten zie bijlage B.

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.

2.6.1 Vigerend bestemmingsplan

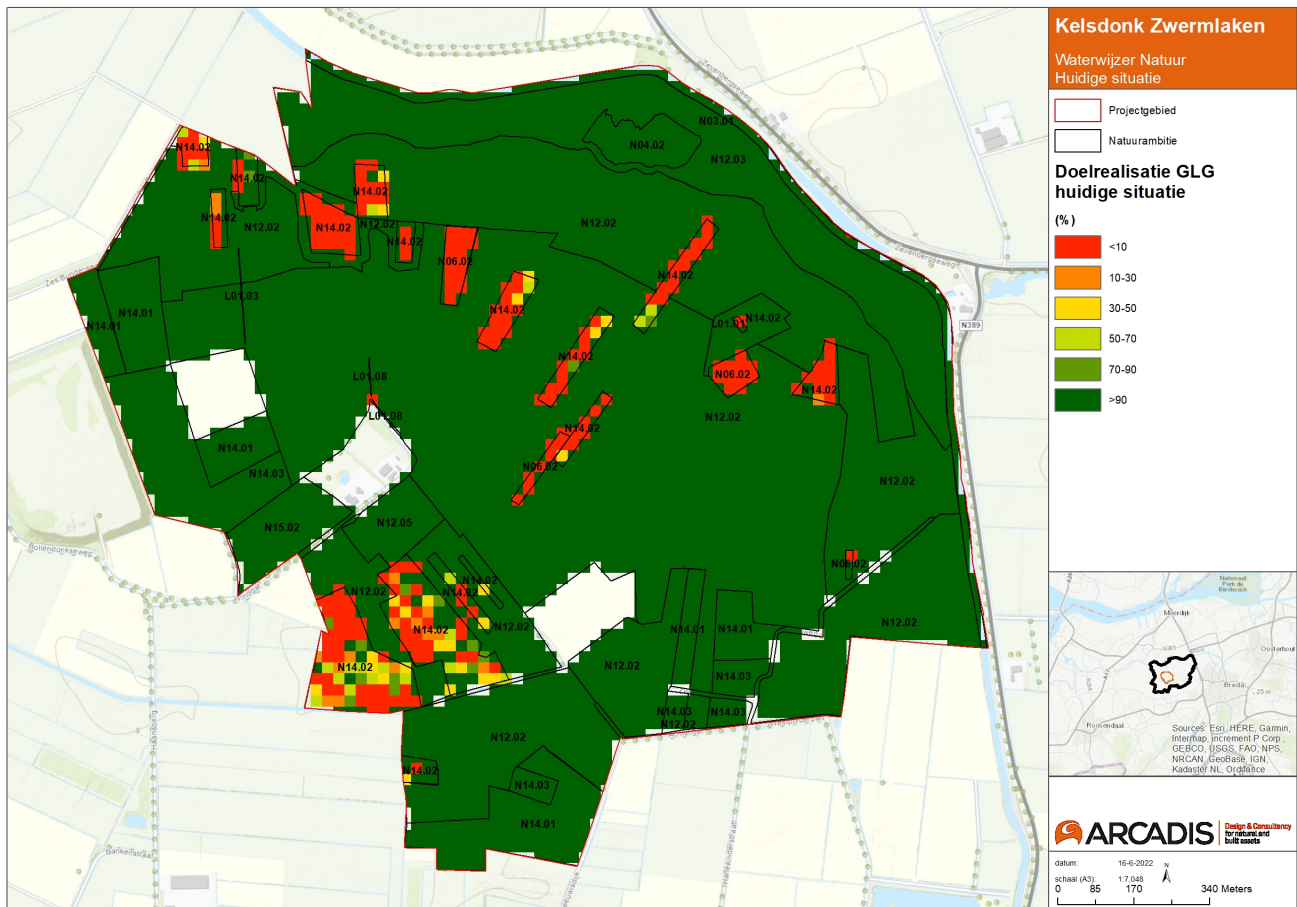
In figuur 2-10 zijn de vigerende bestemmingen binnen het plangebied weergegeven. Het grootste deel van het plangebied kent de bestemming natuur of bos. Er liggen echter nog diverse agrarisch bestemde percelen in het plangebied. Daarnaast de bestemming wonen en verkeer. Om uiteindelijk de Natte Natuurparel 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 2-10. Bestemmingsplan in het projectgebied (Bron: Ruimtelijkeplannen.nl).

2.6.2 Landgebruik

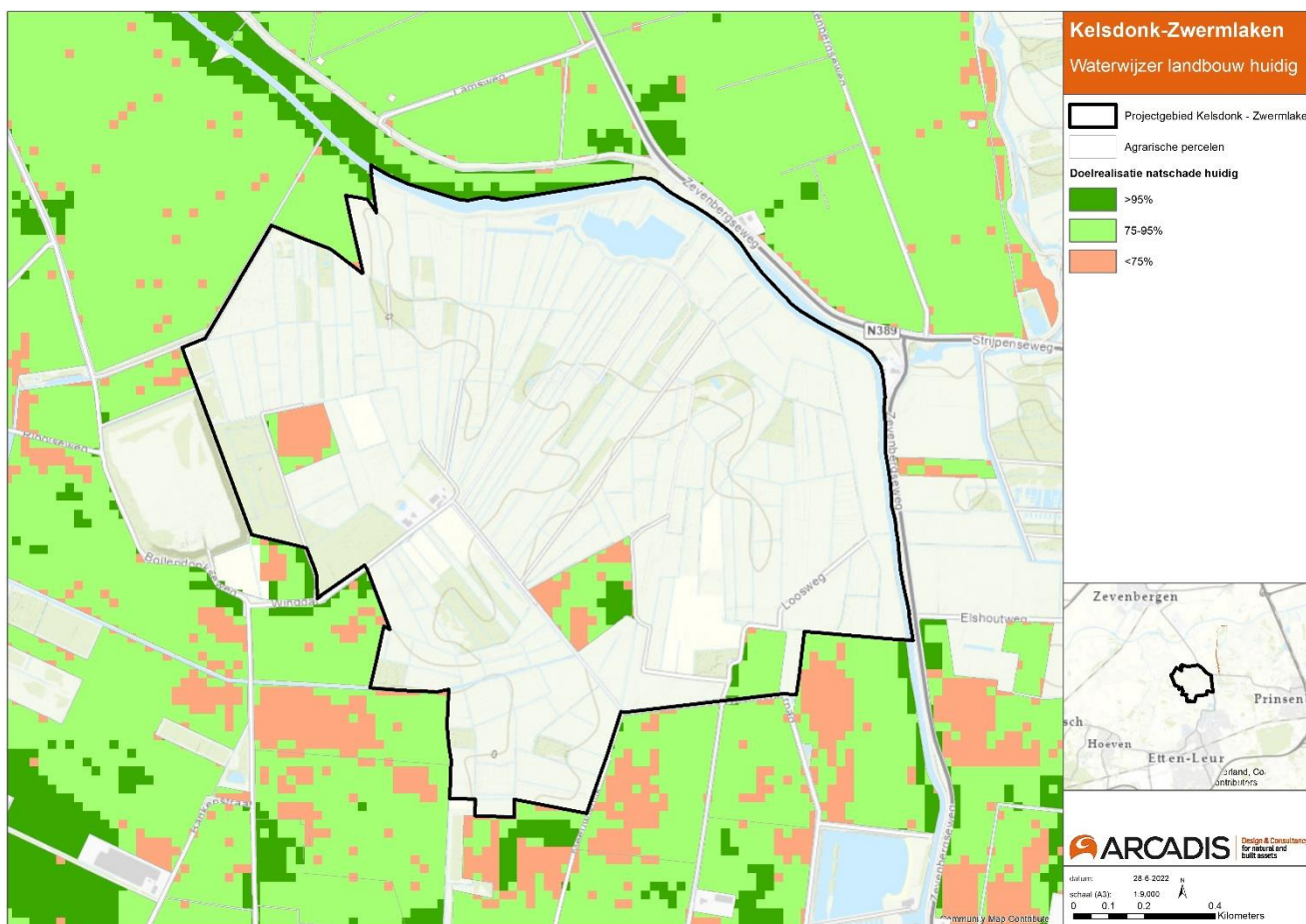
Het grootste deel van het plangebied is natuur, voornamelijk grasland en bos. Daarbinnen komen enkele agrarische percelen en wonen voor. De omgeving is agrarisch, weiland en bouwland.



Figuur 2-11. Doelrealisatie Natuur (GLG)

Voor een groot deel is de doelrealisatie voor natuur goed, maar niet voor de petgaten en laagveenbossen. Daarvoor zakt het grondwater nu te ver uit.

De bestaande situatie voor landbouw is onderstaand weergegeven, voor de component natschade.

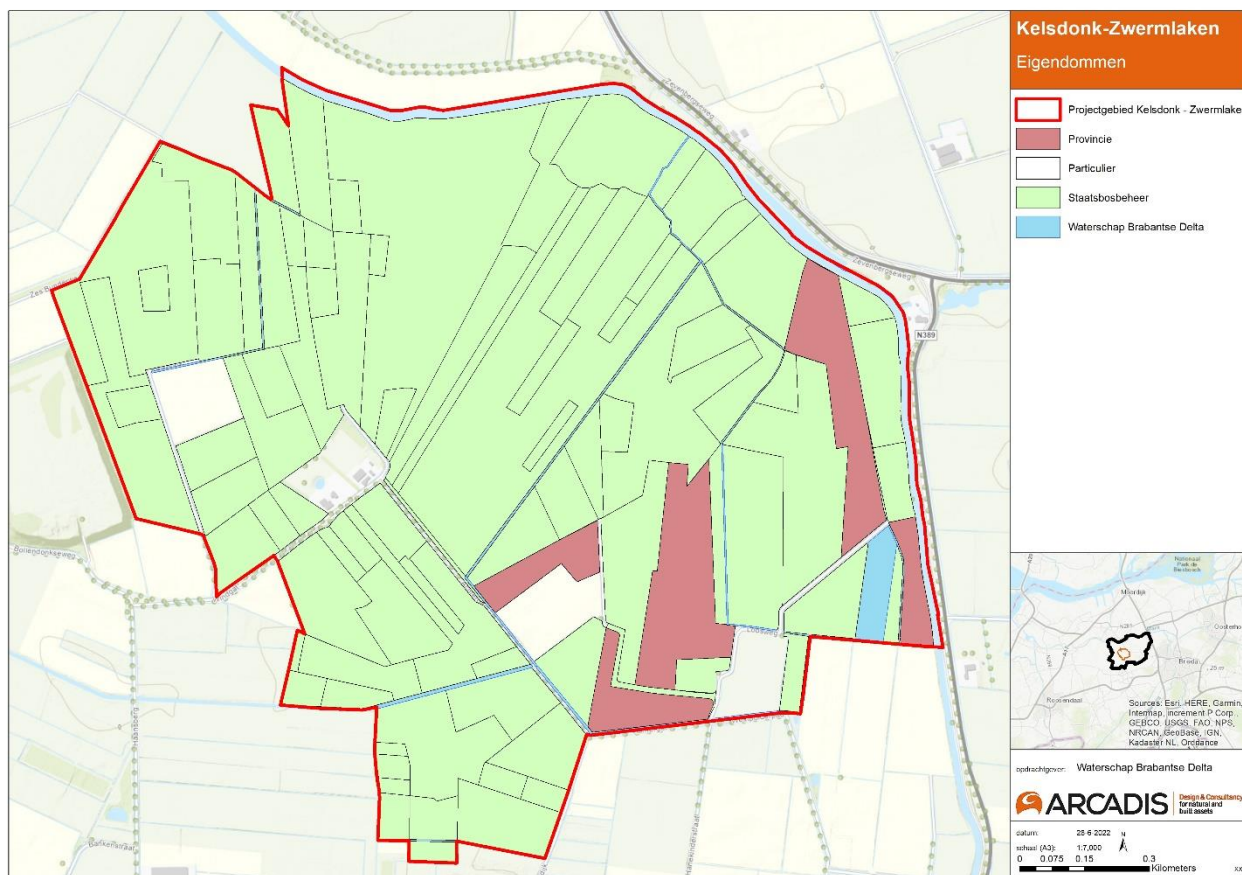


Figuur 2-12. Doelrealisatie Landbouw (onderdeel natschade).

2.6.3 Grondeigendom

In Figuur 2-13 zijn de grondeigendommen binnen het projectgebied weergegeven. Het grootste deel is in eigendom van Staatsbosbeheer. Verspreid zijn enkele percelen in particulier bezit. Het waterschap werkt aan de verwerving van de landbouw percelen. De woningen met hun tuinen blijven particulier bezit.

Voor dit technische plan is uitgegaan van de huidige situatie qua grondeigendom en bestemming. Dit komt onder andere terug in de toetsing van effecten op de omgeving. Procedureel is het uitgangspunt dat dergelijke inliggende percelen worden verworven of gecompenseerd.

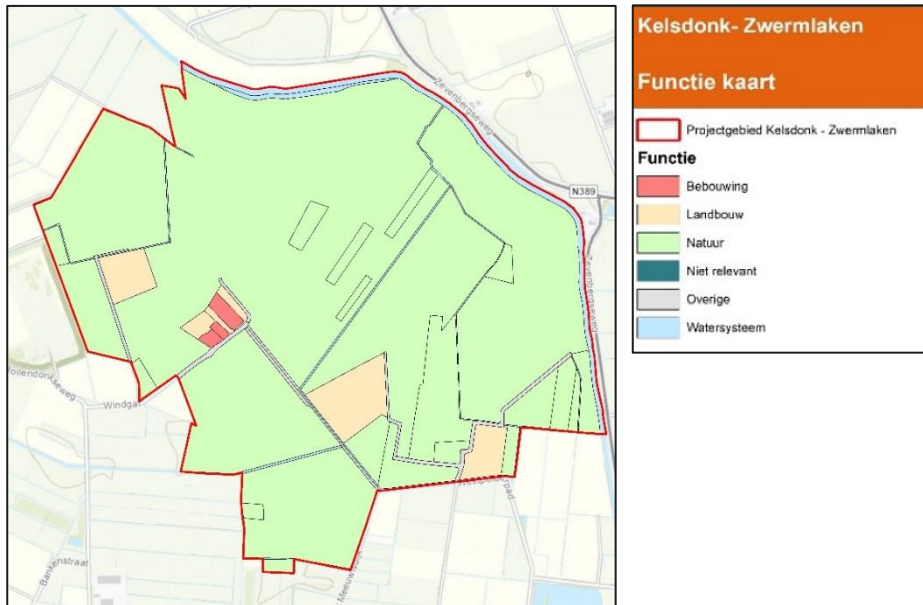


Figuur 2-13. Eigendommen binnen het plangebied Kelsdonk-Zwermlaken (Bron: Waterschap Brabantse Delta).

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. Zie hiervoor figuur 2-14 op de volgende pagina.

Voor dit plan is uitgegaan van de huidige situatie qua grondeigendom en bestemming. Dit komt onder andere terug in de toetsing van effecten op de omgeving.



Figuur 2-14. Peilbesluitfunctie kaart van het plangebied Kelsdonk-Zwermlaken.

2.6.5 Recreatie

Het plangebied kent extensief recreatief medegebruik, in de vorm van een laarzenpad door het gebied. Langs de zuid-/zuidoostrand ligt een fietspad. Verder is het gebied niet ontsloten voor recreatie.

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 en buiten het plangebied voorkomen te worden. In dit hoofdstuk komt aan bod wat de doelstellingen zijn en welke randvoorwaarden die stellen aan de waterhuishouding.

3.1 Natuurdoelstellingen

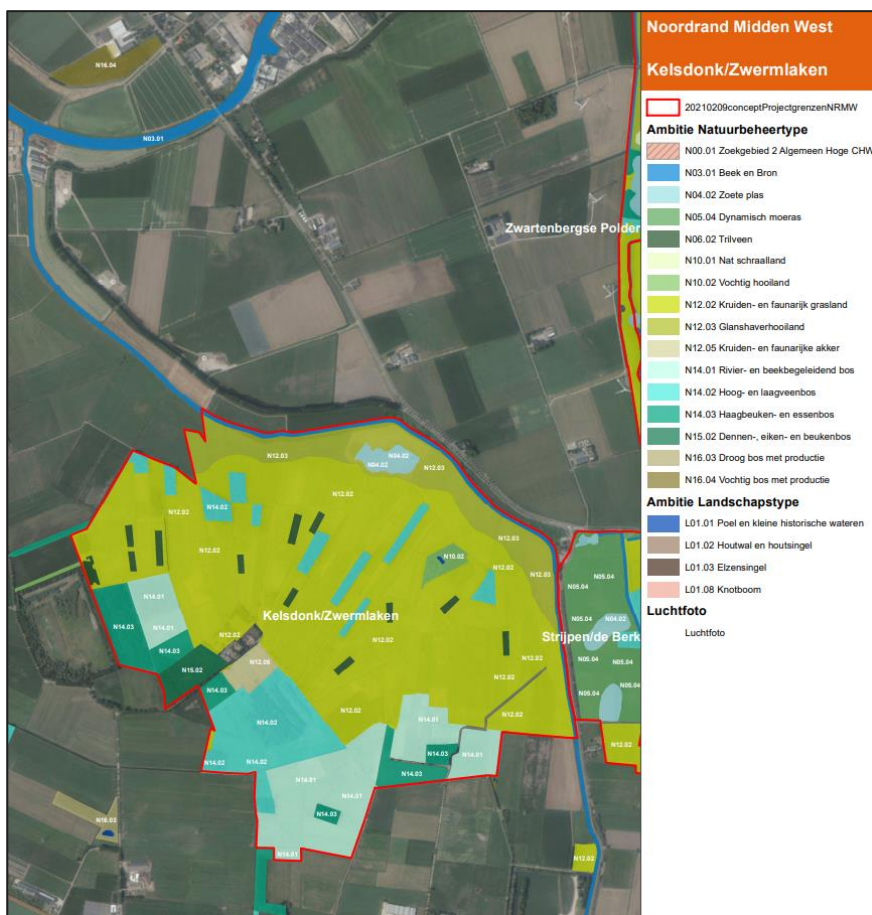
Op grond van nader onderzoek is de ambitiekaart natuur geoptimaliseerd. Hieronder is eerst kort de ambitiekaart van 2020 beschreven, gevolgd door de vogelvluchtschets uit 2020 en tenslotte de bijgestelde ambitiekaart 2021.

Voor dit plan is uitgegaan van de huidige situatie qua grondeigendom en bestemming. Dit komt onder andere terug in de toetsing van effecten op de omgeving.

3.1.1 Ambitiekaart 2021

Voor Kelsdonk-Zwermlaken zijn in 2021 door de provincie van zuid naar noord de volgende natuurtypen vastgesteld in de natuurambitie kaart, zie ook figuur 3-15 hieronder:

- De oeverwal langs de Leursche Haven : glanshaverhooiland (N12.03)
- Centrale deel : voornamelijk kruiden- en faunarijck grasland (N12.02) met verspreid hoog- en laagveenbos (N14.02) en trilveen (N06.02) en klein deel vochtig hooiland (N10.2)
- Zuidelijke rand : bossen, te weten rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01), hoog- en laagveenbos (N14.02) en haagbeuken- en essenbos (N14.03)
- Bij Windgat een perceel kruiden- en faunarijck akker (N12.05)



Figuur 3-15. Kaart met natuurambitie deelgebied Kelsdonk-Zwermlaken (Provincie Brabant, oktober 2021)

3.1.2 Vogelvlucht (2020)

In overleg tussen Waterschap Brabantse Delta, Staatsbosbeheer en de Vereniging Natuurbeheer Kelsdonk-Zwermlaken is in 2020 een “vogelvlucht-kaart” gemaakt, waarin de natuurambities deels zijn aangepast. De vogelvlucht is indicatief, maar op hoofdlijnen is de ambitiekaart als volgt aangepast: de bosontwikkeling aan de zuidrand is minder massief, maar bestaat uit een afwisseling van bos met open terrein, zoals graslanden en akkers. Aan de oostzijde van het plangebied, langs de Leursche haven, is juist meer bos voorzien.

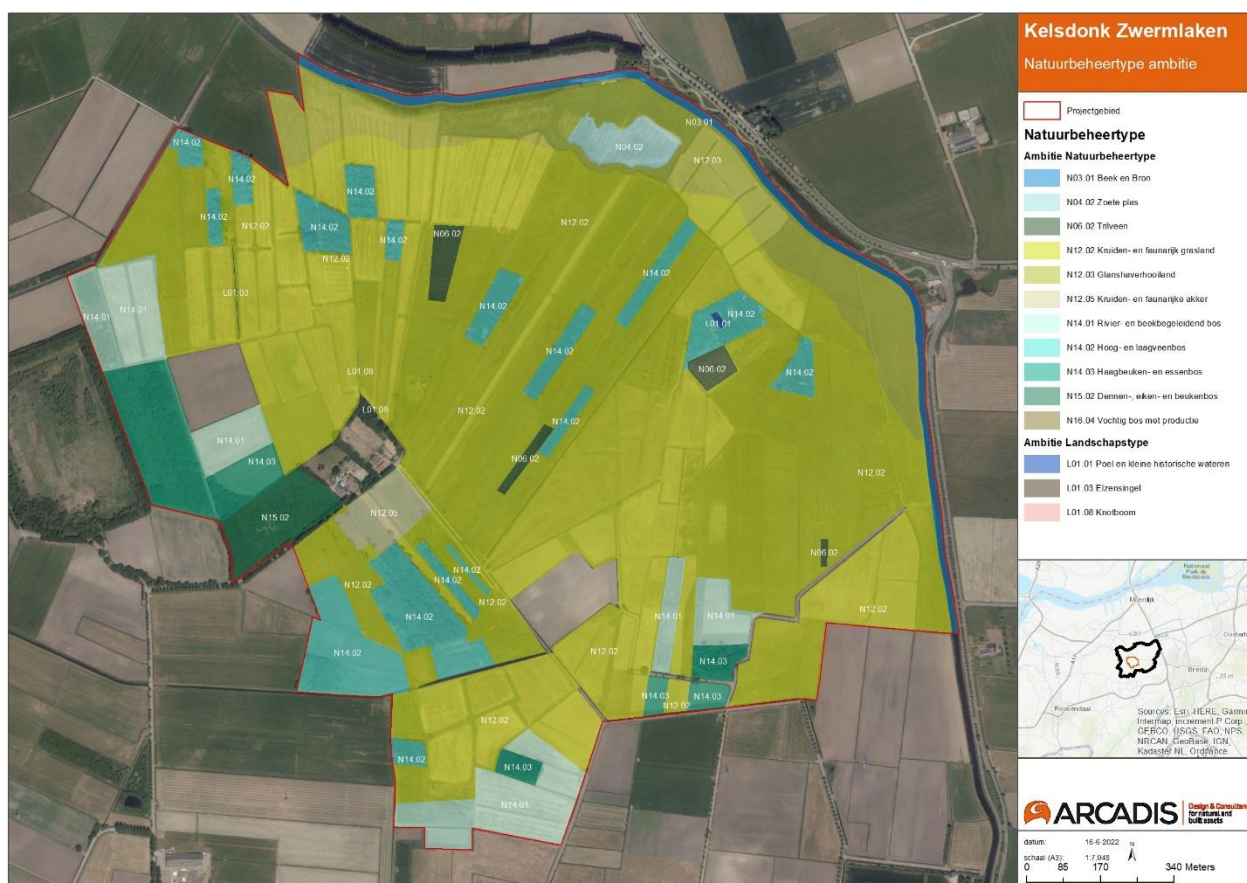


Figuur 3-16. Vogelvlucht-schets van de toekomstige situatie in het plangebied (2020)

3.1.3 Bijstellen ambitiekaart 2021 (voorstel)

Op grond van het voorgaande zijn het ontwerp en de natuurambities beoordeeld. Hierbij is de volgende redenering gehanteerd. Primair geldt dat het plangebied is aangewezen als Natte Natuurparel, met de aangegeven natuurambities als vertrekpunt. Deze zijn conform de “vogelvlucht-kaart” aangepast. Op grond van de LESA en modellering is nader onderzoek uitgevoerd naar de kansen die er zijn voor petgaten/trilveen in dit gebied. De daarin onderzochte locaties voor petgaten zijn verwerkt in de nieuwe ambitiekaart, zie onderstaand figuur. Daarin is ook rekening gehouden met de huidige particuliere eigendommen (landbouw, wonen). Voor wat betreft de aan te leggen bossen is een afweging gemaakt, met de provincie, tussen de wens om het areaal bos uit te breiden, en het beleid om cultuurhistorische waarden (zoals openheid) te behouden.

Deze natuurambities zijn formeel nog niet vastgesteld door de provincie, maar hier al wel als basis gebruikt voor de planvorming.



Figuur 3-17. Voorstel aanpassing Ambitiekaart (indicatief)

3.2 Randvoorwaarden aan de waterhuishouding (natuur)

De tabel hieronder geeft weer welke 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 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.

		GVG				GLG				DSTRESS			
Code	Beheertype	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 faunairijk grasland	-20	-3	999	999	-	-	-	-	2	10	38	45
N12.03	Glandshaverhooiland	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 onderstaande figuur 3-18 waarin is

aangegeven wat de doelrealisatie is voor het aspect GLG. In de delen die rood/oranje gekleurd zijn zakt de grondwaterstand te ver uit in de huidige situatie.

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. Grofweg was dit ook het beeld in 2016, toen een eerder ontwerp werd gemaakt.

3.2.1 Randvoorwaarden waterkwaliteit

Enkele van de natuurbeheertypen stellen eisen aan de 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. Voor de graslanden geldt dat glanshaverhooiland niet te zuur mag zijn, en bij voorkeur niet wordt bemest.

Ter onderbouwing van de maatregelen en de ambitiekaart is nader ecologisch onderzoek uitgevoerd. Dit is opgenomen in Bijlage C. Het nader onderzoek heeft zich met name gericht op de vraag of het trilveen op de meest kansrijke locaties is geprojecteerd, of dat er optimalisatie mogelijk is, en hoe de kwaliteit van het inlaatwater is. Voor de overige doeltypen zijn er geen aanleidingen om te twijfelen aan de haalbaarheid gegeven de waterhuishoudkundige situatie.



Figuur 3-18. Locaties onderzoek trilveen.

De eindconclusie van dat onderzoek is samengevat als volgt:

- De fysieke samenstelling van de ondergrond ter plekke geeft goede kansen voor ontwikkeling van waardevolle verlandingsvegetatie.
- Voor wat betreft de buffering en verder chemische samenstelling geldt dit in de meeste gevallen ook.
- Echter de fluctuaties in grondwaterstand zijn te groot. Deze bedraagt nu circa 70cm en moet bij voorkeur niet groter zijn dan 40cm.
- De kleilaag aan het maaiveld vormt een risico voor uitspoeling van fosfaat naar het petgat, en is geen goede ondergrond voor de beoogde vegetaties.
- De kwaliteit van het oppervlaktewater uit de Leursche haven is nu (nog) niet van voldoende kwaliteit om te voldoen voor de ontwikkeling van petgaten.
- Om de gewenste vegetaties tot ontwikkeling te laten komen is ten slotte van belang dat de gewenste soorten zich in de petgaten kunnen vestigen. Dit kan alleen indien voldoende diasporen aanwezig zijn (en

die kans is niet groot) of dat deze na herinrichting worden ingebracht.

3.3 Andere ecologische / natuur opgaven

Het plangebied maakt onderdeel uit van een ecologische verbindingszone, met als doelsoorten hermelijn en roodrandzandbij. Daarnaast dient er langs een deel van de hoofdwatgangen een natuurvriendelijke oever te worden aangelegd.

De generieke doelstellingen gelden natuurlijk ook voor dit plangebied, zoals te beschermen soorten en de waterkwaliteit passend bij deze Natte Natuurparel.

Op grond daarvan is het streven:

- Om de inlaat van gebiedsvreemd water zo mogelijk te beperken en de kwaliteit ervan te verbeteren;
- 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 watgangen geschikt te houden als voortplantingswater voor andere amfibieën;
- Exoten te bestrijden en te voorkomen
- Een tracé van natuurvriendelijke oevers aan te leggen

3.4 Watersysteem opgaven

Op grond van het beleid van Waterschap Brabantse Delta gelden onderstaande algemeen geformuleerde opgaven, waarmee bij de herinrichting dus rekening wordt gehouden:

- Komen tot een duurzaam, beheersbaar en weerbaar watersysteem;
- Mogelijk maken van doelmatig beheer en onderhoud;
- Het beperken van peilafwijkingen, zoals op- en onderbemalingen;
- Het te ver uitzakken van het grondwater beperken;
- Waterberging behouden en versterken;
- De bodemdaling beperken (en de CO₂ uitstoot), een peil van 20cm onder maaiveld of hoger is gewenst;
- Het beperken van het verschil tussen zomer- en winterpeil.

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 natuurambities. Daarbij is eerst gekeken naar het ontwerp uit 2016, de vogelvluchtschets uit 2020, en zijn aanbevelingen gedaan voor de verbetering daarvan.

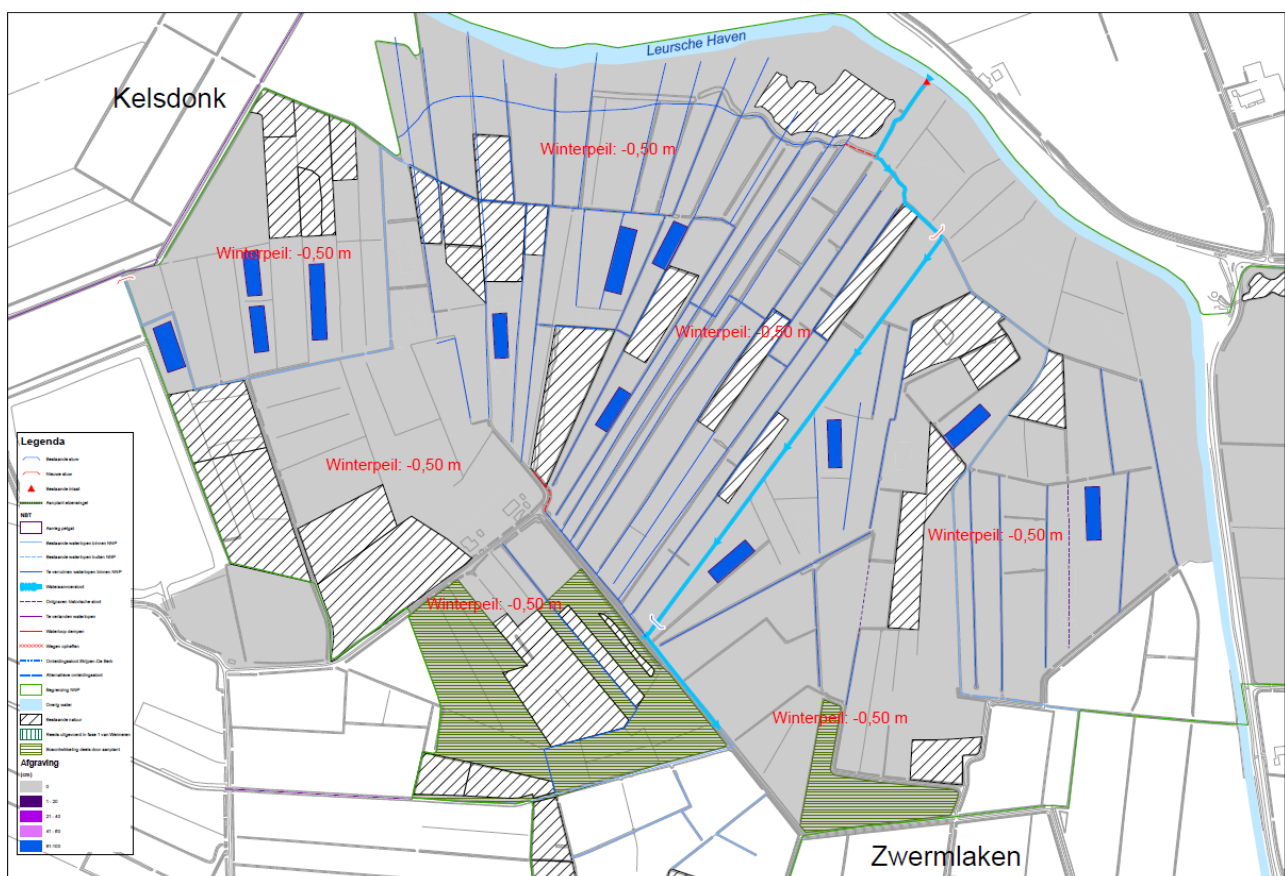
4.1 Voorgeschiedenis ontwerp (2016)

In het natuurgebied Kelsdonk-Zwermlaken is in 2016 een aantal maatregelen gepland om de natuurdoelen binnen het gebied te bereiken. Dit plan is destijds niet tot uitvoer gebracht, maar vormt wel een basis voor dit nieuwe plan.

De maatregelen zijn er onder andere op gericht minder tot geen nutriëntrijk water in het gebied te krijgen. Het gaat hierbij om onderstaande maatregelen:

- Stoppen van de wateraanvoer naar het natuurgebied (wel behouden voor omliggende landbouw)
- Uitgraven van nieuwe petgaten
- Jaarrond vast streefpeil van -0,50m NAP in plaats van huidige (formele) winter- en zomerpeilen

In 2016 is een ontwerp opgesteld op grond van de destijds geldende natuurambities en overwegingen. Zie onderstaande DO-kaart uit 2016.



Figuur 4-19. Maatregel-kaart 2016 (NB: plangebied was destijds wat anders dan nu).

De blauwe vlakken geven de nieuw te graven petgaten weer. De donkerblauwe lijnen geven bestaande watergangen weer die worden opgeschoond en/of verruimd. De groene vlakken geven bosaanplant weer (N.B. deze bosaanplant is in de vogelvluchtschets uit 2020 aangepast).

De peilverhoging wordt bereikt door aangepast stuwbeheer en enkele nieuwe stuwen. De wateraanvoer blijft door het gebied gaan als een geïsoleerde doorgang naar het landbouwgebied.

4.2 Optimalisatie inrichtingsmaatregelen

Uitgaande van het ontwerp uit 2016, is de maaiveldkaart aangepast en ook de bodemkaart aangepast. Op basis hiervan, het stoppen van de aanvoer naar het natuurgebied en de nieuwe peilen, is met het grondwatermodel berekend wat de toekomstige grondwatersituatie zal zijn. Zie voor details Bijlage A.

De overgang naar een jaarrond peil van -0,50m 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, voor de rest van het gebied verandert er weinig.

Het stoppen van de wateraanvoer heeft echter ongewenste gevolgen. Met het stoppen van de aanvoer zakt de grondwaterstand in de zomer nog verder weg dan nu, terwijl deze fluctuatie nu al te groot is. In het nu op te stellen ontwerp zal wateraanvoer behouden moeten blijven, en zal het aangevoerde water zijn weg moeten kunnen vinden in het plangebied.

4.3 Definitief Ontwerp juni 2022

4.3.1 Eindbeeld

De doelstelling is om binnen het totale plangebied Noordrand Midden West (NRM-W) een hoogwaardig natuurgebied te creëren dat aansluit op de (van oudsher) gebiedseigen waterhuishouding en bodemprocessen. Kelsdonk Zwermlassen is een deelgebied binnen NRM-W.

De geschiedenis van Kelsdonk / Zwermlassen wordt gekenmerkt door veenontginning wat nog steeds zichtbaar is in het cultuurhistorisch waardevolle slagenlandschap: een waaivormig landschap met langgerekte petgaten en daartussen natuurakkers. Daarnaast wordt het landschap in het zuiden van het gebied gekenmerkt door open gebieden met daartussen bos. De doelstelling van de herinrichting van het gebied is om bovenstaande kenmerken te behouden en verder te versterken.

Passend bij hydrologische en ecologische opwaardering van het gebied worden er verschillende ingrepen gedaan. In het noordoosten worden er op basis van de cultuurhistorie van het gebied én de grondwaterstromen (kwel) op 4 verschillende plekken nieuwe petgaten aangelegd. Hiermee blijven de zanddonken die meer in het zuidwesten- en oosten liggen ongemoeid. Tussen de petgaten waar zich trilveen ontwikkelt komt een groot areaal kruiden- en faunarijk grasland. Meer naar het zuiden is de overgang naar landschap dat meer getypeerd door verschillende soorten bos. Het bestaande en nieuw aan te planten bos vormt hiermee een natuurlijke zuidelijke grens van het plangebied. Tenslotte zijn er de natuurvriendelijke oevers die met het oog op de verbetering van waterkwaliteit én stimulans van een gevarieerd ecosysteem door het gebied aangelegd worden. Tevens zorgt de natuurvriendelijke oever, met plasdraszone, voor verbinding tussen de drie deelgebieden van NRM-W. Die maken migratie en soortenuitwisseling mogelijk tussen de deelgebieden.

De gewenste ontwikkeling van trilveen, de graslanden en (veen)bossen stellen eisen aan de waterhuishouding (zowel de kwantiteit als kwaliteit) binnen het gebied. Er zijn jaarrond nattere omstandigheden nodig, en bovendien schralere condities. Binnen het plangebied wordt een aantal peilgebieden onderscheiden. Grofweg kan het water daarmee onder vrij verval zijn weg vinden vanaf de Leursche Haven naar het zuiden van het plangebied.

Qua waterkwaliteit stelt trilveen de hoogste eisen. 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. Voor de graslanden geldt dat glanshaverhooiland niet te zuur mag zijn, en bij voorkeur niet wordt bemest.

Om de natte omstandigheden voor trilveen te garanderen blijkt uit de grondwatermodellering dat met name in de zomer de kans bestaat dat het gebied te droog is. Dan moet er water in het gebied gelaten worden. Dit wordt gedaan via de Inlaat Faassen aan de noordoostkant van het gebied. Een risico voor de schralere vegetaties is het voedselrijke water dat hiermee het gebied in stroomt. Om dit risico te verminderen wordt na de inlaat een helofytenveld van circa 9.000 m² aangelegd en natuurvriendelijke oevers langs een aantal

watergangen aangelegd. Bij het helofytenveld wordt het maaiveld afgegraven en riet geplant. Alleen bij te droge omstandigheden (afhankelijk van het weer) wordt water uit de Leursche Haven via dit veld ingelaten. De nieuwe petgaten staan niet in open verbinding met het ingelaten oppervlaktewater, om negatieve beïnvloeding te voorkomen.

Het beheer en onderhoud bestaat uit periodiek maaien / terugzetten van de rietvegetatie en (minder vaak) verwijderen van bagger. De frequentie hiervan zal in de praktijk blijken en wordt daarom in de eerste jaren goed gemonitord.

Via inlaat Faassen wordt momenteel nog water aangevoerd voor buiten het gebied liggende landbouw. Dit geeft een ongewenst grote wateraanvoer door het gebied. Daarom wordt voor dit doorgevoerde water een nieuwe inlaat ten zuiden van het plangebied uit de Leursche Haven gemaakt ter hoogte van de Elshoutweg, genaamd Woeste Hoeve. Hiermee wordt de bestaande aanvoer voor het landbouwgebied gecompenseerd. De aanvoer verloopt via grotendeels bestaande watergangen, een deel ervan moet hiervoor vergroot worden.

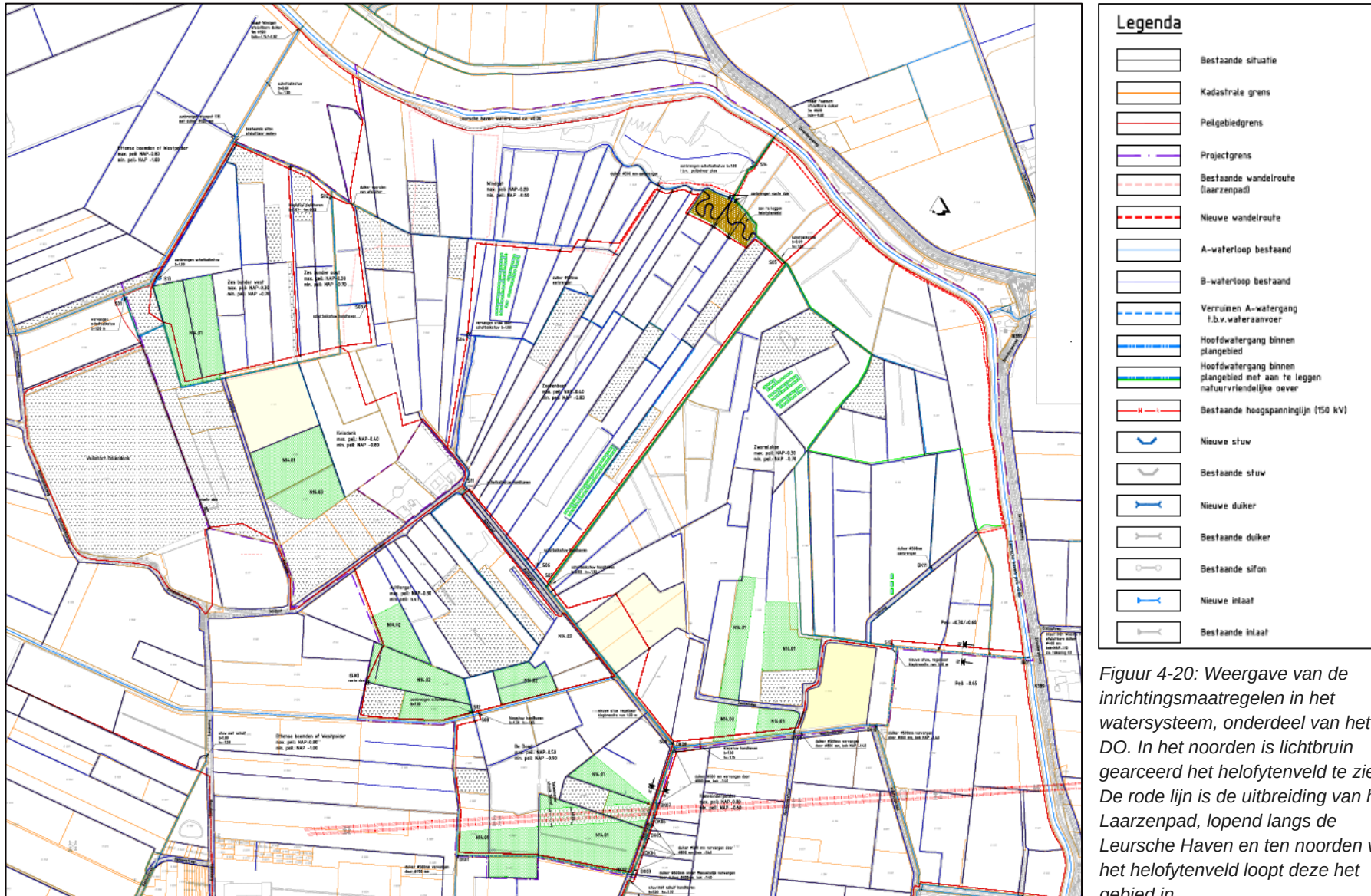
Tenslotte is er de recreatieve functie van het gebied. Er komt een 2^e laarzenpad(lus) aan de oostzijde van het plangebied. De uitbreiding loopt vanaf het nieuw aan te leggen helofytenveld naar de Inlaat Faassen en gaat vanaf daar verder langs de noord- en oostgrens van het gebied die langs de Leursche Haven loopt.

4.3.2 Maatregelen

Om dit eindbeeld tot stand te brengen worden diverse maatregelen getroffen:

- Peilaanpassingen:
 - de begrenzing van peilgebieden
 - de te voeren peilen
 - en het te voeren peilbeheer worden aangepast
- Inrichtingsmaatregelen:
 - om de peilaanpassingen mogelijk te maken zijn maatregelen nodig zoals het aanleggen van stuwen, dammen en duikers
 - om de aanvoer van water voor het omliggende landbouwgebied te handhaven, wordt een nieuwe inlaat aangelegd en de aanvoerroute aangepast
 - om natuurdoelen te realiseren worden petgaten gegraven en wordt langs enkele hoofdwatergangen in het plangebied een natuurvriendelijke oever aangelegd
 - om de provinciale bosopgave te realiseren wordt nieuw bos aangeplant
 - om recreatief medegebruik beter mogelijk te maken wordt een 2^e wandelroute aangelegd.

De te treffen maatregelen zijn opgenomen in de DO-tekening, in figuur 4-20 op de volgende bladzijde.



Figuur 4-20: Weergave van de inrichtingsmaatregelen in het watersysteem, onderdeel van het DO. In het noorden is lichtbruin gearceerd het helofytenveld te zien. De rode lijn is de uitbreiding van het Laarzenpad, lopend langs de Leursche Haven en ten noorden van het helofytenveld loopt deze het gebied in.

4.3.3 Waterhuishoudkundige maatregelen

4.3.3.1 Aanpassing watersysteem

Als eerste komen de maatregelen aan bod die nodig zijn voor de voorgestelde peilen. Het gaat om de verplaatsing van stuwen, het plaatsen van in totaal 10 nieuwe stuwen, vervangen en plaatsen van duikers en afdammen door middel van vaste dammen. Hieronder een opsomming van de nieuw aan te brengen kunstwerken:

- 13 nieuw aan te brengen betonnen duikers (3 stuks 500mm rond, 2 stuks 700mm rond en 8 stuks 800mm rond).
- 35 stuks aan te brengen vaste dammen.
- 2 nieuw aan te brengen handbediende kantelstuwen in houten damwand.
- 5 nieuw aan te brengen KSOS stuwen met aluminium schotbalken.
- 1 nieuwe inlaat.

Voor de inlaat van water zijn in het gebied drie verschillende inlaten beschikbaar. Met de herinrichting van het gebied betekent dat het volgende:

- Inlaat Faassen: Deze bestaande inlaat blijft behouden voor het natuurgebied zelf. Omdat er alleen inlaat voor het natuurgebied is, zal het totale volume inlaatwater dat door het gebied gaat kleiner zijn dan in de huidige situatie. De kwaliteit wordt ook beter, door de passage door het helofytenveld en de langere verblijftijden.
- Inlaat Woeste Hoeve ter hoogte van Elshoutweg: Aan de oostkant van het gebied wordt een nieuwe inlaat aangebracht om voldoende water aan te voeren voor de omliggende landbouw rondom het gebied. De bestaande kunstwerken (stuwen en duikers) langs deze watergang zijn onderzocht. Waar nodig worden nieuwe stuwen en duikers aangebracht zodat er niet te veel opstuwing ontstaat én de landbouw- en natuurfunctie gescheiden wateraanvoer krijgen.
- De inlaat in het noordwesten (Windgat): deze bestaande inlaat blijft behouden voor het natuurgebied, omdat peilgebied Zes Bunder West ervan afhankelijk is. De sifon wordt afsluitbaar gemaakt zodat er geen permanente wateraanvoer is.

4.3.3.2 Hydrologische mitigatiemaatregelen

De vervangende inlaat en aanvoerroute voor het landbouwgebied is te beschouwen als een mitigatiemaatregel. Deze is hierboven al beschreven.

4.3.3.3 Overige maatregelen

Naast de waterhuishoudkundige maatregelen, maken de volgende maatregelen onderdeel uit van het plan.

Natuurvriendelijke oever

In de hoofdwatgangen wordt een traject met natuurvriendelijke oevers aangelegd ter verbetering van de waterkwaliteit en het ecologisch functioneren. Het verflauwde talud biedt een geleidelijke overgang van het natte naar het droge gedeelte van de oever. Hierdoor ontstaan de gewenste standplaatscondities voor diverse vegetaties. Op hun beurt zorgen die weer voor de juiste habitat van diverse vis en fauna. Tezamen draagt dit bij aan de verbetering van ecologische en biologische processen.

Aanplant bos

In het zuiden van het gebied wordt nieuw bos geplant. Het gaat om drie verschillende typen bos, met indicatief het oppervlak:

- 120.000 m² aan rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01).
- 41.000 m² aan hoog- en laagveenbos (N14.02).
- 21.000 m² aan haagbeuken / essenbos (N14.03)

Aanleg petgaten

Om het cultuurhistorische slagenlandschap te versterken worden er op 4 plekken petgat-complexen aangelegd. Dit patroon is ingegeven om de petgat-complexen efficiënt te kunnen beheren. De ontwikkeling van trilveen is de meest kritische van alle natuurtypen, omdat tot het maaiveld uittredend (kwel)water nodig is. In de zomer zakt het waterpeil te ver uit hiervoor, vandaar de mogelijkheid om bij langdurig droge periodes water in te laten vanuit de Leursche Haven via het aan te leggen helofytenveld. Daarnaast is de bodemsamenstelling op de 4 locaties onderzocht. Op basis van beide factoren is besloten de petgaten niet als een traditioneel petgat (verticale wanden) uit te graven maar als een slenk met flauwe oevers. Er ontstaat zo een zonering van een kleibodem, veenbodem en openwater. De invloed van de kleilaag wordt hiermee beperkt.

Recreatiefunctie van Kelsdonk / Zwermlaken

Na de herinrichting kunnen recreanten door middel van de uitbreiding van het Laarzenpad de flora en fauna en het landschap beleven. De bestaande wegen blijven behouden waardoor het gebied recreatief beleefd kan worden. Om deze recreatieve functie te versterken worden de volgende maatregelen uitgevoerd:

- Uitbreiding bestaande Laarzenpad.
- Om eventuele overlast te voorkomen, worden de mogelijkheid en het nut van een tractorsluis in het Westpolderpad bekeken, zodat auto's het gebied niet in kunnen.
- Om het parkeren door recreanten beter te sturen, wordt gezien om bij het Windgat op een passendere plaats en wijze parkeren mogelijk te maken.

Bufferzone onder hoogspanningsmast Tennet

Aan de zuidkant van het plangebied loopt een hoogspanningskabel van Tennet. Na overleg met Tennet is besloten om in de 'belemmerende strook' onder de hoogspanningskabels ongeveer 16.000 m² aan (laaggroeiende) struikbeplanting aan te planten. Deze bufferzone voldoet aan de eisen van Tennet.

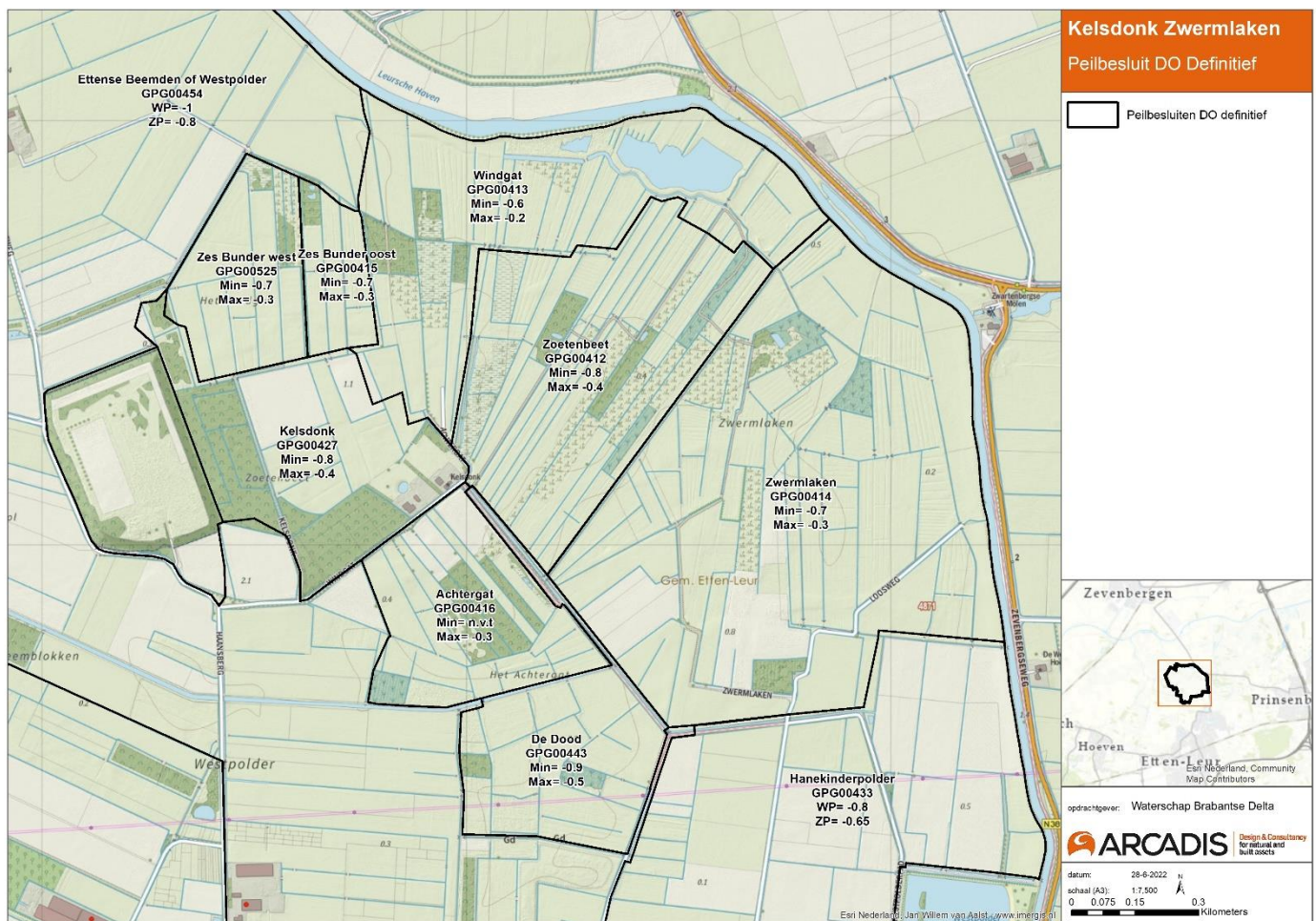
4.4 Nieuwe peilgebieden en drooglegging

De onderstaande tabel 4.2 "Overzicht per peilgebied" geeft het nieuwe voorgestelde peil weer.

Omdat in het verleden andere peilen, peilgebieden en peiltypen golden, zijn deze ook in de tabel opgenomen. Daar waar een peilgebied is gesplitst of samengevoegd, is dit ook aangegeven. Hiermee is een snelle vergelijking tussen de formele situatie, de praktijksituatie en de voorgestelde situatie mogelijk.

De wijzigingen betreffen zowel de begrenzing van peilgebieden als te hanteren peilen en peiltypen.

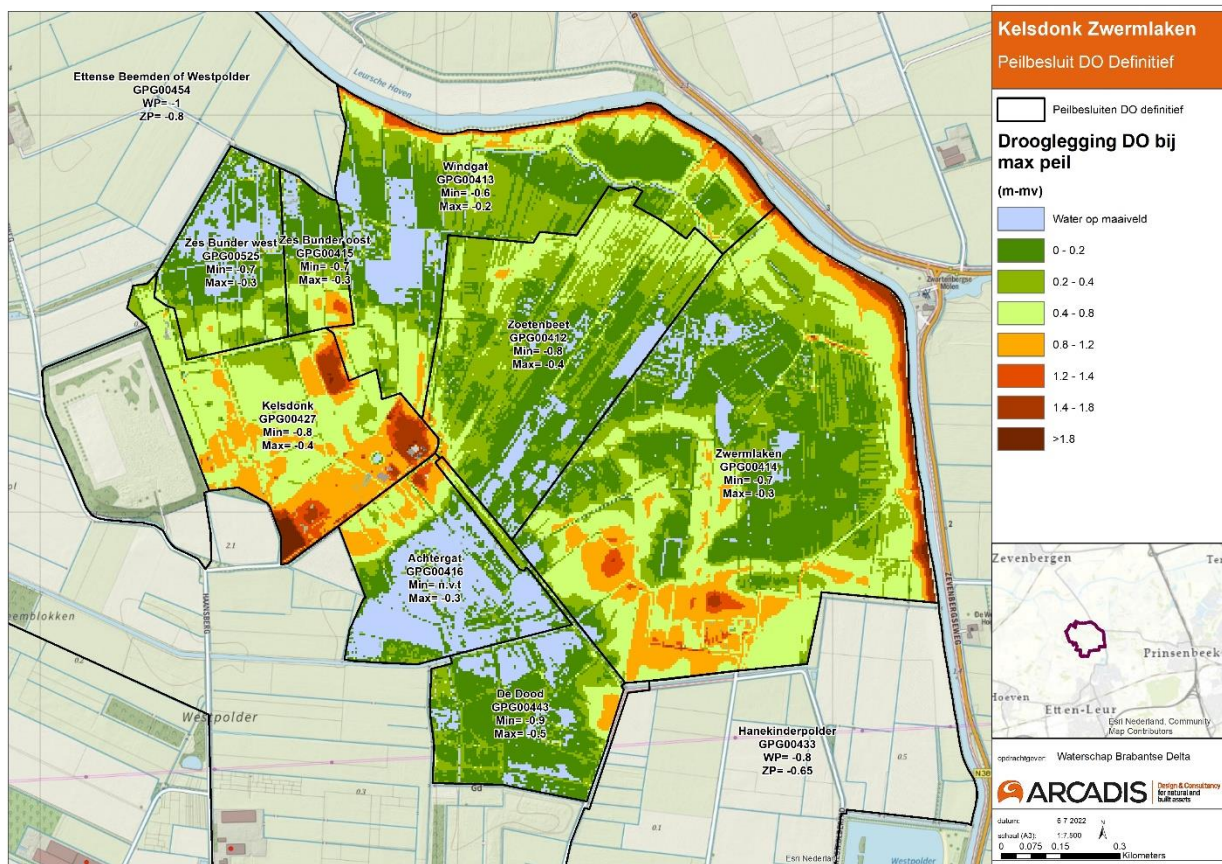
Voor wat betreft de peilen voor de vigerende natuurpeilgebieden wordt een 10 cm hoger hoogste peil en een 10 cm lager laagste peil vastgesteld. Het streven blijft daarmee gelijk: er wordt met de ruimere marge tussen het minimum en maximum peil iets meer ruimte gegeven aan én seizoensfluctuaties én het verval dat over een peilgebied optreedt bij af- en aanvoer. Voor de vigerende landbouwpeilgebieden (binnen het plangebied) wordt het peil verder verhoogd, om aan de natuurdoelstellingen te voldoen.



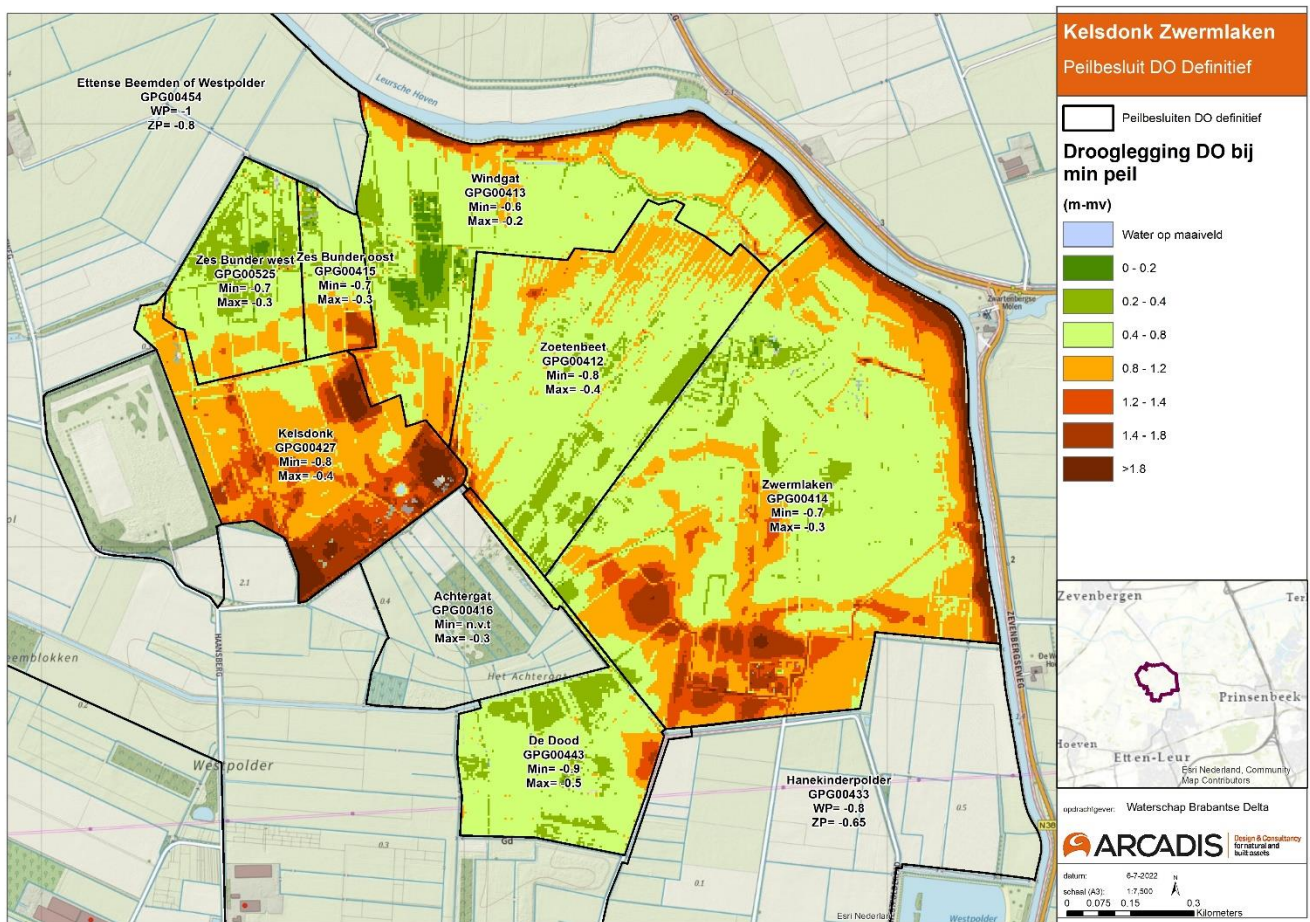
Figuur 4-21 Nieuwe peilgebieden en peilen

Tabel 42 Overzicht bestaande en nieuwe peilgebieden

Codering		NAAM	Type huidig	Vigerend peil huidig		Codering nieuw	NAAM nieuw	Type Nieuw	Nieuw peil		Marge
Oud	Huidig			Min	Max				Min	Max	Dynamisch
MW4	GPG00415	Zes Bunder	Flexibel	-0.6	-0.4	GPG00525	Zes Bunder west	Flexibel	-0.7	-0.3	0.3
						GPG00415	Zes Bunder oost	Flexibel	-0.7	-0.3	0.3
MW5	GPG00427	Kelsdonk	WP ZP	-1	-0.8	GPG00427	Kelsdonk	Flexibel	-0.8	-0.4	0.3
MW6	GPG00413	Windgat	Flexibel	-0.5	-0.3	GPG00413	Windgat	Flexibel	-0.6	-0.2	0.3
MW7	GPG00412	Zoetenbeet	Flexibel	-0.7	-0.5	GPG00412	Zoetenbeet	Flexibel	-0.8	-0.4	0.3
MW8a	GPG00414	Zwermlaken	Flexibel	-0.6	-0.4	GPG00414	Zwermlaken	Flexibel	-0.7	-0.3	0.3
MW8b	GPG00425	Zwermlaken	Flexibel	-0.6	-0.4						
MW8c	GPG00434	Zwermlaken	WP ZP	-0.8	-0.65						
MW10	GPG00416	Achtergat	Flexibel	-0.6	-0.4	GPG00416	Achtergat	Natuurlijk	n.v.t	-0.3	0.3
MW9a	GPG00443	De Dood	Flexibel	-0.8	-0.6	GPG00443	De Dood	Flexibel	-0.9	-0.5	0.3
MW9b	GPG00444	De Dood	WP ZP	-1	-0.8						
MW11	GPG043 3	Hanekinderpolder	WP ZP	-0.8	-0.65	GPG0433	Hanekinderpolder	WP ZP	-0.8	-0.65	0.3
MW3	GPG045 4	Ettense Beemden of Westpolder	WP ZP	-1	-0.8	GPG0454	Ettense Beemden of Westpolder	WP ZP	-1	-0.8	0.3



Figuur 4-22. Drooglegging bij het nieuwe max-/winterpeil in het plangebied.



Figuur 4-23. Drooglegging bij het nieuwe min-/zomerpeil in het plangebied. Voor peilgebied Achtergat is geen drooglegging berekend aangezien hier geen min peil is vastgesteld.

5 EFFECTEN

5.1 Effecten op hoofdlijnen

Centraal staat de aanwijzing van Kelsdonk Zwermakken tot natte natuurparel, en de daarbij behorende natuurdoeltypen conform het provinciale natuurbeleid. Tegelijkertijd ligt er de opgave voor de EVZ en de KRW.

De huidige situatie is getoetst aan deze doelstellingen. Daaruit is gebleken dat de bestaande waterhuishouding niet voldoet om deze doelstellingen te realiseren. In de eerste plaats zijn de grondwaterstanden plaatselijk te laag, en zakken deze in de zomer te ver uit. In de tweede plaats wordt er water ingelaten vanuit de Leursche Haven, niet alleen voor het natuurgebied maar ook voor omliggende landbouwgebieden. De kwaliteit van dit water is niet optimaal voor de natuuropgaven. Door de inlaat te beperken tot het natuurgebied zelf, wordt de hoeveelheid in het natuurgebied in te laten water verkleind. Ter compensatie is een nieuwe inlaat voor het omliggende gebied in het plan opgenomen.

Het bestaande grondgebruik (naast natuur) binnen en om het plangebied is meegenomen in de afweging. Binnen het plangebied liggen woningen. Deze liggen hoog en ervaren geen negatieve effecten. Ook liggen er enkele particuliere landbouwpercelen in het plangebied. Deze kunnen negatieve effecten ondervinden van dit peilenplan. Op grond van de gebiedsbrede aanwijzing tot natte natuurparel, en het uitgangspunt dat maatschappelijk belang boven individueel belang gaat, is ervoor gekozen om deze percelen te verwerven dan wel te komen tot een compensatie.

5.1.1 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 uitzakt 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.
- **Opgave:** het beperken van peilafwijkingen, zoals op- en onderbemalingen.
 - **Toetsing:** dit is hier vooralsnog niet aan de orde, mogelijk komt dit naar voren als mitigatie bij de inliggende landbouwpercelen
- **Opgave:** het te ver uitzakken van het grondwater beperken.
 - **Toetsing:** dit kan worden voorkomen door water in te laten. De terreineigenaar heeft dit zelf in de hand.
- **Opgave:** waterberging behouden en versterken.
 - **Toetsing:** het plangebied richt zich op het vasthouden van water. Ten opzichte van de huidige situatie zal het gebied meer water vasthouden.
- **Opgave:** de bodemdaling beperken (en de CO₂ uitstoot), een peil van 20cm onder mv of hoger is gewenst.
 - **Toetsing:** het nieuwe streefpeil van -0,30m NAP 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 zal flexibel zijn, niet strak gestuurd maar gericht op het vasthouden van water en pas water in te laten als het grondwater te ver dreigt uit te zakken.

5.2 Hydrologische effecten

5.2.1 Effecten op oppervlaktewater (NBW)

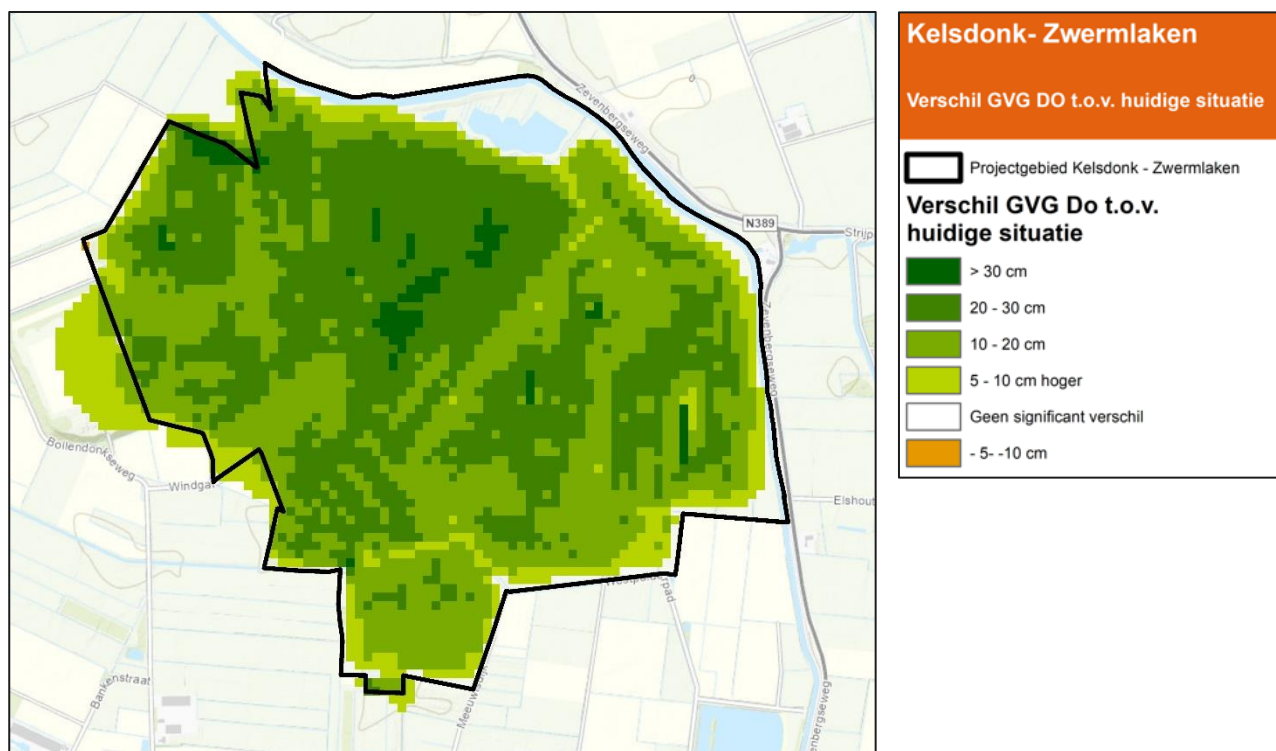
Als gevolg van de maatregelen wordt de waterhuishouding van het plangebied (de natte natuurparel) gescheiden van die van de omgeving. De nieuwe inlaat voor landbouw maakt het mogelijk om geen doorvoer door het natuurgebied heen te moeten laten plaatsvinden. De terreinbeheerder kan nu zelf het gewenste waterbeheer uitvoeren binnen de natte natuurparel.

In het gebied worden inundaties berekend, wat voor natuurgebieden niet als een knelpunt wordt beschouwd. Afspraken over de afwatering van het gebied / het stuwbeheer worden vastgelegd in het peilbeheerplan.

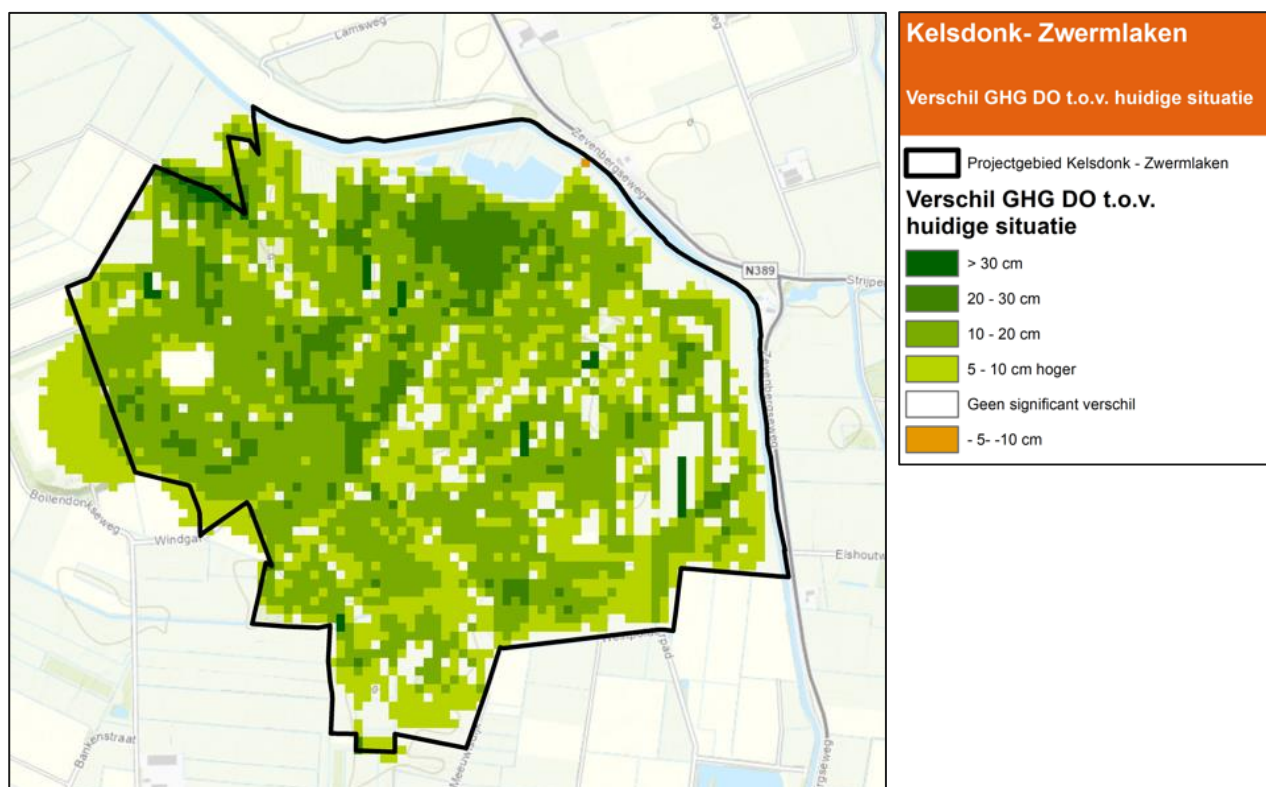
De verruiming van de waterlopen aan de zuidzijde (voor wateraanvoer) dragen positief bij aan het verkleinen van de knelpunten (toetsing Nationaal Bestuursakkoord Water) daar.

5.2.2 Effecten op grondwater

De peilaanpassingen en de lokale maaiveldverlagingen resulteren in veranderingen in de grondwaterstanden. Onderstaande figuren 5-24 en 5-25 tonen de verandering t.o.v. de huidige situatie. De berekeningen geven aan dat de significante effecten op het grondwater bijna geheel beperkt zijn tot binnen het plangebied. Doorgerekend is een peil van -0,30/-0,60 voor het hele plangebied. De nu voorgestelde peilen liggen lager, waarmee deze resultaten als een worst case zijn te beschouwen.



Figuur 5-24. Verandering GVG na inrichtingsmaatregelen.



Figuur 5-25. Verandering GHG na inrichtingsmaatregelen.

5.3 Effecten op ruimtegebruik

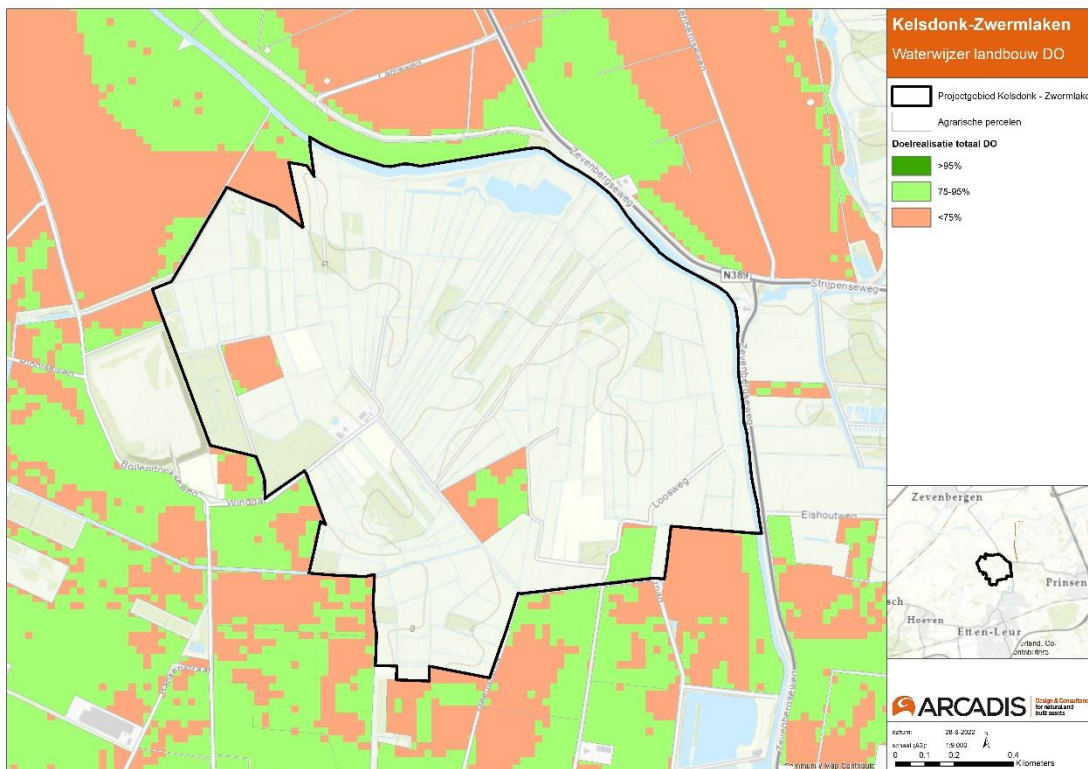
5.3.1 Toetsing aan landbouw

In de huidige situatie is er landbouwkundig gebruik van gronden, vooral buiten het plangebied, maar ook enkele percelen binnen het plangebied. Deze zijn alle getoetst, maar op grond van de doelstelling natte natuur te ontwikkelen, is het uitgangspunt dat de inliggende percelen zullen worden verworven of anderszins gecompenseerd

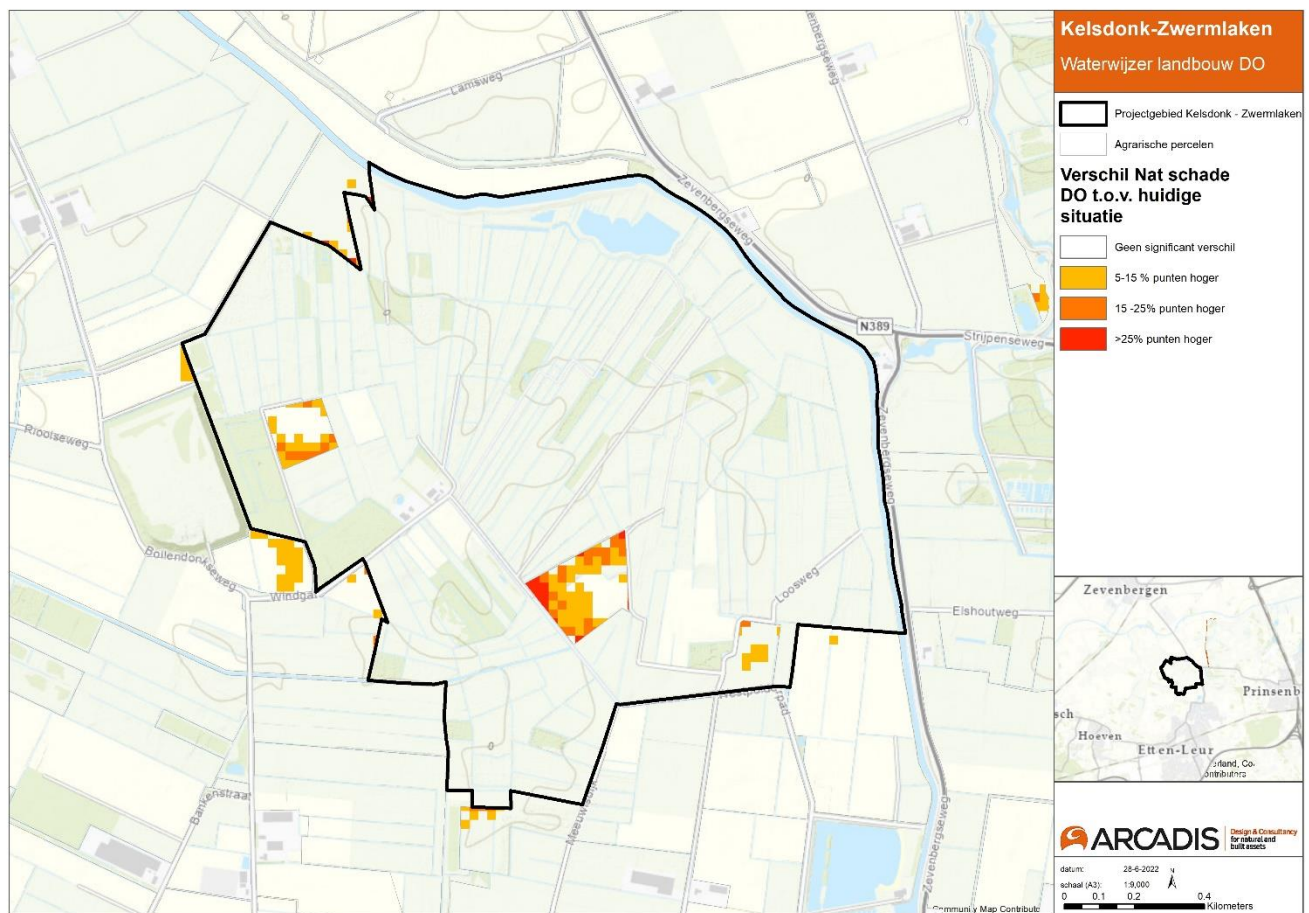
Met behulp van de Waterwijzer Landbouw is het effect op landbouw bepaald, zie figuren hieronder. Omdat de maatregelen vaak een peilverhoging inhouden, is vooral naar de effecten op natschade gekeken.

Het eerste figuur toont de doelrealisatie in de nieuwe situatie. Deze komt grotendeels overeen met de bestaande.

Het daaropvolgende figuur (5-27) toont de verandering in natschade door de voorgenen maatregelen. Buiten het plangebied is er nauwelijks effect op het landbouwkundig gebruik. Binnen het plangebied liggen nog drie deelgebieden die in agrarisch gebruik zijn. De voorgenen maatregelen leiden voor twee percelen tot een toename van de natschade, en een vermindering van de droogteschade.



Figuur 5-26. Doelrealisatie Landbouw , totaalschade (verwacht toekomstig).



Figuur 5-27. Verandering natschade t.o.v. huidige situatie binnen het plangebied.

5.3.2 Toetsing wegen, bebouwing en K&L

Bij de woningen aan het Windgat zien we een kleine verhoging van de GHG. Deze woningen liggen hoog en ervaren geen negatieve effecten.

Voor de wegen (Windgat, Achtergat, Loosweg) zien we geen relevante wijzigingen. De drooglegging blijft voldoende. Hetzelfde geldt voor kabels en leidingen.

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

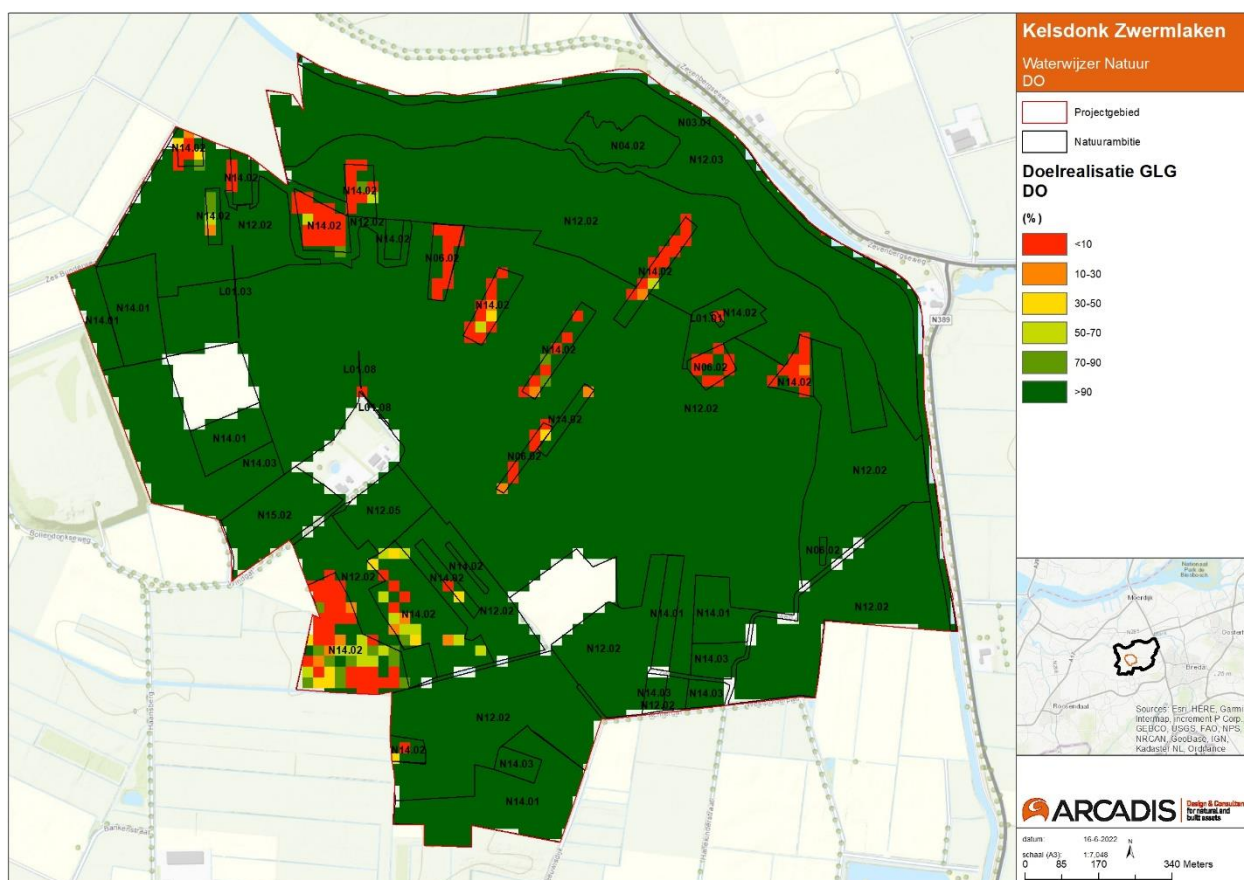
5.3.3 Toetsing aan natuur(ambities)

Het verbeteren van de omstandigheden voor natuur vormt de aanleiding voor dit plan. De hierboven beschreven effecten op grondwater en waterhuishouding werken inderdaad positief door op de bestaande en nieuwe natuur.

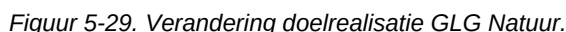
Met behulp van de Waterwijzer Natuur is het effect op de (bestaande en nieuwe) natuur bepaald. Hiervoor is de (voorstel-)natuurambitiekaart uit 2022 gebruikt, in combinatie met de maatregelen uit het nieuwe ontwerp, die met het grondwatermodel zijn doorgerkend.

De onderstaande figuren tonen de doelrealisatie voor het aspect GLG en de verandering daarin t.o.v. de huidige situatie. Hieruit blijkt dat de maatregelen leiden tot een verbetering.

Voor het aspect GVG geldt het volgende. De toetsing van de natuurambitie geeft een gemengd beeld voor dit aspect. De gebieden met kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) laten soms een kleine verslechtering zien. Dit is een indicatie dat er andere, waardevollere, graslanden kunnen ontstaan in het gebied.



Figuur 5-28. Doelrealisatie Natuur (GLG) bij (voorlopig) ontwerp



Naast de effecten op terrestrische natuur, zoals beschreven in 5.3.3., zijn er mogelijk ook effecten op waterkwaliteit en aquatische natuurwaarden. Voor wat betreft deze overige ecologische doelstellingen geldt het volgende:

- De inlaat van gebiedsvreemd water zo mogelijk te beperken en de kwaliteit ervan te verbeteren.
- Inlaat blijft nodig om te ver uitzakken te voorkomen, echter wordt de hoeveelheid die door het gebied gaat beperkt door de scheiding van aanvoer voor landbouw. De kwaliteit van het ingelaten water wordt verbeterd door een passage door een helofytenveld en de natuurvriendelijke oever langs de hoofdwatgangen.
- De kwel te versterken en te benutten.
 - 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 peilbeheer zal flexibel zijn of natuurlijk, niet strak gestuurd maar gericht op het vasthouden van water en pas water in te laten als het grondwater te ver dreigt uit te zakken.
 - In de winter zijn er hoge peilen, in de zomer wat lager.
- Voldoende gevarieerde waterdiepte te bieden voor de grote modderkruiper, met een dikke modderlaag en plantengroei, en de watgangen geschikt te houden als voortplantingswater voor andere amfibieën.
 - Het ontwerp houdt hier rekening mee.
- Exoten te bestrijden en te voorkomen.
 - Dit vindt zijn plek in het beheer- en onderhoud(splan).

5.3.5 Overige effecten

5.3.5.1 Voormalige vuilstortplaatsen

Ten zuidwesten van het plangebied liggen 4 voormalige vuilstortplaatsen (Bollendonk, Windgat, Haansberg en Meeuwisdijk). Enkele ervan grenzen direct aan het plangebied. De doorgerekende peilaanpassingen in het plangebied hebben hier enig, maar zeer beperkt effect op de grondwaterstanden. In de praktijk nog minder, omdat juist in de aangrenzende peilgebieden de voorgestelde peilen lager zijn dan waarmee is gerekend (worst case)

5.3.5.2 Effecten op archeologische waarden

Vernatting is in het algemeen positief voor behoud van archeologische waarden. Bij de voorgenomen graafwerkzaamheden, zoals voor de petgaten, is rekening gehouden met de archeologische verwachtingswaarde.

5.3.5.3 Effecten op bodemdaling

De voorgestelde peilen liggen hoger of gelijk aan de bestaande. Dit draagt positief bij aan het beperken van bodemdaling, en beperkt ook het vrijkomen van broeikasgassen.

RAPPORT

Achtergrondrapportage grondwatermodelstudie Noordrand Midden West

Grondwaterberekeningen Zwartenbergse Polder,
Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen en de Berk

Klant: Arcadis

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

Status: S0/P01.01

Datum: 17 december 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Amerikalaan 110
6199 AE Maastricht Airport
Industry & Buildings
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:
Referentie: BH8803-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0004
Status: P01.01/S0
Datum: 17 december 2021
Projectnaam: Noordrand Midden West
Projectnummer: BH8803
Auteur(s): Eline Steinbusch

Opgesteld door: Eline Steinbusch, Mark van Dienteren

Gecontroleerd door: Wouter Swierstra

Datum:

Goedgekeurd door: Marc van den Heuvel

Datum:

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 persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

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
6	Kalibratie	24
6.1	Kalibratie Aanpassingen	24
6.1.1	Deklaagweerstand	24
6.1.2	Insnijding B- en C- watergangen	26
6.1.3	Infiltratie watergangen	26
6.1.4	Oppervlakte waterpeilen (peilgebieden)	27
6.1.5	Buisdrainage	29
6.1.6	Maaiveld	31
6.2	Kalibratieresultaat	32
6.2.1	Prestatie model formatie van Bortel	33
6.2.2	Prestatie model freatisch	36
6.2.3	Resultaat GxG gekalibreerd model	37

7	Autonome aanpassingen	40
7.1	Afgravingen in het gebied	40
7.2	Aanpassing zomer/winterpeil gebied	41
7.3	Opnemen plassen Weimeren in topsysteem	41
7.4	Opnemen overige plassen in topsysteem	41
8	Zwartenbergse Polder	43
8.1	Maaiveldaanpassing	43
8.2	Aanpassing oppervlaktewaterpeilen	43
8.3	Infiltratie watergangen	44
8.4	Deklaagweerstand	45
8.5	Resultaat	46
9	Kelsdonk/Zwermlaken	51
9.1	Infiltratie watergangen uit	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.2	Uitgraven van petgaten	52
9.3	Verandering winter- en zomerpeil	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9.4	Resultaat	54
10	Strippen en de Berk	59
10.1	Maatregelen	59
10.2	Resultaat	59
11	Literatuur	60

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:

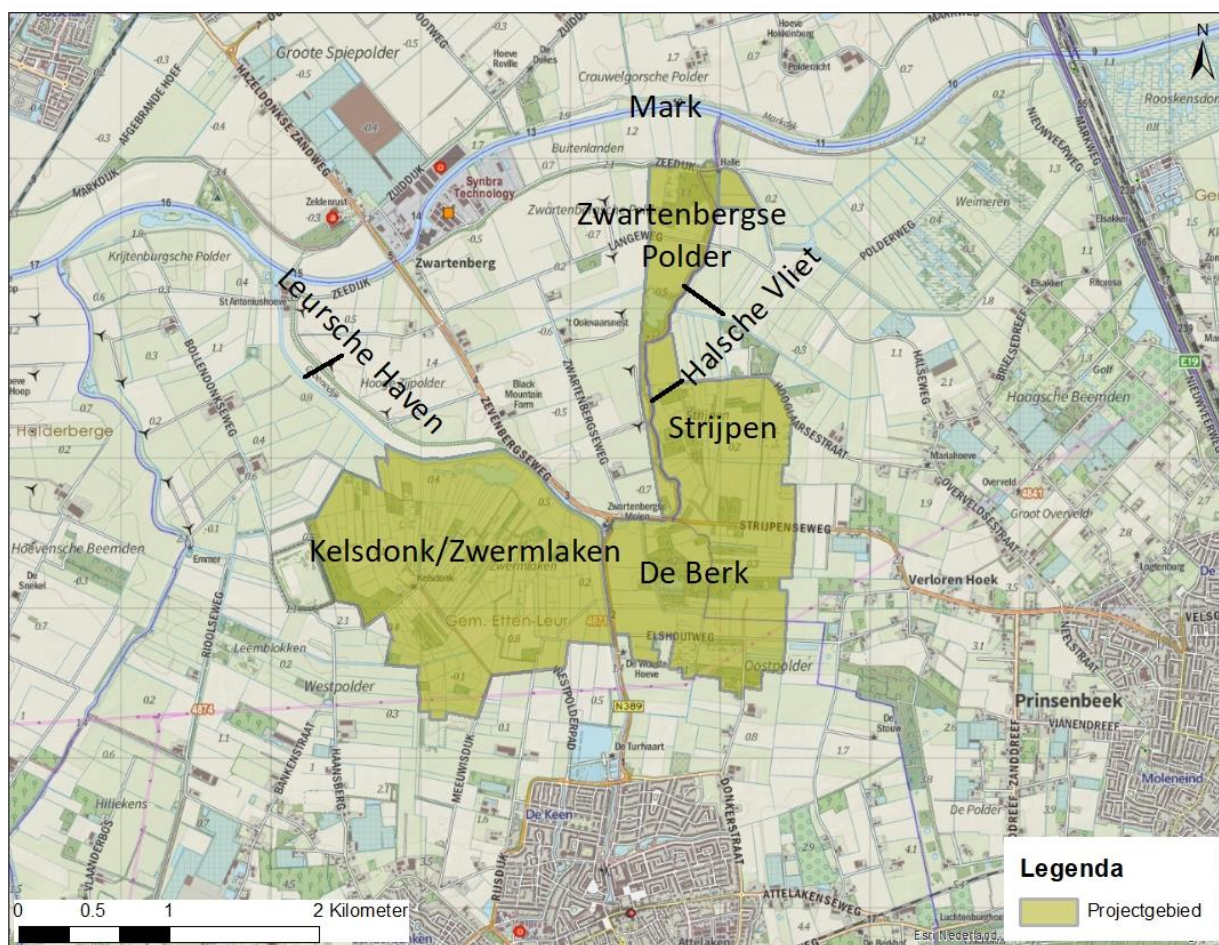
- de beschrijving van het grondwaterwatermodel (uitgangspunten, modelopzet, kalibratie).
- de uitgevoerde scenario berekeningen voor de hydrologische maatregelen in de drie gebieden (zie Figuur 0-1):
 - Zwartenbergse Polder.
 - Kelsdonk-Zwermlaken.
 - Strijpen en De Berk.
- de uitkomsten van de geohydrologische 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.

De huidige versie van het document (25 mei 2021) beschrijft het geohydrologische model, de kalibratie en de stationaire en niet-stationaire modelberekeningen uitgevoerd voor Zwartenbergse Polder. De berekeningen voor Kelsdonk/Zwermlaken en voor Strijpen en De Berk worden in de loop van 2021 uitgevoerd.

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 de gebieden Zwartenbergse Polder, “Kelsdonk/Zwermlaken” en “Strijpen en de Berk” besproken.



Figuur 0-1: Projectgebied met de deelgebieden Kelsdonk-Zwermlaken, Strijpen en De Berk en Zwartenbergse polder.

Uitgangspunten Modelbouw: Basismodel NRM-W

2.1 Inleiding

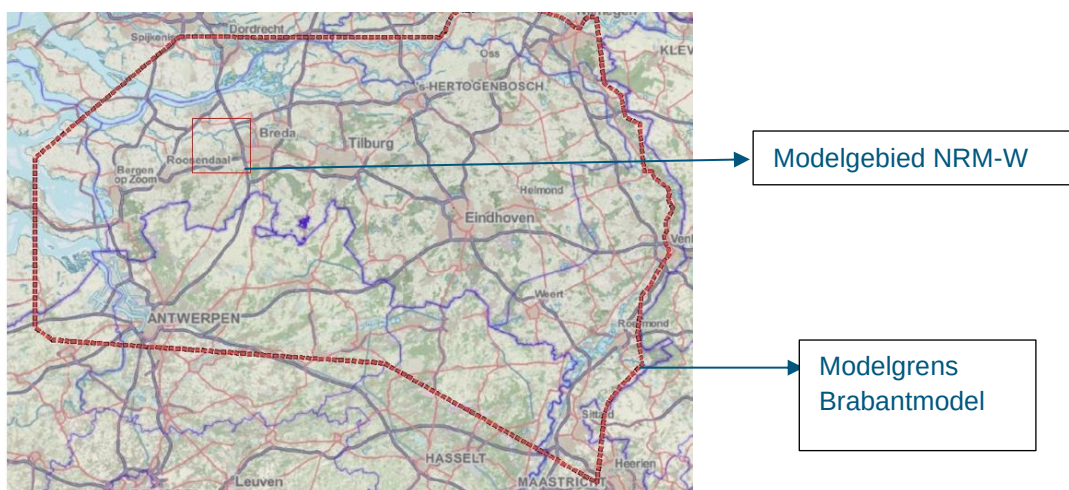
Voor de grondwatermodellering is een grondwatermodel opgezet in Triwaco en doorgerekend met Modflow 6. Het grondwatermodel is gebaseerd op het Brabantmodel, dat in 2018 is geupdate (Royal HaskoningDHV, 2019).

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 hoofdstuk 0).

2.2 Modelrand

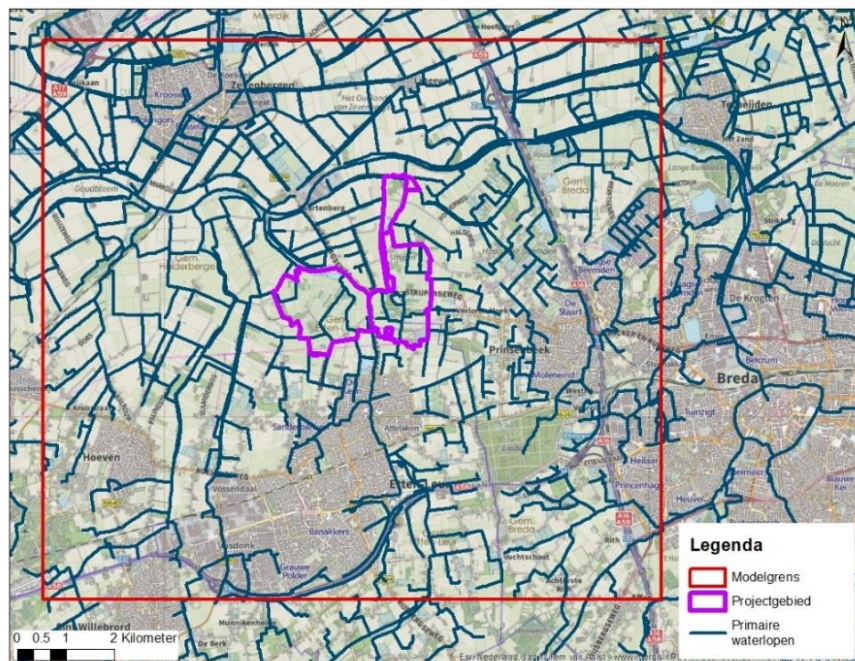
In Figuur 0-1 is de modelgrens van het Brabantmodel weergegeven met daarin de ligging van het modelgebied van het grondwatermodel van Noordrandmidden West (model NRM-W).



Figuur 0-1: positie model NRM-W binnen het Brabant model.

De modelranden liggen ruim om het projectgebied van Zwartenbergse Polder, Strijpen en De Berk en Kelsdonk/Zwermlaken. De coördinaten van de modelranden (zie Figuur 0-2) zijn:

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



Figuur 0-2: 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 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 Brabantmodel. Voor het Brabantmodel-instrumentarium is een neerslag en verdampingsreeks beschikbaar voor de periode 1970 t/m 2016. Het Brabantmodel 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 0-1 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).

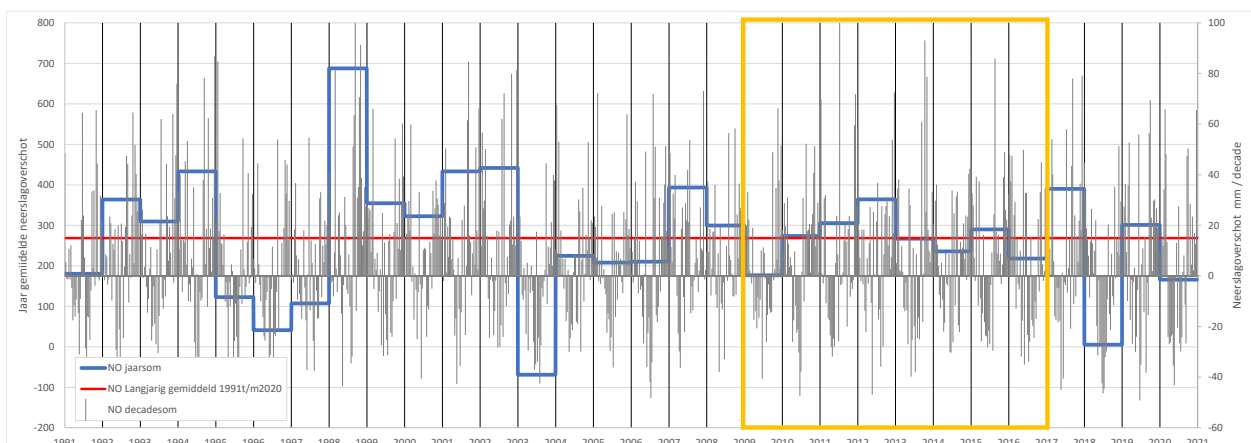
In Figuur 0-3 is de per jaar en per decade het neerslagoverschot weergegeven over de periode 1991 t/m 2020. De periode 2009 t/m 2016 is in deze grafiek geel gemarkeerd.

Tabel 0-1: 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

grondwateraanvulling over de periode 2009 t/m 2016. Tijdsafhankelijk wordt het model doorgerekend van 2007 t/m 2016, waarbij 2007 en 2008 inspeeljaren 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 0-3: 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.

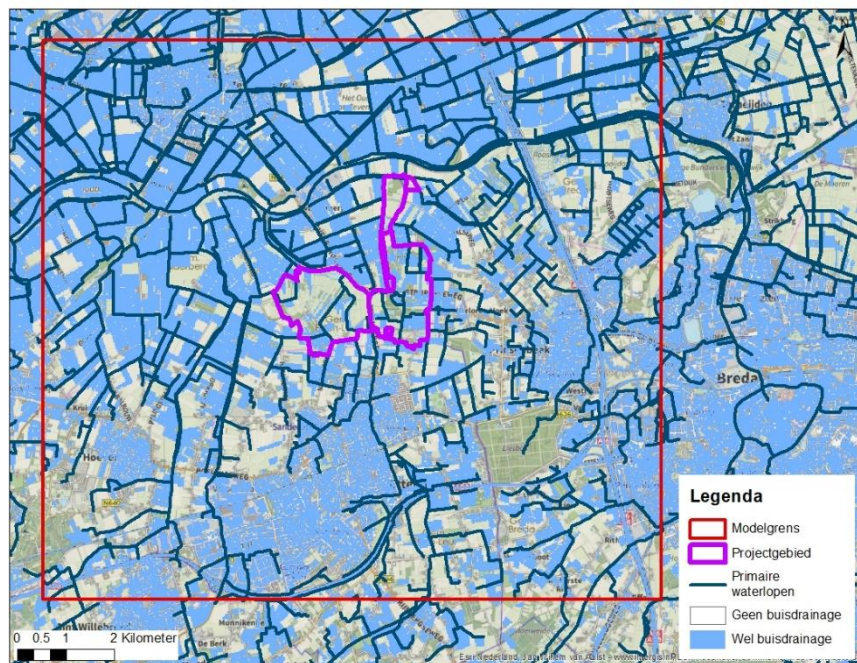
2.6 Begintoestand

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

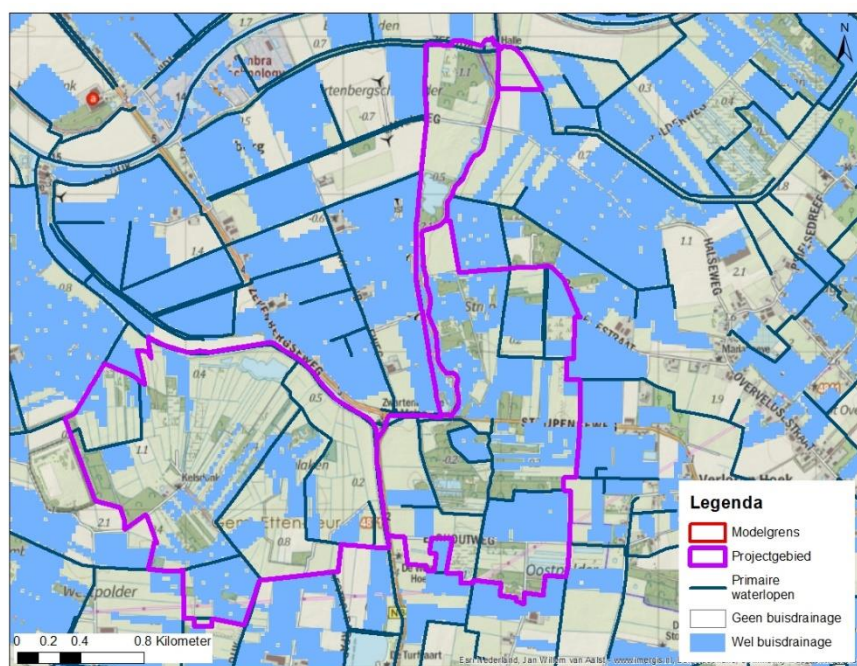
2.7 Buisdrainage

Buisdrainage in het basismodel overgenomen uit het Brabantmodel. In het Brabantmodel zijn de percelen met buisdrainage, de drainagediepte en drainageweerstand overgenomen uit de Alterra (tegenwoordig WUR) studie van Massop en Schuiling (Massop en Schuiling, 2016 en 2017). Figuur 0-4 en Figuur 0-5 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 6.1.5).



Figuur 0-4 Percelen met drainage



Figuur 0-5 Percelen met drainage in het projectgebied.

2.8 Waterlopen

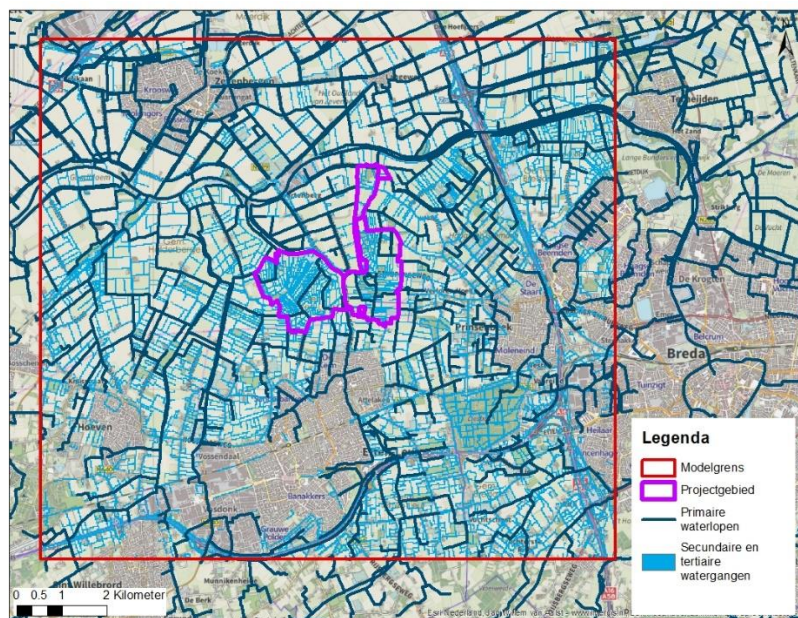
De primaire waterlopen (A-watgangen) in het grondwatermodel NRM-W zijn in Figuur 0-6 en Figuur 0-7 zichtbaar als donkerblauwe lijnen. Van deze watergangen is veel informatie, zoals profielen en

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.

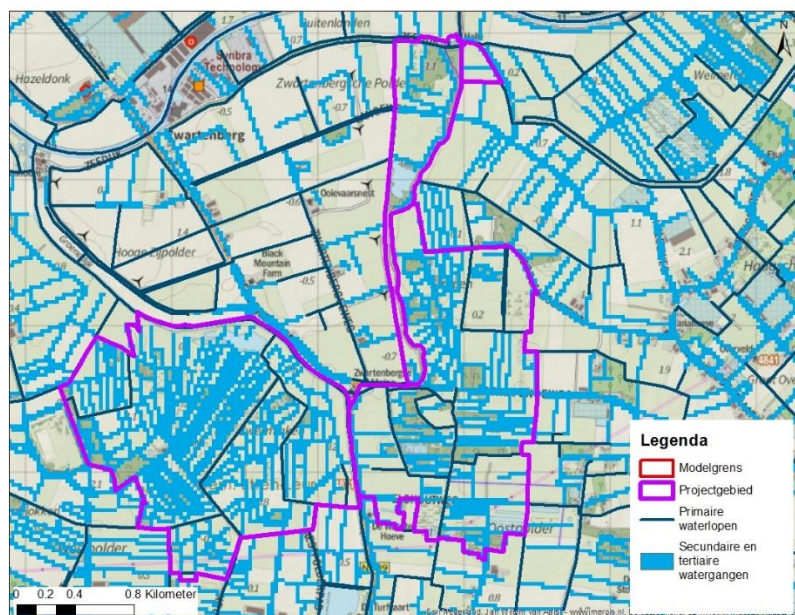
De peilen van zowel de primaire als secundaire en tertiaire watergangen in het basismodel zijn gebaseerd op de peilgebieden die verwerkt zijn in het Brabantmodel. De peilenkaart is in voorliggend project tijdens de kalibratie geupdate (zie paragraaf 6.1.4). Voor de stationaire berekeningen wordt gerekend 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 Sobekberekeningen (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 Brabantmodel. Voor meer informatie over het AHN-filter zie het Brabantmodel 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 0-6 en Figuur 0-7 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.



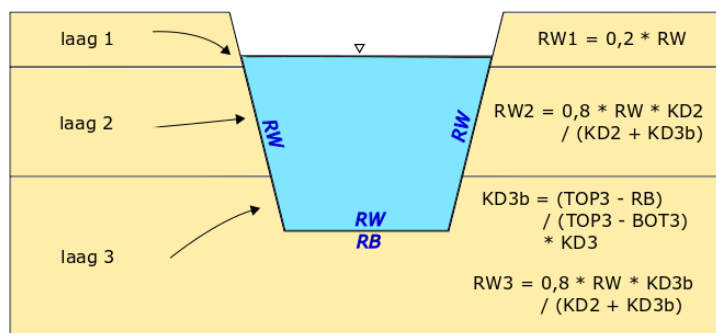
Figuur 0-6 Primaire, secundaire en tertiaire waterlopen in het modelgebied



Figuur 0-7 Primaire, secundaire en tertiaire waterlopen in het natte natuurgebied

2.8.1 Insnijding waterlopen

De primaire waterlopen (A-watgangen) 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.



Figuur 0-8: Formules insnijdingsconcept (RW = natte omtrek, RB = bodemniveau, KD = watervoerendheid)

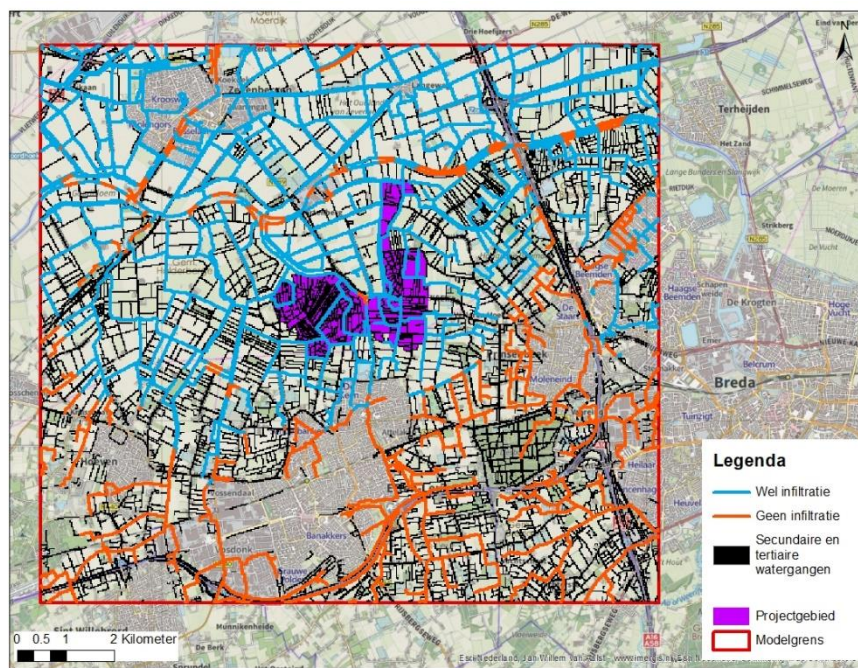
In voorliggende studie is in de kalibratiefase ook een inschatting gemaakt voor de insnijding van B- en C-watgangen. Het gaat dan om het insnijden van watgangen tot in diepere modellagen dan modellaag 1 (zie paragraaf 6.1.2).

2.8.2 Infiltrerende watgangen

Niet alle watgangen in het model kunnen infiltreren. In gebieden waar peilen nagestreefd worden, kan het grootste deel van de primaire watgangen infiltreren. Figuur 0-9 geeft weer om welke watgangen in het oorspronkelijke Brabant model dit gaat. De infiltratieweerstand van watgangen is groter dan de drainageweerstand. Daarom is als infiltratieweerstand twee keer de drainageweerstand aangenomen.

Secundaire en tertiaire watgangen infiltreren in het regionale Brabant model niet. Binnen voorliggende studie is dit in de kalibratiefase aangepast voor het grondwatermodel NRM-W (zie paragraaf 6.1.3).

Figuur 0-9 toont dat rondom en in het projectgebied een aantal primaire watergangen reeds in het basismodel kunnen infiltreren.



Figuur 0-9 Infiltrerende watergangen in het basismodelgebied. In kalibratie aangepast (zie paragraaf 6.1.3).

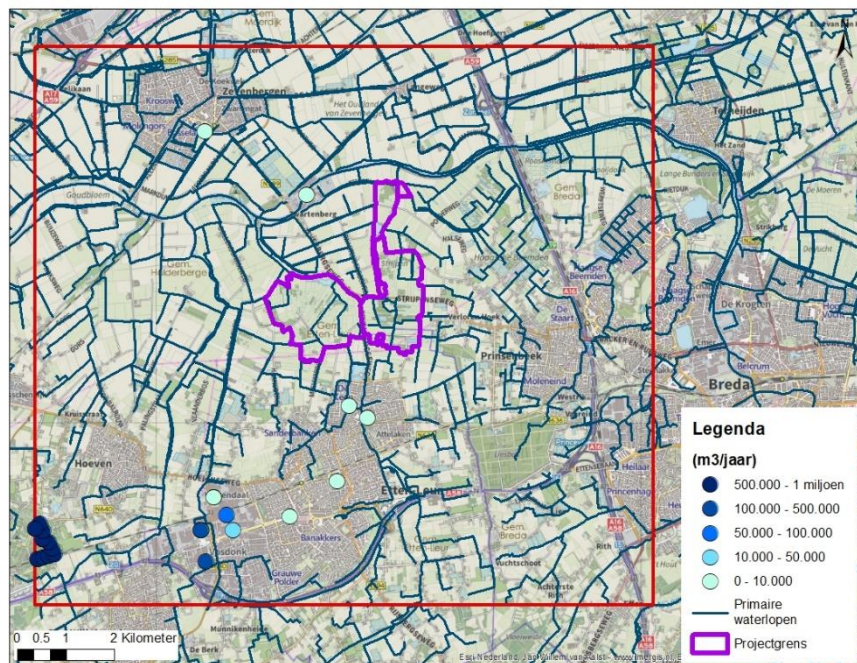
2.9 Onttrekkingen

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 verspreidt 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 0-10)

De onttrekkingshoeveelheden zijn gelijk aan de onttrekkingshoeveelheden in het Brabantmodel. De randstijghoogten worden ook overgenomen uit het Brabantmodel. 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 0-10.



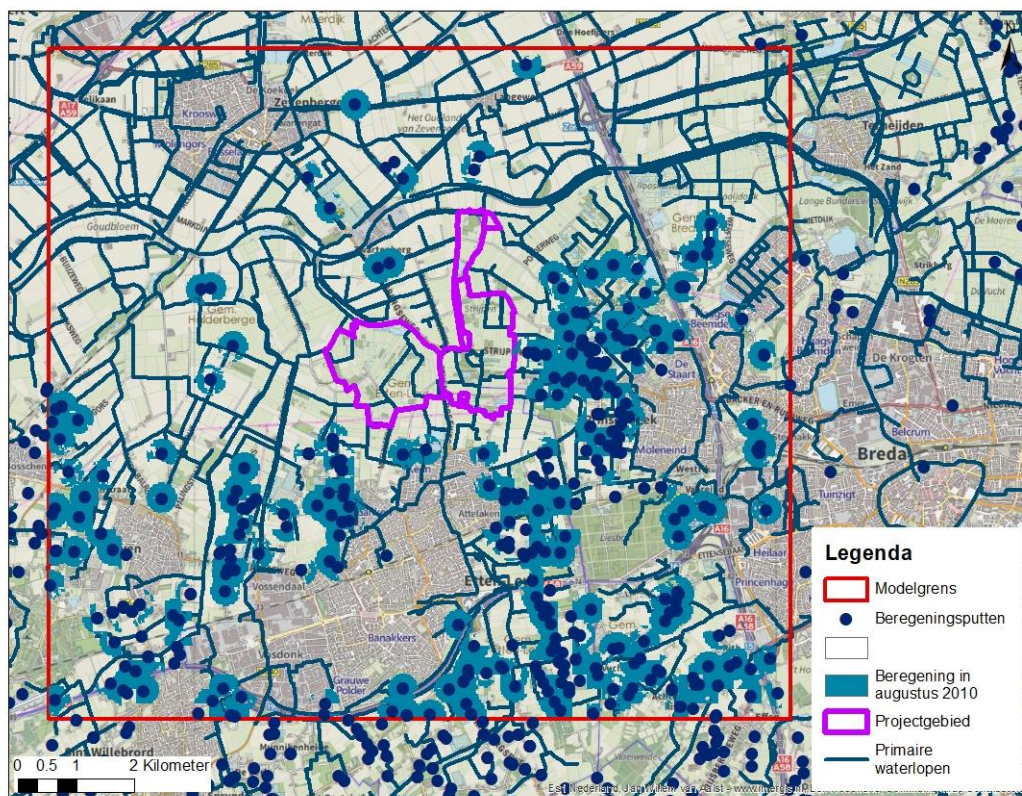
Figuur 0-10: Onttrekkingen in het model NRM-W

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. Beregening 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 beregening aangenomen.

Beregening 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 beregening 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 beregening. Bij overlap wordt er niet dubbel geteld.

Figuur 0-11 geeft als voorbeeld voor een dag in augustus weer waar de beregeningsputten in het model liggen en vanuit welke putten op die dag beregening 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 beregening plaatsvindt, vooral aan de oostkant van het gebied.



Figuur 0-11 Beregeningsputten en beregende oppervlakte rondom de beregeningsputten in augustus 2010

Geohydrologische laagopbouw Model NRM-W

De laagopbouw van het basismodel is afkomstig uit het Brabantmodel en gebaseerd op REGIS II v2.2. De weerstand van het holocene 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 Brabantmodel 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 0-1. In de kolom schema staan de overeenkomende modellagen uit het Brabantmodel. In de kolom "MF6 modellagen" staan de modellagen van het Modflow6 model van NRM-W. Voor elke laag uit het Brabantmodel bestaat een MF6 modellaag nummer. Omdat binnen het modelgebied van NRM-W niet alle REGIS-eenheden voorkomen die wel voorkomen binnen het Brabantmodel 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 Brabantmodel 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 0-1: REGIS eenheden en de mapping van de eenheden aan Modflow6 (MF6) Modellagen

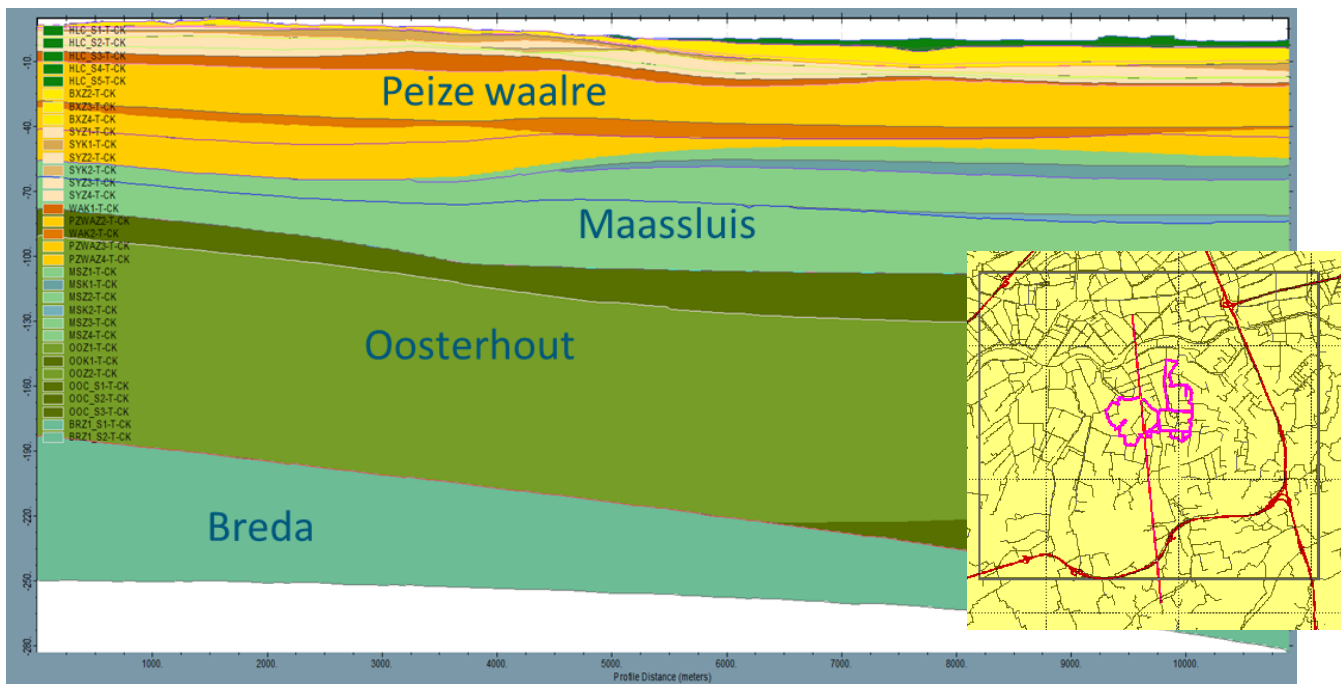
Number	Name	Type	Percentage Voorkomen in NRM-W	Brabant model modellagen	MF6 modellagen	Part	AverageK REGISII v2.2 [m/d]
1	hlc_s1	Complex	49.93939	1	1	0.5	
2	hlc_s2	Complex	49.93939	-1	2	0.5	
3	bxz2	Aquifer	41.51401	2	3	1	5.01
4	bxz3	Aquifer	83.11557	3	5	1	4.70
5	bxz4	Aquifer	82.86638	4	7	1	4.76
6	krz2	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

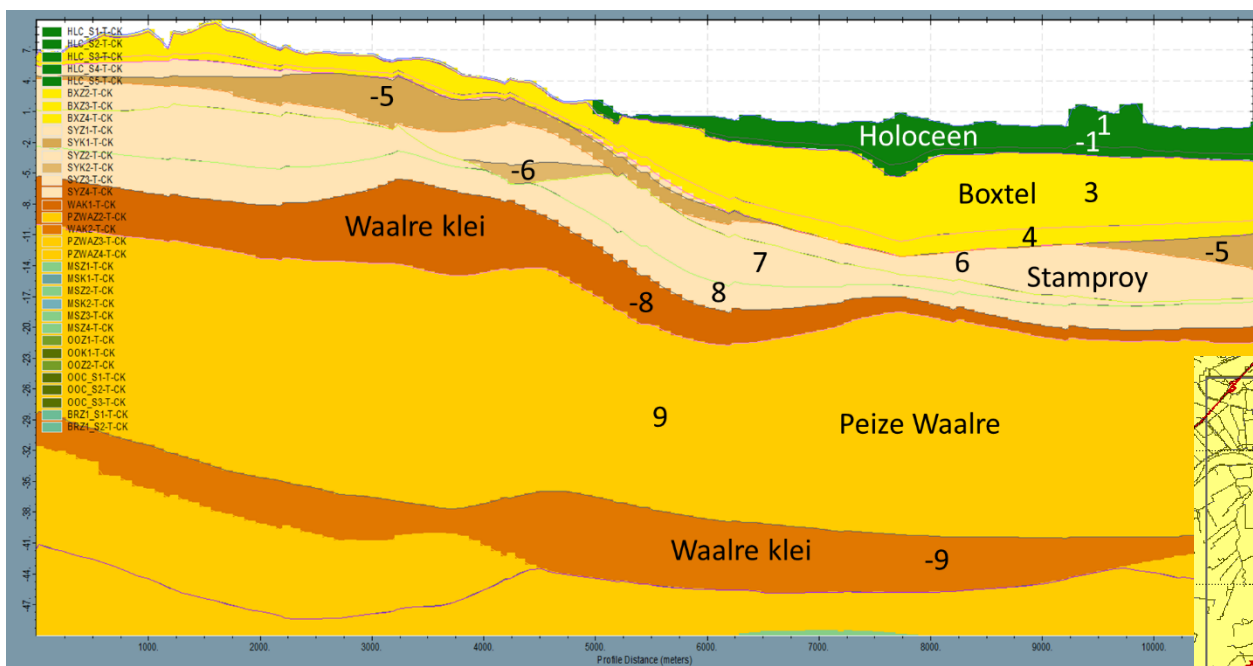
In Figuur 0-1 en Figuur 0-2 is een geohydrologische doorsnede door het modelgebied opgenomen. Beide figuren tonen dezelfde doorsnede, Figuur 0-2 zoomt in op de bovenste 50 meter van de ondergrond. In de doorsnede is de quasi 3D laagnummering van het Brabantmodel aangegeven.

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 PeizeWaalre en Stamproy. De formatie van Peize Waalre is in het gebied door een oervorm van de Rijn afgezet, waar de formatie van Stamproy bestaat uit latere afzettingen van kleinere rivieren/beken die richting Maas/Rijn afwaterden. De formatie van Stamproy ligt over het algemeen direct op de Waalreklei 1 (wak1), die in bijna het hele modelgebied als scheidende laag voorkomt. Boven de formatie van Stamproy 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 0-2 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 holocene bevindt zich het eerste watervoerende pakket die 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 holocene. 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 Stamproy en Peize Waalre.



Figuur 0-1: Doorsnede A-A: verticale doorsnede Grondwatermodel NRM-W tot geohydrologische basis



Figuur 0-2: Doorsnede A-A: verticale doorsnede grondwatermodel NRM-W tot 50 meter diepte

Peilbuizen

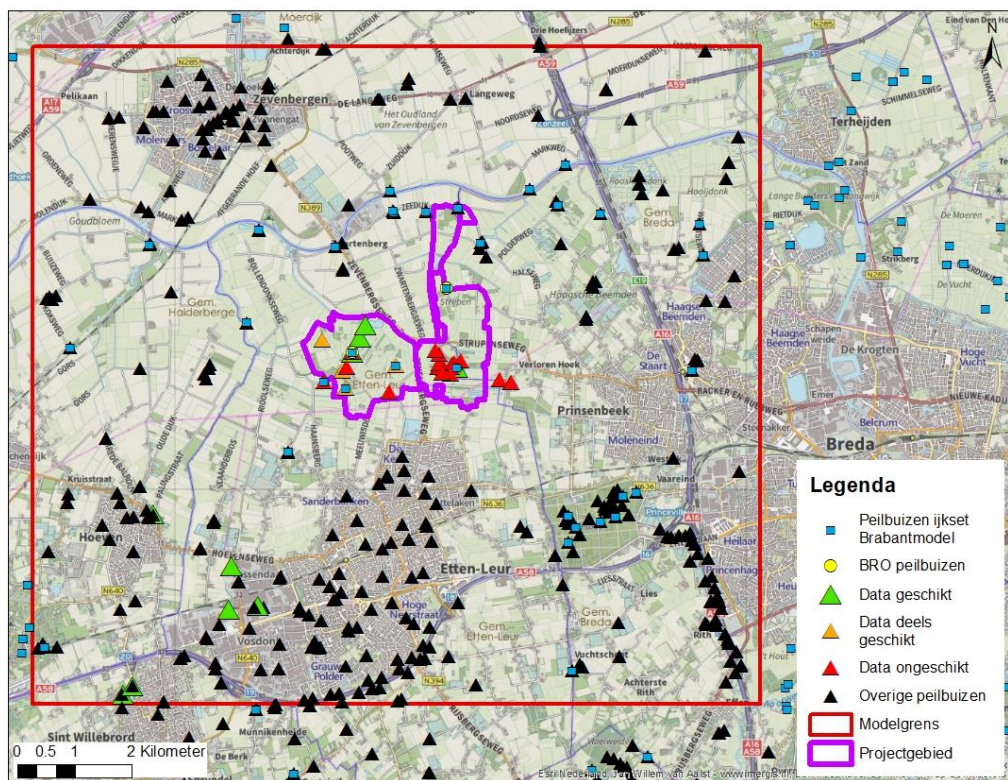
Ter plaatse van het model zijn alle beschikbare peilbuizen uit Dinoloket opgevraagd. De download uit Dinoloket (zonder selectie op correcte/gewenste periode data) laat zien dat er in het gebied redelijk wat peilbuizen beschikbaar zijn. Zie de zwarte driehoekjes in Figuur 0-1.

Vanuit het Brabantmodel 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 Brabantmodelstudie uitgebreid beschouwd (Royal HaskoningDHV, 2019).

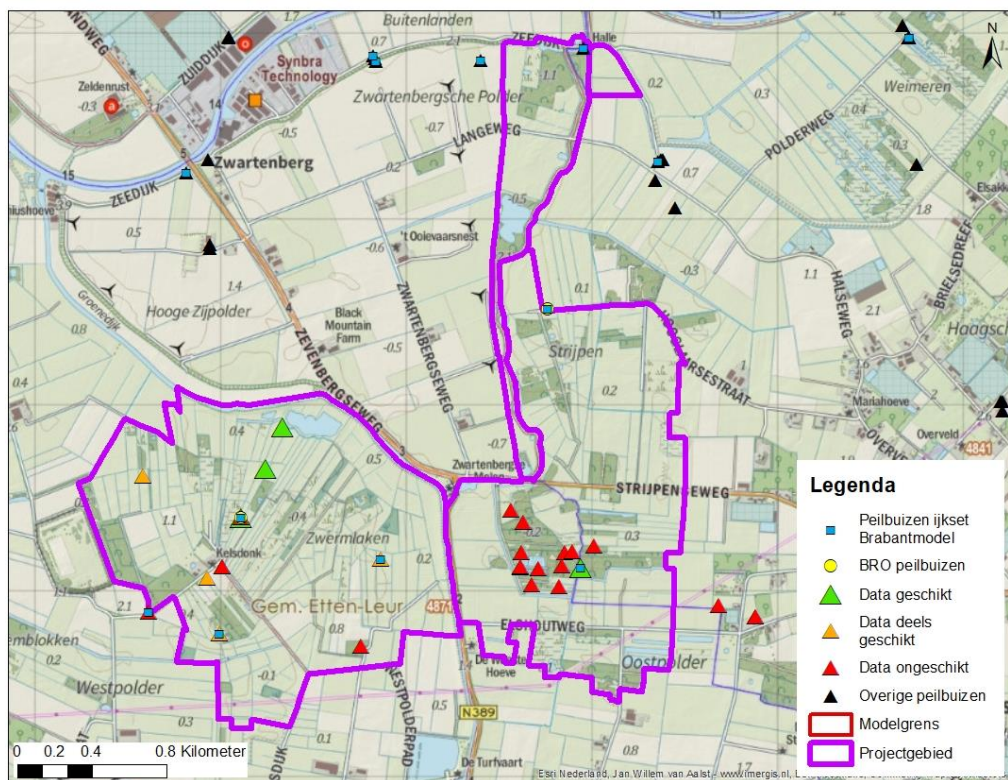
Voor de kalibratie van het model NRM-W worden alle peilbuizen uit de kalibratieset van het Brabant model gebruikt. Voor alle van het DINO loket gedownloade peilbuizen is gekeken of in de kalibratieperiode nog extra peilbuizen beschikbaar zijn die over voldoende data beschikken. Buiten het projectgebied zijn aan de ijkset van het Brabantmodel voor de kalibratie van het NRM-W model 5 peilbuizen toegevoegd (zie Figuur 0-1).

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 Brabantmodel bevatte reeds vijf peilbuizen in het projectgebied (blauwe vierkanten Figuur 0-2), 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.

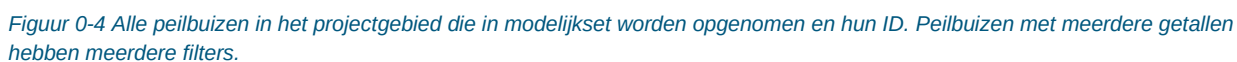
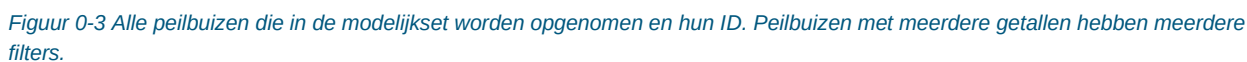
De filters van de peilbuizen in het projectgebied hebben dieptes tussen de -1 en -5 m NAP. De holocene deklaag is gemiddeld rond de 2 meter. Ten opzichte van maaiveld zitten de filterdieptes tussen de 0 en 5 meter onder maaiveld, dus met filters in het holoceen en of het pleistocene eerste watervoerende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



Figuur 0-1 Peilbuizen uit Dinoloket (driehoeken) en van de ijkset van het Brabantmodel (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 0-2 Peilbuizen uit Dinoloket (driehoeken) en van de ijkset van het Brabantmodel (vierkanten) in het natte natuurparelgebied. 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.



Resultaten basismodel

Het basismodel betreft de uitsnede uit het Brabantmodel, 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

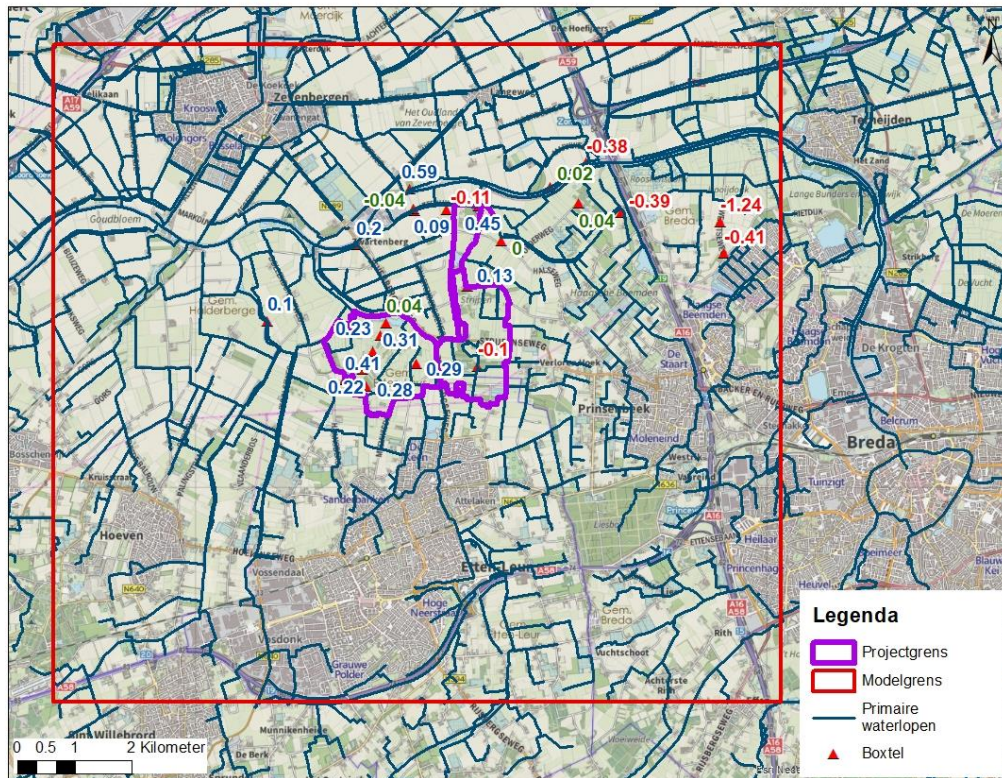
Het 1^{ste} watervoerende pakket is in het model de Boxtel formatie. Figuur 0-1 geeft de stationaire afwijkingen van de peilbuizen in het hele modelgebied in de Boxtel formatie weer. Afwijkingen tussen de +0.05 en -0.05 m worden als goed gezien, en zijn in de figuur met groen aangeduid. Negatieve afwijkingen, 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 0-2 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 0-3 weergegeven. Dit is een van de peilbuizen in Zwermlaken/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.

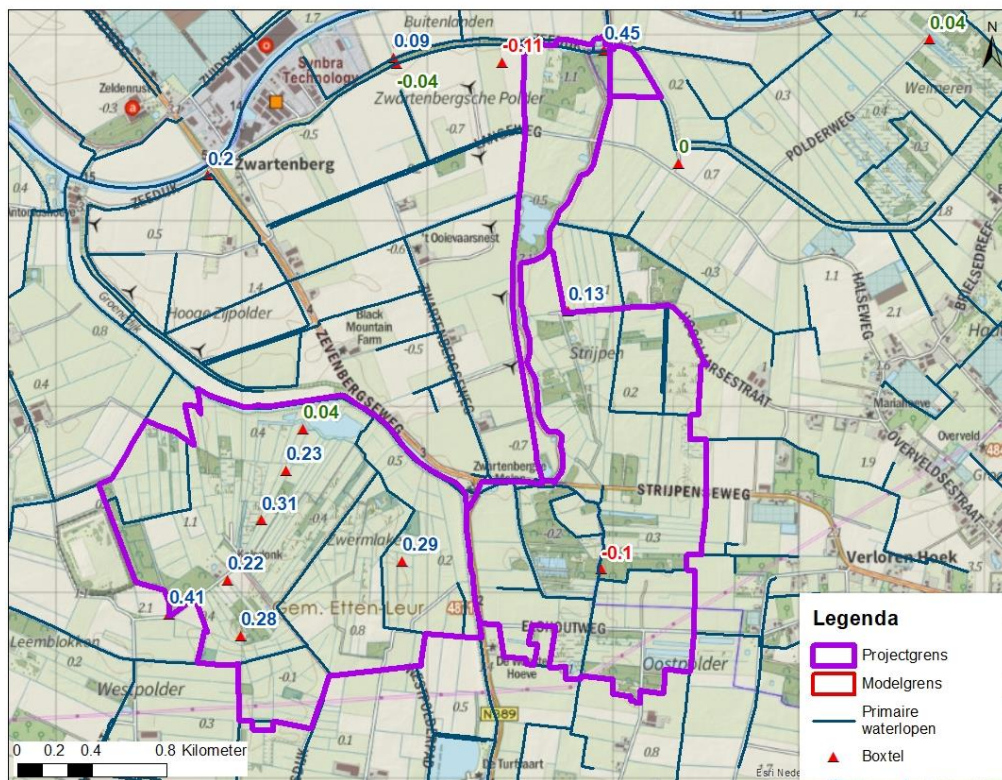
In Strijpen en de Berk liggen 2 peilbuizen (peilbuis 1466, zie Figuur 0-4 en peilbuis 97). Peilbuis 1466 is in de rapportage opgenomen en is representatief voor het gebied. Op deze locatie worden door het basismodel te hoge stijghoogten berekend ten opzichte van de gemeten stijghoogten. In tegenstelling tot peilbuis 6 in Kelsdonk/Zwermlaken worden in de peilbuizen in Strijpen en 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} watervoerend pakket (Figuur 0-5). Deze peilbuis staat ook zeer dicht bij het gemaal dat hier ligt. Het gemiddelde berekende peil ligt rond de -0,5 m NAP, terwijl het gemiddelde gemeten peil rond de -1,6 m 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 Hoofdstuk 0.

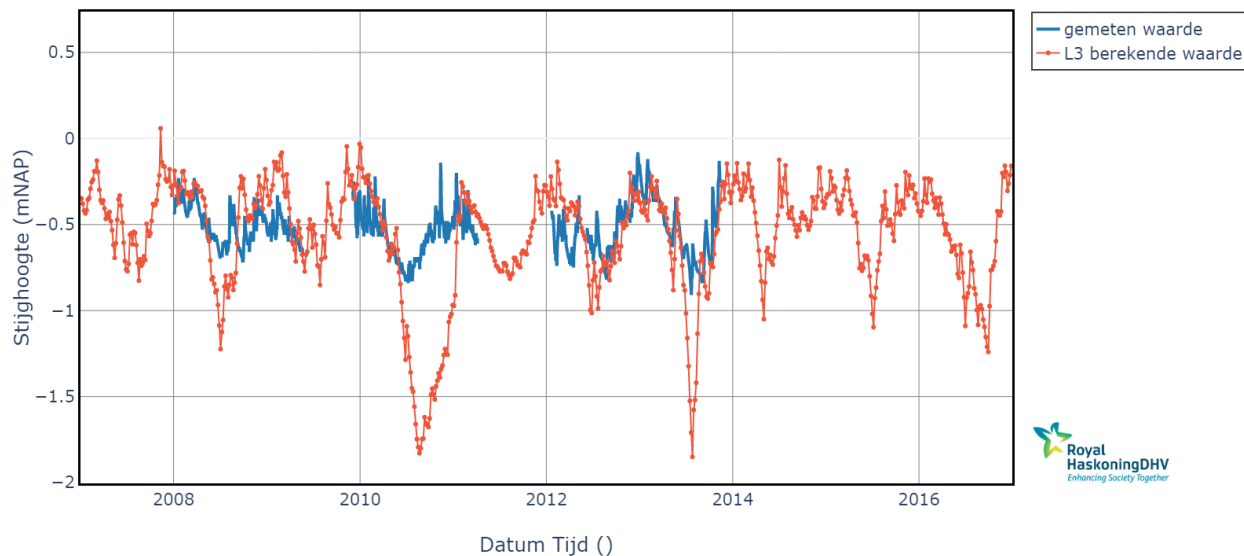


Figuur 0-1 Afwijkingen (m) in het 1^{ste} watervoerende pakket van het basismodel t.o.v. metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.



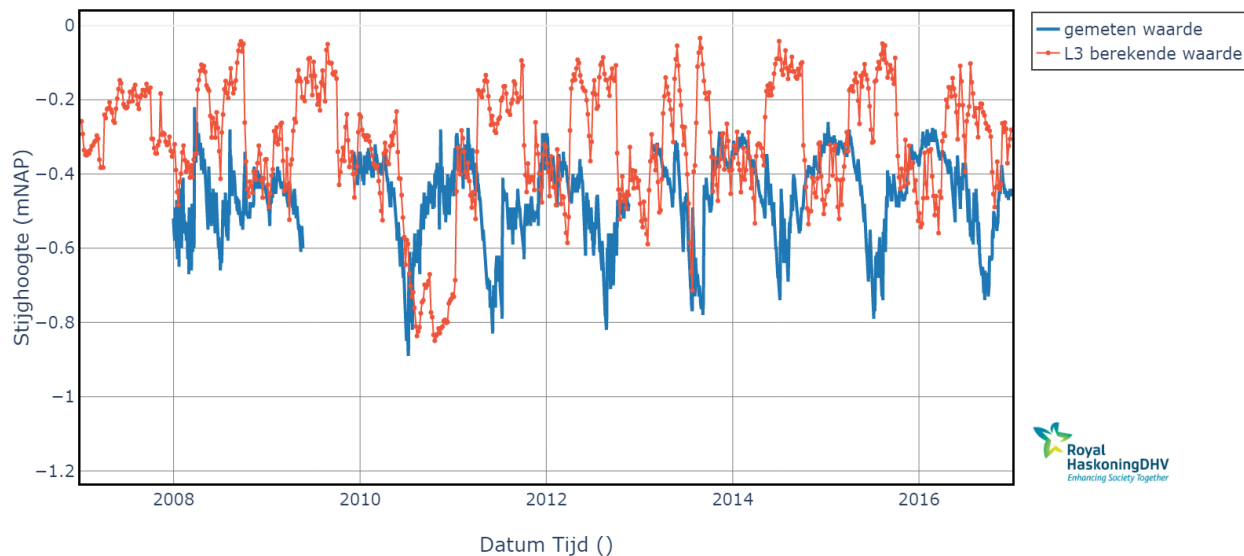
Figuur 0-2 Afwijkingen (m) van het basismodel in het 1^{ste} watervoerende pakket t.o.v. metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

Title: Tijdreeks 6



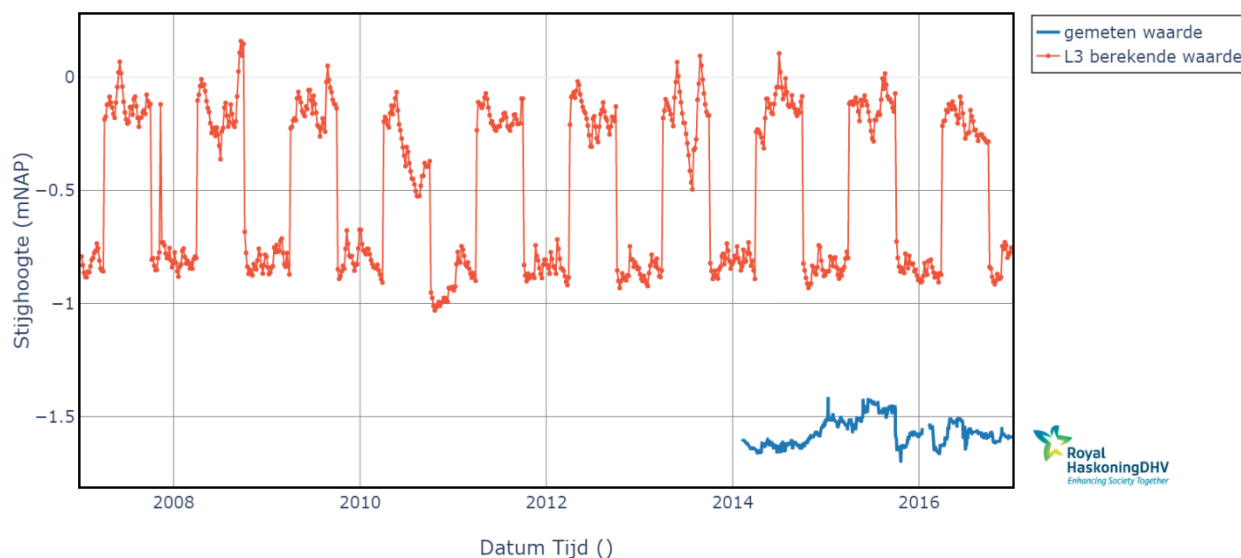
Figuur 0-3 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 6 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

Title: Tijdreeks 1466



Figuur 0-4 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1466 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

Title: Tijdreeks 219

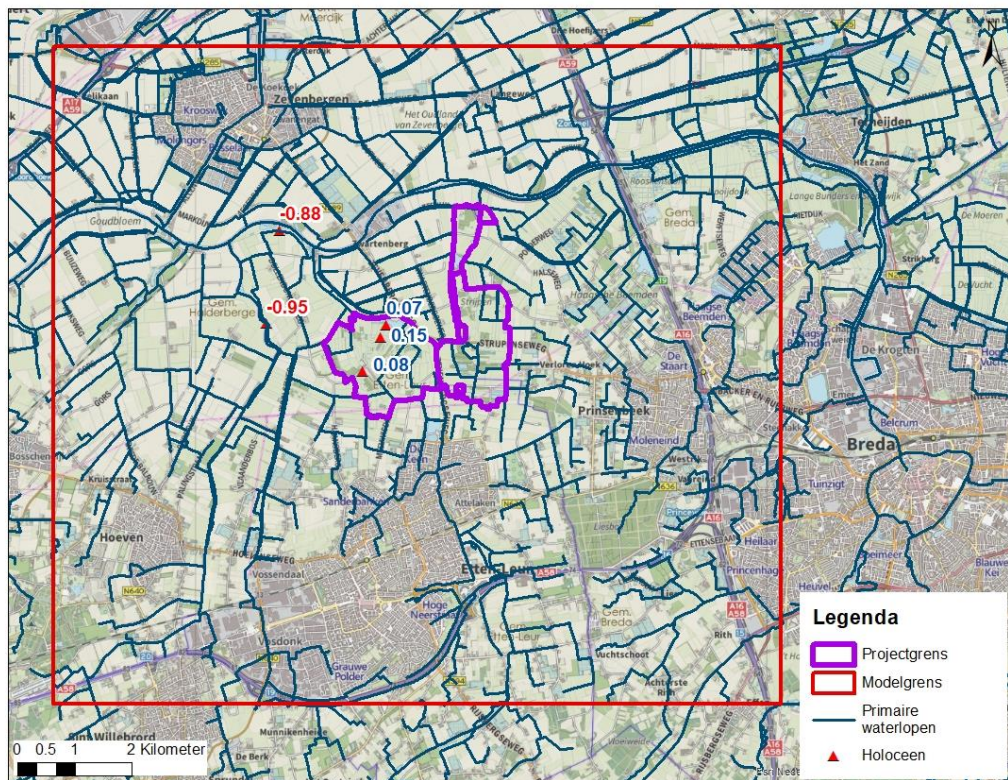


Figuur 0-5 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 219 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

5.2 Prestatie basismodel grondwaterstand in holocene deklaag

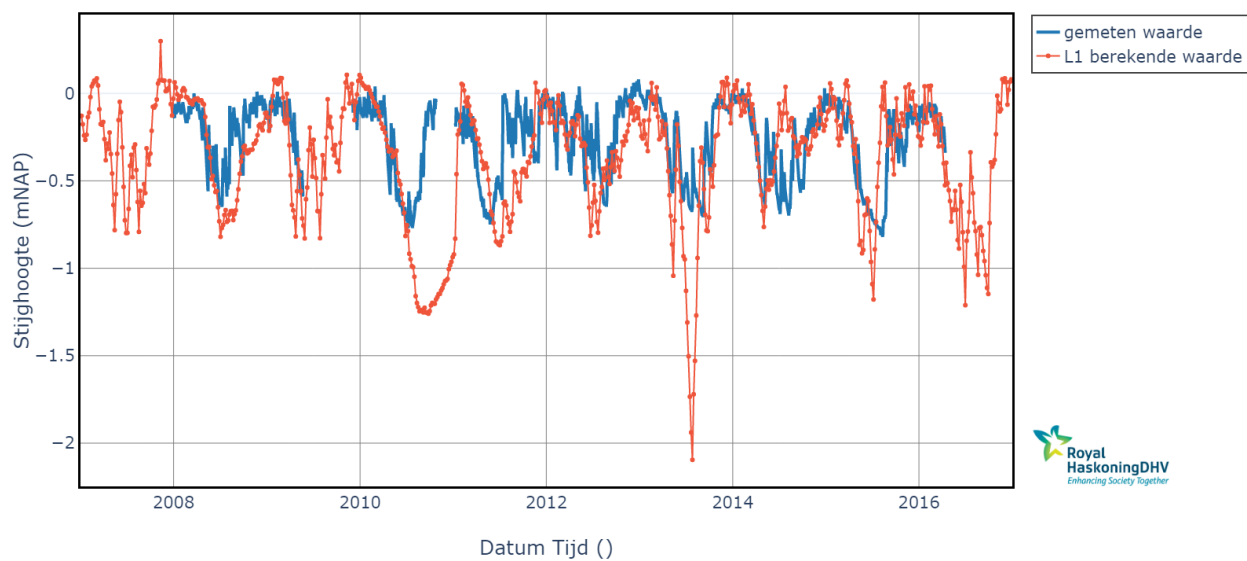
Er zijn niet veel peilbuizen met filters in de holocene deklaag in het gebied. In het projectgebied gaat het om 3 peilbuizen, daarbuiten 2 peilbuizen (zie Figuur 0-6). De stationaire afwijkingen berekend door het basismodel binnen het projectgebied zijn allemaal te hoog. Twee peilbuizen hebben een afwijking 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 0-7. 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 0-6 Afwijkingen (m) van de berekende grondwaterstand van het basismodel t.o.v. 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: Tijdreeks 1



Figuur 0-7 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis)

Kalibratie

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.

6.1 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 geupdate 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.

6.1.1 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.

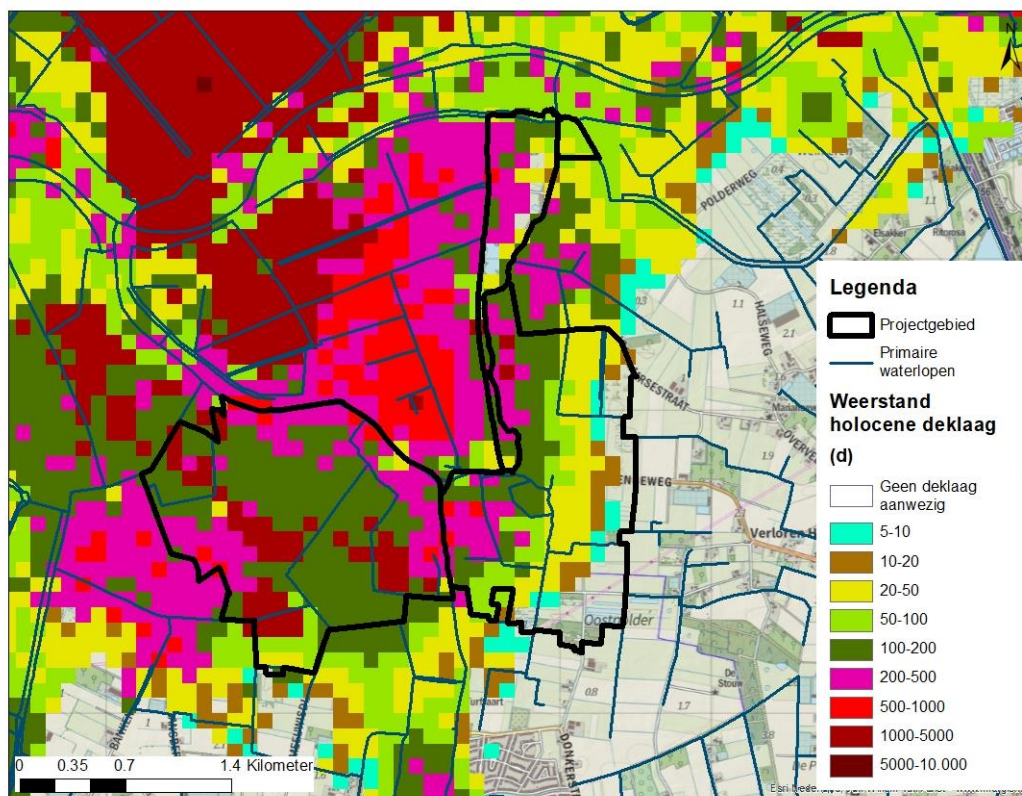
De deklaag bestaat voornamelijk uit veen en of klei, maar plaatselijk komen ook zand en zavel voor. Voor het bepalen van de deklaagweerstand zijn de boorbeschrijvingen onderverdeeld in: veen, klei, zand en zavel. Aangenomen is dat zand en of zavel aan de onderkant van de boring betekend dat de boring is gezet tot in het pleistocene zand. Indien het holoceen 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 weerstandskaart binnen het projectgebied. Figuur 0-1 geeft de deklaagweerstand zoals deze in het Brabantmodel zit weer. Figuur 0-2 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.

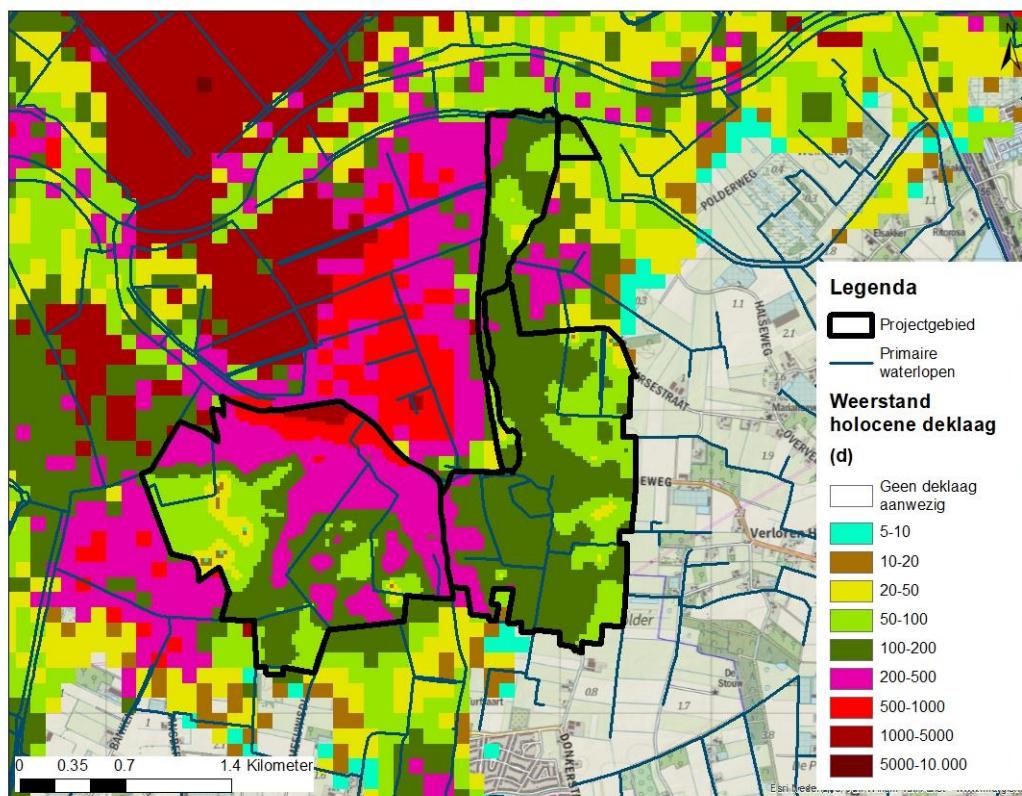
Tabel 0-1: onderscheiden lithoklassen en doorlatendheid voor het bepalen deklaagweerstand in projectgebied

Lithoklasse	Doorlatendheid [m/d]
klei	0.005
veen	0.01
zavel	0.1
zand	1

Figuur 0-2 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 holocene.



Figuur 0-1 Deklaagweerstand in het basismodel afkomstig van het Brabantmodel



Figuur 0-2 Deklaagweerstand, met in het projectgebied deklaagweerstand op basis van boringen bodemkaart

6.1.2 Insnijding B- en C- watergangen

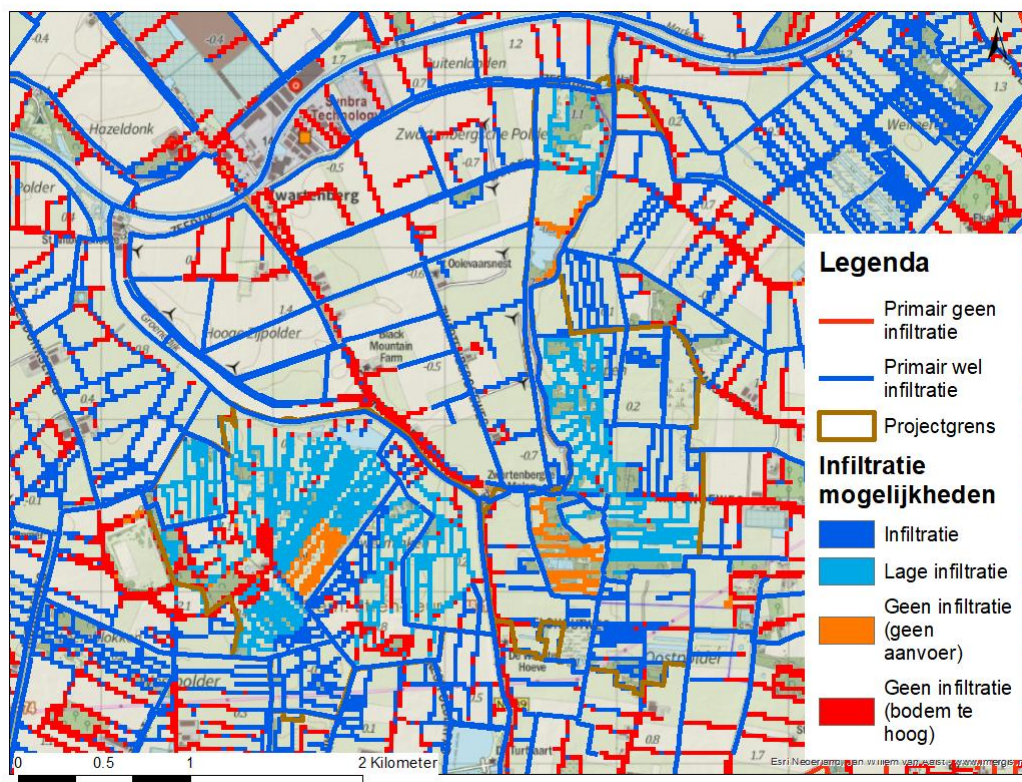
In het basismodel snijden alleen de primaire watergangen (A watergangen) in, in meerdere modellagen (zie paragraaf 2.8.1). De deklaag in het projectgebied is op bepaalde plaatsen echter heel dun, waardoor ook secundaire en tertiaire (B- en C watergangen) door de deklaag heen kunnen snijden. Van de diepte van de B- en C watergangen is geen informatie beschikbaar. In het model is voor de B- en C watergangen een diepte van 1 m 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 6.1.6).

6.1.3 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 0-3 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 0-3. 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 0-3: 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.

6.1.4 Oppervlakte waterpeilen (peilgebieden)

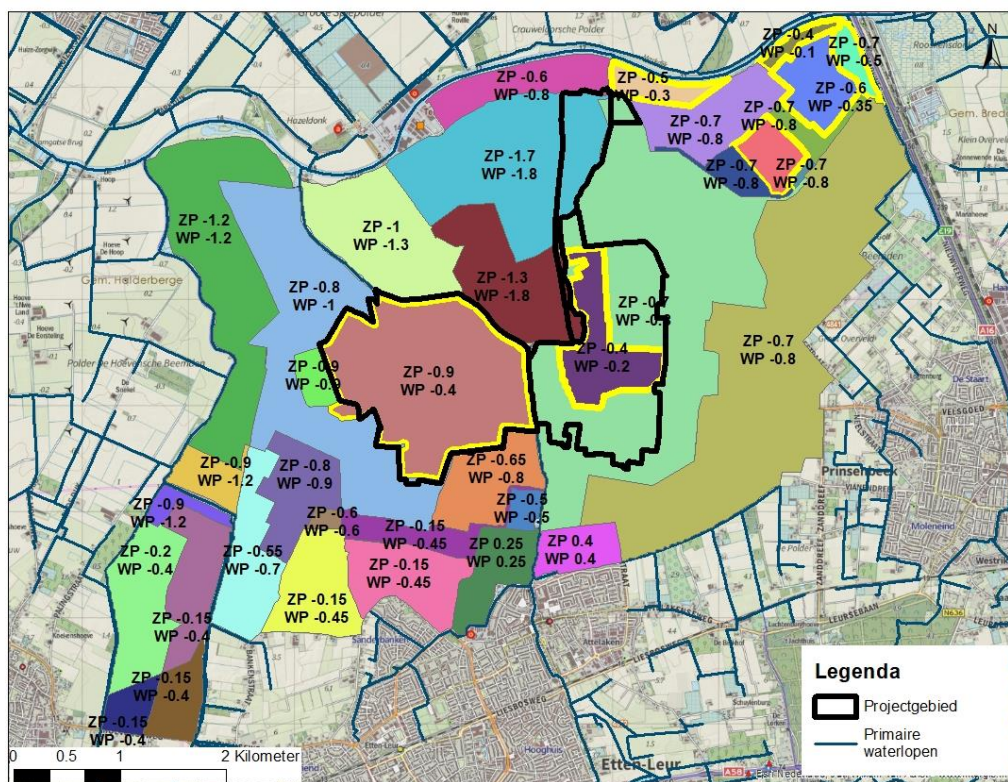
In de omgeving van het projectgebied zijn de peilen van zowel de primaire als secundaire en tertiaire watergangen gecontroleerd en eventueel verbeterd. Dit is gedaan op basis van een recente peilenkaart die aangeleverd is door het waterschap (Figuur 0-4). Voor de stationaire berekeningen wordt gerekend met het gemiddelde van het zomer- en winterpeil. In de tijdsafhankelijke berekeningen wordt gerekend met zomer- en winterpeil. Voor de geelomrande gebieden in Figuur 0-4 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 0-5 geeft de peilgebieden ingezoomd op het projectgebied weer.

Voor Kelsdonk/Zwermlaken wordt nog opgemerkt dat binnen het gebied nog veel verschillende peilen onderscheiden zouden kunnen worden. Hier is echter geen detailinformatie over beschikbaar.

Kelsdonk/Zwermlaken is om deze reden als 1 peilgebied beschouwd.

Buiten de peilgebieden weergegeven in Figuur 0-4 wordt gerekend met de peilen zoals deze in het Brabantmodel 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 Sobekberekening. 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 Brabantmodel. Voor meer informatie over het AHN-filter zie het Brabantmodel rapport (Royal HaskoningDHV, 2019).

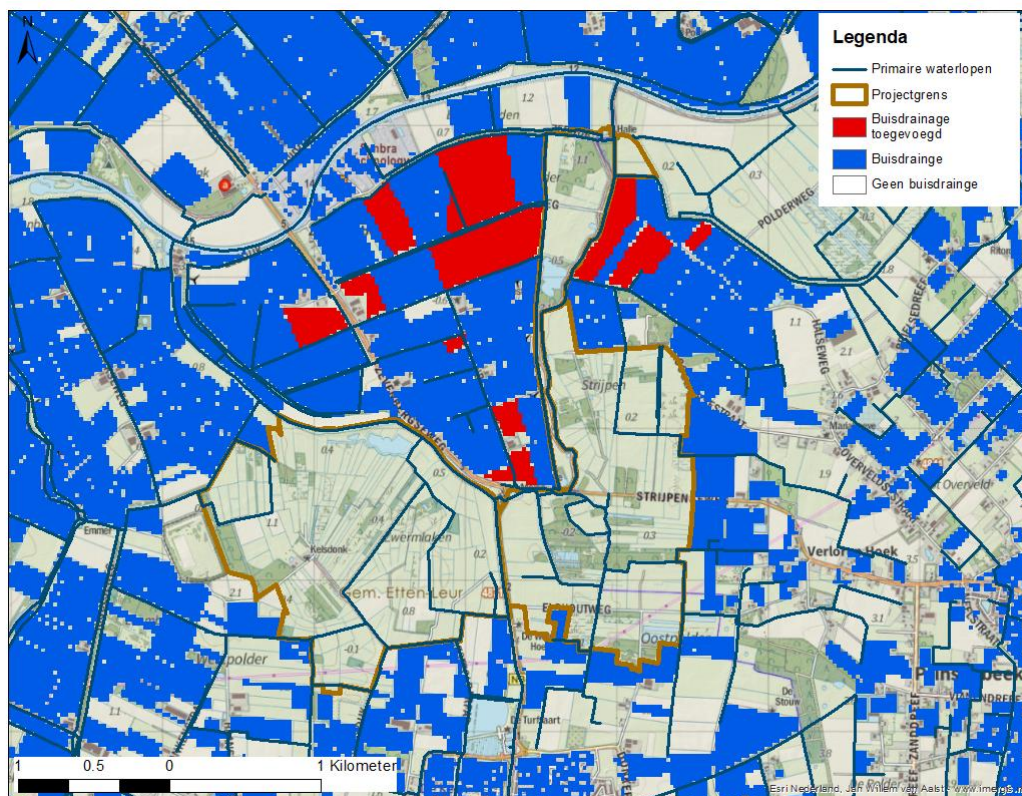


Figuur 0-4 Peilgebieden en bijbehorend zomerpeil (ZP) en winterpeil (WP) in het modelgebied. Geelomrande gebieden hebben een zomer- en winterpeil afgeleid van het minimum en maximumpeil.

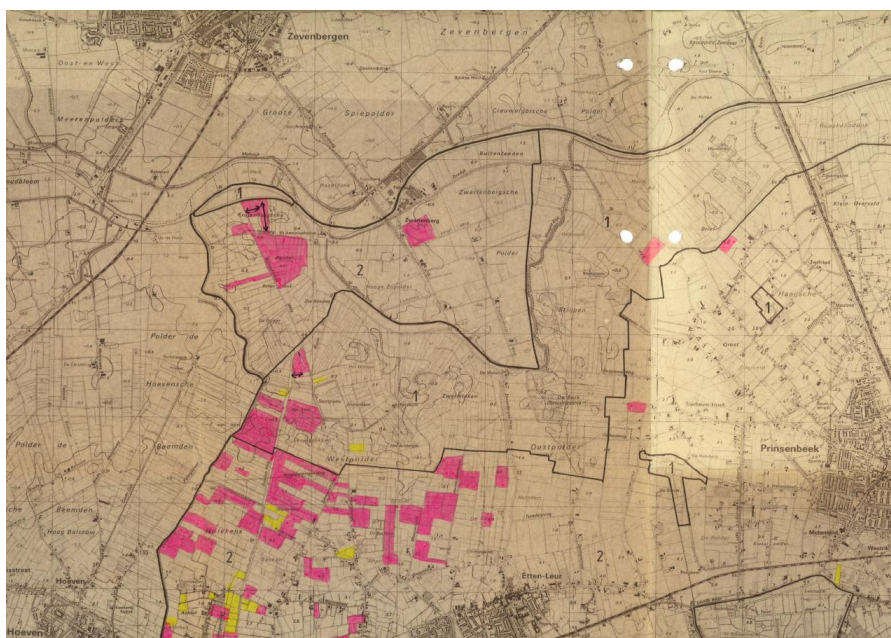


Uit een kaart van het vroegere waterschap Mark & Weerij (Figuur 0-7) blijkt dat er in de natte natuurgebieden geen drainage voorkomt. Deze kaart is niet meer up to date, maar geeft wel een indicatie dat destijds geen buisdrainage binnen het projectgebied aanwezig was, en waarschijnlijk vandaag de dag 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 Natuurparel Weimeren geen buisdrainage aanwezig is.

De blauwe percelen in Figuur 0-6 zijn de percelen waar buisdrainage is aangenomen overgenomen uit het Brabantmodel, gelijk aan de genoemde Alterra kaart van Massop en Schuiling (zie paragraaf 2.7).



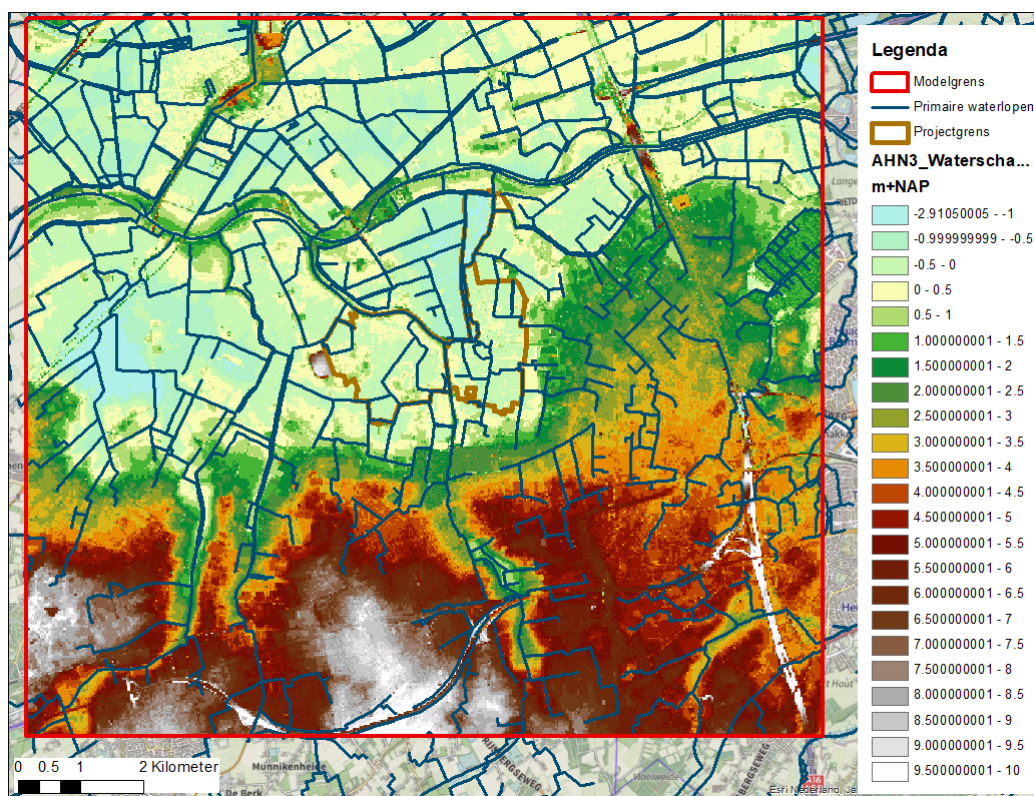
Figuur 0-6 Percelen met toegevoegde buisdrainage (rood) en percelen die al buisdrainage hadden (blauw).



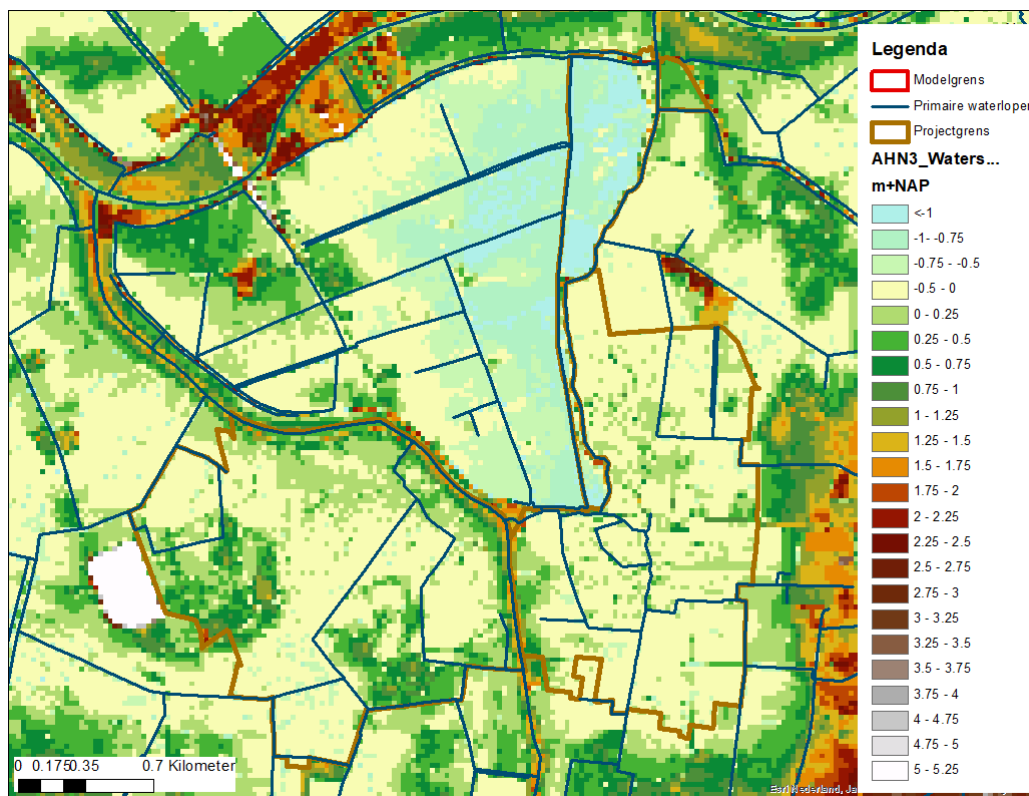
Figuur 0-7 Drainagekaart waterschap Mark&Weerijds (1995-2003). Roze kleur geeft aan dat drainage aanwezig is.

6.1.6 Maaiveld

In het gehele modelgebied is het maaiveld geupdate. Het maaiveld dat in het Brabantmodel 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 0-8 en Figuur 0-9. 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 6.1.2 is voor de TOP10 watergangen een bodemniveau van 1 m onder maaiveld gekozen.



Figuur 0-8 Maaiveld zoals gehanteerd in het grondwatermodel.

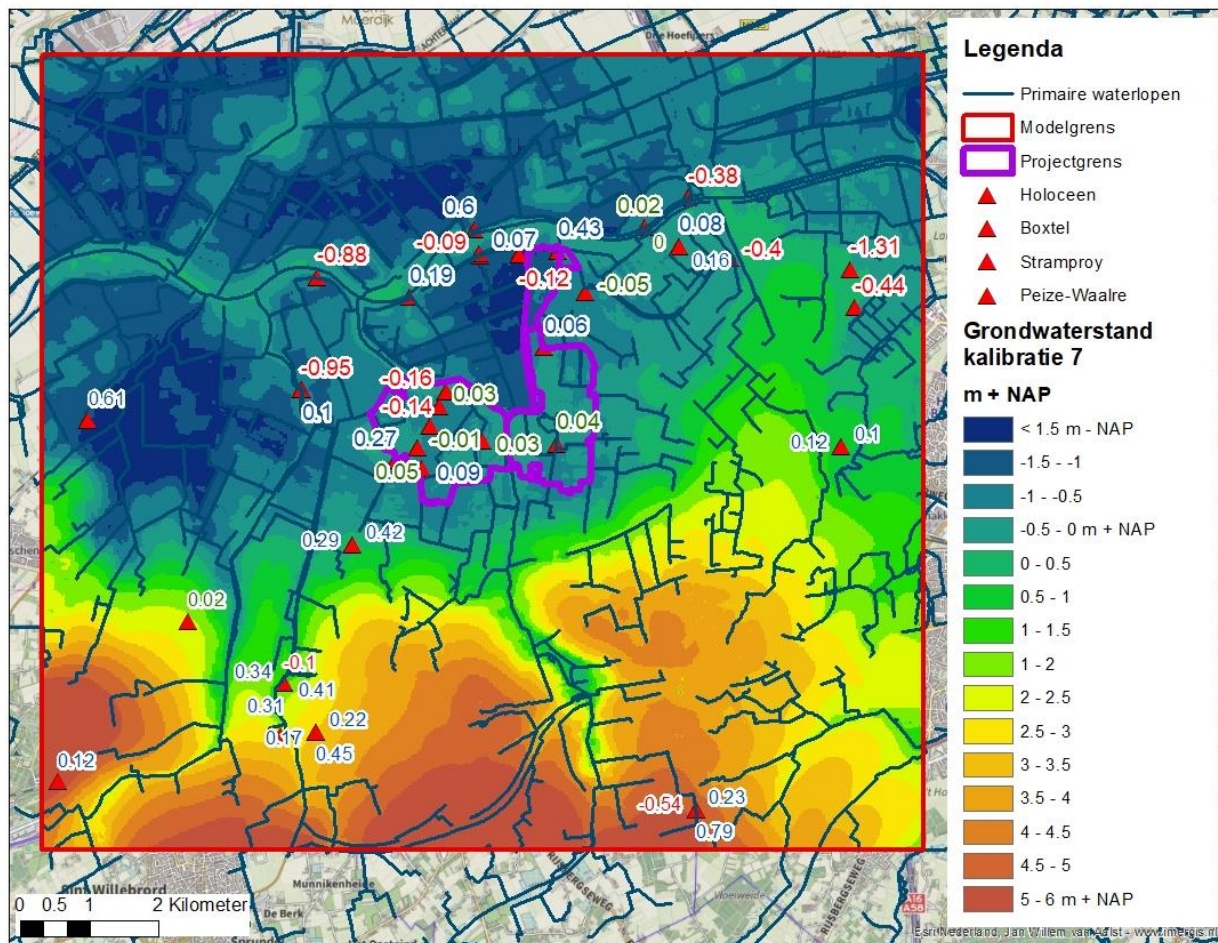


Figuur 0-9 Maaiveld zoals gehanteerd in het grondwatermodel, inzoom van het projectgebied.

6.2 Kalibratieresultaat

Na het doorvoeren van de aanpassingen beschreven in paragraaf 6.1 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 Brabantmodel. Aanpassingen van doorlatendheden in voorliggende studie leiden niet tot een beter modelresultaat in het projectgebied.

Figuur 0-10 laat het kalibratieresultaat zien voor het hele modelgebied. In paragraaf 6.2.1 en 6.2.2 wordt dieper ingegaan op het kalibratieresultaat rondom het projectgebied.



Figuur 0-10: Kalibratieresultaat hele modelgebied, peilbuizen met filter in formatie van Bostel, Stamproy of Peize-Waalre. 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.

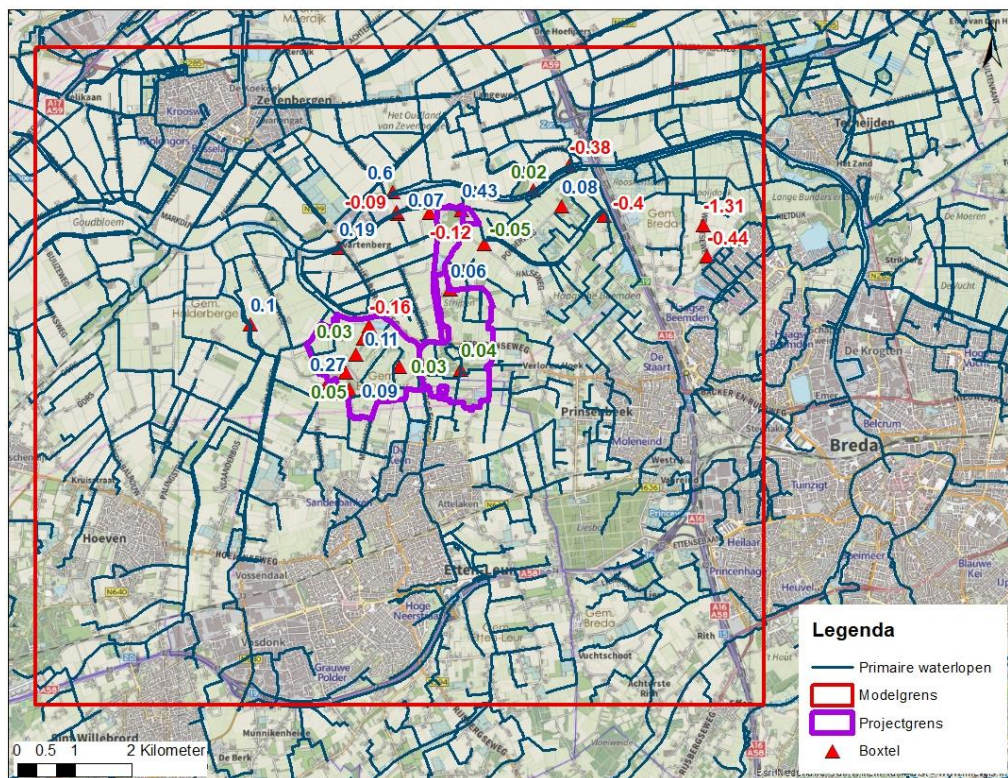
6.2.1 Prestatie model formatie van Bostel

Binnen het projectgebied, zichtbaar in Figuur 0-12, 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 m en die is na de kalibratie opgelopen naar -0,16 m. Bij alle andere peilbuizen daarentegen is de afwijking afgenomen, veelal van 0,2 - 0,3 m naar 0,05 - 0,1 m. Dit is een grote verbetering ten opzichte van het basismodel. De afwijking van de peilbuis midden in Strijpen en de Berk is ook afgenomen van -0,1 m naar 0,04 m. Ook de afwijking van de peilbuis die op de noordelijke grens van Strijpen en de Berk en het omliggende landbouwgebied ligt, is afgenomen van 0,13 m naar 0,06 m. 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 oppervlaktewaterpeil meet.

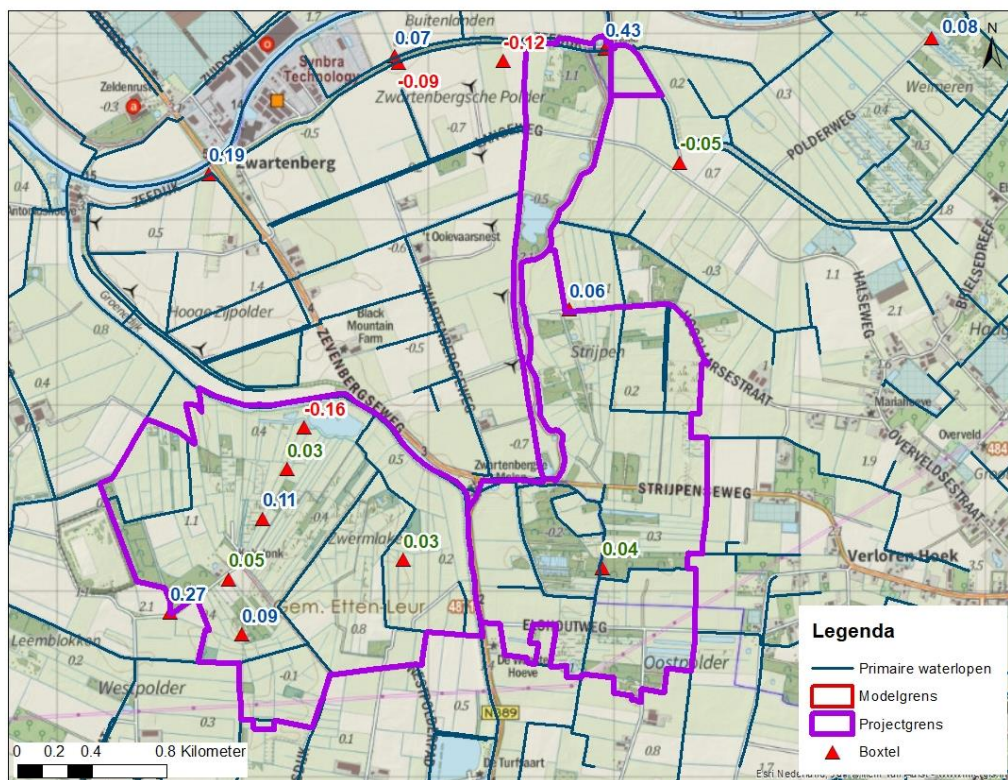
Tijdsafhankelijk zakt het model na kalibratie in de zomer minder ver uit dan in het basismodel, doordat er meer infiltratie vanuit B en C waterlopen plaatsvindt. Desondanks is de uitzakking in 2010 en 2013 nog steeds groot in vergelijking met de metingen bij peilbuis 6, zie Figuur 0-13. Verder volgt 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 0-14). 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.

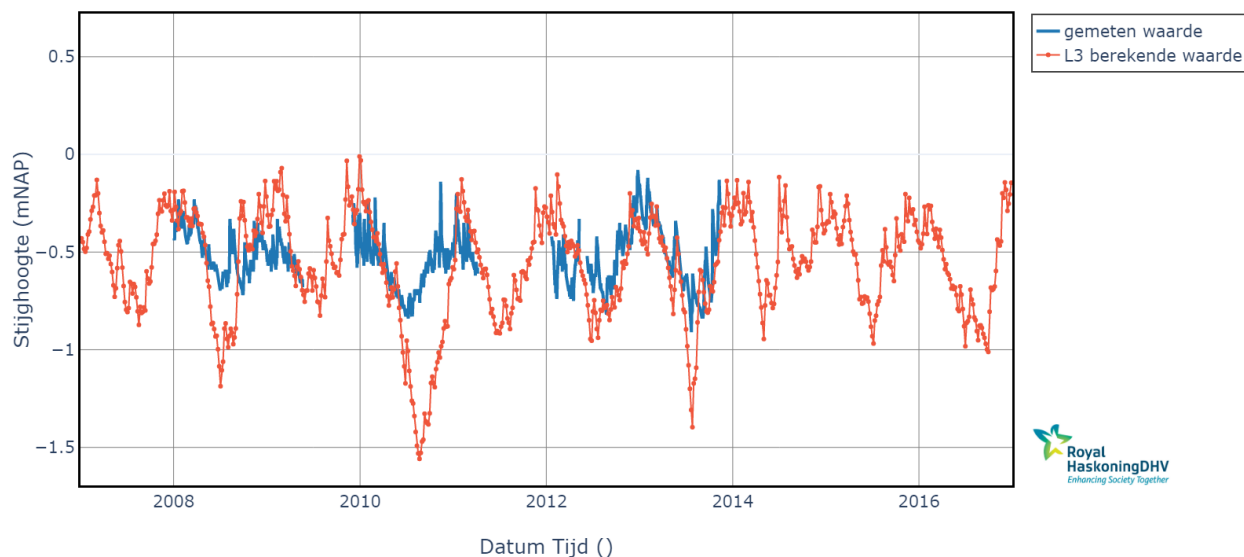


Figuur 0-11 Afwijkingen (m) in het 1ste watervoerende pakket van het gekalibreerde model t.o.v. metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.



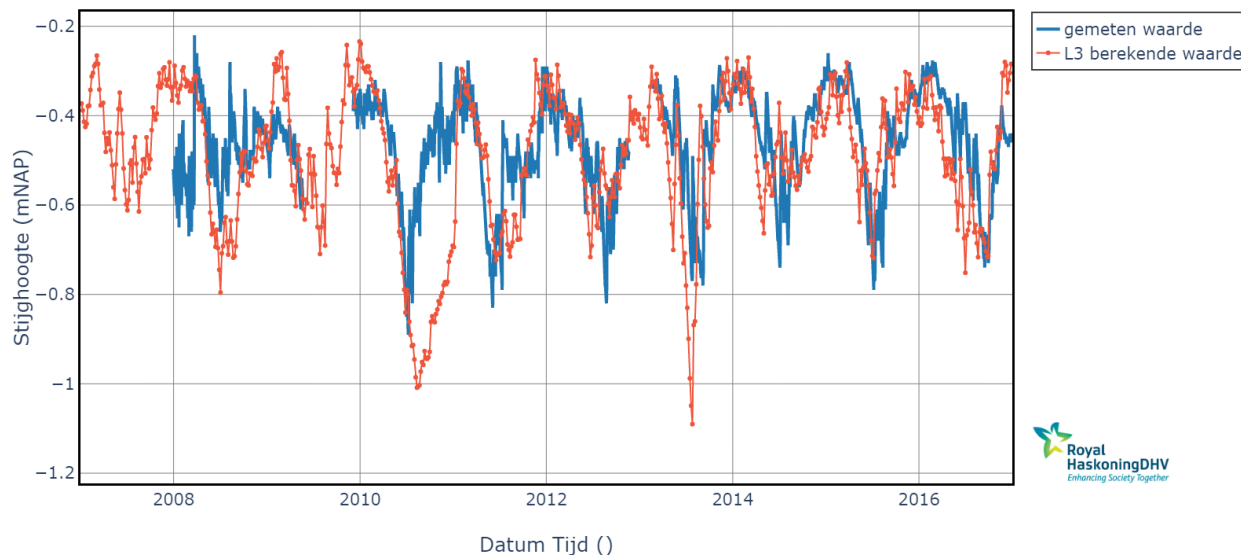
Figuur 0-12 Afwijkingen (m) in het 1ste watervoerende pakket van het gekalibreerde model t.o.v. metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekent dat het model te hoge stijghoogten berekent, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

Title: Tijdreeks 6



Figuur 0-13 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 6 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

Title: Tijdreeks 1466

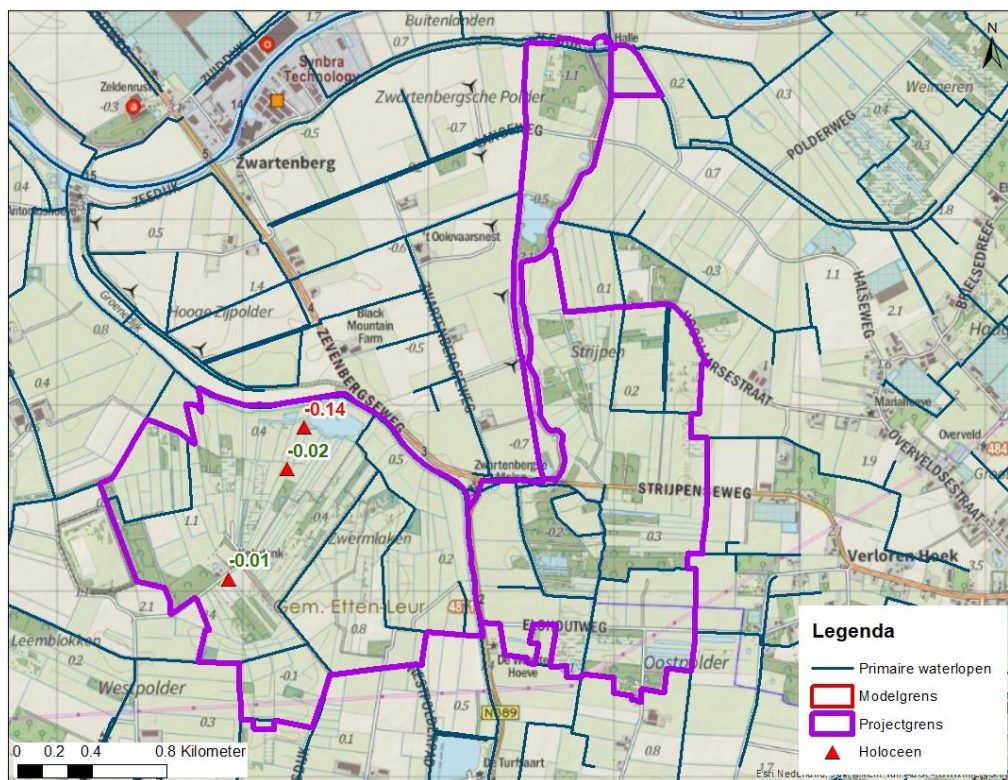


Figuur 0-14 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1466 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

6.2.2 Prestatie model freatisch

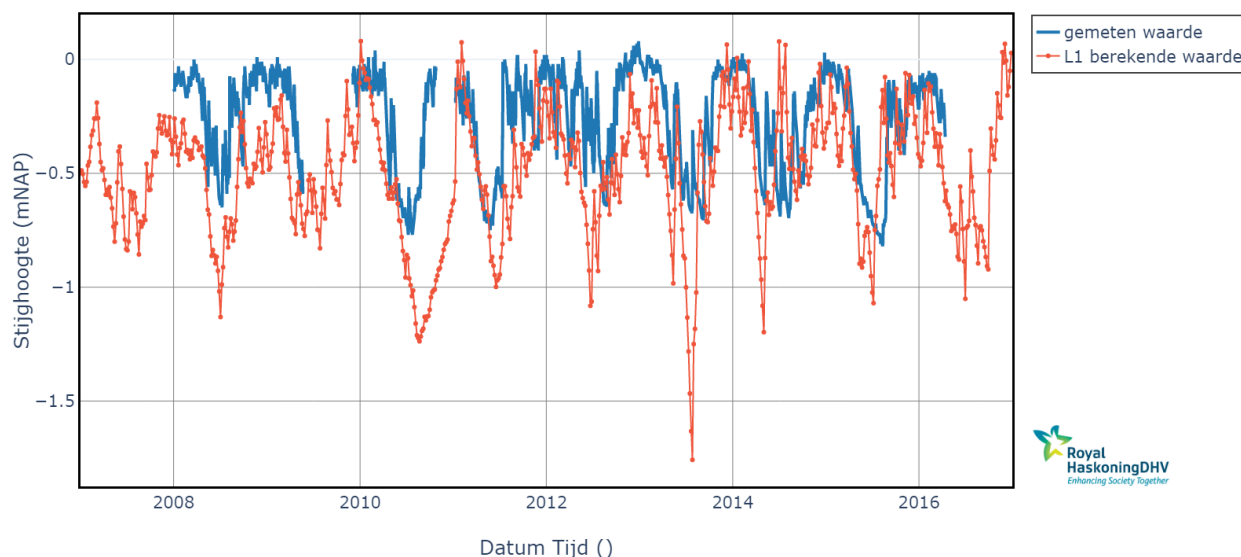
De stationaire freatische afwijkingen zijn bij twee peilbuizen zeer klein (Figuur 0-15), slechts -0.01 en -0.02 m. Peilbuis 1, de meest noordelijke peilbuis, geeft een afwijking van -0.14 m. Deze peilbuis is als enige ten opzichte van het basismodel licht verslechterd, aangezien deze afwijking eerst -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 0-16). 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 0-15 Stationaire afwijkingen (m) van de berekende grondwaterstand van het basismodel t.o.v. metingen (model-meting). Blauwe cijfers betekenen dat het model te hoge stijghoogten berekend, rood te lage stijghoogten en groen zit tussen de +0.05 en -0.05 cm verschil.

Title: Tijdreeks 1

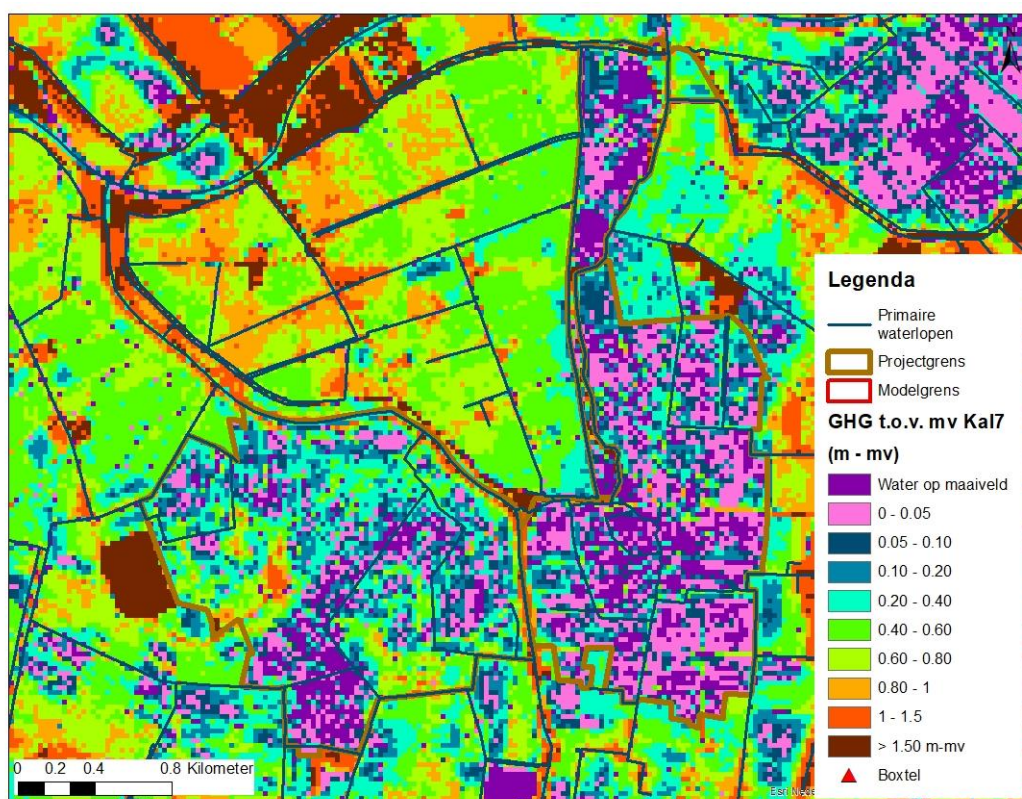


Figuur 0-16 Grafiek van model (rode lijn) en meting (blauwe lijn) voor peilbuis 1 (zie Figuur 0-4 voor de locatie van deze peilbuis).

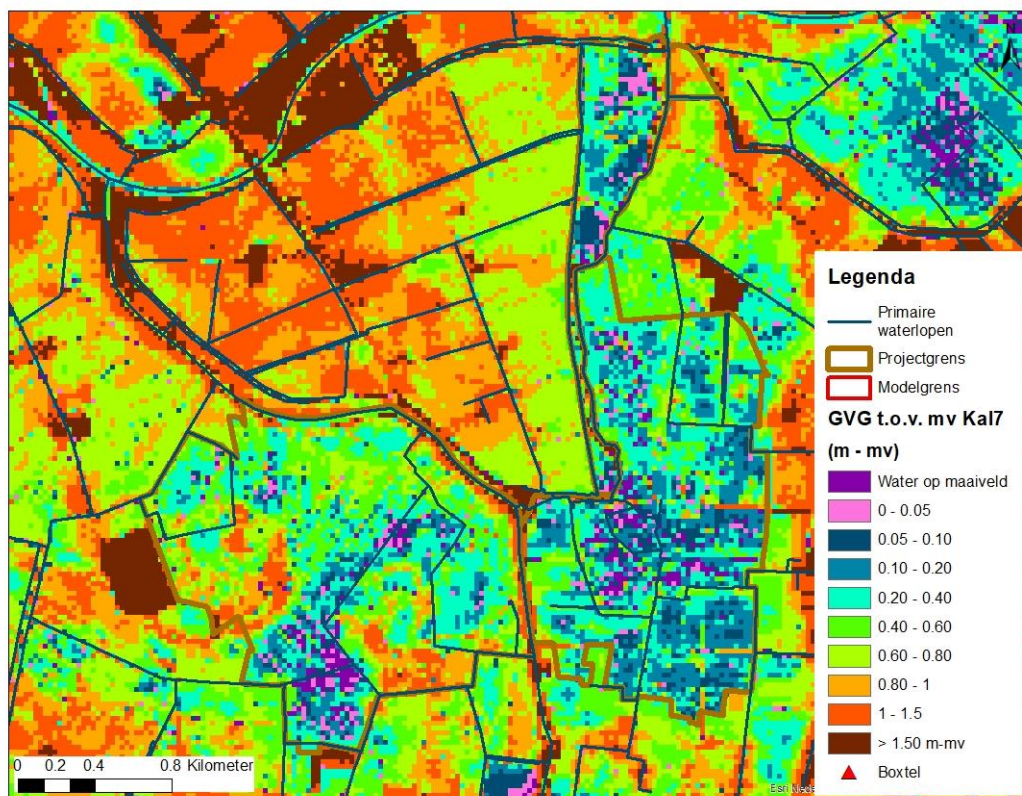
6.2.3 Resultaat GxG gekalibreerd model

Figuur 0-17 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,

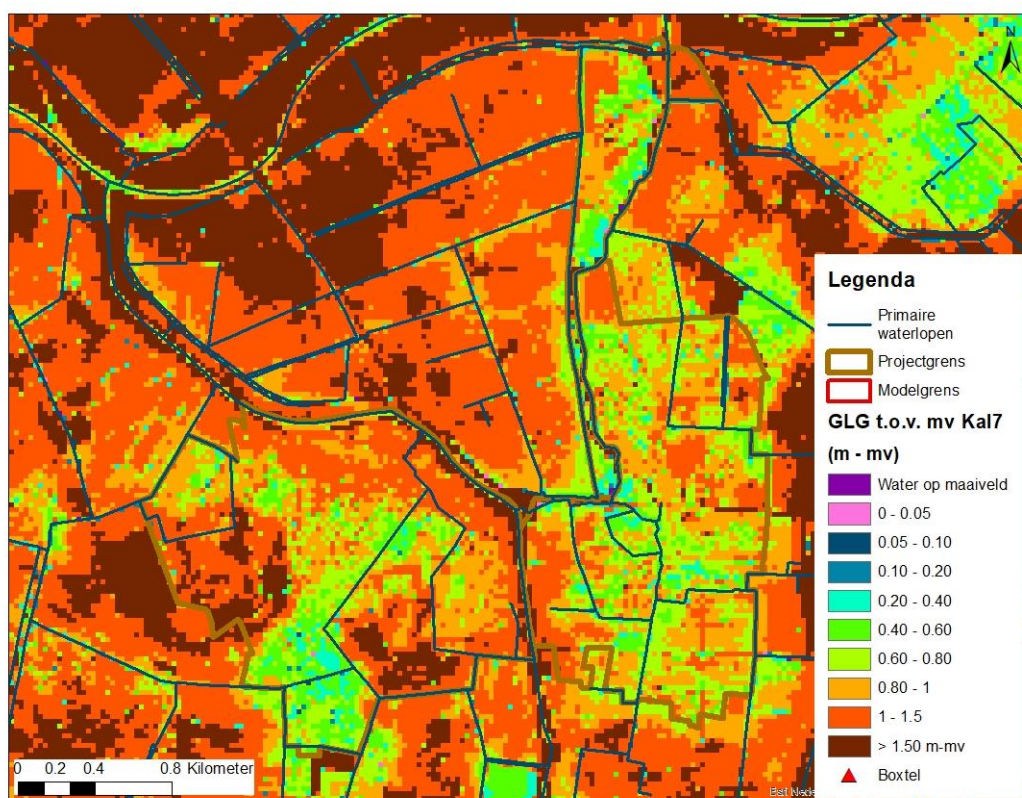
omdat deze donken hoger liggen. De GVG in Figuur 0-18 geeft weer dat in die situatie vooral in Strijpen en de Berk en delen van Zwartenbergse polder het nog nat is. In Kelsdonk/Zwermlaken staat er nog water op of aan maaiveld in het zuiden van het gebied, tussen de twee donken in. In de GLG situatie, weergegeven in Figuur 0-19, zakt de grondwaterstand in delen van Zwartenbergse Polder en Strijpen en 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 0-17 GHG ten opzichte van maaiveld voor het gekalibreerde model.

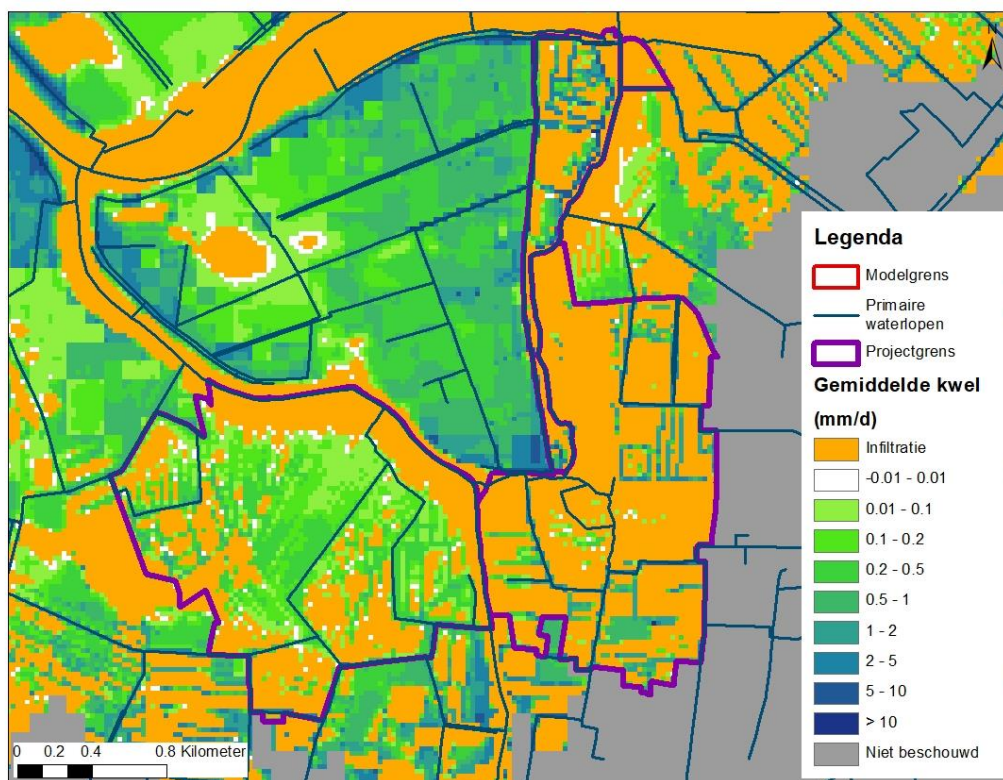


Figuur 0-18 GVG ten opzichte van maaiveld voor het gekalibreerde model.



Figuur 0-19 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 Strijen en 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 0-20.



Figuur 0-20 Gemiddelde kwel in het gekalibreerde model.

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 7.1)
- Aanpassing zomer/winterpeil peilgebied (Paragraaf 7.2)
- Opnemen plassen in het topsysteem (Paragraaf 7.3)

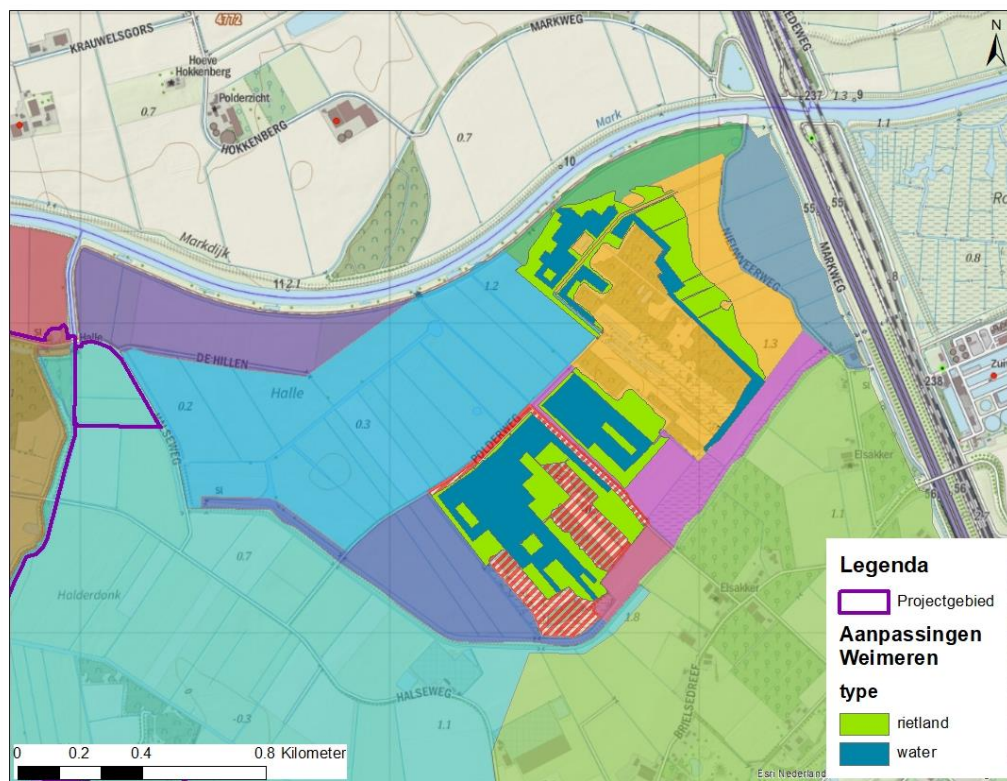
Deze maatregelen worden hieronder besproken.

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 7.4 voor de omschrijving van deze plassen.

7.1 Afgravingen in het gebied

In het gebied Weimeren worden plassen en rietland gerealiseerd, zie Figuur 0-1. 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 0-1 Peilgebieden en type aanpassingen in Weimeren. Het peil in het rood gearceerde gebied is aangepast in het scenario.

7.2 Aanpassing zomer/winterpeil gebied

In het plan van Weimeren wordt een één peilgebied aangepast. Dit is een peilgebied met een flexibel peil. Het gaat om het rood gearceerde peilgebied in Figuur 0-1. 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.

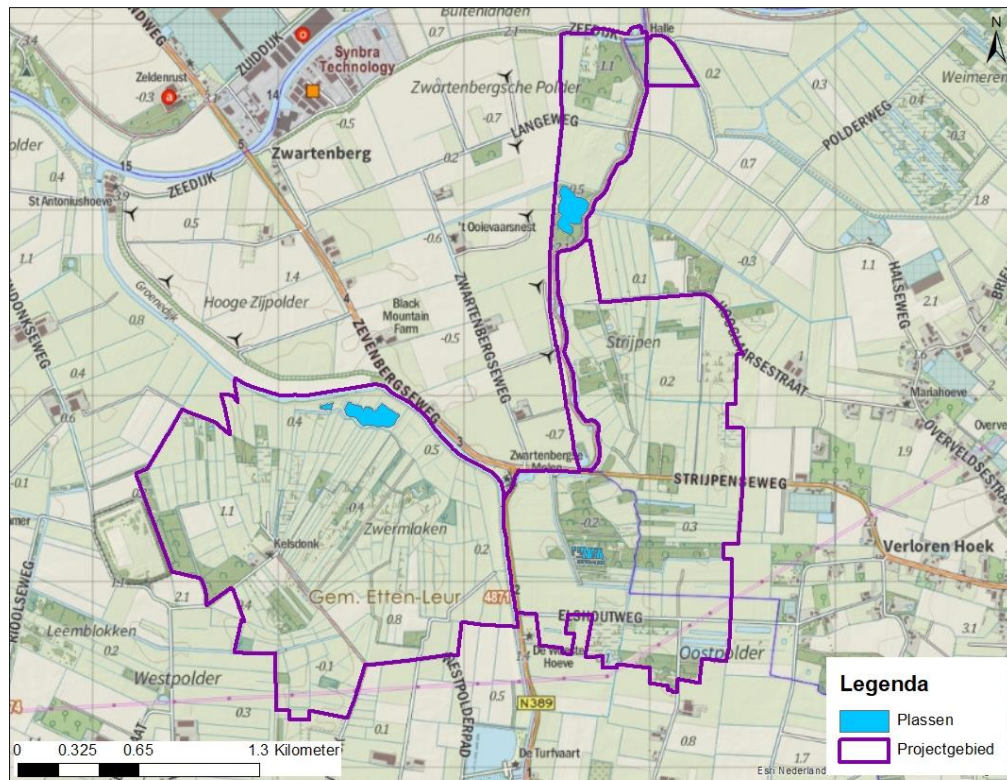
7.3 Opnemen plassen Weimeren in topsysteem

De wateroppervlaktes en het rietland in Figuur 0-1 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.

7.4 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 Autonom opgenomen. Het gaat om de drie plassen in Figuur 0-2. 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 0-2 Plassen die in het scenario Zwartenbergse Polder zijn opgenomen in het topsysteem.

Zwartenbergse Polder

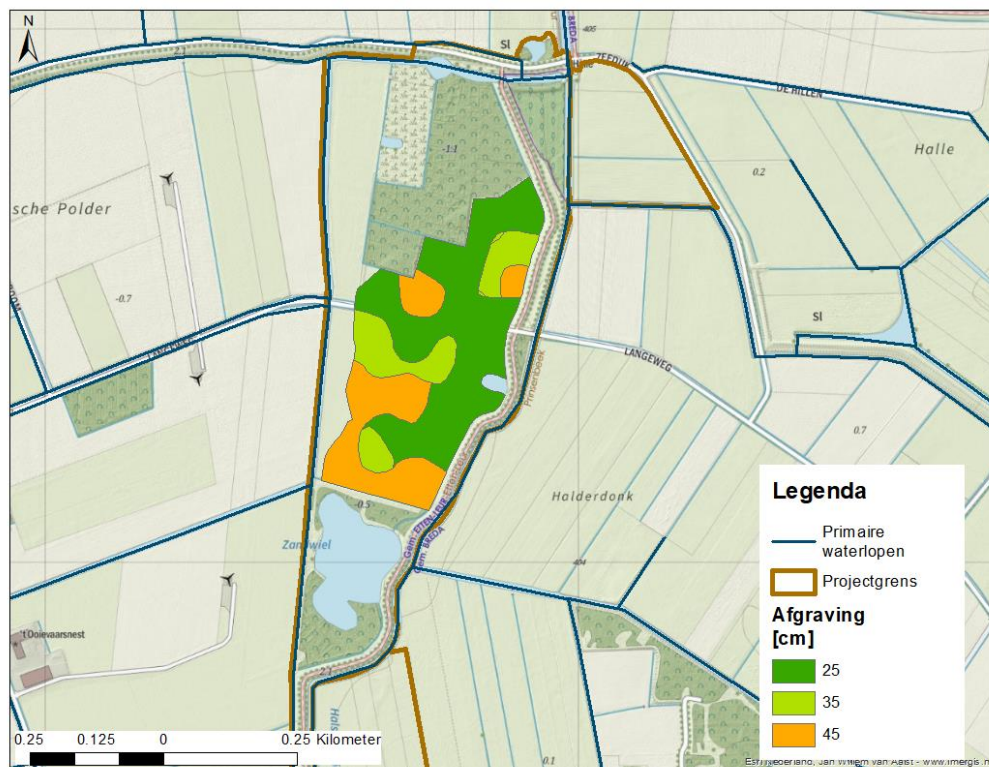
In de Natte Natuurparel Swartenbergse Polder zijn er een aantal maatregelen voorgesteld (Arcadis, 2016) om bepaalde natuurdoelen in het gebied te halen. Een deel van deze maatregelen heeft als doel om de grondwaterstand in het gebied te verhogen. Een aantal andere maatregelen zijn erop gericht minder 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 Swartenbergse Polder gaat het om de volgende maatregelen:

- Afgraving, verwerkt in maaiveldaanpassing (Paragraaf 8.1)
- Verhoging oppervlaktewaterpeilen (Paragraaf 8.2)
- Infiltratie watergangen uitzetten in het gebied (Paragraaf 8.3)
- Verlaging deklaagweerstand door afgraving (Paragraaf 8.4)

8.1 Maaiveldaanpassing

In de Swartenbergse Polder wordt een deel van het gebied afgegraven. Zie Figuur 0-1 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.

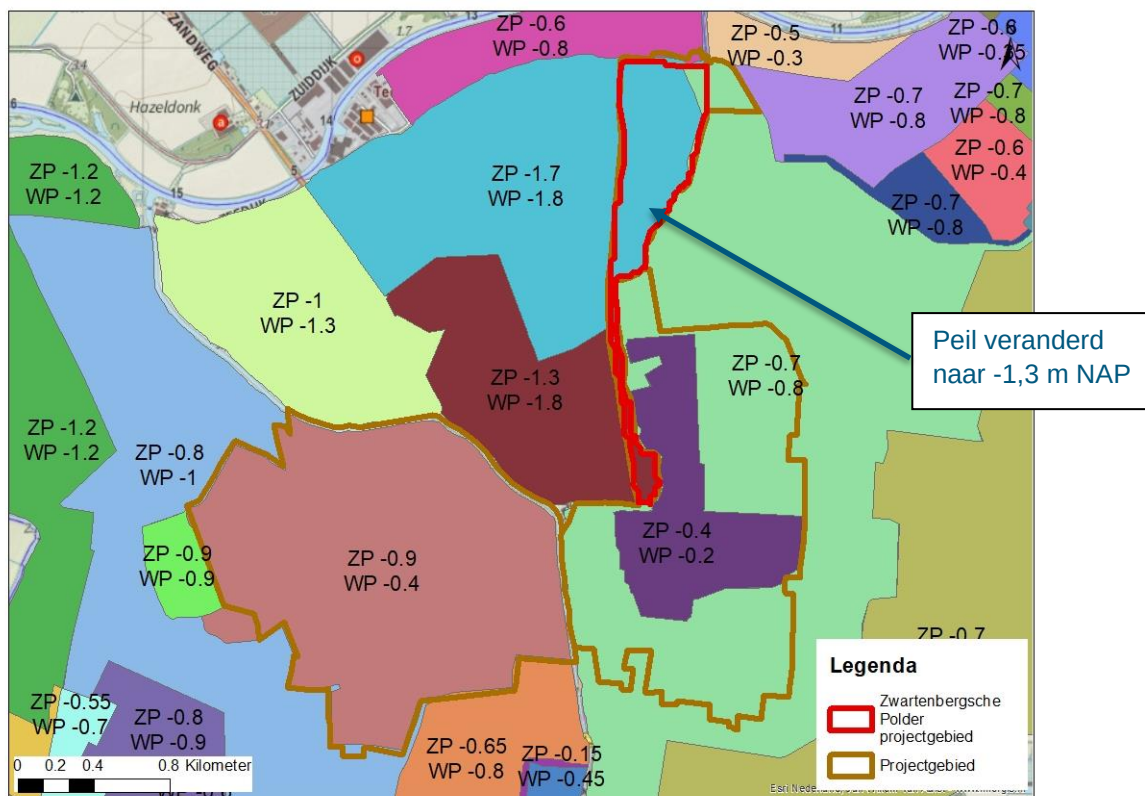


Figuur 0-1 Afgraving van maaiveld in Swartenbergsche Polder

8.2 Aanpassing oppervlaktewaterpeilen

In het Swartenbergse 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

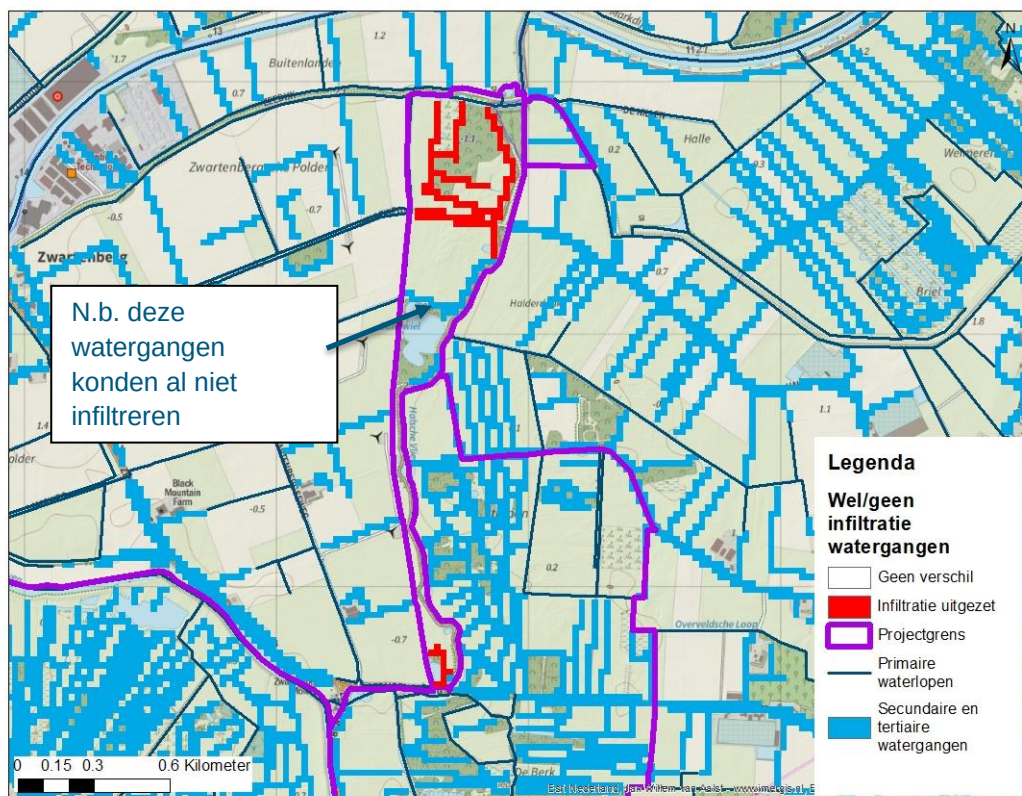
0,4 à 0,5 meter te verhogen naar -1,3 m + NAP, zal de grondwaterstand naar verwachting in alle seizoenen toenemen. Door het verhogen van het peil wordt het drainageniveau verhoogd en wordt 's winters meer water in het gebied vastgehouden. Hierdoor is in het voorjaar langer water beschikbaar dat in de winter vastgehouden is. Sloten kunnen wel droogvallen, omdat er geen wateraanvoer meer is (zie Paragraaf 8.3).



Figuur 0-2 In het roodomrande gebied wordt met een zomer- en winterpeil van -1,3 m NAP gerekend in het scenario Zwartenbergse Polder.

8.3 Infiltratie watergangen

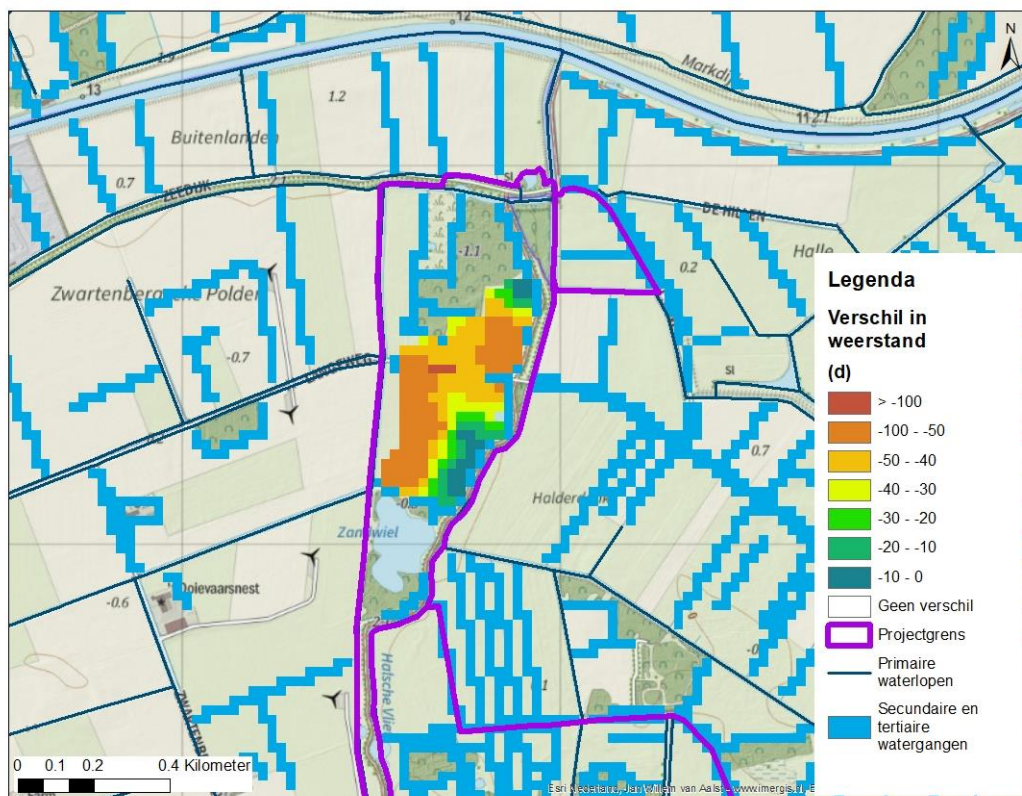
In het Zwartenbergse Poldergebied zal geen water meer ingelaten worden. Er kan daardoor ook geen water meer infiltreren. De infiltratie van de watergangen in het gebied is in het scenario uitgezet. Figuur 0-3 geeft weer welke watergangen in het scenario niet meer kunnen infiltreren. Een aantal watergangen 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 0-3 Watergangen waar infiltratie in het scenario Zwartenbergse Polder uitgezet worden.

8.4 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 6.1.1) 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 0-4.



Figuur 0-4 Nieuwe deklaagweerstand in het afgegraven gebied in Zwartenbergsche Polder.

8.5 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.

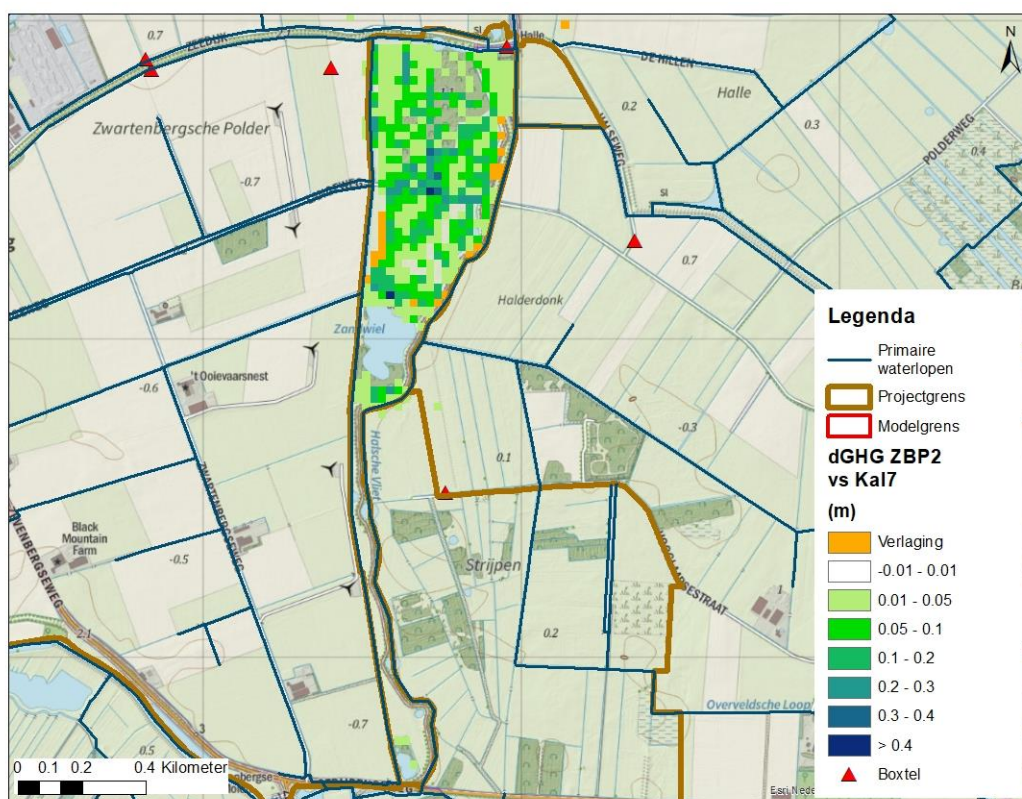
Figuur 0-5 geeft het verschil in GHG weer. In de GHG situatie verandert er niet heel veel. Water stond al op veel plekken aan maaiveld in de GHG situatie en dat verandert niet sterk. De toename van de GHG is 0,01 – 0,1 m voor de meeste locaties. Verder is er geen uitstraling buiten het projectgebied zichtbaar. Het gebied is in het scenario nog natter geworden, dit is ook zichtbaar in Figuur 0-6. 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 0-7. De toename voor de meeste plekken is tussen de 0,05 en 0,3 m, op sommige locaties is dit meer dan 0,4 m. Figuur 0-8 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.

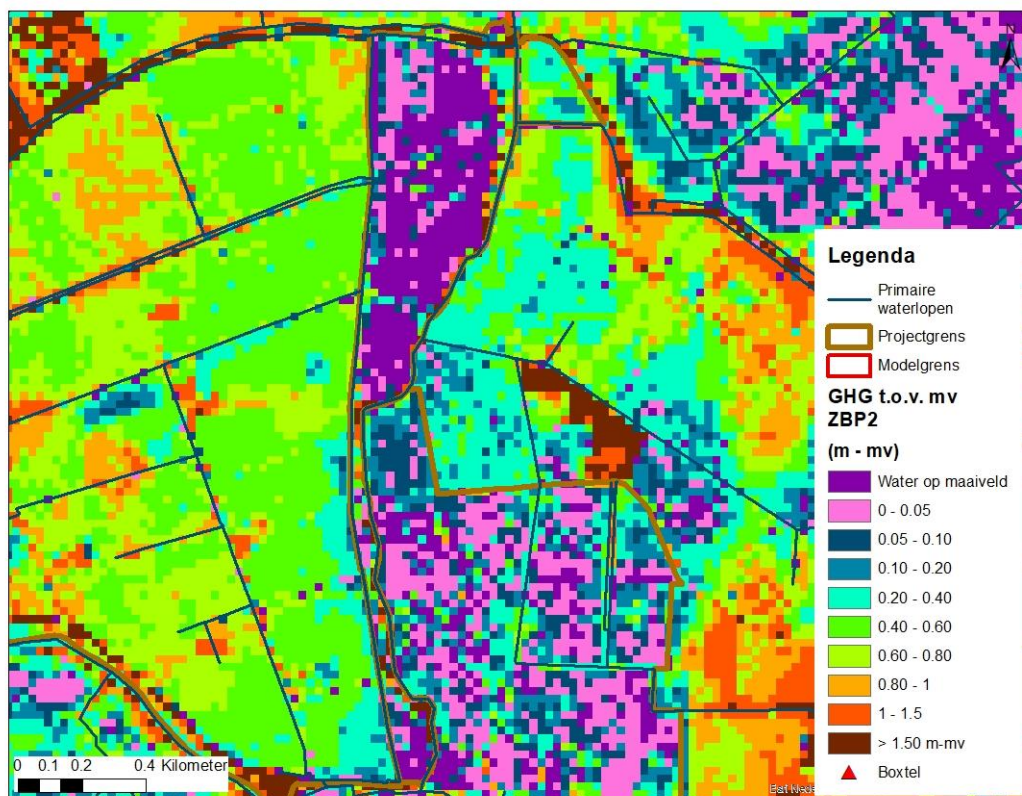
De grootste veranderingen treden op tijdens GLG situaties, zie Figuur 0-9. Tijdens GLG situaties is meer water beschikbaar dan in de autonome situatie en wordt komt door de afgravingen de GLG ondieper ten opzichte van maaiveld te liggen. Voor een groot deel van het gebied neemt de GLG met meer dan 0,4 m toe. Er is ook lichte uitstraling zichtbaar buiten de Zwartenbergsche Polder. Deze is echter zeer klein, tussen de 0,01 – 0,05 m 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 t.o.v. maaiveld namelijk 1 – 1,5 meter onder maaiveld voor het grootste deel van de polder Zwartenbergse Polder (zie Figuur 0-10). In het natuurgebied Zwartenbergse Polder geeft Figuur 0-10 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 m weg onder maaiveld. Voor de rest van het gebied zakt de GLG weg tussen de 0,2 en 0,8 m – mv.

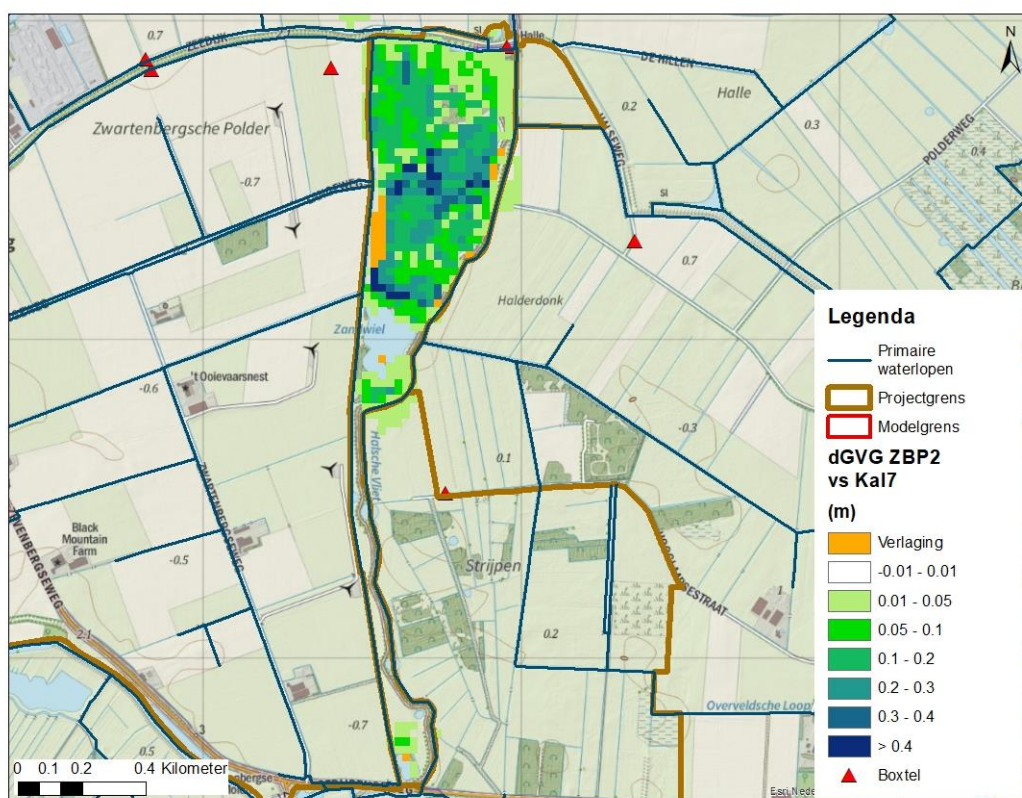
De kwel in natuurgebied Zwartenbergse Polder neemt toe ten opzichte van het gekalibreerde model (zie Paragraaf 6.2.3). Figuur 0-11 toont dat kwel nu niet meer voornamelijk in de watergangen plaatsvindt, maar in een groter deel van gebied. De ruimtelijke variatie in de kwel is nog steeds groot.



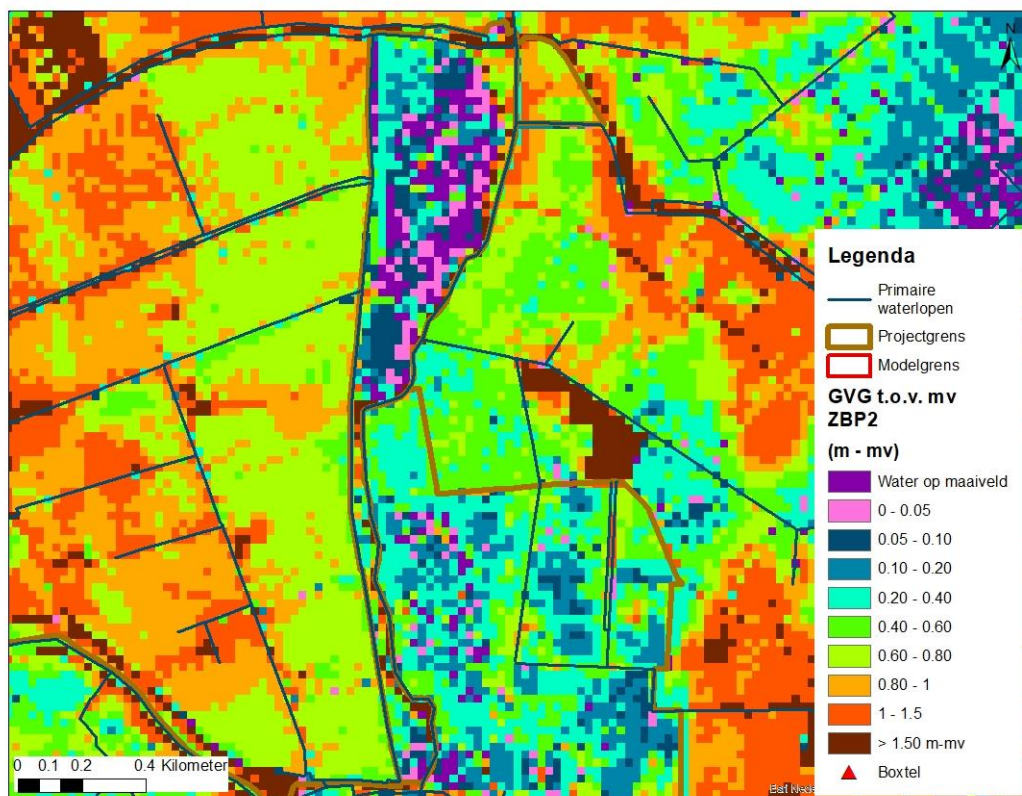
Figuur 0-5 Verschil in GHG tussen het gekalibreerde model en scenario Zwartenbergse Polder.



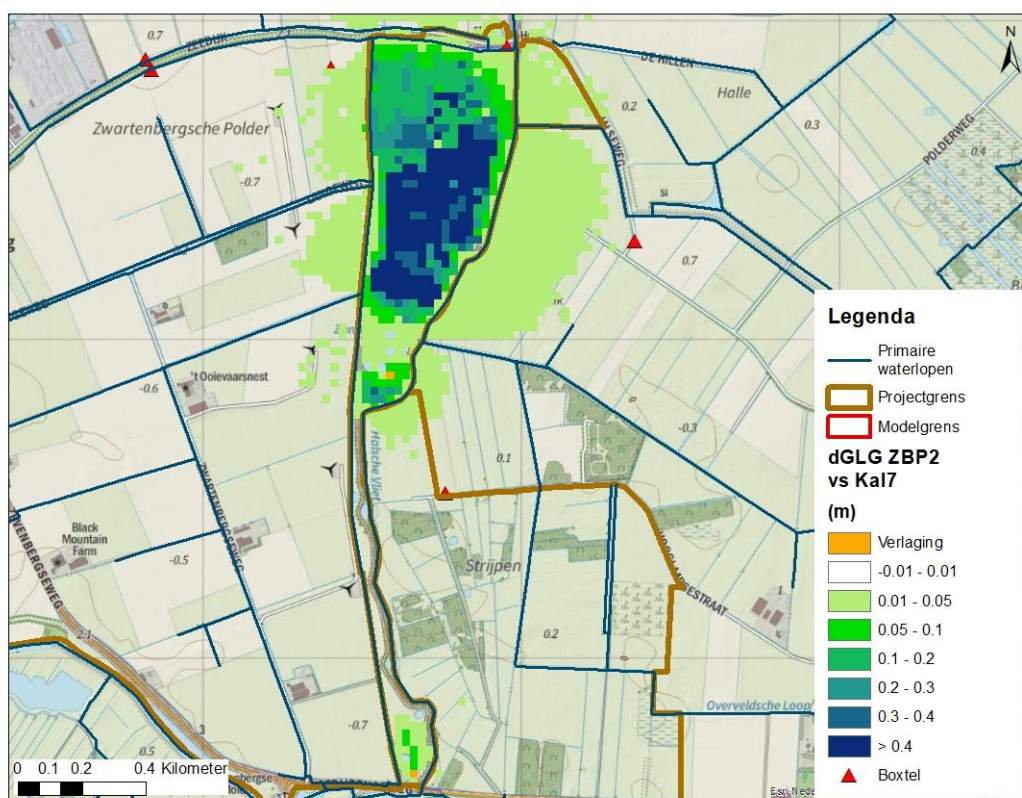
Figuur 0-6 GHG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder.



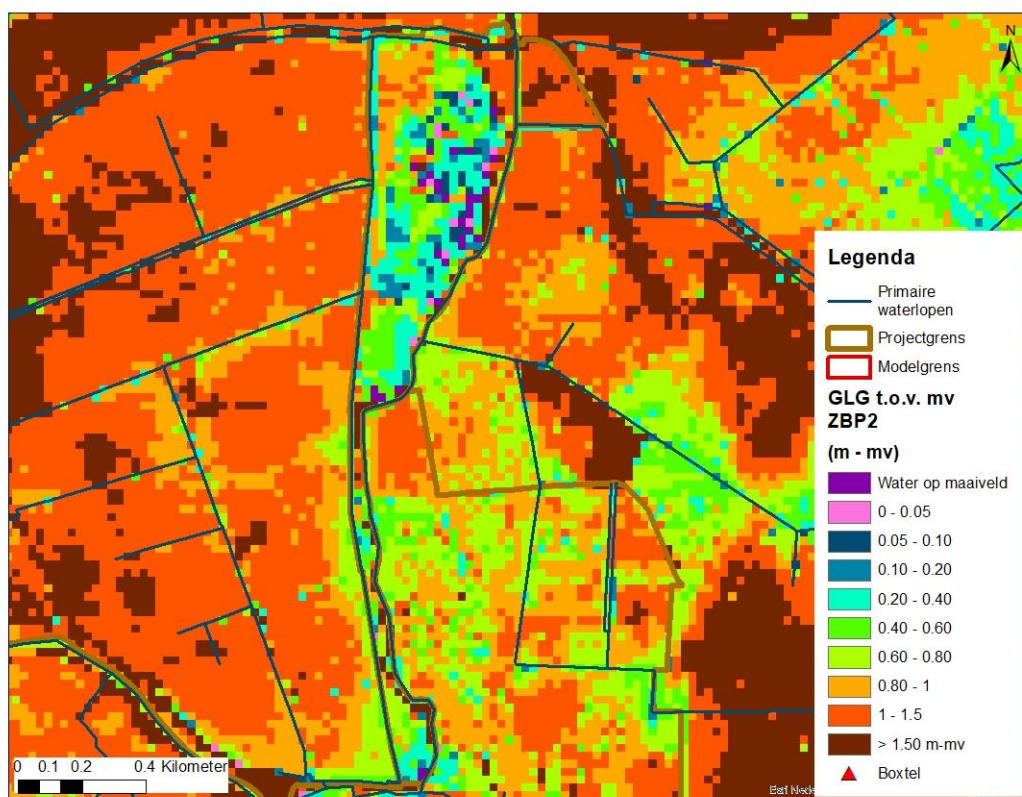
Figuur 0-7 Verschil in GVG tussen scenario Autonom en scenario Zwartenbergse Polder.



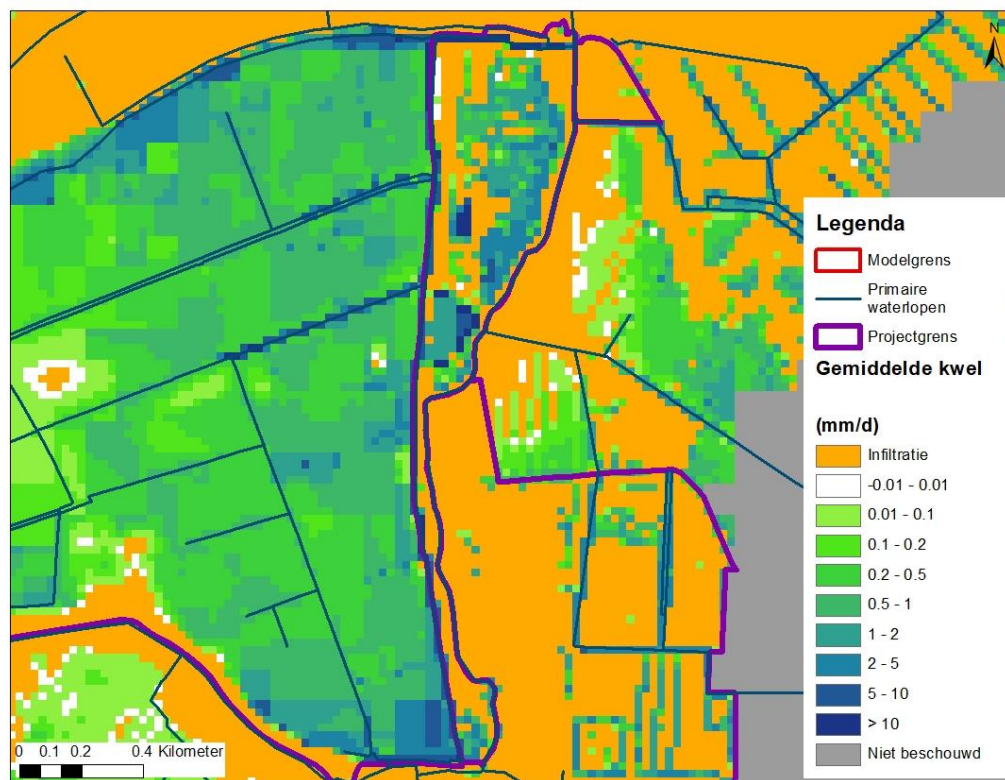
Figuur 0-8 GVG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder



Figuur 0-9 Verschil in GLG tussen scenario Autonom en scenario Zwartenbergse Polder.



Figuur 0-10 GLG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Zwartenbergse Polder



Figuur 0-11 Gemiddelde kwel in het scenario Zwartenbergse Polder.

Kelsdonk/Zwermlaken

In het natuurgebied Kelsdonk/Zwermlaken zijn een aantal maatregelen gepland om bepaalde natuurdoelen binnen het gebied te bereiken ([verwijzing naar vogelvluchtkaat?](#)). Het gaat hierbij om onderstaande maatregelen:

- Verandering in peilbeheer en wateraanvoer (Paragraaf **Fout!**
Verwijzingsbron niet gevonden.Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.)
- Uitgraven van petgaten (Paragraaf 9.2)
- Aanleg bebossing (Paragraaf 9.3)

9.1 Verandering in het peilbeheer en wateraanvoer

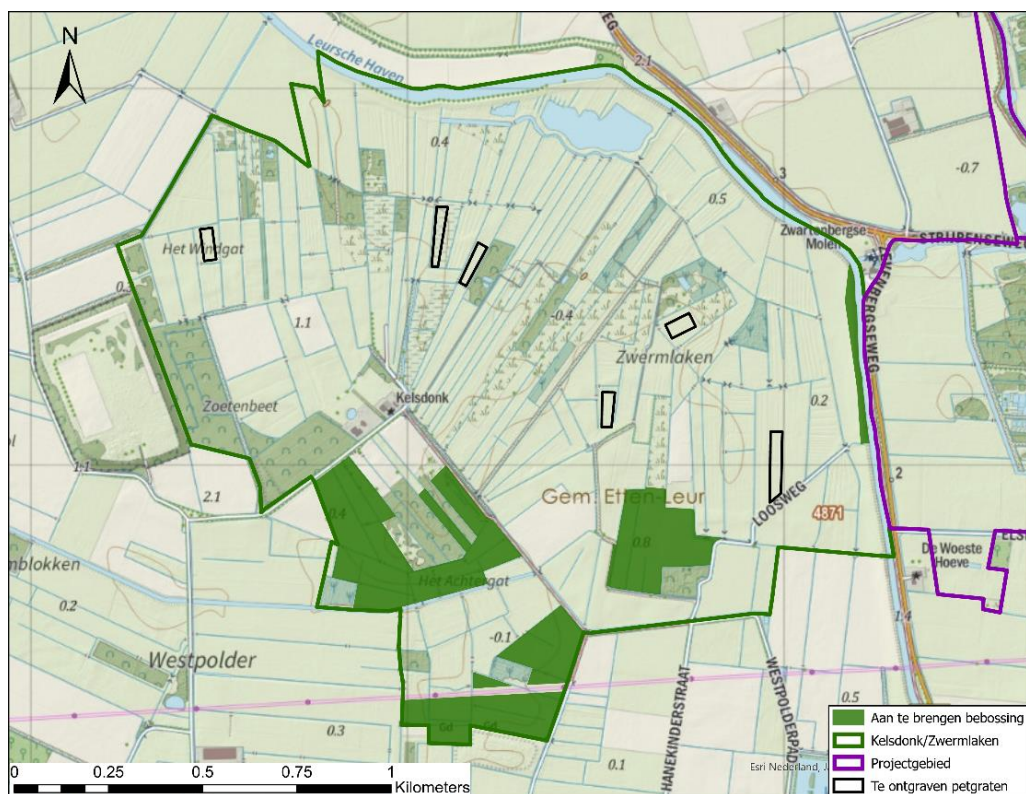
In het natuurgebied Kelsdonk/Zwermlaken (met groen omlijnd gebied in Figuur 0-1) zal een flexibel peil worden gehanteerd. Waar het zomerpeil eerst -0,9 m + NAP en het winterpeil -0,4 m +NAP waren, wordt het peilbeheer nu jaarrond hetzelfde. Het flexibele peil wordt gecreëerd door middel van het aanpassen 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).

9.2 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 0-1 geeft de locaties van de petgaten weer.

9.3 Aanleg bebossing

Op een aantal locaties in het gebied Kwelsdonk/Zwermlaken zal bebossing worden aangelegd. De locaties zijn aangegeven in Figuur 0-1. 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.

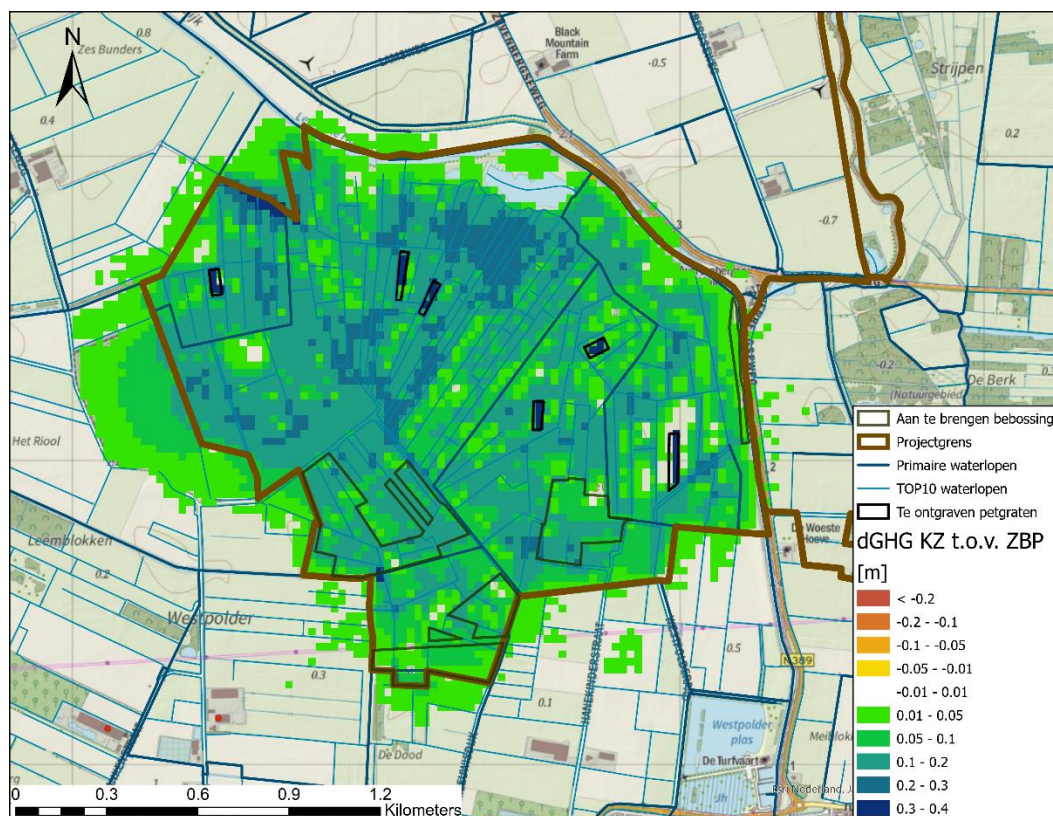


Figuur 0-1 Locaties van de te graven petgaten en aan te leggen bebossing.

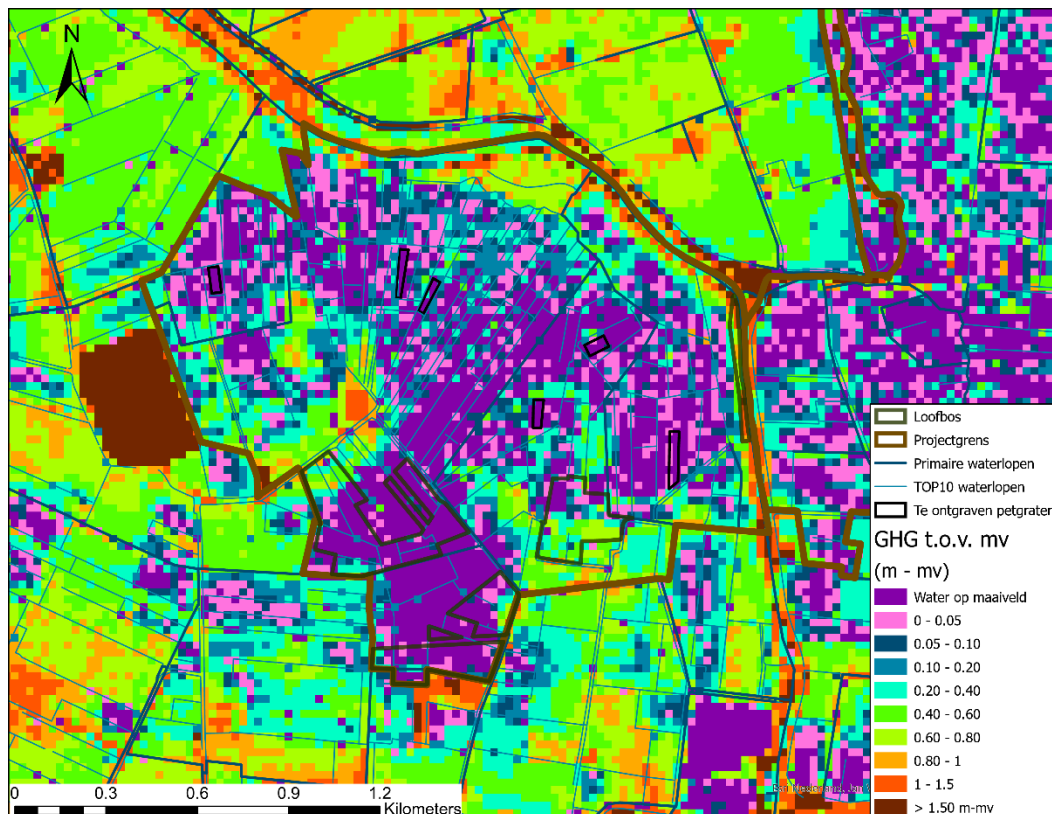
9.4 Resultaat

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 0-2. 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 0-3 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.

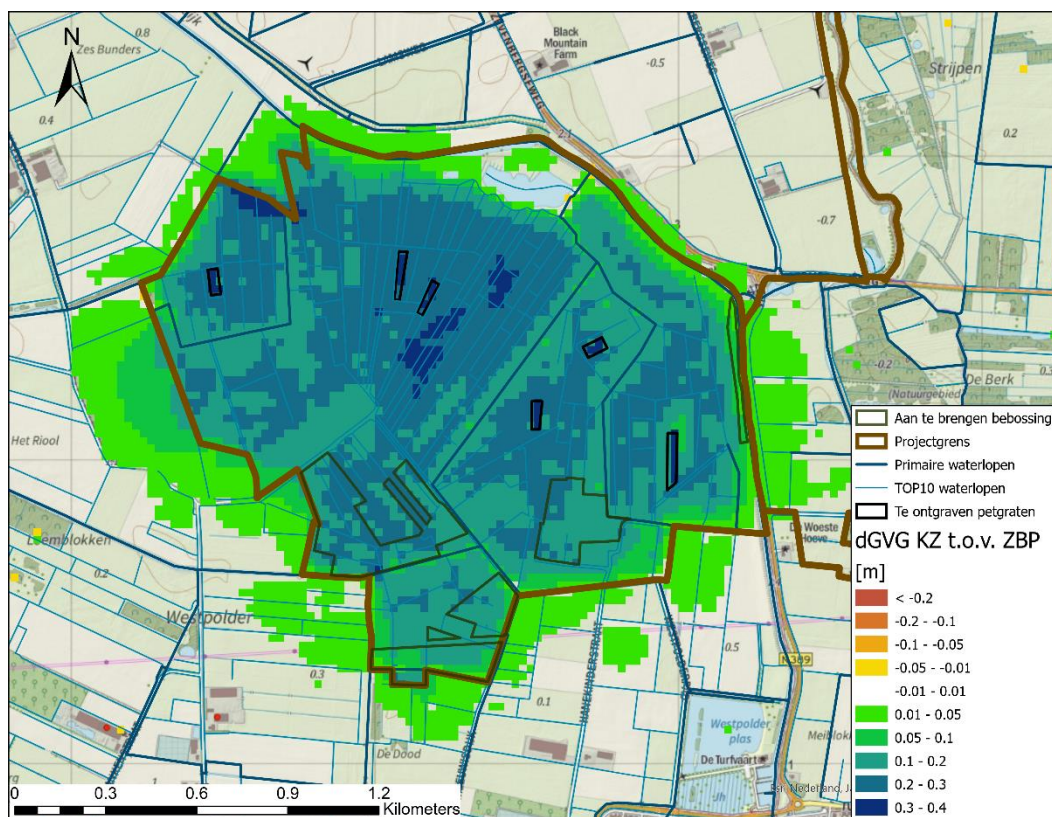


Figuur 0-2 Verskil in GHG tussen het scenario Zwartenbergse Polder + Autonom (referentiescenario) en scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

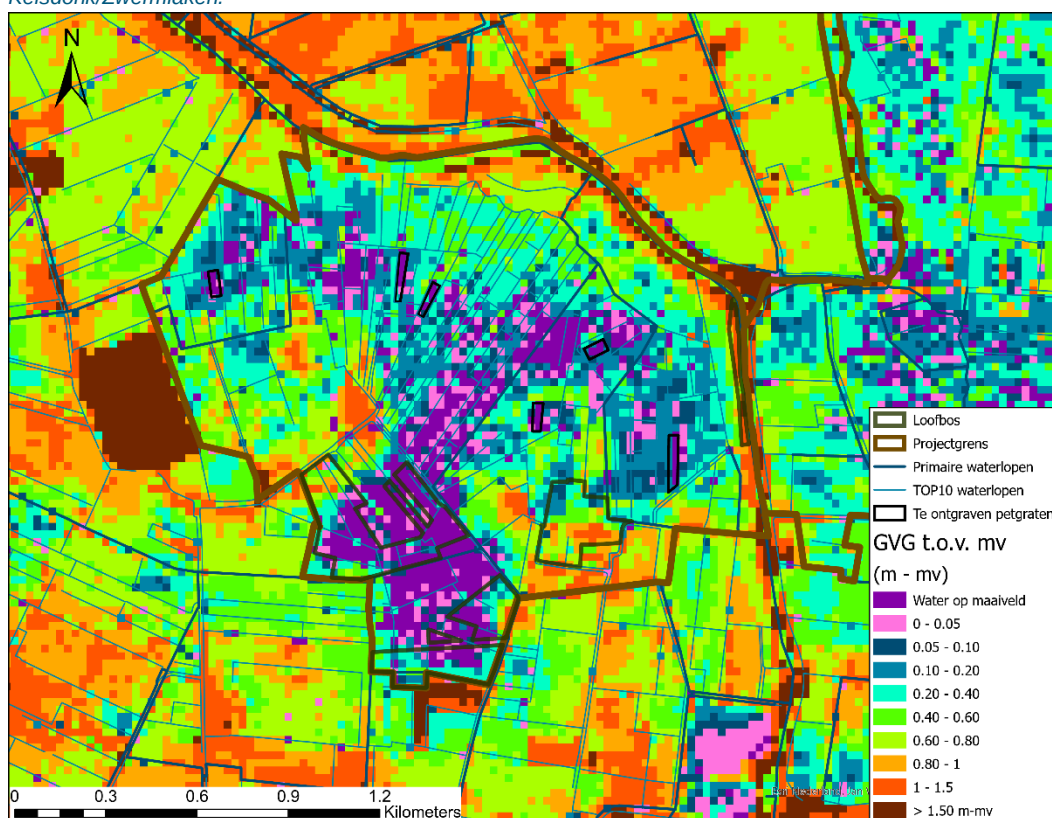


Figuur 0-3 GHG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

In de GVG-situatie stijgt de grondwaterstand in het gehele gebied, zie hiervoor Figuur 0-4, 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 0-5 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.

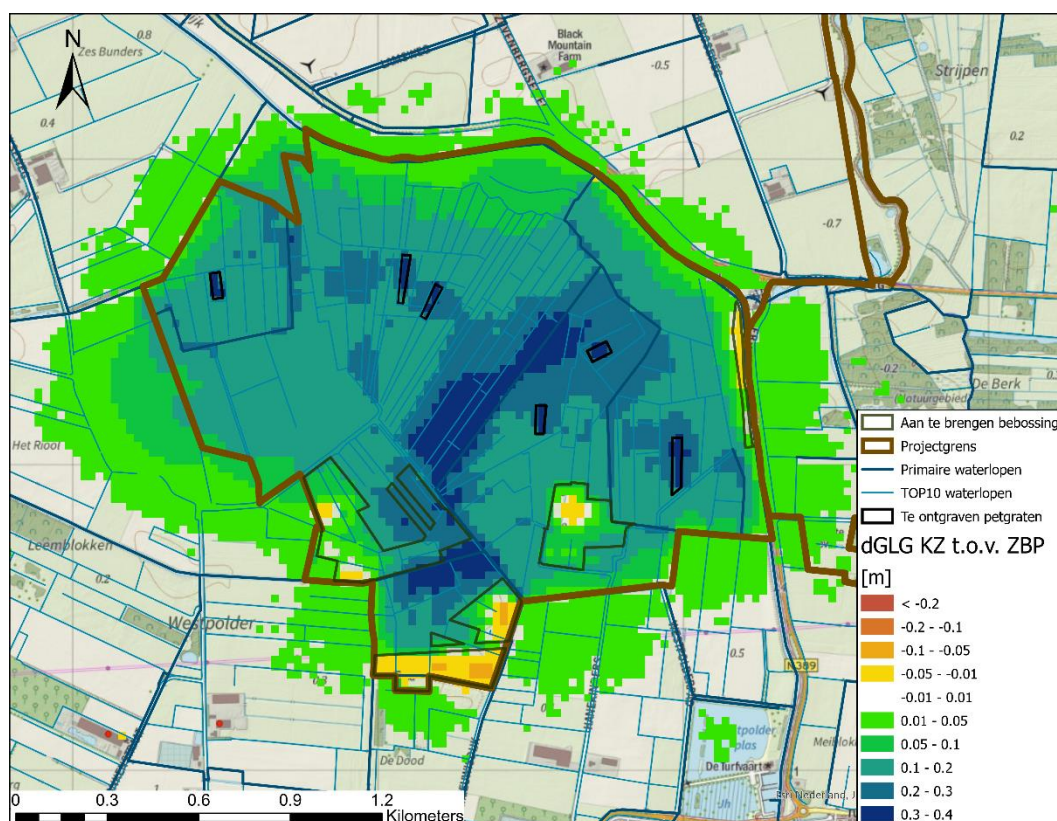


Figuur 0-4 Verschil in GVG tussen het scenario Zwartenbergse Polder + Autonom (referentiescenario) en scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

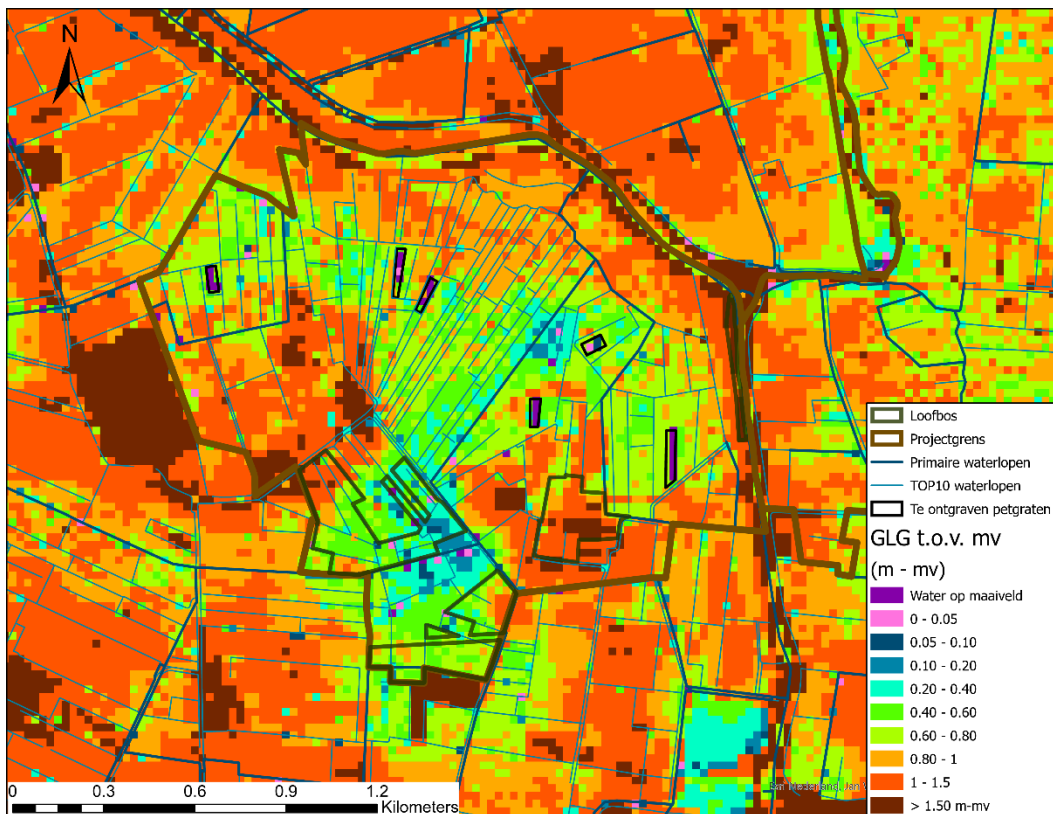


Figuur 0-5 GVG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

De GLG-situatie, die voornamelijk in de zomer optreedt, toont gemiddeld een forse stijging in het gebied (Figuur 0-6). 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.

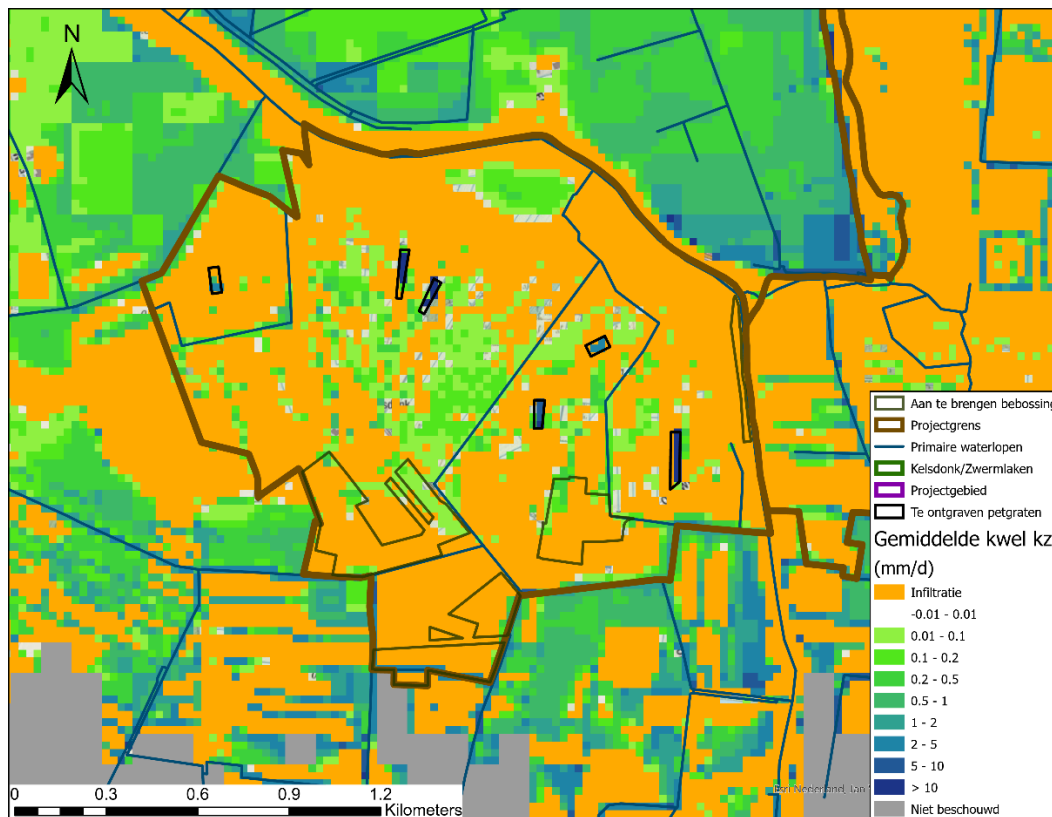


Figuur 0-6 Verskil in GLG tussen het scenario Zwartenbergse Polder + Autonom (referentiescenario) en scenario Kelsdonk/Zwermlaken.



Figuur 0-7 GLG ten opzichte van maaiveld voor het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

In Figuur 9-9 is de gemiddelde kwel in mm/dag weergegeven. De kwel neemt vooral in de petgaten toe, zie Figuur 0-8. 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 0-8 Gemiddelde kwel in het scenario Kelsdonk/Zwermlaken.

Strijpen en de Berk

10.1 Maatregelen

PM

10.2 Resultaat

PM

Literatuur

PM Arcadis, 2016 DO 2016

PM Arcadis, 2010 Bodemkaart

PM Vogelvluchtkaart Kelsdonk/Zwermlaken

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

BIJLAGE B 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.

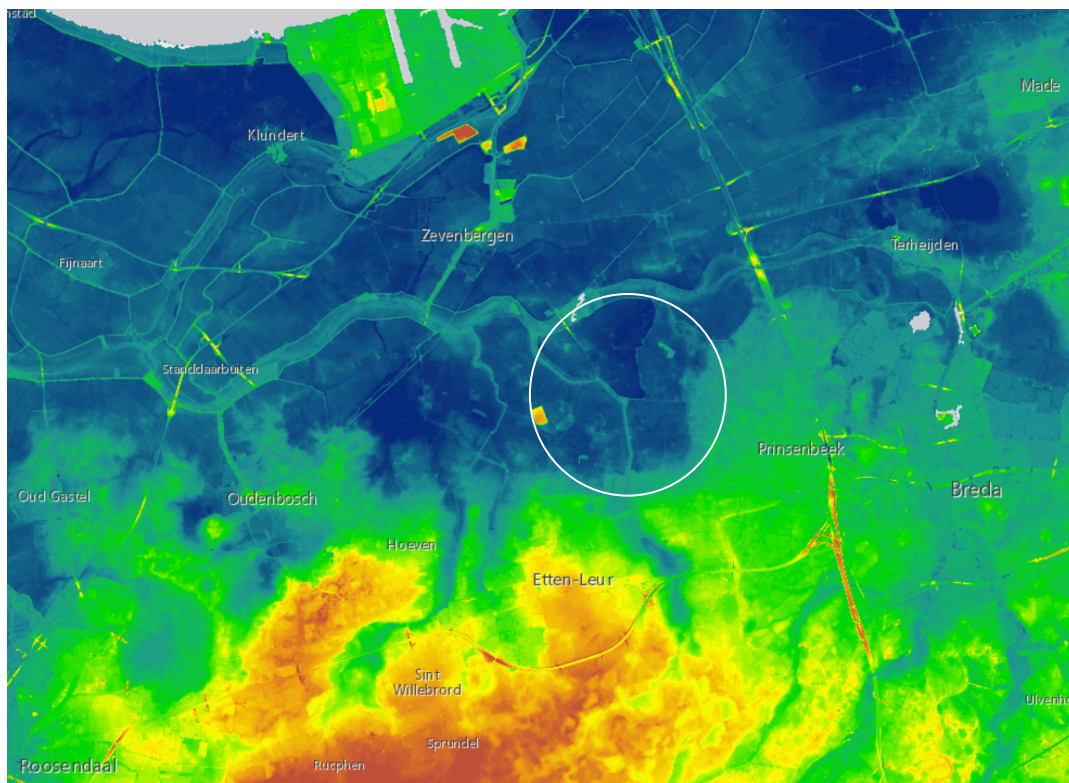
Deze LESA is in delen opgesteld, het proces van de drie deelgebieden volgend. Gaandeweg kwam ook meer informatie beschikbaar, met name uit de grondwatermodellering. Deze is (binnen deze rapportage) wel meegenomen in de analyse van het laatste deelgebied, maar niet in de eerdere deelgebieden. In de andere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

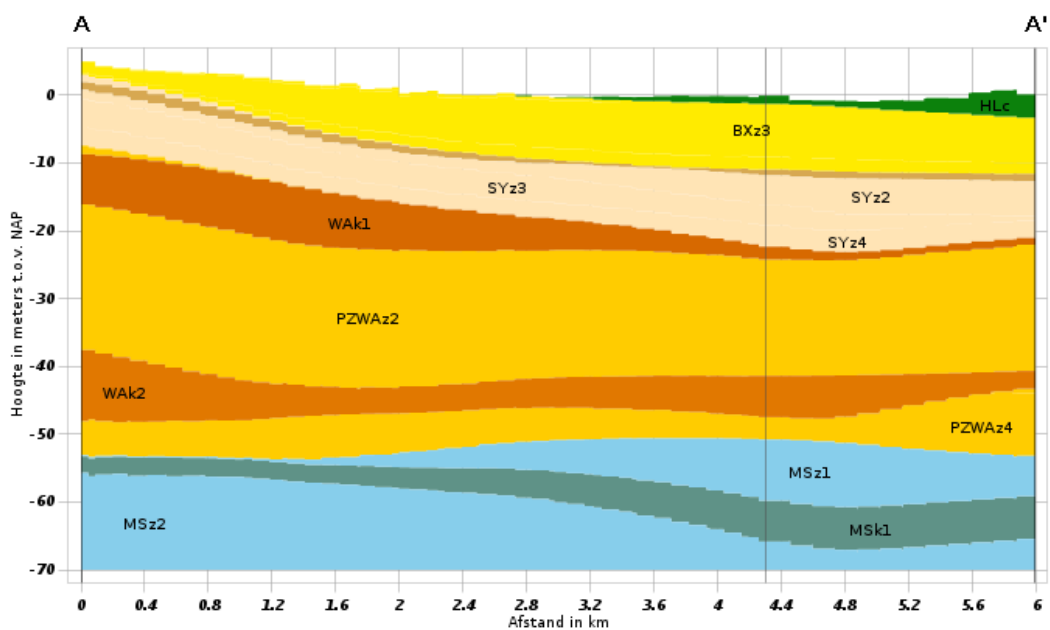
Pleistoceen: zanden en kleilagen

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 Holoceen (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 dunnere 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 dun 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 dunner.

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= Holoceen, Bx= Boxtel, SY= Stramproy, WA= Waalre, PZW= Peize/Waalre, MS=Maassluis. z=zand, k=klei.



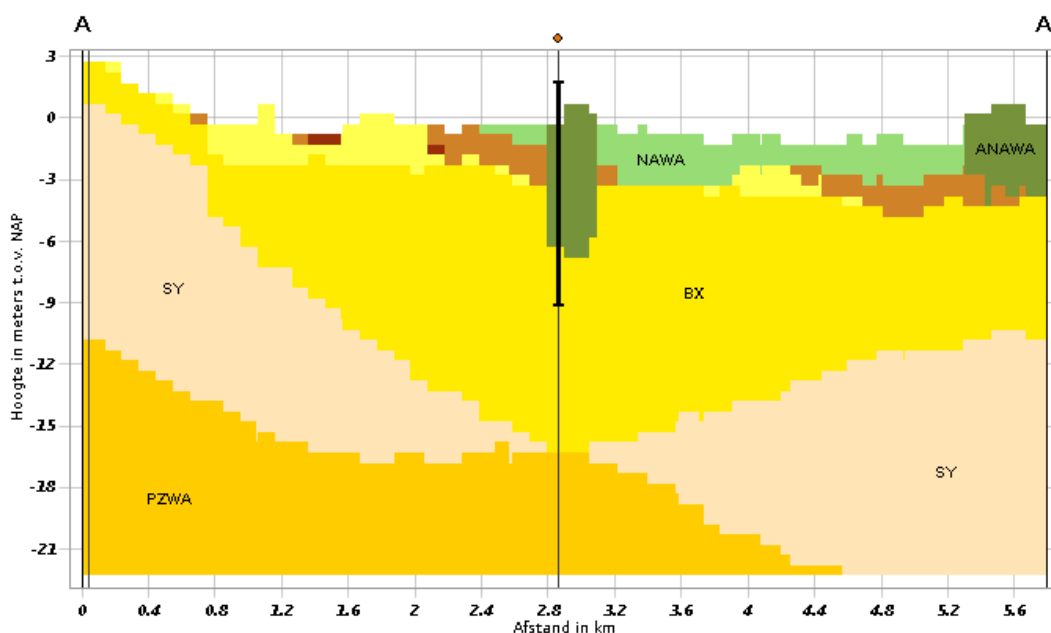
Afdekking van de oude riviersedimenten vond plaats in de laatste ijstijd van het Pleistoceen. In het toendralandschap had de wind vrij spel en glooiende pakketten sterk gelaagde, leemhoudende dekzanden afgezet. Door sneeuwsmeltwater ontstonden zogenaamde fluvioperiglaciale afzettingen, zoals de Brabantse 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 Holocene (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).

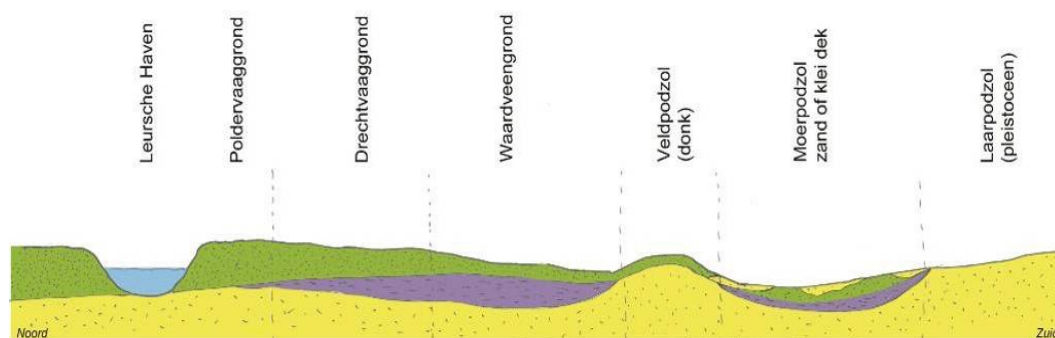
Geohydrologie

De grondwaterstroming in het gebied is noordelijk gericht (van links naar rechts in de doorsnedes) en in de lager gelegen delen treed kwel op vanuit de formatie van Bortel 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 Bortel 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 opgezaad, 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 Strijpen 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, Strijpen 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:

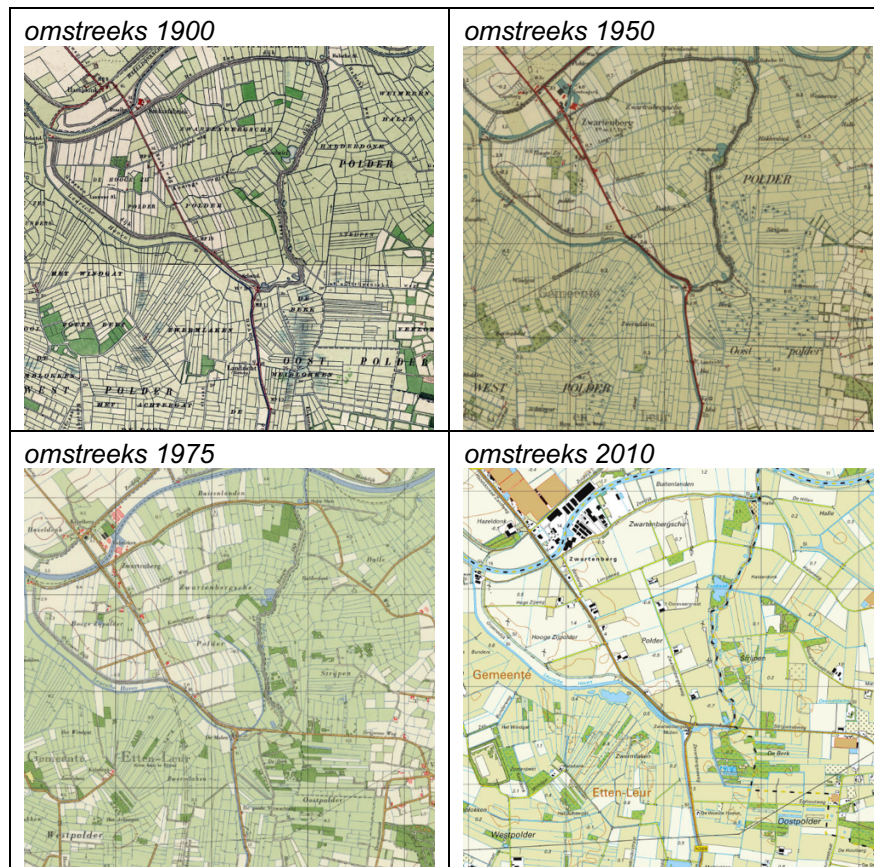
- Bodems die ook beneden de bouwvoor zijn bewerkt middels woelen of diepploegen. Deze vorm van bodembewerking is meestal een eenmalige ingreep geweest ten behoeve van de verbetering van de agrarische productiemogelijkheden van deze gronden. Deze “verstoring” is tot op diepten van 80 cm beneden maaiveld 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 Zwermlaken 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

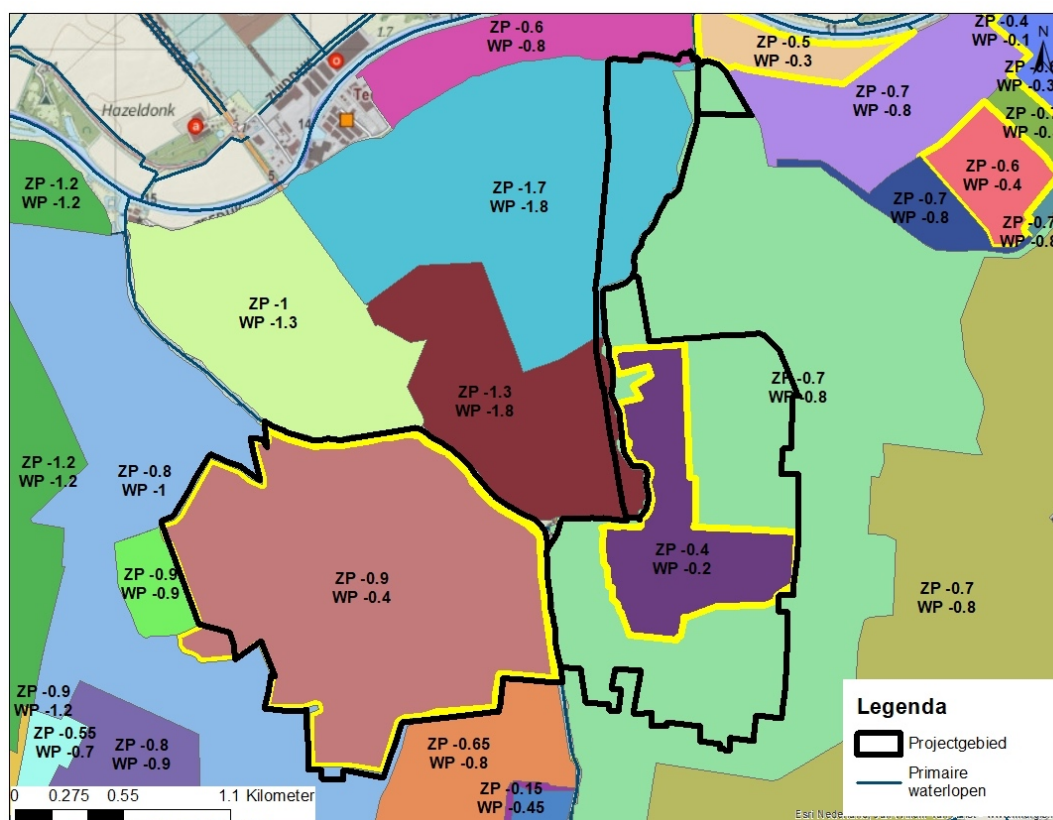
De oppervlaktewaterhuishouding in het gebied is complex en niet alle details zijn bekend bij het Waterschap (mond. med. I. Menger, WSBD). In grote lijnen zijn de peilgebieden weergegeven in figuur 2.7.

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.



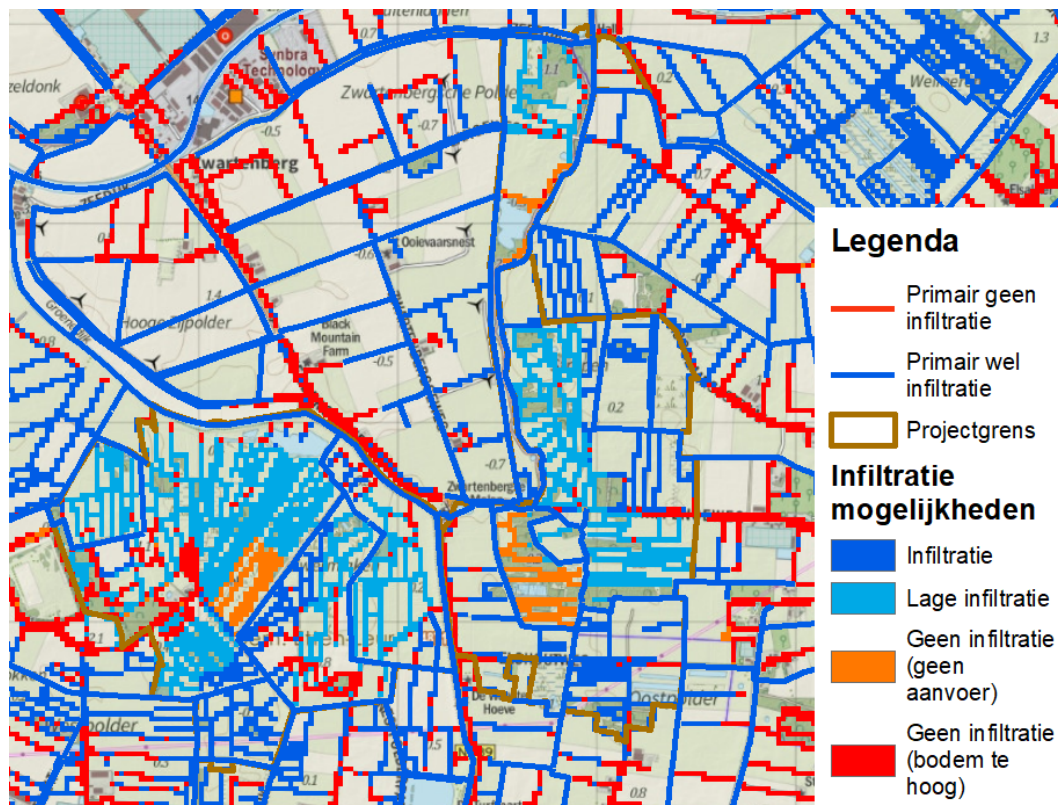
In de Zwartenbergse polder wordt momenteel een zomerpeil van -1,7m+NAP en een winterpeil van -1,8m+NAP gehanteerd; in het zuiden is het zomerpeil hoger, -1.3m+NAP. In de Halsche vliet en een deel van Strijpen/De Berk geldt een zomerpeil van -0,7 en een winterpeil van -0,8 m+NAP. In het natuurgebied van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

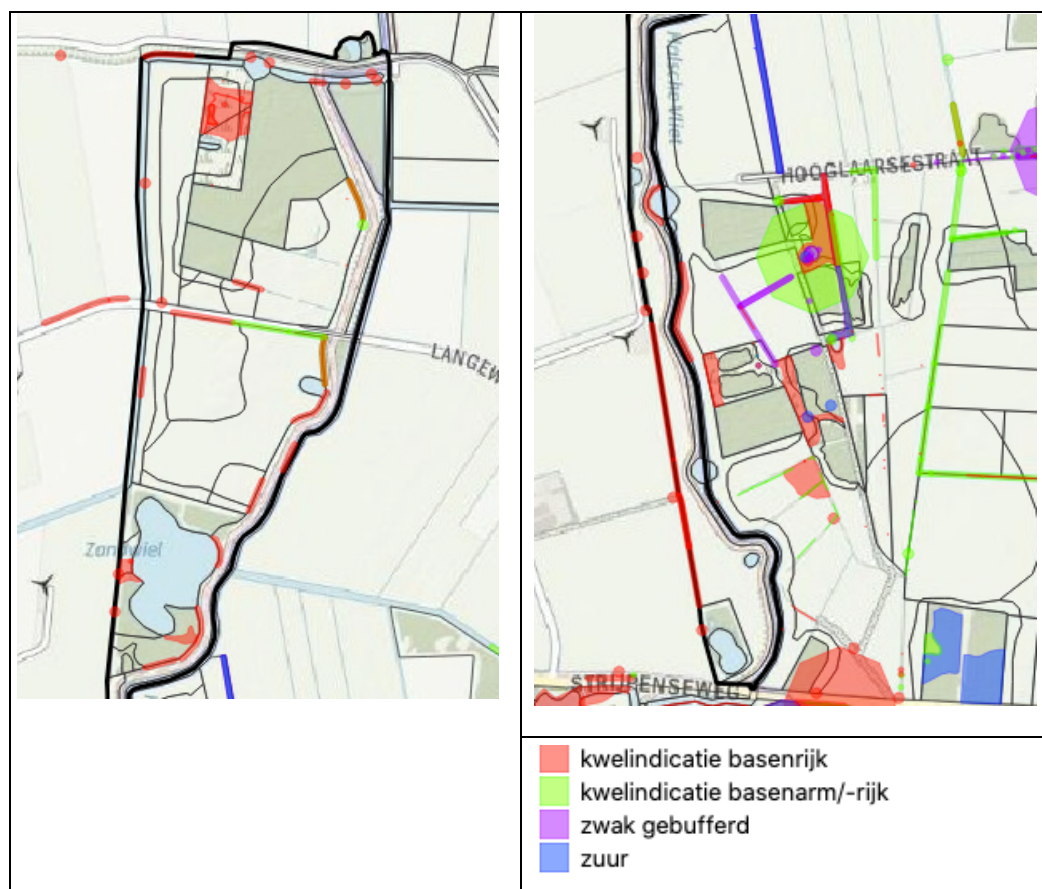
In het verleden kwamen in het plangebied zeer bijzondere plantensoorten voor. De meest kritische soorten als vlogzegge, groenknolorchis, kleine valerian, melkviooltje, spaanse ruiter, vleeskleurige orchis en moeraskartelblad zijn begin jaren zestig uitgestorven. Draadzegge, gewone dotterbloem en waterdrieblad 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.

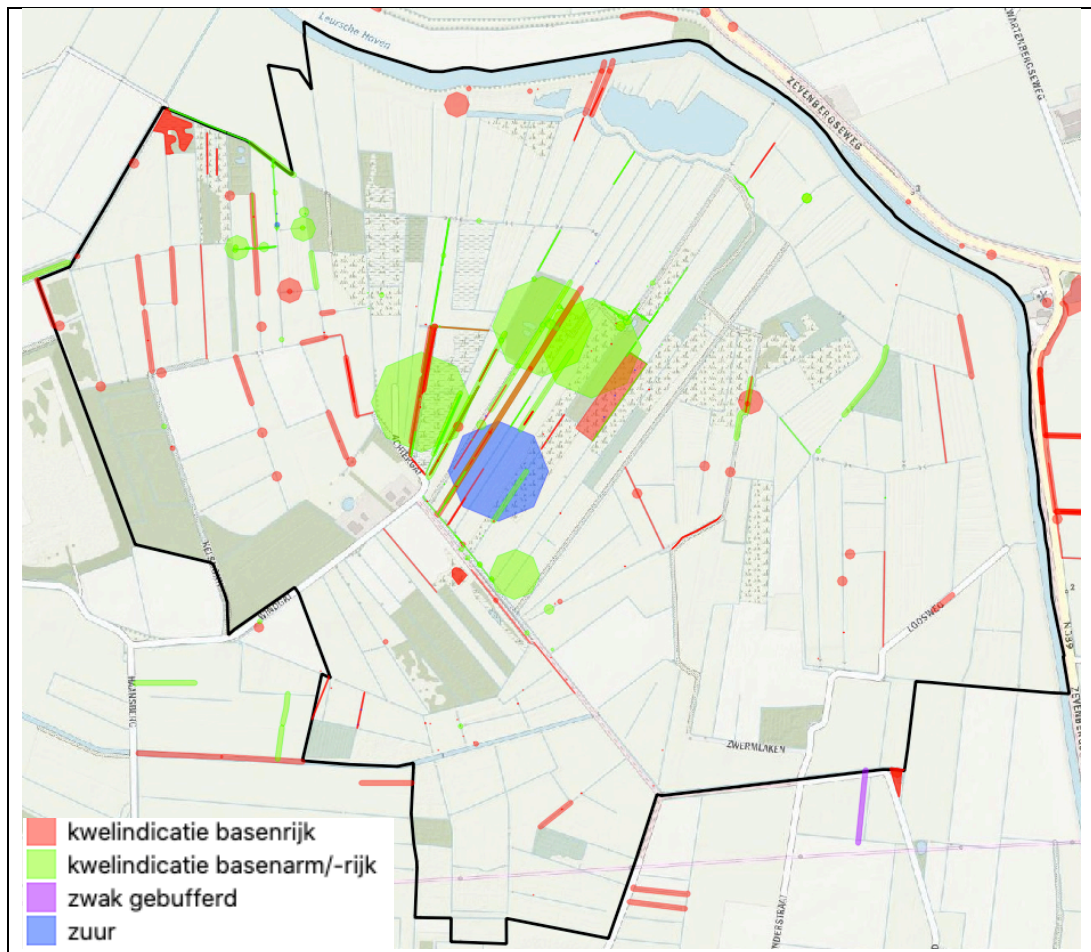


Figuur 2.9. Voorkomen van indicatieve planten na 1990 in deelgebied de Zwartenbergse polder (links: noordelijk deel, rechts: zuidelijk deel. Bron: NDFF. Voor soorten en hun indicaties zie bijlage II



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 **Strijpen & De Berk**

Strijpen 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 Strijpen/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, biezknoppen 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).

Strijpen: minder basenrijk, maar wel voedselarme kwel

Ten noorden van de Strijpense weg, in het deelgebied Strijpen, zijn de genoemde soorten veel zeldzamer. In het oosten van Strijpen 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 Strijpen, 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

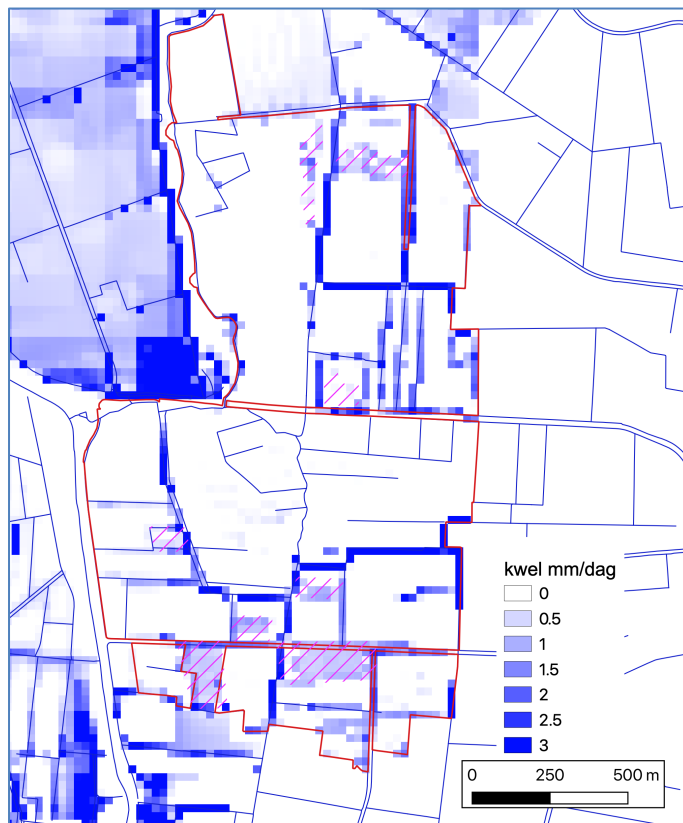
Tijdens het veldbezoek zijn aanvullende waarnemingen gedaan. In het meest westelijke deel van het gebied is vooral intensief agrarisch grasland aanwezig. Direct ten oosten van het pad zijn voedselrijke natte graslanden aanwezig met dominantie van ruwe smele en pitrus, en op enkele plekken ook concentraties 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

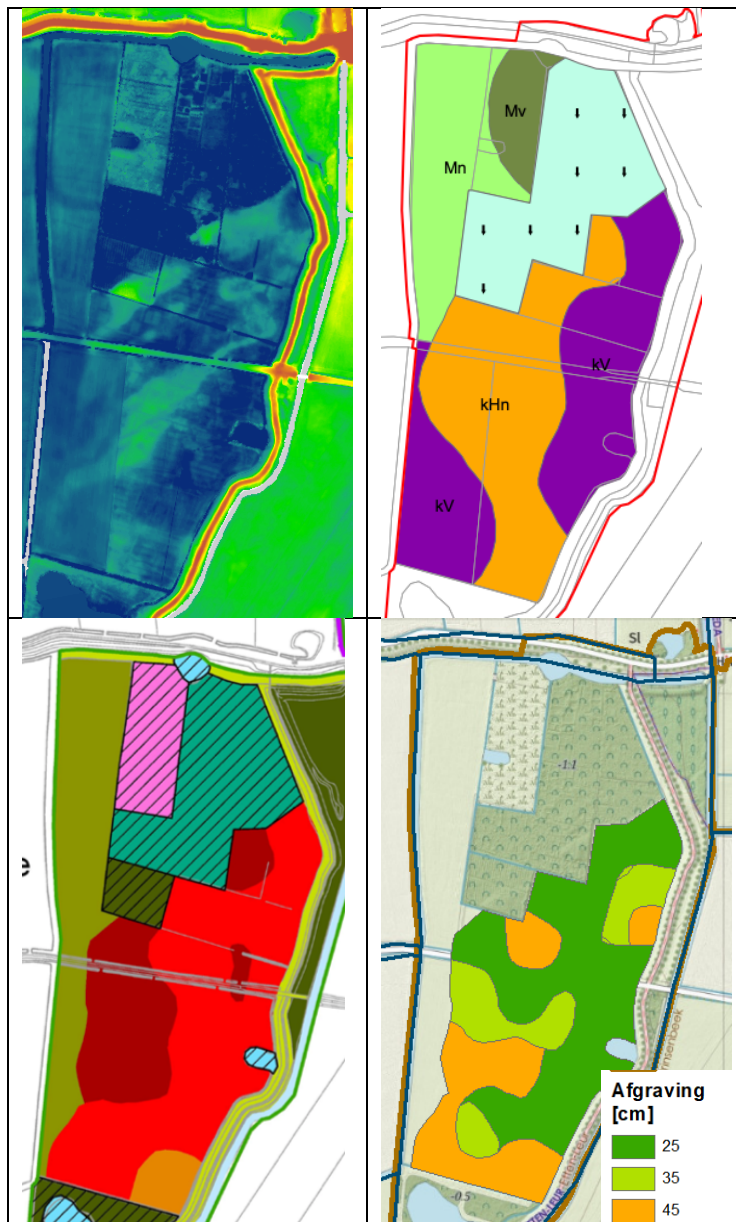
In de Zwartenbergse polder zijn indicaties voor uittredend kwelwater in de sloten en ten noorden van de Langeweg mogelijk ook in de percelen. In de percelen ten noorden van de Langeweg indiceert de aanwezige vegetatie dat (nat) schraalland haalbaar is als de bovenlaag wordt verwijderd tot op het onveraaarde 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 faunarijk 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

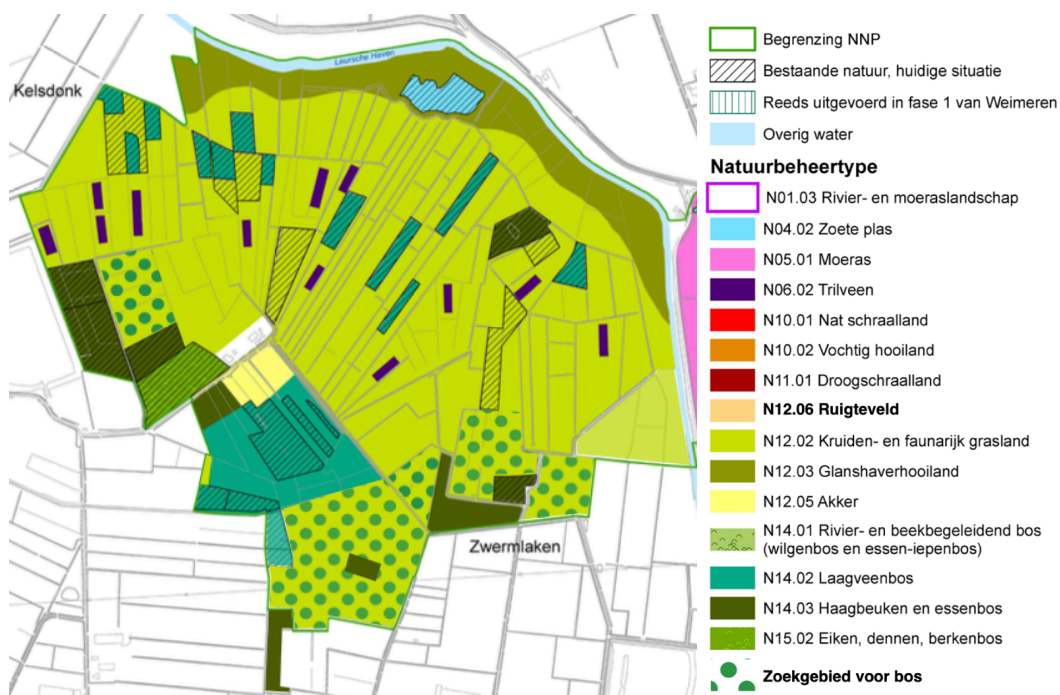
In Kelsdonk/Zwermlaken liggen twee grote donken met een hoge archeologische verwachtingswaarde; op de oostelijke donk zijn resten van een kampement uit de steentijd aangetroffen. Het overige deel van dit deelgebied bevat een karakteristiek verkavelingspatroon uit de Middeleeuwen, waarbij het lang ontgonnen 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.

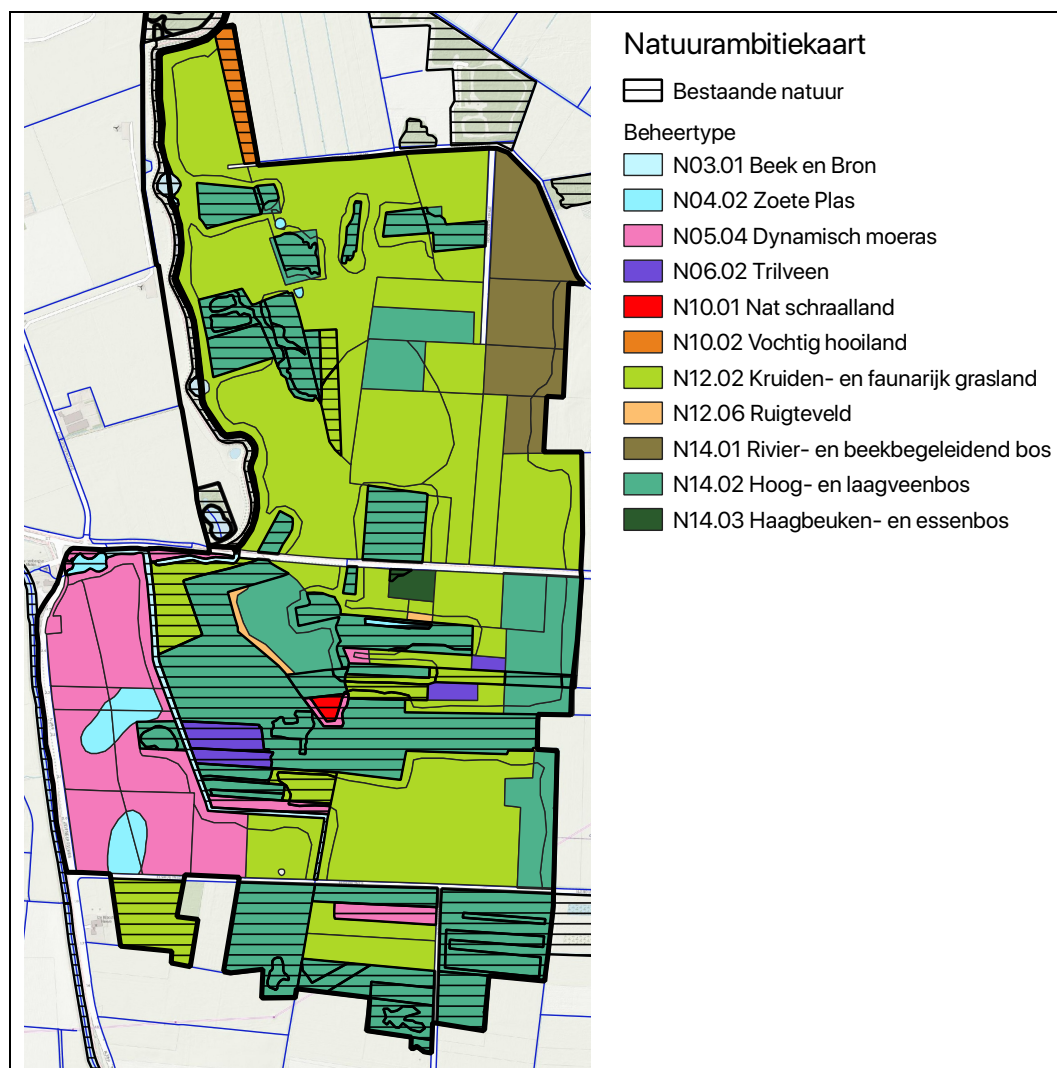
Trilveen

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.

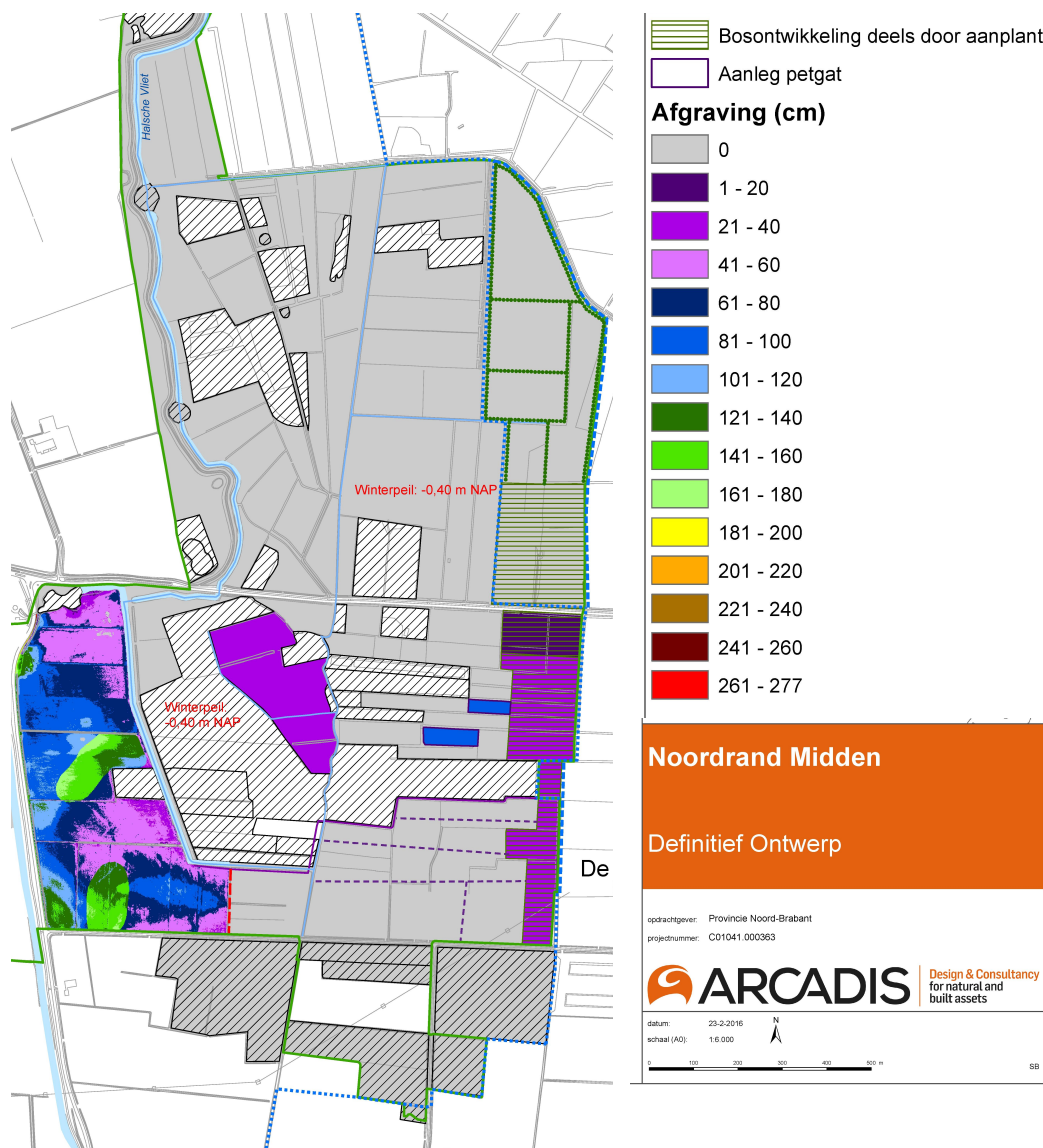
Bossen

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):

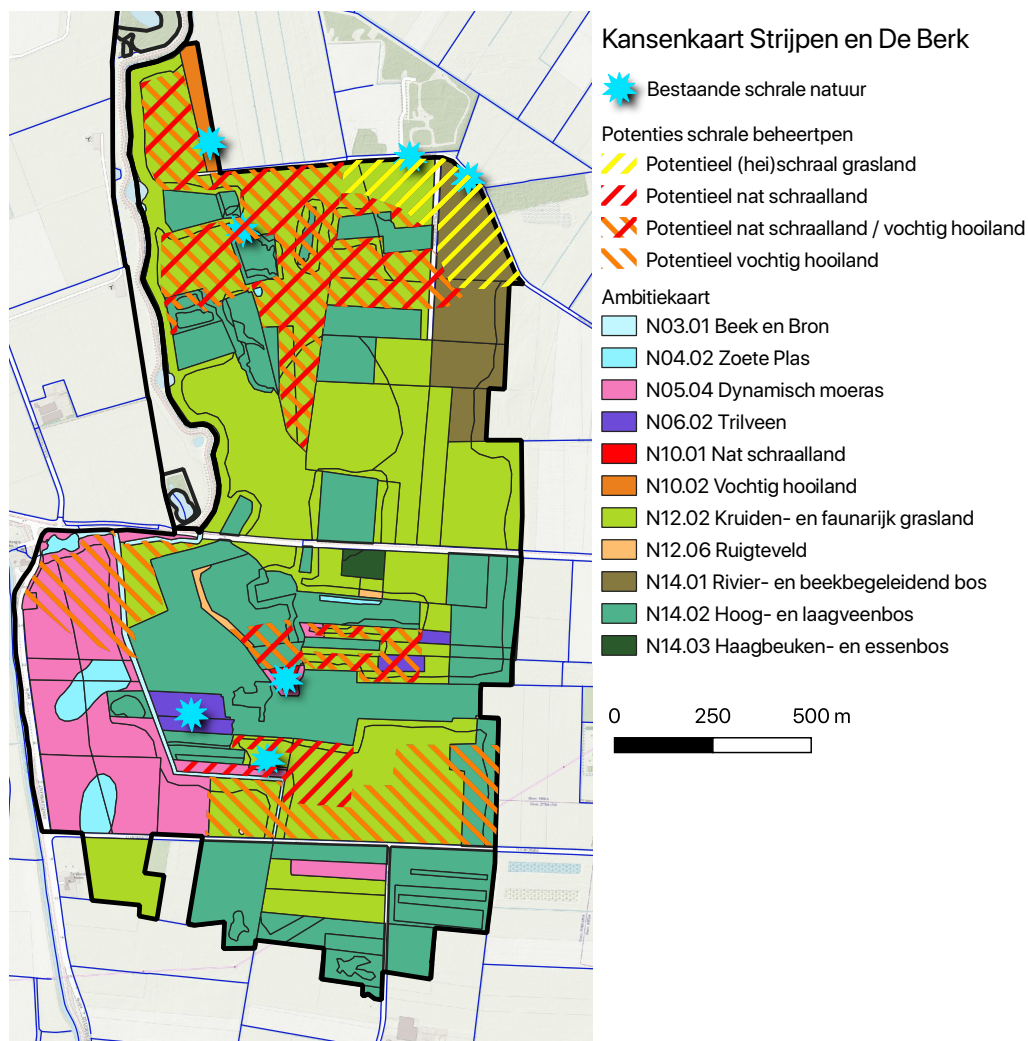
- op enkele percelen waar de kleilaag is verwijderd heeft zich wel degelijk nat schraalland ontwikkeld;
- andere percelen laten een ontwikkeling zien in de richting van dotterbloemhooiland (onderdeel van vochtig hooiland), maar voedselrijkdom en pitrus zijn een probleem. De beschikbare fosfaatgehaltes 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 Boxtel (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 Boxtel. 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.

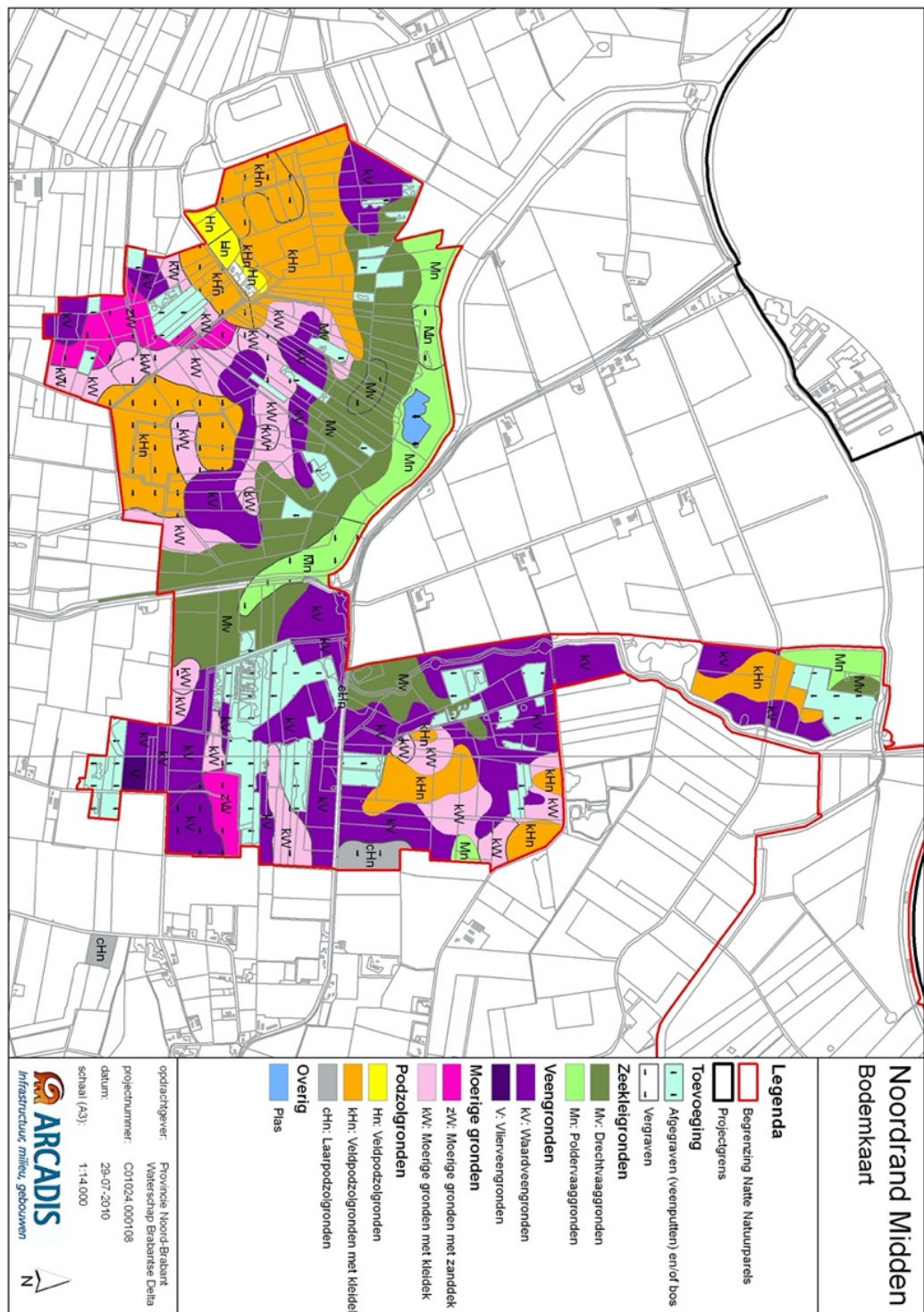


5 Literatuur

- 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 STUDIE HAALBAARHEID NATUURDOELEN

Haalbaarheidsstudie natuurdoelen Kelsdonk-Zwermlaken



eindrapport

Opdrachtgever: Arcadis • Projectnummer: PR-21.129 • Rapportnummer: RP-21.129.21.97

• Datum: 19-10-2021

Auteurs: 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 Kelsdonk-Zwermlaken

Opdrachtgever: Arcadis

Auteurs:

Roos Loeb

Rapportnummer: RP-21.129.21.97

Foto voorzijde: Rob van de Haterd

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
Inleiding en doelstelling	4
Materiaal & Methode	6
Veldwerk	6
Chemische analyses	8
Resultaten	10
Bodemprofielen	10
Bodem -en poriewatermetingen	12
Nader onderzoek oude petgaten	22
Kwaliteit water Leursche Haven en Halsche Vliet	23
Conclusies.....	24
Sturende processen in porie- en grondwaterkwaliteit.....	24
Bodemkwaliteit	29
Conclusies hydrologie	30
Conclusies kwaliteit water Leursche Haven en Halsche Vliet voor inlaat	30
Conclusie aanleg petgaten	31
Literatuur	37
Bijlage 1 Poriewateranalyses.....	41
Bijlage 2 Bodemanalyses.....	42

Inleiding

Inleiding en doelstelling

Arcadis en Bureau Waardenburg maken in opdracht van Provincie, Waterschap en Staatsbosbeheer een inrichtingsplan voor het gebied "Noordrand Midden-West" (NRW-W) ten noorden van Etten-Leur. Het inrichtingsplan is gesplitst in drie deelgebieden; de Zwartenbergse polder, Kelsdonk/Zwermlaken en Strijpen/De Berk.

Er is een eenvoudige LESA gemaakt voor het gebied (Van de Haterd, 2021), waarin voor elk deelgebied leemten in kennis zijn beschreven met betrekking tot de realisatie van de beoogde natuurambitie. Voor het deelgebied Kelsdonk/Zwermlaken staat het beheertype trilveen op de natuurambitiekaart, hetgeen een type is dat kritisch is ten aanzien van de abiotische condities. De belangrijkste kennisleemten betreffen dan ook het realiseren van deze trilveenvegetaties. Daarnaast zijn tijdens expertsessies kennisleemten geïdentificeerd. De kennisleemten ten aanzien van abiotische condities zijn:

1. Is het mogelijk trilveen te realiseren op de aangewezen locaties, gezien de grondwater- en bodemcondities?
2. Zo niet, is trilveen dan wel te realiseren door de petgaten enkele percelen verder op te leggen? Hierbij gebruik makend van de nieuwe informatie uit de grondwatermodellering en metingen van de lokale bodem- en grondwatercondities.
3. Hoe (diep) werden petgaten historisch uitgegraven en hoe ziet de veenopbouw er uit? Hoe kan deze informatie benut worden bij de inrichting en beheer van de nieuwe petgaten, zoals nader wordt afgestemd bij het veldbezoek "benutten kans 5"?
4. Uit eerder onderzoek blijkt de bodem (zelfs onder de bouwvoor) in veel percelen een vrij hoge fosfaatconcentratie heeft. Indien in een stuk van een perceel een petgat gegraven wordt, vormt uitspoeling vanuit de rest van het perceel dan een belemmerende factor voor de ontwikkeling van trilveen? Hoe zou dit knelpunt kunnen worden opgelost?
5. Wateraanvoer in droge tijden is alleen mogelijk vanuit de Leursche haven. Hoe is de kwaliteit van de dit water in relatie tot de beoogde natuurdoelen?

Arcadis heeft Onderzoekcentrum B-WARE en Bureau Waardenburg gevraagd hier onderzoek naar uit te voeren. De aanpak van de onderzoeksvragen is hierbij als volgt:

- Het nemen van bodemonsters tot op de diepte van uitgraving op of nabij de waar trilveen de ambitie is (vraag 1) en of in de omgeving daarvan (vraag 2). Hierbij zullen de tien meest kansrijke locaties worden geselecteerd met behulp van de bodemkaart en de kwelkaart uit het model. Er zal hier uitgegaan worden van 2 dieptes: de onderste 10 cm van het veen en de bovenste 10 cm van het onderliggende zandpakket. Hiervan wordt met een totaal-destructie de chemische samenstelling bepaald en met een verassing het percentage organische stof. Daarnaast wordt naar de pH en buffering gekeken middels een NaCl-extractie, en naar de fosfaatbeschikbaarheid met een Olsen-extractie.

- Meting van de ondiepe grondwaterkwaliteit op de bovengenoemde 10 locaties (vraag 1 en 2).
- Het bepalen van de bodemopbouw (klei- en veendikte) op deze locaties (vraag 3);
- Het bepalen van de oorspronkelijke afgravingsdiepte en veenontwikkeling van twee bestaande (dichtgegroeide) petgaten door een profielbeschrijving (boring) tot op de onderliggende zandlaag. Indien het afgezette veenpakket dit toelaat zal het EGV-profiel met een EGV-prikstok gemeten worden om te bepalen hoe de kwaliteit van het bodem/grondwater verloopt (vraag 3). Dit kan alleen als het veen geen klei, zand of veel dikke wortels bevat;
- Het uitvoeren van bodemonderzoek op percelen rond de locaties die geschikt lijken voor het graven van een petgat om de kans op uitspoeling te bepalen. Hierbij zal een steekproef genomen worden van de bovenste 10 cm van 3 plekken per locatie, die tot een mengmonsters verwerkt zullen worden. Van deze 10 monsters zal met behulp van een totaal-destructie en een oxalaatextractie het risico op P-uitspoeling kwalitatief worden bepaald.
- Het beoordelen van de waterkwaliteit van de Leursche haven op basis van metingen van het Waterschap, en het monster dat in Halsche Vliet is genomen voor het aanvullende onderzoek in de Zwartenbergse Polder (vraag 5).

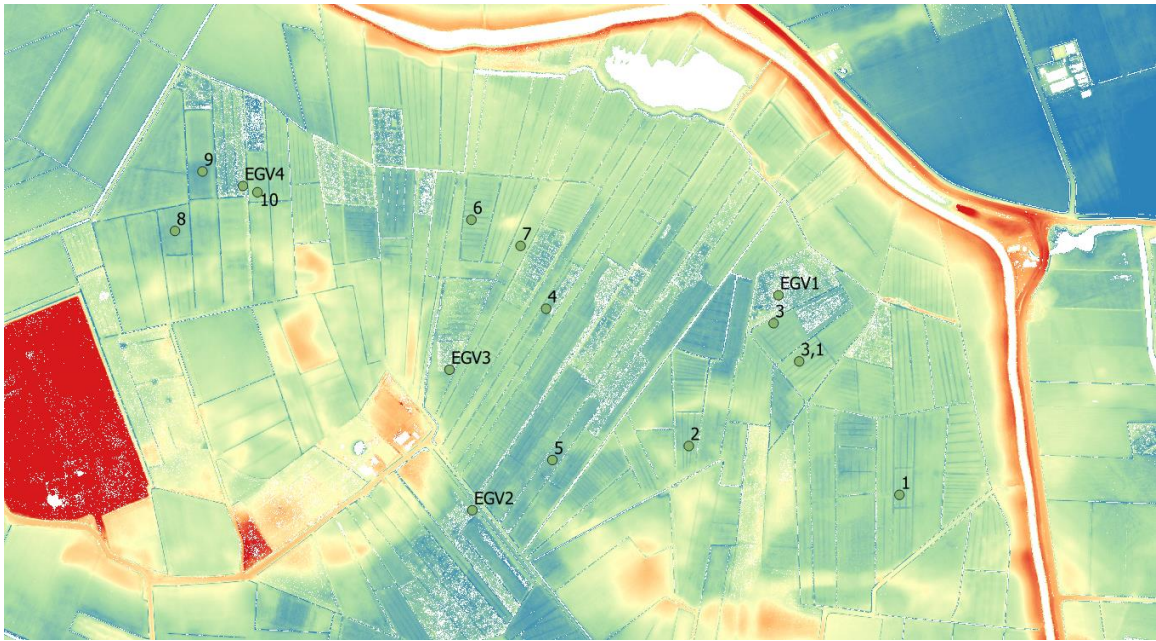
Materiaal & Methode

Veldwerk

Voorafgaand aan het veldwerk heeft Bureau Waardenburg een voorselectie gemaakt van de locaties die het meest geschikt zijn voor het graven van petgaten ten behoeve van trilveenvorming. Dit is gedaan aan de hand van de wensen van de opdrachtgever en terreineigenaren, de vermoedelijke aanwezigheid van kwel, de dikte van het opliggende klei- en veenpakket, de diepte van de grondwaterspiegel en de stabiliteit van de grondwaterspiegel gedurende het jaar. De definitieve selectie van de te bemonsteren toekomstige petgaten vond plaats in het veld aan de hand van de aangetroffen profielen en de hoogteligging.

Op 9, 10 en 11 augustus is 2021 is het veldwerk uitgevoerd. Hierbij is op de locaties die geschikt leken voor de aanleg van een petgat een bodemprofiel beschreven tot 120 à 180 cm onder maai-veld (figuur 1, nummers 1 t/m 10). Er werden bodemmonsters genomen van de diepte tot waar ongeveer zal worden uitgegraven: één monster van de veenlaag en één monster van het onderliggende zand of leem. Op één locatie was sprake van een zodanig dikke veenlaag dat er alleen twee monsters uit het veen zijn genomen. Op twee locaties werd een extra monster genomen, omdat de bodemopbouw afweek van het gebruikelijke klei-op-veen-op-zandprofiel. Op elke locatie werd rond de mogelijke afgravingsdiepte, meestal net in de zandlaag, met behulp van een keramische cup (Eijkelkamp) een poriewatermonster genomen. Rondom de locatie van het mogelijke petgat werd van drie steken van 0-10 cm diepte een mengmonster genomen om te bepalen hoe groot het risico op uitspoeling van fosfaat vanaf de toekomstige oever is.

Voor het onderzoek naar de veenontwikkeling in vroegere petgaten is op vier locaties (EGV 1 t/m 4) het profiel bepaald. De aanwezigheid van voormalige petgaten is ingeschat aan de hand van het voorkomen van bosjes die niet in landbouwkundig gebruik zijn genomen. Op drie van de vier locaties bleek zich een dikke kleilaag te hebben afgezet en de grondwaterstand stond vrij diep. Dit sediment was te hard om een EGV-profiel te meten met de EGV-prikstok, die alleen gebruikt kan worden in zacht sediment. Op de vierde locatie, waarop een veenlaag aanwezig was bovenin het profiel, kon dit wel. Omdat de onderliggende kleilaag hier zeer slap was (en onder de grondwaterspiegel), kon deze ook doorgemeten worden.



Figuur 1. Ligging van de monsterpunten in Kelsdonk-Zwermlaken.

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 katio-nadsorptiecomplex 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.

Oxalaatextractie

Met een oxalaatextractie kan de concentratie ijzer- en aluminiumgebonden fosfaat worden bepaald. Dit is de adsorptiecapaciteit aan amorfe ijzer- en aluminiumhydroxiden. Op basis van de P-ox, Fe-ox en Al-ox wordt tevens de fosfaatverzadigingsgraad (FVG) berekend. Hiervoor wordt vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 2,5 gram droog materiaal en met 50 ml extractiemedium ((COONH₄)₂.H₂O: 0,12 mol l⁻¹ en H₂C₂O₄: 0,12 mol l⁻¹) uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm. De extracten worden gefilterd met behulp van rhizons en het filtraat wordt niet-aangezuurd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Met de oxalaatextractie voor de bepaling van de fosfaatverzadigingsgraad (FVG). Bij een FVG > 25% bestaat kans op fosfaatuitspoeling en wordt de bodem als fosfaatverzadigd beoordeeld. De FVG wordt als volgt berekend:

$$FVG = \frac{P\text{-ox}}{0,5 \times (Fe\text{-ox} + Al\text{-ox})} \times 100\%$$

Poriewateranalyses

De pH van het poriewater werd gemeten met een standaard Ag/AgCl-elektrode verbonden met een radiometer (Copenhagen, type TIM840). De hoeveelheid opgelost anorganisch koolstof (TIC, som van CO₂ en HCO₃⁻) werd bepaald met behulp van infrarood gasanalyse (ABB Advance Optima IRGA). De concentraties CO₂ en HCO₃⁻ 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

Chemische analyses

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 (NO₃+NO₂) 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.

Resultaten

Bodemprofielen

Bodemopbouw

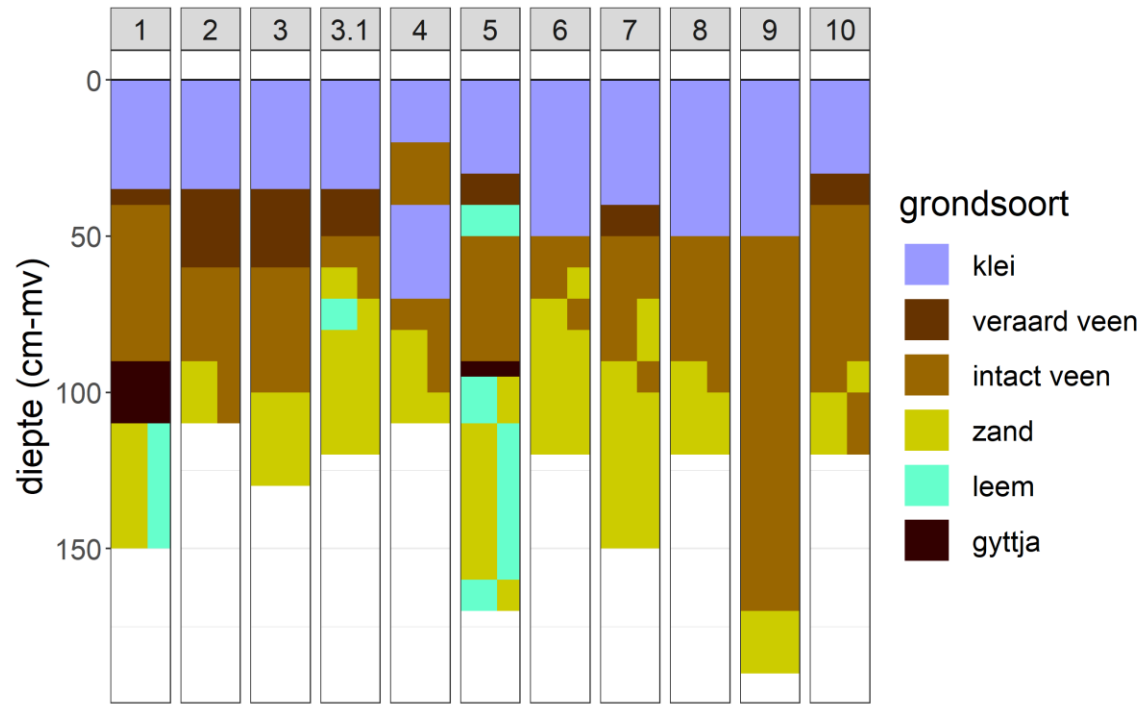
De algemene bodemopbouw bestaat uit een laag klei aan maaiveld, waarbij opvalt dat er wel een 10-20 cm dikke, humusrijke bovenlaag aanwezig is, maar geen (geroerde) bouwvoor. De percelen zijn dus waarschijnlijk altijd als grasland in gebruik geweest, zonder (diepe) bodembewerking. Onder de 40-50cm dikke kleilaag zit meestal een dunne laag veraard veen en daaronder een laag min of meer intact (zegge/riet)veen. De veenlaag gaat meestal geleidelijk (zonder harde grens) over in een zandondergrond (Formatie van Boxtel) (figuur 2). Dit betreft goed gesorteerd matig fijn zand (eolische afzetting), behalve in boring 7, waar matig grof, grindhoudend zand aanwezig was (beekafzetting, laagpakket van Singraven). Met name in het centrale deel van Kelsdonk-Zwermlaken zijn ook leemlagen aangetroffen, hetgeen vrijwel zeker ook beekafzettingen zijn. Opvallend is de ondiepe leemlaag in boring 5, die tussen het veen zit en dus jonger is dan de andere. Soms komt op de grens tussen veen en zand een dunne, bijna zwarte laag voor met zeer fijn organisch materiaal, die we als gyttja hebben aangeduid. Er zijn echter geen schelpresten in aangetroffen en uit de analyse bleek dat het gehalte aan organische stof slechts 9% was (tabel 1). Daardoor is twijfelachtig of het wel gyttja is.

Vegetatie

De vegetatie bestaat vrijwel overal uit vrij voedselrijk, vochtig, matig intensief gebruikt grasland, met soorten als grote vossenstaart, gestreepte witbol, gewoon struisgras, engels raaigras, ruw beemdgras, beemdlangbloem, fioringras, rietgras, mannagras en kruipende boterbloem. Locatie 4 wijkt qua vegetatie sterk af; hier domineert pitrus en zijn zwarte zegge en fioringras abundant. Begeleidende soorten zijn gele lis, riet, rietgras, mannagras, liesgras, moeraszegge, tweerijige zegge, gestreepte witbol, veenwortel en kruipende boterbloem. Deze locatie (4) is duidelijk veel natter, waarschijnlijk als gevolg van waterstagnatie op de kleilaag van 40-70cm. Locatie 5 is intermediair tussen locatie 4 en de rest (veel rietgras, mannagras en ruw beemdgras).

Grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn vrij kort na de boring opgenomen en daarna is het boorgat weer gedicht. Uitzondering hierop is boring 5, waar we later zijn terug gekeerd vanwege traag lopende lysimeters. Omdat het bovenste deel van de bodem veelal kleiig of weinig is, treedt water daar slechts langzaam uit. De gemeten grondwaterstanden geven dan ook geen goed beeld van de actuele grondwaterstanden ten tijde van de bemonstering en zijn daarom niet opgenomen in de profielen. Tot een diepte van 40-50 cm zijn meestal roestvlekken in de klei en veraard veen aanwezig, terwijl vanaf een diepte van 50-60 cm meestal intact veen voorkomt. Dit doet vermoeden dat de grondwaterstand hier meestal niet veel dieper dan 60 cm wegzakt (GLG).



Figuur 2. Bodemopbouw op de monsterpunten.

Bodem -en poriewatermetingen

In tabel 1 staan de resultaten van de belangrijkste bodemchemische parameters weergegeven. De overige resultaten en de resultaten van de poriewatermetingen staan in de bijlagen.

Tabel 1. Belangrijkste resultaten van de bodemchemische analyses. Diepte in cm, om% = massapercentage organische stof, FVG=fosfaatverzadigingsgraad. Totaalconcentraties (-tot) in mmol/l bodem, overige concentraties in µmol/l bodem.

	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	FVG
1 klei 0-10	18	2583	298	41	205	20	32							14
1 veen 80-90	85	88	54	103	17	1	76	6,63	5	403	9805	2	1950	
1 gyttja 100	9	115	88	84	6	2	39	6,89	4	367	8020	1	643	
1 zand 110	8	326	90	37	17	2	33	6,51	7	481	13570	3	1217	
2 klei 0-10	13	1491	343	58	229	15	20							11
2 veen 80-90	32	135	82	84	63	3	67	4,34	14	162	37047	1	8898	
2 zand 90-100	3	143	57	48	15	1	24	5,21	3	120	15507	1	2978	
3 klei 0-10	15	2228	569	54	318	24	18							15
3 veen 90-100	71	46	21	56	18	2	49	5,3	8	696	20529	2	1601	
3 zand 100-110	4	118	118	36	22,115	1	26	5,52	3	1065	14355	9,13693	626	
4 klei 0-10	27	1341	315	35	187	14	37							8
4 klei 40-50	7	120	811	127	383	7	39	5,91	2	82	31225	1	779	
4 veen 70-80	12	76	116	91	61	2	53	5,86	3	104	21435	1	1097	
4 zand 80-90	6	92	158	42	36,497	1	24	5,92	4	70	19365	0	560	
5 klei 0-10	19	1266	411	76	243	15	36							8
5 veen 70-80	61	58	73	111	60	6	72	5,74	7	116	22994	1	2333	
5 leem 95-100	2	146	319	44	121	2	8	6,08	1	407	22792	0	399	
6 klei 0-10	18	1855	263	45	274	21	21							11
6 veen 60-70	20	117	29	24	73	2	60	3,43	8	442	13499	0	12454	
6 zand 80-90	1	307	151	15	68	2	59	4,98	0	316	6894	0	4375	
7 klei 0-10	19	2228	428	47	255	18	22							12
7 veen 60-70	91	43	12	50	22,202	2	46	4,2	49	344	16511	0	3981	
7 zand 90-100	38	662	197	37	39	2	49	5,13	1	191	9444	2	3247	
8 klei	20	1177	494	42	260	12	23							6
8 veen 70-80	38	58	116	105	53	3	101	5,54	1	1036	28298	0	11279	
8 zand 90-100	3	146	256	25	33,86	1	31	5,87	4	305	5585	0	1661	
9 klei	19	1284	467	20	225	12	43							7
9 veen 100-110	82	9	9	38	42	1	126	5,85	3	262	10783	0	5646	
9 veen 140-150	89	7	7	33	11	1	70	5,99	3	515	16193	0	4594	
10 klei	11	1557	698	57	344	22	22							9
10 veen 80-90	50	19	19	38	43	2	124	5,75	3	609	11750	3	4512	
10 zand 110-120	4	425	437	42	41	4	53	6,11	3	867	7307	0	1015	

Olsen-P	totaal-P	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	≤2000	≤20	<100	<100
200-350	1,5-2,5	5-10	4,0-5,5	150-250	10-20	2000-4000	21-50	100-200	100-200
350-500	2,5-5	>10	5,5-6,0	250-400	20-30	4000-8000	50-100	200-300	200-300
500-600	5-7		>6,0	400-750	30-50	8000-15000	100-150	>300	>300
600-800	7-10			>750	50-80	15000-40000	150-300		
>800	>10				>80	>40000	>300		

Locatie 1



Figuur 3. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 1.

Locatie 1 was de meest oostelijk gelegen locatie. Er was hier sprake van een 35 cm dikke kleilaag, waarvan de onderste 10 cm roestvlekken had. Hieronder begon een veenlaag, die tot 90 cm diep rijkte. Hiervan was de bovenste 10 cm veraard en het veen eronder intact riet-zeggeveen. Daaronder werd een 20 cm dikke, zwarte, versmeerde, op gyttja lijkende laag onderscheiden. Op 110 cm diepte begon het lemige, fijne zand, dat in elk geval tot 150 cm diepte werd aangetroffen.

De bovenste 10 cm van de kleilaag bevatte vrij veel organische stof (18%) en bestond verder uit ijzerrijke klei, die arm was aan calcium. De top van het maaiveld was met 20 mmol P/l bodem en een fosfaatbeschikbaarheid van ongeveer 2600 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem duidelijk verrijkt. Met een fosfaatverzadigingsgraad van 14% was er enig risico op uitspoeling van het fosfaat. Rond 1m diepte werden monsters genomen van de veenlaag, de op gyttja lijkende laag en de toplaag van het zand. Alle waren arm tot zeer arm aan fosfaat. De pH van het materiaal was hoog (pH-NaCl 6,5-6,9). De op gyttja lijkende laag bevatte opvallend weinig organisch materiaal (9%) en leek qua samenstelling sterk op het onderliggende lemige zand, op de kalkrijkdom na. Het onveraaarde deel van het veen en de op gyttja lijkende laag waren zeer kalkrijk, met calciumconcentraties tussen 84 en 103 mmol/l bodem. Hoewel deze in het veld niet met het oog zijn waargenomen, wijzen deze concentraties op de aanwezigheid van kalk (calciumbicarbonaat) of misschien schelpenresten. In deze kalkneerslagen zit waarschijnlijk ook erg veel magnesium, aangezien de concentraties totaal-magnesium met 60-65 mmol/l bodem ook erg hoog waren. De beschikbaarheid van basische kationen werd in het veen en de gyttja echter vrij laag ingeschat, met een concentratie Ca-NaCl <10.000 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Opvallend was dat hier de magnesiumbeschikbaarheid echter groter was dan de calciumbeschikbaarheid. Er was op deze diepte geen nitraat meer aanwezig, maar vrij veel ammonium.

Het poriewatermonster dat in de toplaag van het zand werd genomen, had een pH van 6,6 en was zeer sterk gebufferd met een bicarbonaatconcentratie van ongeveer 6000 $\mu\text{mol/l}$. Het had een zeer hoog EGV van 1000 $\mu\text{S/cm}$. Dit hoge EGV werd veroorzaakt door vrij hoge concentraties natrium (circa 3000 $\mu\text{mol/l}$), sulfaat (1700 $\mu\text{mol/l}$) en chloride (1300 $\mu\text{mol/l}$). De hogere concen-

tratie magnesium uit de bodem werd ook teruggevonden in het poriewater: er werd een concentratie van 2200 $\mu\text{mol/l}$ magnesium gemeten, en een calciumconcentratie van slechts 1300. De P-concentratie in het poriewater was met 3 $\mu\text{mol/l}$ en de ammoniumconcentratie met 200 $\mu\text{mol/l}$ iets verhoogd.

Locatie 2

Locatie 2 lag iets westelijker dan locatie 1, dicht bij een zandrug ten zuiden van het punt. Het profiel leek op dat van locatie 1 met een kleilaag van 35 cm dik; de onderste 10 cm grijzer en met roestvlekken. Daaronder begon een veenlaag die tot 90 cm diep rijkte. Tot 60 cm diepte was dit veen veraard, maar hieronder betrof het onveraard riet-zeggeveen. Daaronder begon een laag sterk humeus fijn zand.



Figuur 4. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 2.

De toplaag van de bodem bestond uit kalkarme, ijzerrijke klei was verrijkt met fosfaat met een totaal-fosforconcentratie van 15 mmol/l bodem en een fosfaatbeschikbaarheid van circa 1500 $\mu\text{mol P-Olsen/l}$ bodem. Met een fosfaatverzadigingsgraad van 11% was er een matig risico op uitspoeling van fosfaat. De veenlaag had een laag organische-stofpercentage met 32% organisch materiaal. Deze laag was relatief ook nog rijk aan calcium en ijzer en had een iets verhoogd totaal-zwavel-gehalte. In tegenstelling tot locatie 1 was er geen opmerkelijk hoge magnesiumconcentratie. De veenlaag was vrij zuur (pH-NaCl 4,34) maar had nog wel een vrij hoge beschikbaarheid van calcium (circa 37000 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Opvallend was de zeer hoge zwavelconcentratie in het zoutextract (circa 9000 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Concentraties ammonium en nitraat waren laag. Ondanks dat het monsterpunt onder de grondwaterspiegel lag, werden er wel sporen van nitraat gemeten, wat betekent dat de redoxpotentiaal niet zeer laag was. De zandlaag was arm aan silt (aluminium), ijzer en calcium. Deze laag had met 5,12 een hogere pH dan de veenlaag. Ook deze laag was vrij rijk aan beschikbaar calcium. De zwavelconcentratie in het zoutextract was weliswaar niet zo hoog als in de veenlaag, maar met circa 3000 $\mu\text{mol/l}$ bodem wel vrij hoog. Ook op deze diepte waren de ammonium- en nitraatconcentraties laag.

Het poriewater was vrij zuur (pH 5,35) en zeer zwak gebufferd (253 $\mu\text{mol/l HCO}_3$). Het water had een zeer hoog EGV (1300 $\mu\text{S/cm}$), maar concentraties natrium (171 $\mu\text{mol/l}$) en chloride (115 $\mu\text{mol/l}$) waren erg laag. Concentraties sulfaat (circa 8000 $\mu\text{mol/l}$), calcium (circa 6100 $\mu\text{mol/l}$)

en magnesium (1600 $\mu\text{mol/l}$) waren echter hoog en verklaren dit hoge EGV. De concentratie ammonium was laag. Er was 36 $\mu\text{mol/l}$ nitraat aanwezig, wat aangeeft dat het poriewater in de nitraatreductierange zat. De fosforconcentratie in het poriewater was eveneens laag.

Locatie 3

Locatie 3 lag ten opzichte van locaties 2 en 1 wat noordelijker. Het bodemprofiel leek op dat van locaties 1 en 2 met een 35 cm dik kleidek, dat op 10-35 cm diepte grijs was en roestvlekken had. Daaronder bevond zich tot op 1 meter diepte een veenpakket dat tot 60 cm diepte veraard was. Het intacte veen daaronder bestond uit roodbruin zeggeveen. Vanaf 1 meter diepte begon een laag fijn zand.

De kleilaag was zeer ijzerrijk en bevatte meer calcium en aluminium (silt) dan op locaties 1 en 2. De toplaag was verrijkt met fosfaat (totaal-P 24 mmol/l bodem; Olsen-P circa 2200 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Met een fosfaatverzadigingsgraad van 15% was er enig risico op uitspoeling. Rond 1 meter diepte waren de veen- en zandlaag erg arm aan fosfaat. Omdat de zandlaag ook erg arm was aan bindingsplaatsen voor fosfaat, zoals ijzer- en aluminiumhydroxiden, was er hier wel enig labiel gebonden P aanwezig (P-NaCl 9 $\mu\text{mol/l}$ bodem). De diepe veenlaag en de zandlaag waren matig zuur (pH 5,3 - 5,5) en hadden hoge beschikbaarheid van calcium. Beide bodemlagen bevatten veel ammonium (700-1000 $\mu\text{mol/l}$ bodem) en geen nitraat.

Het poriewater was neutraal (pH 6,19) en tamelijk gebufferd (1400 $\mu\text{mol/l}$ HCO_3). Het had een normaal EGV voor grondwater (300 $\mu\text{S/cm}$). Natrium- en chlorideconcentraties lagen rond 200 $\mu\text{mol/l}$, calcium rond 1300 $\mu\text{mol/l}$ en sulfaat op slechts 200 $\mu\text{mol/l}$. De ammoniumconcentratie was vrij hoog (bijna 500 $\mu\text{mol/l}$) en er was geen nitraat aanwezig.

Locatie 4

Locatie 4 lag in het centrale deel van het onderzoeksgebied. De bovenste 20 cm bestond uit bruingrijze, zwak humeuze klei, met daaronder een 20 cm dikke laag intact veen. Onder deze veenlaag lag weer een kleilaag, die 30 cm dik was. Daaronder, op 70 cm diepte, bevond zich een 10 cm dikke, intacte veenlaag op fijn zand. Dit fijne zand was van 80 tot 100 cm diepte nog sterk humeus en bruin, maar werd vanaf 100 cm diepte geel en geheel mineraal.



Figuur 5. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 4.

De bovenste 10 cm van de bovenste kleilaag bevatte veel organische stof en was vrij arm aan calcium en aluminium. Deze klei was wel vrij ijzerrijk. De toplaag was verrijkt met fosfaat en had een totaal-P-gehalte van 14 mmol/l bodem en een Olsen-P-concentratie van circa 1300 $\mu\text{mol/l}$ bodem. De fosfaatverzadiging was met 8% laag, waardoor er weinig risico is op fosfaat-uitspoeling. De kleilaag op 40 cm diepte was anders: dit betrof veel zwaardere klei, die zeer rijk was aan aluminium, calcium, magnesium en ijzer. Ondanks dat de totaal-P-concentratie met 7 mmol/l bodem iets verhoogd was, was de beschikbaarheid van fosfaat hier bijzonder laag met een Olsen-P-concentratie van 120 $\mu\text{mol/l}$ bodem, doordat er een zeer hoge bindingscapaciteit voor fosfaat aanwezig was. Ook in de onderliggende veen- en zandlaag was de fosfaatbeschikbaarheid zeer laag. Alle drie deze lagen hadden een neutrale pH (pH-NaCl 5,9) en hadden een hoge beschikbaarheid aan calcium. De ammoniumconcentratie was laag, en er was geen nitraat aanwezig.

Het poriewater had een neutrale pH (6,59) en was sterk gebufferd (circa 5000 $\mu\text{mol HCO}_3/\text{l}$). Het water had een vrij hoog EGV (590 $\mu\text{S/cm}$). In vergelijking met locatie 3 waren de natrium- en chlorideconcentraties hoger met 700 $\mu\text{mol/l}$ natrium en 470 $\mu\text{mol/l}$ chloride. De sulfaatconcentratie was zeer laag (17 $\mu\text{mol/l}$). De calciumconcentratie was met 2500 $\mu\text{mol/l}$ vrij hoog, en de ijzerconcentratie (200 $\mu\text{mol/l}$) eveneens. Zowel ammonium-, als nitraatconcentraties waren zeer laag, net als de fosforconcentratie. De lage concentratie sulfaat, in combinatie met de hogere ijzerconcentratie en de afwezigheid van nitraat, geeft aan dat de het water zeer anaeroob is, en zich in de sulfaat-reductie-range bevindt. Hierbij wordt sulfaat gereduceerd tot sulfide, waarbij organisch materiaal wordt afgebroken. De ijzerconcentratie geeft aan dat er voldoende ijzer aanwezig is om te voorkomen dat er toxisch vrij waterstofsulfide ontstaat.

Locatie 5

Locatie 5 lag ten opzichte van locatie 4 meer naar het zuidoosten. Ook hier was sprake van een onderbroken veenlaag. De bovenste 30 cm van de bodem bestond uit bruine, zwakhumeuze klei. Daaronder was een 10 cm dunne zwarte, veraarde veenlaag aanwezig. Op 40-50 cm diepte bevond zich een blauwgrijze leemlaag, met daaronder een bruine laag intact veen. Op 90-95 cm diepte werd een donkerbruine laag aangetroffen die als gyttja werd omschreven. Daaronder was

de eerste 15 cm blauwgrijs zandig leem, overgaand in blauwgrijs lemig zand tot 160 cm diepte, met daaronder weer zandig leem.



Figuur 6. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 5.

De toplaag van de klei was vrij rijk aan ijzer en calcium en was verrijkt met fosfor (totaal P 15 mmol/l bodem; Olsen-P 1300 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Met een fosfaatverzadigingsgraad van 8% is het risico op fosfaatuitspoeling laag. De onderkant van de veenlaag had ook een iets verhoogd fosfor gehalte, maar de fosfaatbeschikbaarheid was hier heel laag. Deze veenlaag had ook een zeer hoog gehalte calcium (111 mmol/l bodem), dat waarschijnlijk als kalk in de bodem aanwezig was. Ook in de leemlaag is de fosfaatbeschikbaarheid erg laag. Beide lagen hadden een neutrale pH (pH-NaCl 5,7-6,0) en hadden een hoge beschikbaarheid aan calcium. Het gehalte totaal-calci-um in de leemlaag was echter een stuk lager dan in de veenlaag. In de veenlaag was de ammo-niumconcentratie laag, in de leemlaag iets hoger. Beide veenlagen bevatten geen nitraat.

Het poriewater van locatie 5 leek sterk op dat op locatie 6. Ook hier was het water neutraal, gebufferd en bevatte het wat natrium en chloride. Het EGV was met 718 $\mu\text{S/cm}$ iets hoger. Een groot verschil met het water op locatie 4 is dat het water bij locatie 5 wel wat sulfaat bevatte (761 $\mu\text{mol/l}$). Omdat het water geen nitraat, maar wel (gereduceerd) ijzer bevatte, is het water ook hier gereduceerd, maar had met de gemeten sulfaatconcentraties waarschijnlijk een wat hogere redoxpotentiaal dan op locatie 4.

Locatie 6

Op locatie 6 werd een 50 cm dikke kleilaag aangetroffen, waarvan de bovenste 20 cm bruin en zwak humeus is, en de onderste 30 cm grijs met roestvlekken. Daaronder was een 20 cm dikke laag intact veen aanwezig, waarvan de onderste 10 cm zandig was, overgaand op 70-80 cm in sterk humeus fijn zand. Daaronder lag fijn zand.



Figuur 7. Vegetatie locatie 6.

De bovenste 10 cm van de toplaag bestond uit ijzerrijke, vrij calciumarme klei. De klei was in deze toplaag verrijkt met fosfor (totaal-P 21 mmol/l bodem; Olsen-P 1855 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Met een fosfaatverzadiging van 11% was er enig risico op uitspoeling van fosfaat. De onderliggende veen- en zandlagen waren arm aan fosfaat. De veenlaag was met een pH-NaCl van 3,43 erg zuur. Ondanks de lage pH was er nog wel calcium in de bodem beschikbaar voor buffering. De veenlaag had een opvallend hoge sulfaatconcentratie van meer dan 12000 $\mu\text{mol/l}$ bodem in het zoutextract. Het zand had een wat hogere pH (circa 5,0) en was vrij arm aan calcium. Zowel de veenlaag als de zandlaag bevatten vrij veel ammonium, en geen nitraat.

Het poriewater vormde een afspiegeling van de abiotische situatie van de zandlaag. Met een pH van 6,1 en een bicarbonaatconcentratie van ongeveer 1900 $\mu\text{mol/l}$ was het poriewater hier tamelijk gebufferd. Het poriewater had een vrij hoog EGV van 900 $\mu\text{S/cm}$. Naast calcium en magnesium domineerde vooral sulfaat in het water. Het water bevatte geen nitraat en wel enig ammonium (136 $\mu\text{mol/l}$). Het water had een vrij hoge ijzerconcentratie (489 $\mu\text{mol/l}$); de hoogste van alle locaties. De hoge ijzer- en sulfaatconcentraties geven aan dat de redoxpotentiaal zich in de ijzerreductierange bevond. Het water bevatte met 2 $\mu\text{mol/l}$ vrij weinig fosfaat.

Locatie 7

Op locatie 7 was het kleidek ongeveer 40 cm dik, was bruin en had roestvlekken. Van de veenlaag eronder was de bovenste 10 cm veraard. Daaronder bevond zich 40 cm intact veen, waarvan de onderste 20 cm zandig was. Daaronder begon op 90 cm diepte een zandlaag, die in de bovenste 10cm uit sterk humeus fijn zand bestond, en daaronder grof zandig en licht grindhoudend.

De bovenste 10 cm van het kleidek was ijzerrijk en was verrijkt met fosfaat (totaal-P 18 mmol/l bodem en circa 2200 μmol Olsen-P/l bodem). Met een fosfaatconcentratie van 12% was er een matig risico op uitspoeling van fosfaat. De onderliggende veenlaag was arm aan fosfaat. In de humeuze zandlaag werd een wat verhoogde beschikbaarheid van fosfaat gemeten (662 μmol Olsen-P/l bodem), maar hier was de totaal-P-concentratie laag (2,5 mmol/l bodem), waardoor naar verwachting de P-beschikbaarheid na herinrichting snel verlaagd kan worden, als dit er tot dit zand zou worden afgegraven. De veenlaag was met een pH van 4,2 iets verzuurd, maar bevatte wel nog vrij veel beschikbaar calcium. De veenlaag had een vrij hoge ammoniumconcentratie (344 $\mu\text{mol/l}$ bodem), en een klein beetje nitraat (49 $\mu\text{mol/l}$ bodem). De humeuze zandlaag had een wat hoger pH (5,1) en bevatte wat minder beschikbaar calcium en ammonium.

Het poriewater had eenzelfde zuurgraad als het poriewater bij 6 (pH-NaCl 6,1), maar had met 1154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ een hoger EGV en was wat minder gebufferd (HCO_3^- 1300 $\mu\text{mol}/\text{l}$). Het water bevatte ook hier vooral calcium, magnesium en een hoge concentratie sulfaat (bijna 6000 $\mu\text{mol}/\text{l}$). Het water bevatte wat ammonium, maar geen nitraat. Ook zat er wat ijzer in het water. De redoxpotentiaal bevond zich dus in de ijzerreductierange.

Locatie 8

Op locatie 8 bestond het bovenste deel van de bodem uit een 50 cm dikke kleilaag, die bovenin bruin was en vanaf 20 cm diepte grijsbruin met roestvlekken. Onder deze kleilaag bevond zich een 40 cm dikke, intacte laag met riet-zeggeveen. De onderste 20 cm van deze laag was kleiig. Hieronder bevond zich fijn zand, dat op de overgang van veen naar zand sterk humeus was.



Figuur 7. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 8.

De toplaag van ijzerrijke klei was enigszins verrijkt met fosfaat, gezien de P-totaal-concentratie van 12 mmol/l bodem en Olsen-P-concentratie van 1200 $\mu\text{mol}/\text{l}$ bodem. De toplaag was hier iets minder fosfaatrijk dan op de andere locaties. Er is hier een laag risico op fosfaatuitspoeling. De veen- en zandlagen hadden een lage fosfaatbeschikbaarheid. Het kleiige veen op 70-90 cm diepte had een hoog calciumgehalte (circa 100 mmol/l bodem) en bevatte waarschijnlijk kalk (calciumcarbonaat). De pH-NaCl was hoog (5,5) en had een hoge beschikbaarheid van calcium en magnesium. Opvallend was ook de concentratie NaCl-extraheerbaar sulfaat van meer dan 11000 $\mu\text{mol}/\text{l}$ bodem. De ammoniumbeschikbaarheid in deze laag was zeer hoog, rond 1000 $\mu\text{mol}/\text{l}$. De onderliggende zandlaag had ook een hoge pH en was minder rijk aan calcium, sulfaat en ammonium.

Het water had een pH van 6,4 en was gebufferd met een bicarbonaatconcentratie van 2000 $\mu\text{mol}/\text{l}$. Het water had een EGV van ongeveer 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ had een vrij hoge concentratie calcium, magnesium en sulfaat. Naast een hoge concentratie sulfaat was er ook sprake van een hoge concentratie ammonium en zat er wat opgelost (gereduceerd) ijzer in het water. De redoxpotentiaal bevond zich dus in de ijzerreductierange. De fosforconcentratie in het water was laag.

Locatie 9

Locatie 9 had een 50 cm dikke kleilaag die bovenin bruingrijs was, en daaronder grijs. Op 30-40 cm diepte bevatte de klei roestvlekken. Hieronder bevond zich een dikke laag intact veen van 120 cm dik. Hierbinnen kon onderscheiden worden dat het onderste deel van het veen vooral uit

riet-zeggeveen bestond, daarboven uit bosveen en het bovenste deel uit zeggeveen. Op 170 cm diepte begon een zandlaag, die eerst nog donkerbruin was, en daaronder geel.



Figuur 8. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 9.

Ook hier was de toplaag van de bodem verrijkt met fosfaat (totaal-fosfor 12 mmol/l bodem; Olsen-P circa 1300 $\mu\text{mol/l}$ bodem). Er was echter nog geen sprake van een verhoogd risico op uitspoeling van fosfaat. De onderliggende veenlaag was op beide bemonsterde dieptes zeer fosfaatarm. De samenstelling van de veenlaag op beide dieptes was ongeveer gelijk. De pH was hoog met (circa 5,9), maar het diepere monster bevatte wat meer basische kationen calcium, magnesium en kalium. Op beide dieptes was er geen nitraat aanwezig, maar wel vrij veel ammonium. Het bovenste monster uit het veen (70-80 cm diep) had wel een veel hoger zwavelgehalte (126 mmol/l bodem) dan het veen diepte in de bodem (70 mmol/l bodem).

Het poriewater had een pH van 6,4 en was zeer sterk gebufferd met een bicarbonaatconcentratie van meer dan 7000 $\mu\text{mol/l}$. Het water had een EGV van 1200 $\mu\text{S/cm}$, waarbij opviel dat de magnesiumconcentratie even hoog waren (2500 $\mu\text{mol/l}$). De natrium- (circa 1200) en chlorideconcentraties (circa 700 $\mu\text{mol/l}$) waren een stuk hoger dan op locaties 2 tot en met 8. De sulfaatconcentratie was met 2000 $\mu\text{mol/l}$ een stuk lager dan op de nabijgelegen locatie 8. Het water bevatte geen nitraat, maar wel enig ammonium, en nauwelijks ijzer. Er werd een opvallend hoge fosforconcentratie in het poriewater gemeten (12 $\mu\text{mol/l}$).

Locatie 10

Op locatie 10 was de grijsbruine kleilaag 30 cm dik en bevatte deze op 20-30 cm diepte roestvlekken. De 60 cm dikke veenlaag hieronder bestond voor de bovenste 10 cm uit veraard veen en daaronder uit intact zeggeveen. Hieronder bevond zich een laag intact, zandig veen, op 100 cm diepte overgaand in sterk humeus fijn zand.



Figuur 9. Vegetatie (links) en boorprofiel (rechts) op locatie 10.

De kleilaag, die hier zeer ijzer- en aluminiumrijk was, was met een totaal-P-gehalte van 22 mmol/l bodem en een Olsen-P-concentratie van ongeveer 1600 $\mu\text{mol/l}$ bodem flink aangerijkt met fosfaat. Doordat er veel bindingsplaatsen in de vorm van ijzer- en aluminiumoxiden aanwezig waren, was er geen verhoogd risico op uitspoeling van fosfaat. De veenlaag was arm aan fosfaat, maar de zandlaag had een iets verhoogde P-beschikbaarheid met circa 400 $\mu\text{mol/l}$. De totaal-P-concentratie was in het zand echter vrij laag. De pH van de veenlaag was met 5,8 hoog. Opvallend was het vrij hoge gehalte totaal-zwavel in het veen; even hoog als op locatie 9. De concentratie NaCl-extraheerbaar sulfaat was hier echter laag. De zandlaag had een nog hoger pH (6,1) en bevatte minder basische kationen. Er was geen nitraat aanwezig in de veen- en zandlaag, maar wel een erg hoge concentratie ammonium.

Het poriewater had een pH van 6,4 en was sterk gebufferd met een HCO_3^- -concentratie met bijna 4000 $\mu\text{mol/l}$. Het had een EGV van 1086 $\mu\text{S/cm}$. Het water had met 1500-1800 $\mu\text{mol/l}$ vrij hoge concentraties natrium en chloride, had een hoge concentratie sulfaat (2762 $\mu\text{mol/l}$) en een vrij hoge concentraties magnesium, calcium en kalium. Er zat geen nitraat in het water, maar wel een erg hoge concentratie ammonium van bijna 700 $\mu\text{mol/l}$. Het water bevatte een beetje ijzer en de redoxpotential bevond zich waarschijnlijk in de ijzerreductierange.

Nader onderzoek oude petgaten

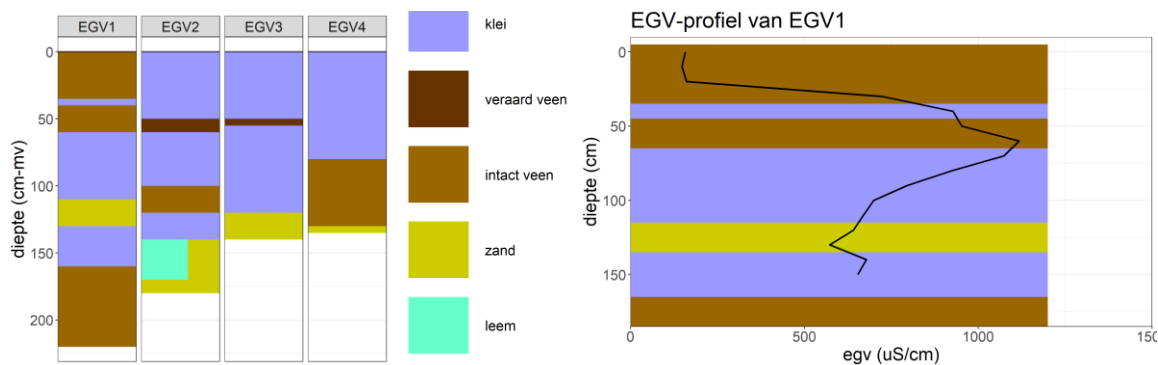
In het gebied Noordrand-midden is veen gewonnen vanaf de vroege middeleeuwen tot in de Tweede wereldoorlog, zowel ten behoeve van brandstof als voor de winning van zout. Het zout is afkomstig uit de overstromingen met zeewater, die vanaf de 13e eeuw talrijker werden. Groot-schalige veenwinning ten behoeve van brandstof heeft vooral plaatsgevonden in de hoogvenen buiten het plangebied die de beste brandstof leverden; in het plangebied was de veenwinning veelal kleinschaliger (Ellenkamp, 2007). Hierdoor is een onregelmatig patroon van petgaten ontstaan. Naast afgraving is door de zeeinbraken ook veen weggeslagen. De laaggelegen delen waren vermoedelijk te nat voor het bedrijven van landbouw, waardoor hier moeras en later bos ontstond. Dit soort bosjes worden lokaal ook wel 'frikken' genoemd. Mondelinge mededelingen van omwonende landbouwers geven aan dat het gebied perceelsgewijs in particuliere ontginning is gegeven. Mogelijk is dit de reden voor de soms opvallende vlakdekkende hoogteverschillen tussen naast elkaar gelegen percelen. Daarnaast zijn natuurlijk de aanwezige donken en de dikte van de (ingeklonken) veenlaag van grote invloed op de hoogteligging.

Om te onderzoeken hoe diep de oorspronkelijke uitgraving is geweest en hoe deze petgaten zich daarna hebben ontwikkeld zijn, is nader onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek bestond uit een boring om de bodemopbouw te bepalen en een meting met een EGV-prikstok om een indicatie te krijgen van de grondwaterkwaliteit.

Daarbij was de hypothese dat deze petgaten zich na de afgraving weer opgevuld zouden hebben met veen. Deze hypothese kan op basis van de vier bemonsterde locaties worden verworpen, het profiel bestaat bij drie van de profielen (EGV2, EGV3 en EGV4) voor een groot deel uit klei, met een enkele dunne veenlaag (figuur 10). Waarschijnlijk is het veen hier al voor de 13e eeuw verdwenen en vervolgens is klei afgezet door de zee. Met name in de periode na de St. Elisabethsvloed van 1421 hebben grote gebieden lange tijd onder water gestaan. Opvallend zijn dat er onder deze kleilaag, op ongeveer 100 cm diepte, nog veen is blijven zitten. Dit is dus nooit afgegraven of weggeslagen.

Alleen bij profiel EGV1 was sprake van een veenlaag op de zeeklei, die dus in de periode na de bedijking moet zijn gevormd. Hier zit de klei tot op 150 cm; mogelijk is hier dieper verveend of heeft de zee veen weggeslagen. Dit was ook de enige locatie waar een EGV-profiel kon worden gemeten; op de andere locaties was de weerstand daarvoor te hoog. Dit EGV-profiel (figuur 10) geeft een interessant beeld:

- de bovenste 30 cm heeft een EGV rond de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dit is een duidelijke regenwaterlens.
- daaronder loopt het EGV snel op tot boven de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dit is waarschijnlijk het gevolg van de in (peri-)marien milieu opgeslagen (verzoete) brakwaterlens, of van afzettingen van sulfiden (pyriet), die momenteel aan het oxideren zijn.
- opvallend is dat het EGV daaronder weer lager is (600-700 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Hier is de voormalige mariene invloed kleiner.



Figuur 10. Boorprofielen van de vier onderzochte locaties (links) en EGV-meting van profiel 1 (rechts). Voor verklaring gebruikte kleuren zie figuur 2.

Kwaliteit water Leursche Haven en Halsche Vliet

In tabel 2 staat de samenstelling van het water in de Leursche Haven (monsterlocatie 200405 van waterschap Brabantse Delta) en het water in de Halsche Vliet (monsterlocatie 202529 in 2005 van waterschap Brabantse Delta, vlakbij het studiegebied, en een eenmalig monster uit 2021 ter hoogte van de Zwartenbergse Polder (Loeb, 2021)). Het water in de Leursche Haven bevat gemiddeld veel nitraat, vrij veel fosfaat en ook enig ammonium. Het water heeft een redelijk hoge bicarbonaatconcentratie, maar relatief een lage calciumconcentratie. Het water in de Halsche Vliet is weliswaar wat minder nutriëntenrijk dan de Leursche Haven, maar heeft nog steeds hoge concentraties ten opzichte van nutriëntenarme systemen. Het water is duidelijk gebufferder dan het water uit de Leursche Haven, maar het is onduidelijk of het ook altijd meer calcium met zich meebrengt. Hierin verschilden de monsters die in 2005 in de buurt van de onderzoekslocatie waren genomen (hoog) van het monster uit 2021 bij de Zwartenbergse Polder (laag). Ditzelfde geldt voor de concentratie sulfaat, die in 2005 in de Leursche Haven erg hoog was.

Tabel 2. Gemiddelde samenstelling oppervlaktewater in de Leursche Haven en de Halsche Vliet.

	200405	OW B	202529
	Leursche Haven	Halsche Vliet	Halsche Vliet
pH	7,54	7,62	7,40
HCO ₃	1902	2719	3738
NO ₃	563	132	258
NH ₄	18	8	41
PO ₄	1,9	0,9	0,5
Na	1120	948	1043
K	429	273	338
Cl	981	1151	1005
Ca	1406	1281	2665
Mg	405	335	642
P	5	3	4
SO ₄	701	593	1166

Conclusies

Sturende processen in porie- en grondwaterkwaliteit

Het grondwater in Kelsdonk-Zwermlaken, dat in dit project als poriewater meestal op het grensvlak van het veen en de onderliggende zand- of leemlaag werd bemonsterd, wordt in kwaliteit sterk beïnvloed door lokale processen (zie sterk lokale verschillen in figuur 13).

Na de St-Elizabethsvloed, toen ook het kleipakket op het veen is afgezet, is er ook zout of brak water in het veen terecht gekomen. In Kelsdonk-Zwermlaken, en ook in de Zwartemberse Polder, is dit zout nog tot in de vorige eeuw gewonnen door kleinschalig veen af te graven (Ellenkamp, 2007). Ook nu nog zijn restanten van deze brakwaterlenzen in het veen terug te zien. Hoewel het bemonsterde water overal zoet is, en niet brak, is dit water met name te herkennen op locaties 1, 9 en 10, en in mindere mate ook op locatie 6. Dit water was te herkennen aan hogere concentraties natrium, chloride en relatief hoge concentraties magnesium en kalium.

Een tweede gevolg van deze voormalige brakwaterinvloed, is dat er pyriet is ontstaan, dat nu op sommige plaatsen geoxideerd wordt (zie kader). Op de bemonsterde dieptes in het veen, is er nergens sprake van een hoog gewichtsperscentage pyriet. Toch duiden met name op locaties 10, 9 (op 100-110 cm diepte) en 8 de iets verhoogde zwavelconcentraties in het veen waarschijnlijk op pyrietneerslag. De effecten van oxidatie van dit pyriet zijn echter (ook) elders te zien: in de bodemextracten (NaCl) van de veenlagen van locaties 6, 8 en 2 werden zeer hoge sulfaatconcentraties gemeten. Ook de poriewatermonsters van locaties 2, 7, 8 en 6 bevatten zeer hoge concentraties sulfaat, terwijl op locaties 2,7 en 8 de concentraties natrium en chloride helemaal niet hoog zijn en dit sulfaat dus niet verklaard kan worden doordat er nog brak water aanwezig zou zijn. Ook op locatie 6 is de sulfaatconcentratie hoger dan op grond van de natrium- en chlorideconcentraties verwacht zou worden als dit alleen brak water betreft. Het verzurende effect van pyrietoxidatie was vooral goed terug te zien op locaties 2, 6 en 7. Hier had de bemonsterde veenlaag een pH-NaCl van respectievelijk 4,34, 3,43 en 4,2. Op locatie 2 was het bemonsterde poriewater eveneens zuur met een pH van 5,35, maar ook op locaties 6 en 7 was de pH met 6,1 iets lager dan elders in het veen. Op locatie 2 heeft de verzuring ook geleid tot uitspoeling van calcium van het adsorptiecomplex en het in oplossing gaan van calcium dat waarschijnlijk als calcium aanwezig was. Dit leidde in het poriewater tot een zeer hoge calciumconcentratie van meer dan 6000 $\mu\text{mol/l}$. Dat pyrietoxidatie op locatie 8 niet tot verzuring leidde, was goed te verklaren aan de hand van de aanwezigheid van kalk in het veen op deze locatie. Dit kalk gaat in oplossing als er zuur vrijkomt bij pyrietoxidatie en buffert op die manier de pH. Pyriet oxideert als er zuurstof of nitraat bij de pyrietrijke laag kan komen. In Kelsdonk-Zwermlaken kan pyrietoxidatie mogelijk op zijn gaan treden door een verlaging van de grondwaterstand (met name de GLG), waardoor het kan zijn dat pyrietrijke lagen een deel van het jaar aan zuurstof blootstaan. Een ander oorzaak zou de aanvoer van nitraatrijk water kunnen zijn. Dit kan door uitspoeling van nitraat uit de vroeger bemeste toplaag, door lokale kwel met landbouwinvloed, door afbraak van het bovenliggende veen, waarbij onder invloed van zuurstof nitraat ontstaat, of door inlaat van nitraatrijk oppervlaktewater. Op locatie 2 is in elk geval in sprake van nitraatinvloed. Hier werd zowel in het poriewater, als in het bodemextract van het veen nitraat aangetroffen. Ook op locatie 7 zou er sprake kunnen zijn van nitraatinvloed: hier werd in het bodemextractie in het

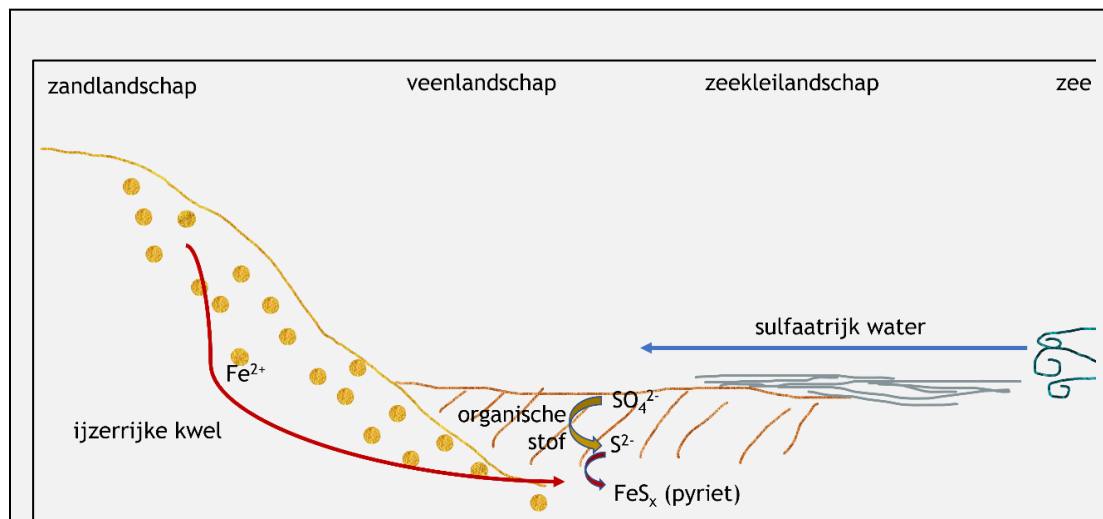
veen nitraat gemeten, maar dit nitraat bereikt waarschijnlijk de lager gelegen zandlaag niet, waardoor het niet in het poriewater terug was te zien.

Pyrietoxidatie (uit: Loeb, in concept)

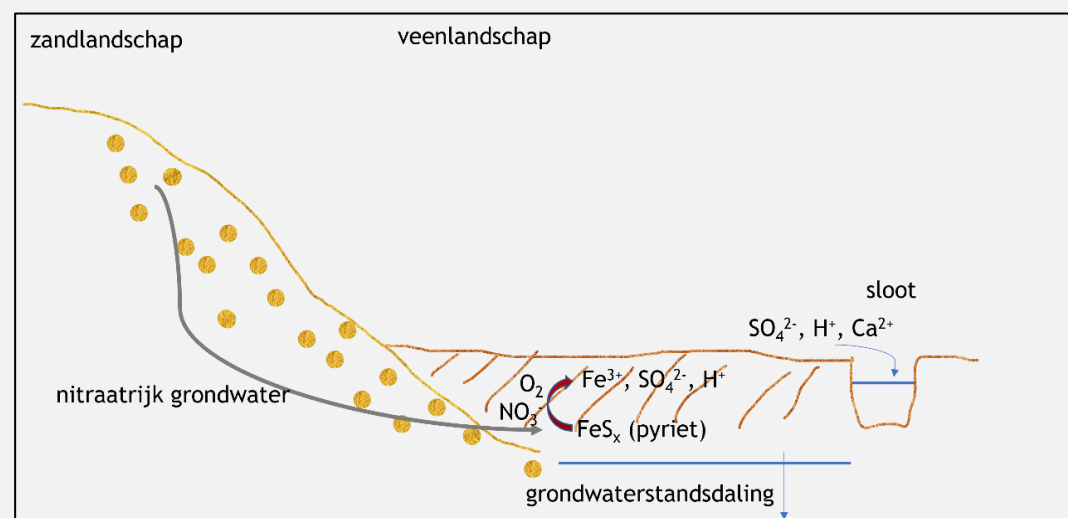
Pyriet (FeS_x ; meestal FeS_2) ontstaat als er hoge concentraties sulfaat worden gereduceerd, waarbij sulfide ontstaat. Bij aanwezigheid van ijzer slaat dit sulfide met het ijzer neer als pyriet. Hoge pyrietconcentraties in de bodem worden in Nederland veel aangetroffen op de overgangen van het veen- naar het zeekleilandschap waar er vroeger intrusies met zout of brak water waren (Van der Grift & Stuyfzand, 2019; Vink et al., 2010). 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 (figuur 11).

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 (figuur 12). 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 poriewater 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).



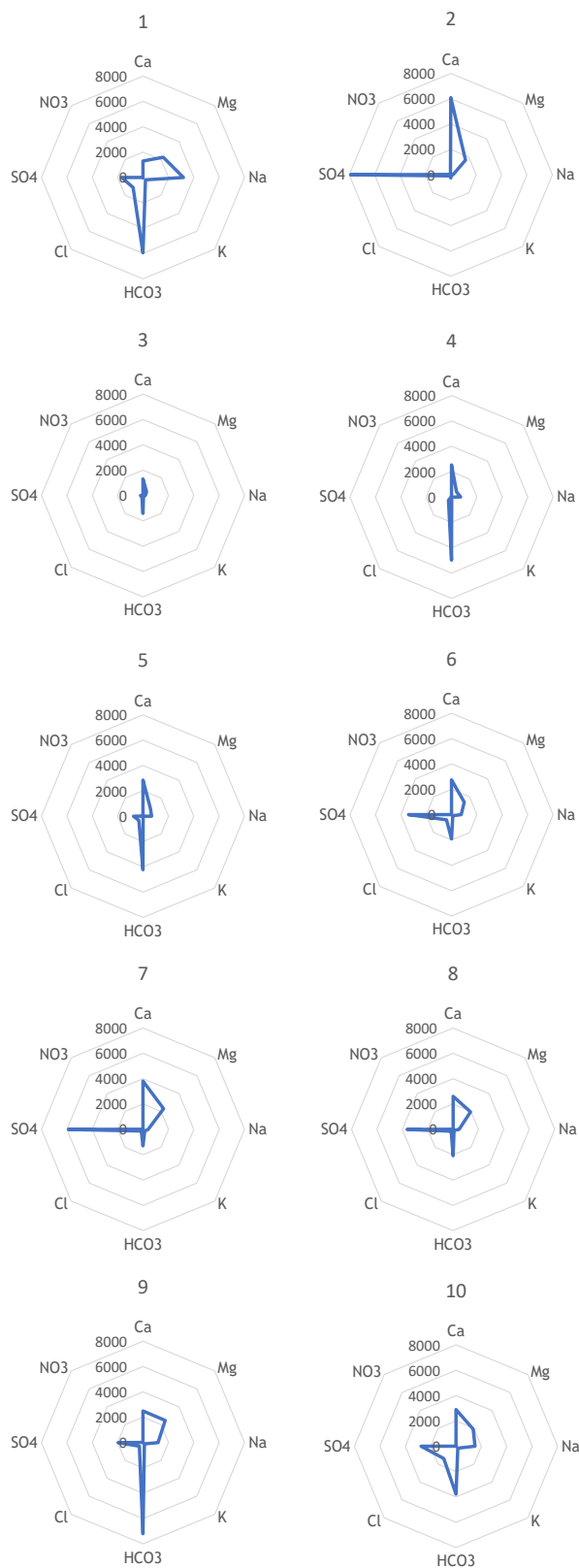
Figuur 11. Schematische weergave van het ontstaan van pyriet.



Figuur 12. Schematische weergave van de oxidatie van pyriet.

Een derde proces dat goed terug was te zien in de samenstelling van het water is de anaerobe afbraak van veen. Bij afwezigheid van zuurstof kan veen toch afgebroken worden. Vaak gebeurt dit met nitraat, geoxideerd ijzer of sulfaat als elektronacceptor. Bij afbraak van het veen ontstaan dan bicarbonaat, ammonium, fosfaat en sulfaat. Door gebrek aan zuurstof wordt het ammonium niet verder geoxideerd tot nitraat, waardoor ammonium zich ophoopt. Deze anaerobe afbraak verklaart de zeer hoge concentraties ammonium en bicarbonaat die op sommige plekken in het poriewater wordt gemeten. Met name op locaties 1, 9 en 10 was dit goed in het water terug te zien. Er kan bij dit proces zoveel bicarbonaat gevormd worden, dat er een oververzadiging met calcium ontstaat, waarbij kalk neer kan slaan.

Uit de resultaten blijkt dat deze processen zich alle op lokale schaal afspelen. Hoewel er aanwijzingen lijken te zijn voor de aanwezigheid van pyriet in de meest westelijke punten, waren de effecten van pyrietoxidatie juist het duidelijkst te zien op locatie 2, in het oosten, en op locaties 6 en 7 in het midden van het gebied. Ook de restanten van brakwaterlenzen waren niet geconcentreerd: deze waren terug te zien op locatie 1 (in het oosten), 9 en 10 (in het westen) en 6 (in het midden). Hierdoor is het moeilijk te voorspellen wat de waterkwaliteit zal gaan worden als er petgaten gegraven worden in percelen die hier niet bemonsterd zijn.



Figuur 13. Concentraties van de belangrijkste kat- en anionen (µmol/l) in het poriewater van de tien onderzoekslocaties. Deze figuren laten zien welke monsters op elkaar lijken en welke er juist verschillen.

Bodemkwaliteit

Van de kleilaag is de bovenste 10 cm doorgemeten. Deze was overal verrijkt met fosfaat. Op een groot deel van de doorgemeten percelen was deze verrijking zo groot dat dit ook een risico opleverde voor fosfaatuitspoeling. Bij het ontwerp van nieuwe petgaten dient er hiermee rekening gehouden te worden: voor een goede ontwikkeling van vegetatie in de petgaten moet het water voedselarm zijn en mag er dus geen fosfaat afspoelen vanaf de kleilaag het petgat in. Om dit te voorkomen kan de oever zodanig gedimensioneerd worden dat de oever in de directe omgeving van het petgat uit veen bestaat, en eventueel afspoelend fosfaat en/of kleideeltjes niet in het petgat terecht kunnen komen. Omdat alleen de bovenste 10 cm van de kleilaag is bemonsterd, is niet bekend tot hoe diep het fosfaatfront zit en dus ook niet of het kwaad zou kunnen als een deel van de kleilaag naast het petgat zou blijven liggen. Omdat klei van zichzelf al voedselrijker is dan veen, is het aan te raden om de gehele kleilaag rondom het toekomstige petgat weg te halen (bijvoorbeeld circa 10 meter).

Het onderliggende intacte veen en de zand of leemlaag waren bijna overal zeer arm aan fosfaat. Dit geeft een goed uitgangspunt voor het aanleggen van petgaten. De enige locatie waar dit niet voor gold, waren de zandpakketten van locaties 3 en 10. Hier was de Olsen-P-concentratie en/of de P-NaCl-waarden iets verhoogd, wat op locatie 10 ook leidde tot een verhoogde concentratie van P in het poriewater. Omdat de totaal-P-concentraties, met name op locatie 3, laag waren, is het niet zeker of deze iets verhoogde waarden op termijn een probleem zullen opleveren. Hetzelfde geldt voor de hoge ammoniumwaarden die op een aantal locaties in het veen gemeten werden, en soms ook terug te zien waren in het poriewater. Als er water op dit veen komt te staan, zal er meer nitrificatie en, daarna, denitrificatie op kunnen treden, waardoor een deel van dit ammonium als N_2 zal verdwijnen naar de atmosfeer. Ook zal een deel van dit ammonium opgenomen worden door planten. De concentraties ammonium zullen dan afnemen en de verwachting is dat deze niet zoveel kwaad kunnen, zolang de fosfaatbeschikbaarheid laag blijft. Als er wordt afgegraven tot op het zand, zullen de ammoniumconcentraties sowieso afnemen, omdat er geen anaerobe veenafbraak meer plaatsvindt. Ook de bicarbonaatconcentraties zullen dan naar verwachting lager worden.

Uit de analyseresultaten blijkt grote variatie aan standplaatsen te kunnen ontstaan na aanleg van nieuwe petgaten: variërend van gebufferd en een hoge pH tot zuurder en nauwelijks gebufferd. Daarnaast is er ook variatie in natrium- en chloridegehalten. Hoewel mesotrofe petgaten met een lichte buffering (1500-2500 $\mu\text{mol/l}$), voldoende calcium en vrij lage concentratie natrium- en chloride vaak botanisch de meest waardevolle ontwikkeling opleveren, geven de andere variaties ook kansen. Zo kan er op de locaties die door pyrietoxidatie verzuurd zijn (met name locatie 2 en 6 als deze tot de veenlaag worden afgegraven) ruimte komen voor de ontwikkeling van soorten uit de Oeverkruidklasse (zie kader). Dit kunnen net als in de in het kader genoemde Groene waterparel aquatische soorten zijn, maar als er ook plasdras situaties op het veen gecreëerd kunnen worden, zouden dit ook amfibische soorten zoals Oeverkruid zelf kunnen zijn. Op de overige locaties zouden meer gebufferde typen ontwikkeld kunnen worden.

Conclusies hydrologie

Voor een goede ontwikkeling van vegetatie in petgaten is een stabiele grondwaterstand nodig, zeker als er een ontwikkeling met kraggenvorming gewenst is. In dit deelonderzoek is het grondwaterstandsverloop niet onderzocht. Op grond van modelleringen is eerder geschat dat het waterstandsverloop op deze locaties geen heel groot verloop kent. De ijzervlekken in de kleilaag vanaf een diepte van 20 cm onder maaiveld, geven aan dat hier sprake is van afwisselend gereduceerde en geoxideerde omstandigheden. Waarschijnlijk komt de hoogste grondwaterstand dus ongeveer tot 20 cm onder het huidige maaiveld. Op grond van de overgang tussen veraard en onveraard veen is ingeschat dat de gemiddeld laagste grondwaterstanden rond 60 cm onder maaiveld zouden liggen. Dit zou een peilverloop van 40 cm betekenen, wat nog een gunstig uitgangspunt zou zijn voor de vegetatie-ontwikkeling van toekomstige petgaten.

Of de grens tussen veraard en onveraard veen daadwerkelijk ook betekent dat het water niet verder wegzakt, is niet duidelijk. Het zou ook kunnen zijn dat bij grondwaterstandsdeling de veenlaag nog beschermd is tegen snelle zuurstofindringing door het dikke kleipakket dat zich op de veenlaag bevindt, terwijl de grondwaterstand inmiddels al lager staat dan deze overgang.

Tot circa 10 jaar geleden is een aantal peilbuizen ongeveer 10 jaar lang gevolgd in het gebied Kelsdonk-Zwermlaken (bron: Dinoloket). Het gaat om drie buizen met meerdere filters in het langgerekte perceel waarin locatie 7 bemonsterd is, een peilbuis in de buurt van locatie 1 en een buis met twee filters in de buurt van locaties 8, 9 en 10. Uit de monitoring van deze buizen bleek dat toendertijd het ondiepe grondwaterstandsverloop ongeveer 80 cm besloeg. Hierbij komt de hoogste stijghoogte circa 10 cm onder tot net boven het maaiveld uit, en de laagste standen dus rond 70-90 cm onder maaiveld. Als dit een indicatie zou geven van het toekomstige grondwaterstandsverloop en van het oppervlaktewaterregime, zou dit een sterk fluctuerend peil geven in de petgaten. Ook zou dit betekenen dat de hoogste peilen tot vrij bovenin de kleilaag komen en dat het daarmee niet mogelijk zou zijn om de het petgat zo vorm te geven dat het oppervlaktewater niet in contact komt met de kleilaag. Uit de conceptmodellering van de toekomstige situatie (Haskoning & Arcadis) blijkt ook dat de fluctuaties in grondwaterstand circa 70-80 cm bedragen, met een GHG tussen circa +20 en -20 cm ten opzichte van maaiveld. Dit komt goed overeen met deze oude peilbuismetingen.

De hydrologie van de toekomstige petgaten valt echter buiten de scope van dit deelonderzoek, en hieronder zal er verder vanuit worden gegaan dat er gekozen zou kunnen worden van de meest optimale vorm voor de petgaten.

Conclusies kwaliteit water Leursche Haven en Halsche Vliet voor inlaat

Om de waterstand in de petgaten niet teveel te laten schommelen, zou inlaat van oppervlaktewater een optie kunnen zijn. Om deze reden is gekeken naar de kwaliteit van het water in de Leursche Haven de Halsche Vliet. Beide waren voor een ontwikkeling van mesotrofe situatie te voedselrijk. Ook had het water uit de Leursche Haven een te lage calciumconcentratie om buffering van bijvoorbeeld trilveen langdurig in stand te houden (Cusell, 2013). Het water bevat daarnaast ook vrij veel sulfaat. Dat zal voor een deel van de petgaten ook gaan gelden, maar voor de locaties met een lage sulfaatconcentratie zou een aanvoer van sulfaatrijk water kunnen

zorgen voor een verhoogd vrijkomen van aan ijzer vastgelegd fosfaat als er sulfaatreductie optreedt. Hoe groot de effecten van inlaatwater zullen zijn op de vegetatie-ontwikkeling hangt ook grotendeels af van de belasting van de petgaten met dit water, dus hoeveel van dit water er op jaarbasis wordt ingelaten, en van het aandeel van dit water ten opzichte van voeding met grond- en regenwater. Naast de belasting met opgeloste stoffen is ook de belasting met nutriëntenrijk zwevend stof van belang, dat in het petgat neer kan slaan. Een langere aanvoerroute via bijvoorbeeld een helofytenfilter kan het zwevend stof en een deel van de nutriënten verwijderen. Als inlaat noodzakelijk is, zal eerst uitgetest moeten worden wat de uitstroomconcentraties van een dergelijk filter worden, voordat besloten wordt om dit water niet alleen in de sloten, maar ook in de petgaten in te laten. Gezien de huidige concentraties nitraat en fosfaat, zal er erg veel verwijderd moeten worden voordat het water geschikt is voor inlaat. Ter vergelijking: verlandingsvegetaties met potentiële ontwikkeling richting trilveen hebben gemiddeld een orthofosfaatconcentratie rond 0,1 $\mu\text{mol/l}$, en ammonium- en nitraatconcentraties lager dan 5 $\mu\text{mol/l}$ in het groeiseizoen (Loeb *et al.*, 2017).

Conclusie 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 Kelsdonk-Zwemlaken is het ontwikkelen van trilveenvegetaties. Trilveen (habitattype 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 onderstaand kader. 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 verlandingsstypen hebben de potentie om uiteindelijk bij goed beheer een successie naar trilveen te kunnen laten zien. De verlandingsstypen 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 eutrofere 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 Kelsdonk-Zwemlaken 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.

De oevervorm en het bodemsubstraat zullen in Kelsdonk-Zwermlaken mede afhangen van het verwachte oppervlaktewaterstandsverloop in de petgaten. Als de verwachte hoogste standen hoog zijn ten opzichte van het huidige maaiveld, zal dit betekenen dat de oever nog uit klei zal bestaan. De kansen voor kraggeverlanding en trilveenvorming zijn dan klein, aangezien de soorten die deze verlanding in gang moeten zetten, niet op klei groeien. Alleen verlanding met Krabbenscheer zou in dat geval nog mogelijk zijn, zolang de basis van het petgat in het veen komt te liggen. Als er geen mogelijkheid is om de oever in het veen of het zand te leggen, levert dit echter wel een risico op fosfaatuitspoeling naar het petgat op. Deze zal het grootst zijn als de toplaag van de klei niet wordt afgegraven, maar het is niet bekend tot waar het fosfaatfront zich precies bevindt.

Op grond van de huidige poriewaterkwaliteit lijken locaties 4 en 5 het meest geschikt voor ontwikkeling van jonge verlanding van kalkrijke typen dat potentieel richting trilveen gaat, zoals het type van Snavelzegge en Holpijp of Riet en Holpijp of met Krabbenscheer. Hier dient vooraf echter op grond van het verwachte waterstandsverloop gekeken te worden of er een oevervorm, oever- en bodemsubstraat en petgatdiepte aan te leggen is dat aansluit op de vereisten van deze typen. Ook dient er gekeken te worden of er sprake is van kwel of juist van wegzijging.

Naast deze petgaten liggen er gezien de goede bodem- en grondwaterkwaliteit ook elders kansen op jonge verlandingsstadia. Daarnaast kan er ook ruimte gemaakt worden voor ontwikkeling van aquatische vensoorten op plekken die verzuurd zijn. Dit kan met name op locaties 2 en 6 als daarbij de bodemlaag die verzuurd is, aan het oppervlak komt.

Ook is het goed om te realiseren dat het doorgemeten (onveraaarde) veenpakket een zeer goede kwaliteit heeft voor de ontwikkeling van mesotrafente veenvegetaties. Als het hydrologisch mogelijk is om het kleipakket te verwijderen zonder dat er een groot deel van het jaar water op het veen blijft staan, zouden hier goed ontwikkelde mesotrofe veenvegetaties op ontwikkeld kunnen worden.

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.).

Ten slotte is het de vraag of de petgaten geïsoleerd of in een complex zouden moeten worden aangelegd. Het voordeel van 'losse' petgaten zou kunnen zijn dat er een grote variatie abiotiek ontstaat, met verschillend substraat en een verschillende waterkwaliteit, waardoor er veel verschillende soorten zich zouden kunnen vestigen. Voordeel van de aanleg van petgaten in een complex kan echter zijn dat uitwisseling van stuifmeel en zaden tussen de petgaten op kan treden, waardoor plantpopulaties veel groter en robuuster zijn dan in geïsoleerd liggende petgaten, waardoor soorten minder snel verdwijnen. Ook kan er dan gezocht worden een locatie waar het geringste waterstandsverloop is in combinatie met de beste waterkwaliteit en de meest geschikte oevervorm, waardoor de kans op trilveenontwikkeling vergroot kan worden.

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

In figuur 15 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).

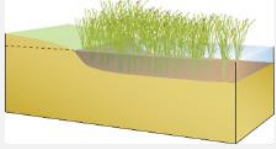
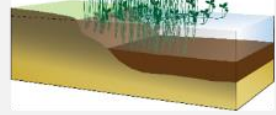
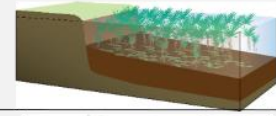
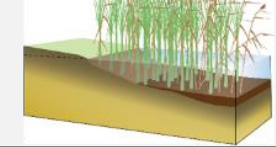
Aanleg

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 Krabbescheer. 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, HCO_3); • 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, HCO_3) of gebufferd oppervlaktewater (hoog Ca en HCO_3); • 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 CO_2-beschikbaarheid; • Voldoende buffering	• <i>Vraat</i>; • Te hoge of te lage nutriëntenconcentraties; • Te lage K-beschikbaarheid, te hoge N/K-ratio, NH_4-toxiciteit, CO_2-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 bijv. ligging aan de loefzijde)
Type van Grote Iisdodde en Riet 	• Waarschijnlijk lage potentie	• (Hyper)eutroof oppervlaktewater, slib en oever (legakker); • Verlandt vanuit wortelende helofyten of via kraggevorming; • Prefereert een flauwe oever en een niet al te diep petgat;	• <i>Vraat</i>

Figuur 15. Standplaatscondities jonge verlandingsgemeenschappen, hun potentie voor trilveenvorming en hun belangrijkste knelpunten. Uit: Loeb et al., 2016.

Beantwoording onderzoeksvragen

Samengevat kunnen de onderzoeksvragen als volgt worden beantwoord:

1. *Is het mogelijk trilveen te realiseren op de aangewezen locaties, gezien de grondwater- en bodemcondities? & 2. Zo niet, is trilveen dan wel te realiseren door de petgaten enkele percelen verder op te leggen? Hierbij gebruik makend van de nieuwe informatie uit de grondwatermodellering en metingen van de lokale bodem- en grondwatercondities.*

De bodem- en grondwatercondities in de veen- en zandlaag zijn overal voedselarm genoeg voor de realisatie van trilveen. Als wordt gekeken naar de andere vereisten voor de realisatie van trilveen (zuurgraad, buffering, vrij lage concentraties van natrium, chloride en sulfaat), lijken locaties 4 en 5 zonder meer geschikt. Locaties 1, 3, 8, 9 en 10 waren goed gebufferd en zijn mogelijk ook geschikt, maar bevatten wat hogere concentraties natrium, chloride en/of sulfaat. Enkele andere locaties (2, 6 en 7) zijn te zuur, maar geven juist kansen voor soorten van zwakgebufferde milieus. Lokaal zijn overblijfselen van historische brakwaterlenzen of pyriet aanwezig in de ondergrond. Hierdoor kunnen bevindingen over zuurgraad, buffering en concentraties chloride, natrium en sulfaat niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar locaties die niet doorgemeten zijn. De kansen voor trilveenvorming zijn verder onder meer afhankelijk van een stabiele waterstand in het petgat. Modellen geven aan dat de te verwachte waterstandsfluctuatie op grond van het grondwaterstandsverloop overal te groot is voor trilveenontwikkeling. Indien dit op te lossen is met inlaat van water uit de Leursche haven of Halsche Vliet, dan is dit water niet zonder meer bruikbaar vanwege te hoge nutriëntenconcentraties.

3. *Hoe (diep) werden petgaten historisch uitgegraven en hoe ziet de veenopbouw er uit? Hoe kan deze informatie benut worden bij de inrichting en beheer van de nieuwe petgaten, zoals nader wordt afgestemd bij het veldbezoek "benutten kans 5"?*

Uit één boring, die gezet werd op een plek waar weer veenopbouw had plaatsgevonden in een voormalig petgat, blijkt dat hier het petgat tot minder dan 50 cm is uitgegraven. Dat dit petgat daarna weer met veen is dichtgegroeid, geeft aan dat er na de vervening nog sprake was van een permanent hoge waterstand; ook in de zomer. Als er nu tot een dergelijke diepte zou worden gegraven, zou het gat zich niet met veen opvullen, omdat het een deel van het jaar droog zal staan.

4. *Uit eerder onderzoek blijkt de bodem (zelfs onder de bouwvoor) in veel percelen een vrij hoge fosfaatconcentratie heeft. Indien in een stuk van een perceel een petgat gegraven wordt, vormt uitspoeling vanuit de rest van het perceel dan een belemmerende factor voor de ontwikkeling van trilveen? Hoe zou dit knelpunt kunnen worden opgelost?*

Dit vormt inderdaad op de meeste onderzochte percelen een probleem. Op die percelen wordt het risico als 'matig' ingeschat. Hierbij moet rekening gehouden worden met dat trilveen een erg gevoelig is voor eutrofiëring, dus dat een kleine beetje uitspoeling al nadelige effecten kan hebben. Daarnaast kunnen bij rechte, verticale oevers ook kleideeltjes met daaraan geadsorbeerd fosfaat direct naar het petgat

afspoelen. Een oplossing zou zijn om de kleilaag rondom het petgat af te graven en de oevers in het veen te leggen. Dit zou ook gunstig kunnen zijn voor de meeste soorten die verlanding in gang kunnen zetten en die voornamelijk op veen groeien. Dit is echter alleen een oplossing als de het oppervlaktewater niet totaan de kleilaag staat.

5. *Wateraanvoer in droge tijden is alleen mogelijk vanuit de Leursche haven. Hoe is de kwaliteit van de dit water in relatie tot de beoogde natuurdoelen?*

Het water uit de Leursche haven heeft een te hoge concentratie nitraat, fosfaat en ammonium voor inlaat in een petgat met trilveen of andere mesotrofe verlandingsvegetaties. Of dit water bruikbaar is voor inlaat, hangt onder meer af van of de nutriëntenlast in de aanvoerroute naar de petgaten verminderd kan worden, hoe groot de belasting met nutriënten daarmee wordt en hoe groot de het aandeel van dit oppervlaktewater wordt in verhouding tot andere bronnen (grond-/regenwater).

Eindconclusie

- De ondergrond geeft goede kansen voor ontwikkeling van waardevolle verlanding.
- De gemodelleerde grondwaterstanden leveren echter een aantal knelpunten op:
 - de hoogste grondwaterstand zit ongeveer tot aan maaiveld en het winterpeil van het oppervlaktewater zit ongeveer 20 cm onder maaiveld. Dit betekent dat het oppervlaktewater van een petgat tot ongeveer halverwege de afdekkende kleilaag staat en de petgaten dus een klei-oever krijgen. Dit is ongunstig voor de ontwikkeling van de gewenste verlandingsvegetaties. De meeste gewenste verlandende soorten groeien niet op klei en daarnaast zou dit een risico geven op uitspoeling van fosfaat en kleideeltjes naar het petgat.
 - de laagste grondwaterstand ligt volgens de peilbuizen en de grondwatermodellering ongeveer 70-80 cm onder de GHG. Dat is ongunstig voor de ontwikkeling van verlandingsvegetaties, deze hebben een stabiel peil nodig (trilveen 20-40 cm; Runhaar & Hennekens, 2014).
- Of het mogelijk is door aanpassing van het peil (water aan- en afvoer) deze knelpunten te verminderen valt buiten deze studie. De kwaliteit van het oppervlaktewater uit de Leursche haven en Halsche Vliet is daarnaast nu (nog) niet van voldoende kwaliteit om dit zondermeer te gebruiken als inlaatwater.

Literatuur

Cusell C., A. Kooijman, I. Mettrop & L. Lamers, 2013. Natura 2000 Kennislacunes in De Wieden & De Weerribben. Directie Kennis & Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.

Cusell, C., S. Kanters & R. van de Haterd, in prep. Onderzoek naar stimuleren van trilveenontwikkeling door aanbrengen van diasporen en uitsluiten van (vogel)begrazing.

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.

Ellenkamp, G.R. 2007. Cultuurhistorische en aardkundige waarden in plangebied Noordrandmid-den; een cultuurhistorische verwachtings- en beleidsadvieskaart (concept). RAAP Archeologisch adviesbureau bv. i.o.v. Waterschap Brabantse Delta.

Gilbert, J., D. Gowing & H. Wallace, 2009. Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances. *Biological Conservation* 142: 1074-1083.

Loeb, R., in concept. Bodemchemische onderzoek Polders Oosterland. Onderzoekcentrum B-ware, Nijmegen.

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. Verlandings- en 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.

Runhaar, H. & S. Hennekens, 2014. Waternood, Hydrologische randvoorwaarden Natuur, versie 3.

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.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.

Van den Wyngaert I.J.J., L.D. Wienk, S. Sollie, R. Bobbink & J.T.A. Verhoeven, 2003. Long-term effects of yearly grazing by moulting Greylag geese (*Anser anser*) on reed (*Phragmites australis*) growth and nutrient dynamics. *Aquatic Botany* 75: 229-248.

Van der Grift B. & P.J. Stuyfzand, 2019. Uitloging geochemisch buffervermogen ondergrond. BTO 2019.036. KWR, Nieuwegein.

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.

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.

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

Wal, J.E.M van der, 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

Weijss W., 2013. Mislukking en succes van nieuwe petgaten in de Oostelijke Vechtstreek. Natuurmonumenten, Beheereenheid Vechtplassen.

Bijlage 1 Poriewateranalyses

Resultaten poriewateranalyses in $\mu\text{mol/l}$; EGV in $\mu\text{S/cm}$.

	loc 1	loc 2	loc 3	loc 4	loc 5	loc 6	loc 7	loc 8	loc 9	loc 10
pH	6,62	5,35	6,19	6,59	6,64	6,12	6,12	6,35	6,45	6,40
EGV	1031	1305	313	590	718	902	1154	898	1201	1086
CO ₂	3436	2739	2213	3071	2322	3549	2390	2246	6220	3631
HCO ₃	5944	253	1412	4980	4226	1919	1308	2082	7191	3785
NO ₃	3	36	2	1	1	1	1	1	1	1
NH ₄	209	88	482	8	62	136	240	464	253	692
PO ₄	1,1	0,4	0,7	0,1	0,1	0,0	1,9	0,0	5,0	1,4
Na	3185	171	183	713	670	764	410	472	1178	1497
K	269	23	42	16	15	125	186	117	144	204
Cl	1594	115	204	473	624	741	217	264	732	1790
Al	0	16	26	0	0	0	0	2	0	4
Ca	1297	6088	1315	2532	2851	2742	3803	2605	2496	2902
Fe	1	80	73	202	245	489	115	142	7	38
K	299	35	49	30	31	167	219	117	166	213
Mg	2252	1637	388	555	823	1411	2298	1952	2469	1912
Mn	4	52	6	11	10	84	19	25	12	17
P	3	1	2	1	1	2	4	1	12	4
S	1689	7916	210	17	761	3394	5888	3630	1975	2762
Si	250	438	404	514	427	389	285	403	1342	320
Zn	1	1	2	1	1	2	0	1	0	0

Bijlage 2 Bodemanalyses

Organische stofpercentage, vochtpercentage, bodemdichtheid (kg/l) en concentraties Olsen-P ($\mu\text{mol/l}$ bodem).

	om%	vocht	dichth	Olsen-P
1 klei 0-10	18	33	0,72	2583
1 veen 80-90	85	80	0,21	88
1 gyttja 100	9	33	0,94	115
1 zand 110	8	30	1,07	326
2 klei 0-10	13	30	0,78	1491
2 veen 80-90	32	61	0,44	135
2 zand 90-100	3	21	1,28	143
3 klei 0-10	15	26	0,67	2228
3 veen 90-100	71	84	0,15	46
3 zand 100-110	4	25	1,19	118
4 klei 0-10	27	50	0,46	1341
4 klei 40-50	7	31	1,05	120
4 veen 70-80	12	46	0,71	76
4 zand 80-90	6	28	1,10	92
5 klei 0-10	19	38	0,60	1266
5 veen 70-80	61	82	0,18	58
5 leem 95-100	2	17	1,50	146
6 klei 0-10	18	31	0,61	1855
6 veen 60-70	20	64	0,32	117
6 zand 80-90	1	17	1,45	307
7 klei 0-10	19	29	0,65	2228
7 veen 60-70	91	82	0,14	43
7 zand 90-100	38	21	1,34	662
8 klei	20	34	0,53	1177
8 veen 70-80	38	63	0,41	58
8 zand 90-100	3	21	1,38	146
9 klei	19	40	0,61	1284
9 veen 100-110	82	88	0,12	9
9 veen 140-150	89	89	0,10	7
10 klei	11	32	0,76	1557
10 veen 80-90	50	83	0,16	19
10 zand 110-120	4	27	1,28	425

Totaalconcentraties (destructie) van aluminium, calcium, ijzer, kalium, magnesium, mangaan, fosfor, zwavel, silicium en zink (mmol/l bodem).

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
1 klei 0-10	298	41	205	20	53	1	20	32	6	1
1 veen 80-90	54	103	17	1	65	1	1	76	2	0
1 gyttja 100	88	84	6	3	62	1	2	39	5	0
1 zand 110	90	37	17	5	33	0	2	33	7	0
2 klei 0-10	343	58	229	18	61	4	15	20	9	1
2 veen 80-90	82	84	63	1	7	1	3	67	4	0
2 zand 90-100	57	48	15	0	3	1	1	24	4	0
3 klei 0-10	569	54	318	39	113	7	24	18	6	1
3 veen 90-100	21	56	18	0	5	0	2	49	1	0
3 zand 100-110	118	36	22	2	6	0	1	26	8	0
4 klei 0-10	315	35	187	24	54	1	14	37	5	0
4 klei 40-50	811	127	383	71	217	5	7	39	13	1
4 veen 70-80	116	91	61	3	14	1	2	53	6	0
4 zand 80-90	158	42	36	3	9	0	1	24	9	0
5 klei 0-10	411	76	243	27	75	2	15	36	5	1
5 veen 70-80	73	111	60	1	14	1	6	72	1	0
5 leem 95-100	319	44	121	7	36	1	2	8	10	0
6 klei 0-10	263	45	274	16	55	7	21	21	6	1
6 veen 60-70	29	24	73	0	6	1	2	60	2	0
6 zand 80-90	151	15	68	3	12	1	2	59	8	0
7 klei 0-10	428	47	255	29	88	3	18	22	7	1
7 veen 60-70	12	50	22	0	6	0	2	46	1	0
7 zand 90-100	197	37	39	5	10	1	2	49	10	0
8 klei	494	42	260	45	91	2	12	23	5	1
8 veen 70-80	116	105	53	2	26	2	3	101	3	0
8 zand 90-100	256	25	34	13	17	0	1	31	7	0
9 klei	467	20	225	63	82	1	12	43	6	1
9 veen 100-110	9	38	42	1	24	1	1	126	1	0
9 veen 140-150	7	33	11	1	26	1	1	70	1	0
10 klei	698	57	344	92	138	5	22	22	7	1
10 veen 80-90	19	38	43	1	7	1	2	124	1	0
10 zand 110-120	437	42	41	17	20	1	4	53	8	0

pH en concentraties in het zoutextract (μmol/l bodem)

	pH	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
1 klei 0-10													
1 veen 80-90	6,63	5	403	9	9805	2	164	16624	33	2	1950	228	1
1 gyttja 100	6,89	4	367	13	8020	2	89	13987	20	1	643	124	1
1 zand 110	6,51	7	481	17	13570	2	131	16433	27	3	1217	182	1
2 klei 0-10													
2 veen 80-90	4,34	14	162	116	37047	28	222	3448	226	1	8898	309	1
2 zand 90-100	5,21	3	120	36	15507	15	118	1959	100	1	2978	164	1
3 klei 0-10													
3 veen 90-100	5,30	8	696	17	20529	7	156	2449	77	2	1601	217	1
3 zand 100-110	5,52	3	###	18	14355	6	125	1736	45	9	626	174	1
4 klei 0-10													
4 klei 40-50	5,91	2	82	2	31225	60	180	6202	163	1	779	250	1
4 veen 70-80	5,86	3	104	8	21435	6	161	3092	74	1	1097	224	1
4 zand 80-90	5,92	4	70	11	19365	6	173	2385	48	0	560	241	1
5 klei 0-10													
5 veen 70-80	5,74	7	116	3	22994	3	131	3923	49	1	2333	182	1
5 leem 95-100	6,08	1	407	5	22792	18	127	4157	32	0	399	176	1
6 klei 0-10													
6 veen 60-70	3,43	8	442	791	13499	25	439	4067	389	0	####	612	6
6 zand 80-90	4,98	0	316	19	6894	53	143	2520	254	0	4375	199	0
7 klei 0-10													
7 veen 60-70	4,20	49	344	48	16511	8	141	3547	105	0	3981	197	1
7 zand 90-100	5,13	1	191	25	9444	12	71	2275	87	2	3247	99	0
8 klei													
8 veen 70-80	5,54	1	###	14	28298	30	395	17115	204	0	####	550	0
8 zand 90-100	5,87	4	305	13	5585	6	74	3488	28	0	1661	103	0
9 klei													
9 veen 100-110	5,85	3	262	4	10783	7	662	8732	203	0	5646	922	0
9 veen 140-150	5,99	3	515	7	16193	4	1079	15791	191	0	4594	1502	1
10 klei													
10 veen 80-90	5,75	3	609	11	11750	3	163	4477	163	3	4512	227	0
10 zand 110-120	6,11	3	867	21	7307	3	82	3591	33	0	1015	114	0

Concentraties in het oxalaatextract ($\mu\text{mol/l}$ bodem) en de fosfaatverzadigingsgraad (FVG)

	Al	Fe	Mn	P	FVG
1 klei 0-10	40916	136913	732	12829	14
1 veen 80-90	22686	6094	474	271	2
1 gyttja 100	44609	985	372	1078	5
1 zand 110	30857	1678	204	2106	13
2 klei 0-10	32184	127637	3271	8625	11
2 veen 80-90	51351	31885	362	1311	3
2 zand 90-100	17355	3518	332	445	4
3 klei 0-10	42813	147449	3828	13829	15
3 veen 90-100	8135	14186	140	207	2
3 zand 100-110	12447	2759	122	741	10
4 klei 0-10	33934	106875	513	5916	8
4 klei 40-50	40494	104100	2261	3316	5
4 veen 70-80	21630	25045	337	1096	5
4 zand 80-90	18836	11722	179	1054	7
5 klei 0-10	40540	120368	1336	6157	8
5 veen 70-80	37035	29543	285	3295	10
5 leem 95-100	22029	32177	111	1215	4
6 klei 0-10	28526	180482	4674	11984	11
6 veen 60-70	10791	53123	245	413	1
6 zand 80-90	18095	7514	310	1548	12
7 klei 0-10	37425	124123	1493	9836	12
7 veen 60-70	7241	18124	119	111	1
7 zand 90-100	41561	7147	300	2334	10
8 klei	24886	109072	1042	3816	6
8 veen 70-80	73018	18856	775	1846	4
8 zand 90-100	43773	4552	212	945	4
9 klei	34553	140450	292	5707	7
9 veen 100-110	2840	19462	691	78	1
9 veen 140-150	2524	1371	400	35	2
10 klei	25864	163878	2578	9011	9
10 veen 80-90	5201	16364	263	140	1
10 zand 110-120	54249	3096	363	2038	7

B
ware

www.b-ware.eu

BIJLAGE D DIMENSIONERING WATERAANVOER

ONDERWERP
Dimensionering wateraanvoer

PROJECTNUMMER
30073363

DATUM
8 december 2021

ONZE REFERENTIE
D10045118:6

VAN
Arjan ter Harmsel

Achtergrond

Deze memo geeft de onderbouwing voor de dimensionering van de vervangende wateraanvoer bij Kelsdonk Zwermmlaken.

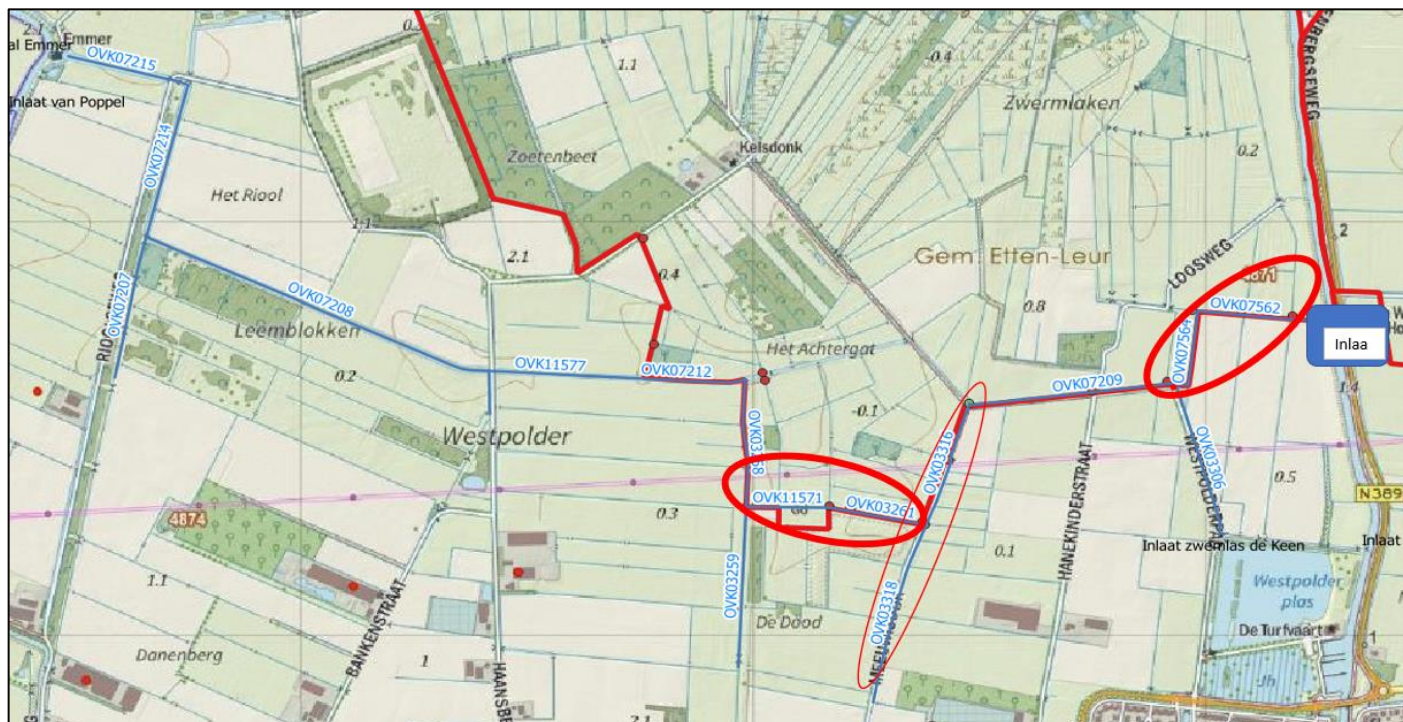
In de huidige situatie wordt water via dezelfde inlaat ingelaten vanuit de Leursche Haven voor twee doelen, namelijk het natuurgebied zelf en het achterliggende landbouwgebied. Eis is dat deze twee waterstromen worden gescheiden. De bestaande inlaat blijft gehandhaafd voor het natuurgebied. Voor het landbouwgebied wordt een nieuwe aanvoerroute gemaakt.

Daarbij zijn de volgende stappen doorlopen:

- Het gebied dat van water moet worden voorzien is 300 ha groot.
- Het waterschap hanteert hiervoor een norm van 0,3 liter/seconde/hectare
- De aanvoer moet daarmee een capaciteit hebben van 0,09 m³/sec. Afgerond naar boven op 0,1 m³/sec.
- De inlaat en de aanvoerroute moeten dit debiet kunnen verwerken. De aanvoerroute bestaat uit watergangen met daarin kunstwerken (duikers, stuwen).
- Uitgangspunt is om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande watergangen (en die zo nodig aan te passen), en de aanvoerroute zoveel mogelijk op de grens van het natuurgebied te plaatsen.
- Het waterschap hanteert een norm voor de maximaal toegestane opstuwing, voor een watergang is dat 4cm/km en voor een duiker 5mm.
- Per watergang en duiker is ingeschat welk debiet deze moet verwerken, en is de opstuwing bepaald.
- Als de opstuwing groter is dan de norm, dan is uitgerekend hoeveel de watergang of duiker verruimd moet worden.
- Voor een watergang zijn er dan twee opties, behoud bodemhoogte of verlaging bodemhoogte (en daarmee de samenhangende verbreding).
- Voor een duiker kan er ook de optie zijn om deze te laten vervallen, of te vervangen door een brug. Dit laatste is niet verder beschouwd vanwege de hoge kosten voor een brug.

Hieronder is per watergang en duiker aangegeven wat de huidige dimensies zijn, of deze voldoen aan de norm en zo nee, welke verruiming dan nodig is. De ligging is op de kaarten aangegeven.

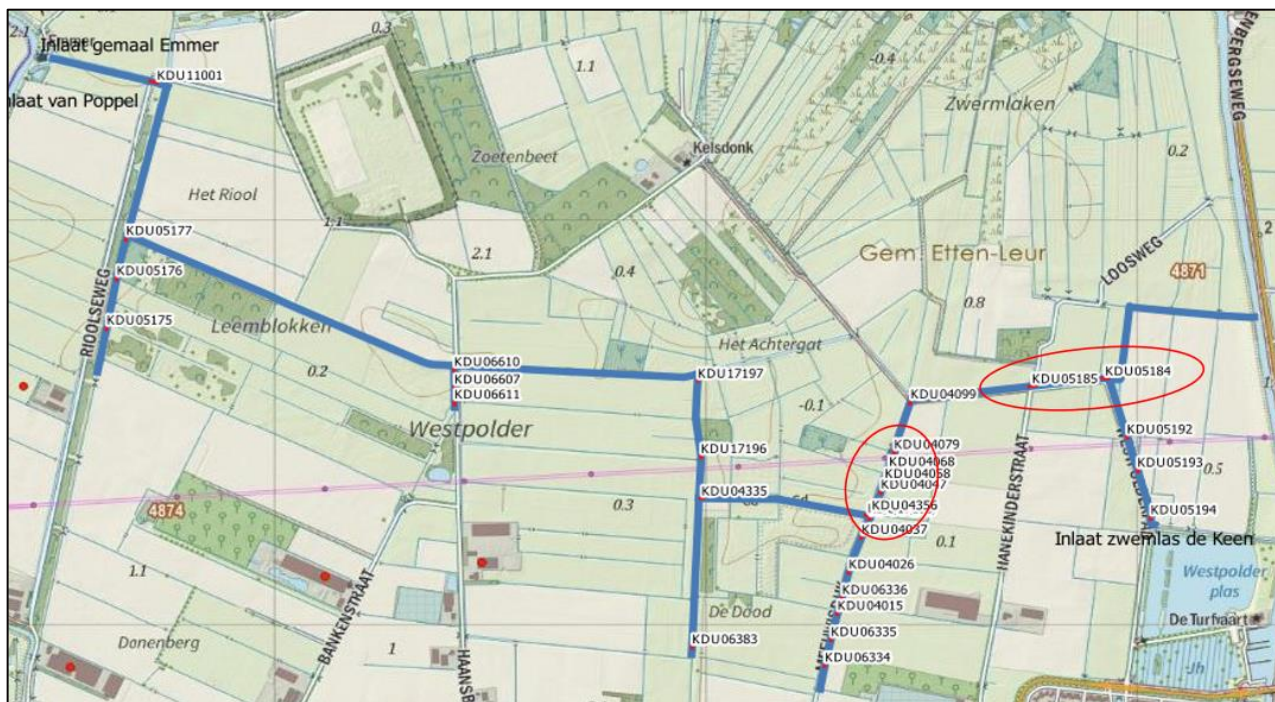
Geanalyseerde watergangen in het plangebied



Waterloop	Bodem breedte	Bodem hoogte	talud	Zomer peil	waterdiepte	Debiet	Opstuwing (cm/km)	Stroomsnelheid(m/s)	Nieuwe bodembreedte (m)	of nieuwe bodemdiepte (mNAP) (zonder behoud huidige bovenbreedte)
OVK07563	3	-0,72	1	-0,65	0,07	0,1	>50	0,41	>30	-1,1
OVK07562	3	-0,85	1	-0,65	0,2	0,1	44	0,16	10	-1,1
OVK07564	3	-1,05	1	-0,65	0,4	0,1	4,26	0,07	3,5	-1,1
OVK03306	3	-1	1	-0,65	0,35	0,05	1,7	0,04		
OVK07209	5,1	-1,38	1	-0,65	0,73	0,1	0,2	0,05		
OVK07211	3,1	-1,21	1,5 en 1	-0,8	0,41	0,1	3,5	0,07		
OVK03316	1,5	-1,11	1	-0,8	0,31	0,1	38	0,18	5	-1,4
OVK03317	1,5	-1,11	1	-0,8	0,31	0,03	3,44	0,05		
OVK03318	1,1	-1	1 en 1,5	-0,8	0,2	0,03	26,8	0,11	3	-1,15
OVK03261	0,7	-1,2	1,5	-0,8	0,4	0,08	27	0,15	2,5	-1,45
OVK11571	0,7	-1,4	1,5	-0,8	0,6	0,08	5,2	0,08	1	-1,45
OVK03259	1,7	-1,3	1 en 1,5	-0,8	0,5	0,02	0,2	0,02		
OVK03258	1,7	-1,6	1,5 en 1	-0,8	0,8	0,06	0,3	0,03		
OVK07212	3,8	-1,27	1,5	-0,8	0,47	0,06	0,5	0,03		
OVK11577	3,8	-1,29	1,5	-0,8	0,49	0,06	0,45	0,03		
OVK07219	2,4	-1,3	1	-0,8	0,5	0,02	0,1	0,01		
OVK07208	3,8	-1,5	1,5	-0,8	0,7	0,05	0,1	0,01		
OVK07207	1,1	-1,5	1	-0,8	0,7	0,02	0,1	0,02		
OVK07214	14,8	-1,9	1 en 0,5	-0,8	1,1	0,03	0	0		
OVK07218	14,8	-2	1 en 0,5	-1,2	0,8	0,02	0	0		
OVK07215	14,8	-2	1 en 0,5	-1,2	0,8	0,02	0	0		

Duikers

Hieronder een analyse van de duikers. Wanneer de duikers niet voldoen is de nieuwe gewenste diameter (in meters) aangeven in de een-na-laatste kolom in de tabel.



code	Diameter	BOB boven	BOB beneden	Langte	Soort	Materiaal	Zomerpeil	Debiet	Opstuwung (	Nieuwe diameter	Onder weg door?
KDU05192	0,5	-1,32	-1,33	9	rond	beton	-0,65	0,01	1		
KDU05193	0,5	-1,19	-1,18	9	rond	beton	-0,65	0,01	1		
KDU05194	0,5	-1,21	-1,2	11	rond	beton	-0,65	0,01	1		
KDU05184	0,5	-1,38	-1,41	14	Rond	Beton	-0,65	0,09	24	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU05185	0,5	-1,41	-1,49	15	rond	Beton	-0,65	0,09	25	0,8	onder weg door
KDU04099	0,5	-1,38	-1,44	13	rond	Beton	-0,8	0,09	24	0,8	onder weg door
KDU04079	0,5	-1,46	-1,49	9	rond	Beton	-0,8	0,09	21	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU04068	0,5	-1,56	-1,47	9	Rond	beton	-0,8	0,09	21	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU04058	0,5	-1,54	-1,55	9	Rond	beton	-0,8	0,09	21	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU04047	0,5	-1,55	-1,43	9	Rond	beton	-0,8	0,09	21	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU04356	0,5	-1,54	-1,53	9	Rond	beton	-0,8	0,09	21	0,8	onder toegang tot grasland door
KDU04345	0,5	-1,53	-1,48	9	Rond	beton	-0,65	0,02	1		
KDU04037	0,5	-1,35	-1,41	8	Rond	beton	-0,65	0,02	1		
KDU04026	0,5	-1,24	-1,28	7	Rond	beton	-0,65	0,02	1		
KDU06336	0,5	-1,07	-1,23	8	Rond	beton	-0,65	0,02	1		
KDU04015	0,5	-1,11	-1,06	8	Rond	beton	-0,65	0,02	2		
KDU06335	0,5	-1,03	-0,97	8	Rond	beton	-0,65	0,02	2		
KDU06334	0,5	-0,96	-0,88	9	Rond	beton	-0,65	0,02	3		
KDU17195	0,6	-1,63	-1,64	12	Rond	gewapend	-0,8	0,07	6	0,7	Onder weg door onder toegang tot grasland door
KDU04335	0,5	-1,41	-1,49	7	Rond	beton	-0,8	0,07	14	0,7	
KDU06383	0,8	-1,08	-0,99	9	rond	beton	-0,8	0,02	3		
KDU17196	1	-1,66	-1,74	9	Rond	gewapend	-0,8	0,05	0		
KDU17197	1	-1,67	-1,67	11	Rond	beton	-0,8	0,05	0		
KDU06610	0,7	-1,55	-1,42	9	rond	beton	-0,8	0,02	1		
KDU06607	0,7	-1,74	-1,62	8	rond	beton	-0,8	0,02	1		
KDU06611	1	-1,78	-1,55	14	rond	beton	-0,8	0,02	0		
KDU05177	0,6	-1,55	-1,61	11	rond	beton	-0,8	0,02	1		
KDU05176	0,6	-1,89	-1,94	11	rond	beton	-0,8	0,02	1		
KDU05175	0,6	-1,44	-1,54	11	rond	beton	-0,8	0,02	1		
KDU11001	1,45	-1,09	-1,07	17	Rechthoek	beton	-1,2	0,02	0		

COLOFON

INTEGRALE RAPPORTAGE SCHRALE VEGETATIES, GROND- EN OPPERVLAKTEWATER
DEELGEBIED KELSDONK-ZWERMLAKEN

KLANT

Waterschap Brabantse Delta

AUTEUR

Arjan ter Harmsel

PROJECTNUMMER

30073363

ONZE REFERENTIE

D10025340:197

DATUM

17 december 2021

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Daan Stoop
Manager Projectbeheersing

VRIJGEGEVEN DOOR

Johan Veth
Project Manager

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com