

RAPPORT

Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant

Cruislandse Kreken

Klant: Brabant Water N.V.

Referentie: BG6186-WM-RP-220726-0938WM

Status: Definitief/0002

Datum: 25 november 2022



Titel document: Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant

Ondertitel: Cruislandse Kreken
Referentie: BG6186-WM-RP-220726-0938WM
Status: 0002/Definitief
Datum: 25 november 2022
Projectnaam: Kruisland
Projectnummer: BG6186
Auteur(s): RHDHV

Opgesteld door: RHDHV

Gecontroleerd door: RHDHV

Datum: 25-11-2022

Goedgekeurd door: RHDHV

Datum: 25-11-2022

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek	3
2.1	Onderzoeksgebied: Cruislandse Kreken	3
2.2	Opzet van het onderzoek	4
3	Onderdelen van het systeem	5
3.1	Ontstaansgeschiedenis	5
3.2	Hoogteligging	9
3.3	Geologie en bodemopbouw	12
3.4	Hydrologie	18
3.4.1	Oppervlaktewater	18
3.4.2	Grondwater	21
3.5	Vegetatie	30
4	Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren	36
4.1	Samenvatting van de bouwstenen	36
4.2	Ecohydrologische interpretatie	38
4.3	Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling	41
5	Relatie met het hydrologisch model	44
5.1	Beschikbare metingen	44
5.2	Grondwaterstand en Stijghoogte	44
5.3	Kwel en wegzijging	46
5.4	Aanbevelingen voor het grondwatermodel	47
	Referenties	48

Bijlagen

Bijlage 1 – Vegetatiekartering SNL (van de Sande 2019)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Brabant Water werkt aan de voorbereiding van een nieuwe grondwaterwinning ten noordoosten van de bestaande winning in Wouw. In een eerste voorbereidende stap is met behulp van modelberekeningen bepaald welke van de mogelijk geschikte locaties het minste effecten geeft op bestaande (grondwater afhankelijke) natuurgebieden.

Uit de eerste modelberekeningen blijkt dat de invloed op grondwaterstand en stijghoogten beperkt is. Het grondwatermodel is echter globaal van opzet en bevat niet alle details van de natuurgebieden. Denk dan aan lokale leemvoorkomens, bijvoorbeeld. Voordat besloten wordt om meer gedetailleerde modelberekeningen uit te voeren, wordt eerst een ecohydrologische systeembeschrijving opgesteld om meer inzicht te krijgen in de sleutelprocessen voor de grondwaterafhankelijke natuurgebieden binnen de mogelijke, berekende invloedssfeer waarbij gekeken is naar het eerste watervoerende pakket en niet het voor natte systemen vaak belangrijke freatische pakket. Anders gezegd: er wordt systeemkennis opgedaan. Het gaat dan om zeven gebieden (Figuur 1-1):

1. Oudland.
2. Halsters Laag.
3. Zoomland.
4. Percelen langs Molenbeek (inclusief Sputendonks bosje).
5. Rozenven.
6. Gastels Laag.
7. Cruislandse Kreken.

Voor elk van deze gebieden wordt een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd. In dit rapport is die voor Cruislandse Kreken gevat. Cruislandse Kreken is onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant en is daarnaast ook voor een deel aangewezen als zogenoemde Natte Natuurparel (Krekensysteem De Beek / Roode Weel). De waterlopen binnen het onderzoeksgebied zijn bovendien aangewezen onder de Kaderrichtlijn Water (KRW) als KRW-waterlichaam (NL25_48). Het gebied is 152 hectare groot en eigendom van waterschap Brabantse Delta (de watergangen) en van Stichting het Brabants Landschap en Staatsbosbeheer (bossen en oeverzones).

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is om systeemkennis op te doen. Een ecohydrologische systeemanalyse is hiervoor een prima middel, gezien een dergelijke analyse inzichtelijk maakt wat de sleutelprocessen zijn die de (ontwikkeling van de) natuurwaarden in een gebied bepalen.

In feite geeft deze ecohydrologische systeemanalyse dan ook antwoord op één vraag, namelijk:

“Hoe functioneert Cruislandse Kreken en hoe werkt dit door in de standplaatscondities?”

Het doel van voorliggende rapportage is het geven van inzicht in het ecohydrologisch functioneren van het natuurgebied, de invloed hiervan op de vegetatie in relatie tot de aanwezige en nagestreefde doelen van het Natuurnetwerk Brabant. Dit inzicht zal gebruikt worden bij de later te maken effectbeschrijving van de nieuwe winning Kruisland in West-Brabant. Dit kan met een (gedetailleerd en verbeterd) grondwatermodel, mogelijk in combinatie met een ecologisch model, of op basis van expertkennis uitgevoerd worden. Dit rapport helpt bij het verder maken van keuzes hierin.

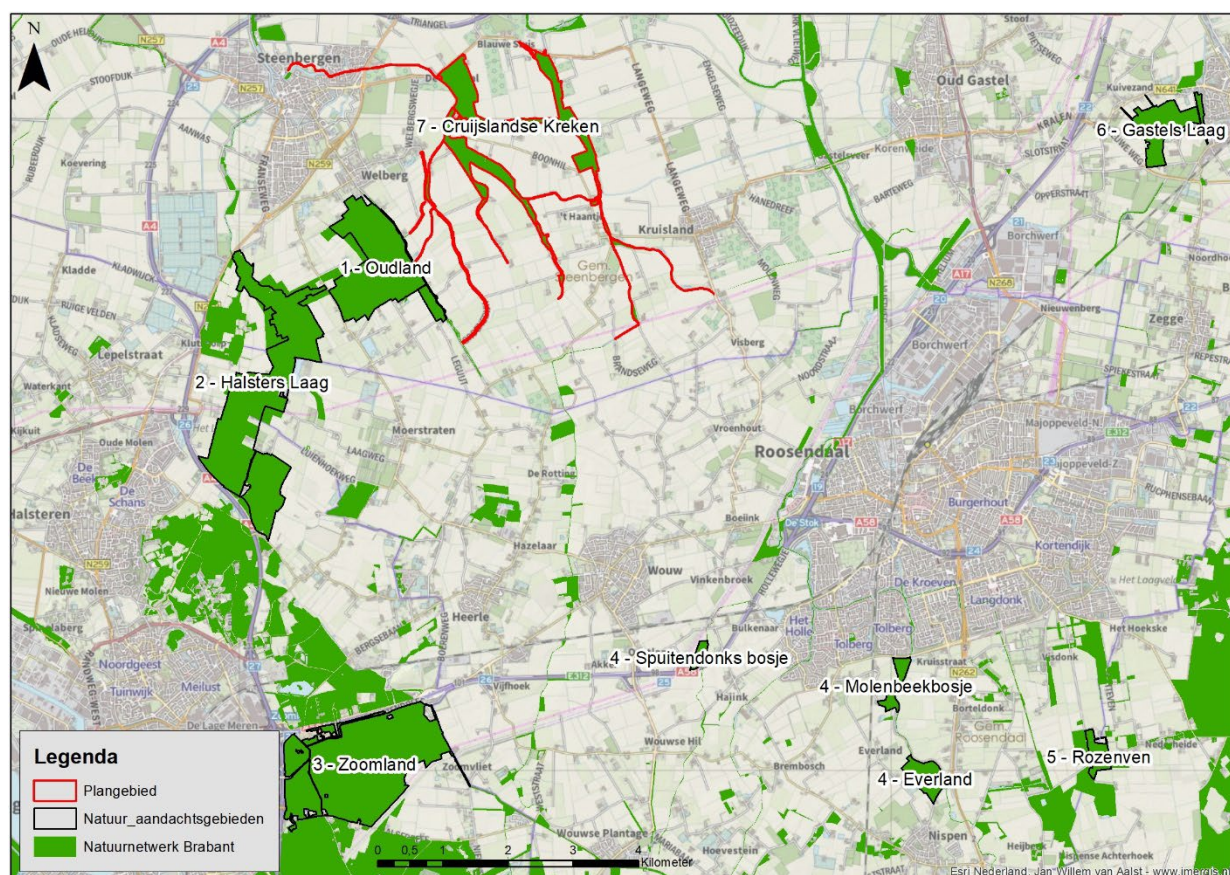
Deze rapportage gaat niet in op:

- De manier waarop de doelen in het veld gerealiseerd kunnen worden. Het rapport bevat dus geen advies over de optimale inrichting (aanpassingen in de waterhuishouding, afgraven van bovengrond).
- De andere invloeden dan hydrologie die invloed hebben op de natuurdoelen. Bijvoorbeeld: vermessing van grondwater, stikstofdepositie of versnippering van natuurgebieden.

Kortom, inrichting of ontwikkeling van het natuurgebied zijn geen onderdeel van de vraag, al is niet uitgesloten dat het incidenteel aan de orde zal komen. Het blijft mensenwerk, geschreven door gepassioneerde ecohydrologen.

1.3 Leeswijzer

Eerst wordt de opzet van het onderzoek beschreven (hoofdstuk 2) en de resultaten daarvan weergegeven (hoofdstuk 3). In het vierde hoofdstuk worden de gegevens samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie en worden de sleutelfactoren daaruit afgeleid. In hoofdstuk 5 wordt de relatie gelegd tussen de systeemanalyse op basis van gebiedskennis en metingen met de inzichten uit het geohydrologisch model.



Figuur 1-1: Ligging natuurgebieden (aangeduid met hun toponiem) die zijn opgenomen in deze systeemanalyse (Rode polygoenen). Zwarte polygoenen (aangeduid met hun toponiem) geven de gebieden waarvoor een systeemanalyse wordt opgesteld. Groene polygoenen: Natuurnetwerk Brabant (Provincie Noord-Brabant 2020).

2 Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek

2.1 Onderzoeksgebied: Cruislandse Kreken

Het onderzoeksgebied -voor deze rapportage Cruislandse Kreken- bevindt zich ten zuidoosten van Steenbergen in de Polder Kruisland (Figuur 1-1 en Figuur 2-1). Cruislandse Kreken ligt geheel binnen provincie Noord-Brabant, meer specifiek binnen de gemeente Steenbergen. De noordzijde van het gebied wordt grofweg begrensd door de A4 en de Steenbergsche en Roosendaalsche Vliet. Aan de zuidwestzijde van het gebied ligt het natuurgebied Oudland, wat begrensd wordt door de Boomvaart. Aan de noordwestzijde van het gebied liggen Steenbergen en Welberg. Aan de zuid- en oostzijde van het gebied gaat de Polder Cruisland verder en ten zuidoosten ligt het plaatsje Kruisland.

Een aantal van de in Figuur 2-1 genoemde watergangen zijn of waren in het verleden ook bekend onder andere benamingen. De Baak stond voorheen bekend als De Beek (Figuur 3-3) of De Woutsche Beek (Figuur 3-1). De Roode Weel stond voorheen bekend als De Roode Wiel of Roo Weel (Figuur 3-1). De Polderwatergang kent op veel kaarten uit de 19^e en 20^e eeuw ook de benaming het Rool. De Vierhoevensche Watergang stond vroeger bekend als De Kreeke (Figuur 3-2). De Boomvaart op de grens met Oudland staat ook bekend als de Wouwsche Beek. Ten behoeve van de duidelijkheid worden in voorliggende systeemanalyse enkel de benamingen gebruikt zoals weergegeven in Figuur 2-1.



Figuur 2-1: Geografische ligging van het onderzoeksgebied Cruislandse Kreken, met enkele toponiemen en benamingen van de verschillende belangrijke watergangen.

Het onderzoeksgebied Cruijlslandse Kreken bestaat uit een stelsel van waterlopen (beken, kreken, wielen) en aangrenzende natuurwaarden zoals rietmoerassen en bossen. Figuur 2-2 geeft een impressie van het onderzoeksgebied.



Figuur 2-2: Foto impressie van de Cruijlslandse Kreken met relatief smalle watergangen in de polder, soms begeleid door bossen, zoals links in de bovenloop van de Vierhoevensche Watergang. De brede delen van de watergangen in de benedenlopen worden vaak begeleid door uitgebreide rietkragen, zoals rechts in De Baak vlak voor de Blauwe Sluis.

2.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek richt zich primair op het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van de Cruijlslandse Kreken. Om sleutelprocessen inzichtelijk te maken is een systeemanalyse uitgevoerd. Deze rapportage is op verzoek, omwille van de beschikbare tijd, tot stand gekomen uitsluitend gebruikmakend van bestaande informatie. Dat wil zeggen dat geen gebruik gemaakt is van bijvoorbeeld een specifiek voor dit onderzoek ingericht meetnet of aanvullende boringen. Dat is gezien het doel van deze rapportage in eerste aanleg ook niet nodig, maar kan wel een advies zijn. Uiteraard zijn wel eenvoudige veldmetingen verricht, die doorgaans veel zeggingskracht hebben. Daarnaast is gebruik gemaakt van de gebiedskennis van de auteurs en collega's.

Een grondige review van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens vormt de basis voor voorliggende rapportage. Voor de systeemanalyse is de volgende informatie verzameld:

- Geomorfologie, geologische opbouw, hoogteligging en bodem (Bles & Steeghs 1974; TNO 2003, 2021; AHN 2021).
- Bestaande hydrologische informatie (waterschap Brabantse Delta 2019, 2021; TNO 2021; Hydronet 2021) en hydrologische studies (Deurloo & van Heemskerk 2017; waterschap Brabantse Delta 2018; Witteveen+Bos 2018; Ebbens 2021).
- Historisch geografische informatie en uit de literatuur beschikbare (historische) kaarten (Renes 1984a, 1984b; Leenders 2000, 2013; BHIC 2021; Kadaster 2021; Nationaal Archief 2021).
- Rapporten ten aanzien van beleid, visie en beheer van het gebied (Staro 2010; van de Sande 2019)
- Informatie over vegetaties, flora en fauna (van de Sande 2019; Alterra 2021; NDFF 2021).
- Recente ontwikkelingen in en rondom de Cruijlslandse Kreken (Kadaster 2021; TNO 2021).

In voorliggende rapportage worden alle verzamelde gegevens in onderlinge samenhang beschouwd, waarbij stapsgewijs van grof (regionale schaal) naar fijn (standplaats) wordt ingezoomd en geïntegreerd. Daartoe wordt successievelijk relevante informatie toegevoegd en wordt aldus invulling gegeven aan de systeembeschrijving.

3 Onderdelen van het systeem

Onderstaand worden de aan geologie, bodem, hoogteligging, hydrologie en vegetatie gerelateerde aspecten besproken met betrekking tot de Cruislandse Kreken. Gestart wordt met een beschrijving van de ontstaansgeschiedenis van het gebied. Begrip van de wordingsgeschiedenis van het landschap, inclusief antropogeen gebruik en cultuurhistorie, maakt het eenvoudiger om de context rond de in volgende paragrafen te verzamelen gegevens te duiden.

3.1 Ontstaansgeschiedenis

Cruislandse Kreken is ontstaan als een stelsel van getijdegeulen, ontstaan nadat de zee in de Sint Elisabethsvloeden van 1421 en 1424 het oorspronkelijke veenlandschap in het lage deel van West-Brabant had verzwolgen. Voor het begrip van het systeem is de ontginningsgeschiedenis die hieraan voorafgaat van belang.

In het Holoceen zijn in het estuarium van Rijn, Maas en Schelde laagveenmoerassen ontstaan. Eerst vormde zich rietveen en later zeggeveen. Op den duur namen veenmossen de veenvorming over en ontstond hoogveen. In dit hoogveenlandschap zorgden de Vliet, de Dintel, de Mark en kleinere stroompjes voor de afwatering van de hoge zandgronden in West-Brabant.

Vanaf het midden van de 12^e eeuw werden deze hoogveengronden in cultuur gebracht. Aanvankelijk was akkerbouw mogelijk, maar door bodemdaling als gevolg van ontwatering en veenoxidatie werden deze gronden te nat. Ter plaatse werd overgegaan op beweiding. Verderop werden nieuwe akkers in gebruik genomen. Vanaf het begin van de 13^e eeuw werd in ook turf gewonnen.

Als gevolg van deze bodemdaling en turfwinning werd het gebied kwetsbaar voor overstromingen. De zee drong door in het veen. Het met zout water doordrenkte veen werd geschikt voor de lucratieve 'selnering' (zoutwinning uit veen). In Steenbergen werd omstreeks 1250 met de zoutwinning begonnen (Leenders 2000). Hierdoor verslechterde de waterhuishouding verder.

Om het land te beschermen werden vanuit Steenbergen en Gastel kaden en dijken rond de landerijen aangelegd. Oudland werd in 1331-1338 bedijkt en de Polder Cromwel in 1356. Het veenlandschap van Cruislandse Kreken bleef aanvankelijk buiten de bedijking.

Vanaf de tweede helft van de 14^e eeuw traden geregeld overstromingen op en in de Sint Elisabethsvloeden van 1421 en 1424 viel het lage deel van West-Brabant grotendeels ten prooi aan de zee. Zo'n 65 jaar lang had de zee vrij spel in het gebied van Cruislandse Kreken en werd op veenrestanten en de Pleistocene zandondergrond een laag lichte tot zware zavel en klei afgezet.

Halverwege de 15^e eeuw begon de inpoldering van opgeslibd land. In 1487 werd een groot gebied ten noorden van Wouw en ten zuiden van de Vliet van Steenbergen tot aan Vroenhout bedijkt en ontstond de Polder Kruisland. In de nieuwe polder werd het dorp Kruisland gesticht. Later is in 1536 de polder Oud Cromwel en in 1644 de polder Nieuw Cromwel bedijkt (Figuur 3-2).

De afwatering van de polder via de Cruislandse Kreken werd geregeld door middel van spuisluizen bij De Roode Weel en De Baak. Bij eb werd water gespuid op de Vliet, bij vloed verzamelde zich water in een brede boezem. De gebieden rond Wouw waterden via de Smalle Beek en vervolgens de Brandsche beek af op de Polder Kruisland.

In 1538 werd de Graaf Hendrikspolder ten noorden van Steenberg ingepolderd (Figuur 3-2). De Roode Weel waterde nu af op de Haven van Steenberg. De Baak via Blauwe Sluis werd de belangrijkste afwatering voor de Polder Kruisland. In Figuur 3-1 is dit te zien aan de smalle verbinding tussen De Woutsche beek en de Steenbergsche Vliet. Tegenwoordig is dit nog steeds de belangrijkste afwatering (Figuur 2-1). Via de Nauwbeek en de Kruisbeek stonden de westelijke en oostelijke takken van het krekensysteem met elkaar in verbinding. In 1824 werd de Vliet met een sluis bij Benedensas afgesloten van het Volkerak. In 1884 werd hier de afvoer capaciteit voor het achterland inclusief Polder Kruisland met een spuisluis vergroot.





Figuur 3-3: Het onderzoeksgebied Cruislandse Kreeken weergegeven op een topografische kaart uit 1841.

Recente ontwikkelingen

Delen van de kreekoever van de Vierhoevensche Watergang zijn gebruikt als vuilstortplaats. In de jaren 60 en 70 is in een smalle strook langs de watergang de oever opgehoogd met puin en sloopafval. Bij Boonhil had gemeente Steenberg een vuilstortplaats die vanaf 1965 tot 1988 in bedrijf was. De stortplaats is afgedekt en met bos ingeplant (provincie Noord-Brabant 2021). Een deel van de kreekoevers is ook opgehoogd (zie ook Figuur 3-6 in paragraaf 3.2). Enkele stukken van de Cruislandse kreeken zijn opnieuw ingericht in de laatste jaren. Er zijn schuine oevers aangelegd door het waterschap en de graslanden zijn deels ingericht met struweel.

Cruislandse Kreeken is vanaf de jaren 90 onderdeel van het Natuurnetwerk Brabant. Brabants Landschap bezit en beheert hier 63 hectare. Er ligt een opgave voor de verwerving van nog 30 hectare.

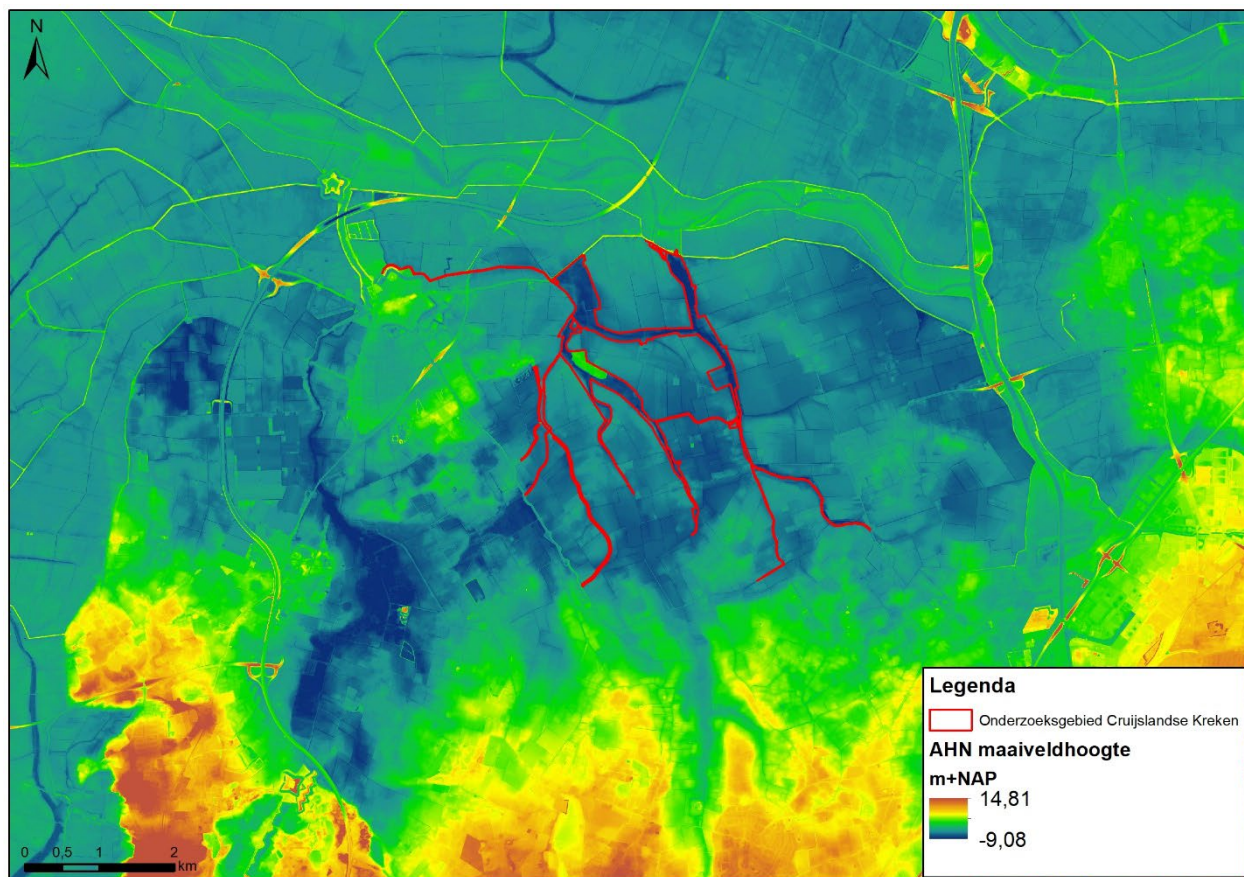
Resumé ontstaansgeschiedenis

- Cruislandse Kreeken is ontstaan als een stelsel van getijdegeulen, ontstaan nadat de zee in de Sint Elisabethsvloeden van 1421 en 1424 het oorspronkelijke veenlandschap in het lage deel van West-Brabant had verzwolgen.
- In het Holoceen zijn in het gebied laagveenmoerassen ontstaan, die later overgingen in hoogveen. Vanaf het midden van de 12e eeuw werden deze hoogveengronden in cultuur gebracht, met eerst akkerbouw en later beweiding. Vanaf het begin van de 13e eeuw werd in ook turf gewonnen. Als gevolg van deze bodemdaling en turfwinning werd het gebied kwetsbaar voor overstromingen.

- Om het land te beschermen tegen overstromingen werden dijken aangelegd, maar niet rond de Cruislandse Kreken. Tijdens overstromingen in de 14e eeuw viel het lage deel van West-Brabant grotendeels ten prooi aan de zee. Zo'n 65 jaar lang had de zee vrij spel in het gebied van Cruislandse Kreken en werd op veenrestanten en de Pleistocene zandondergrond een laag lichte tot zware zavel en klei afgezet. In 1487 werd het gebied bedijkt en ontstond de polder Kruisland.
- In de vorige eeuw zijn delen van langs de Vierhoevensche Watergang gebruikt als stortplaats. In de jaren 60 en 70 is in een smalle strook de oever opgehoogd met puin en sloopafval en bij Boonhil had gemeente Steenberg een vuilstortplaats die vanaf 1965 tot 1988 in bedrijf was.

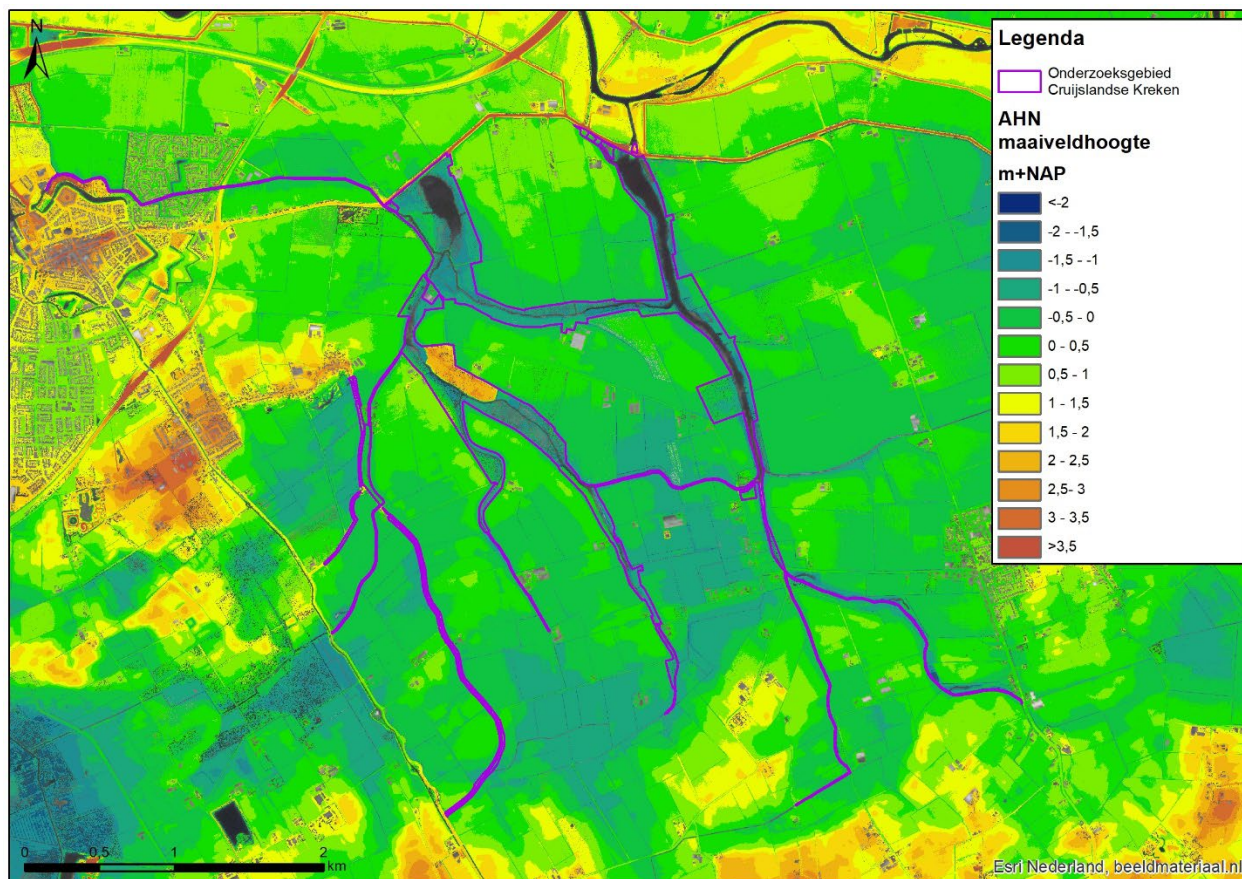
3.2 Hoogteligging

Figuur 3-4 toont de maaiveldhoogte van het onderzoeksgebied en omgeving. Hierin is te zien dat de Cruislandse Kreken relatief laag gelegen zijn in hun omgeving. Ten zuiden van het onderzoeksgebied zijn de hoger gelegen zandgronden van het Brabants Massief aanwezig, met in het zuidwesten de uitloper van de Brabantse Wal. Vanuit deze hoger gelegen zandgronden in het zuiden tekent zich ook duidelijk het beekdal van de Smalle Beek af, die vervolgens overgaat in de Brandsche Beek. Op de overgang van deze pleistocene zandgronden naar de zeekleigronden bevindt zich de Naad van Brabant, waar ook de natuurgebieden Oudland en Halsters Laag in zijn gelegen. Deze gebieden tekenen zich als duidelijke (blauwe) laagtes af in Figuur 3-4 ten zuidwesten van de Cruislandse Kreken. De omgeving van Steenberg en Welberg is juist iets hoger gelegen, ten westen van het onderzoeksgebied. Ook de omdijkte gronden rondom de Steenbergsche en Roosendaalsche Vliet zijn duidelijk hoger gelegen.



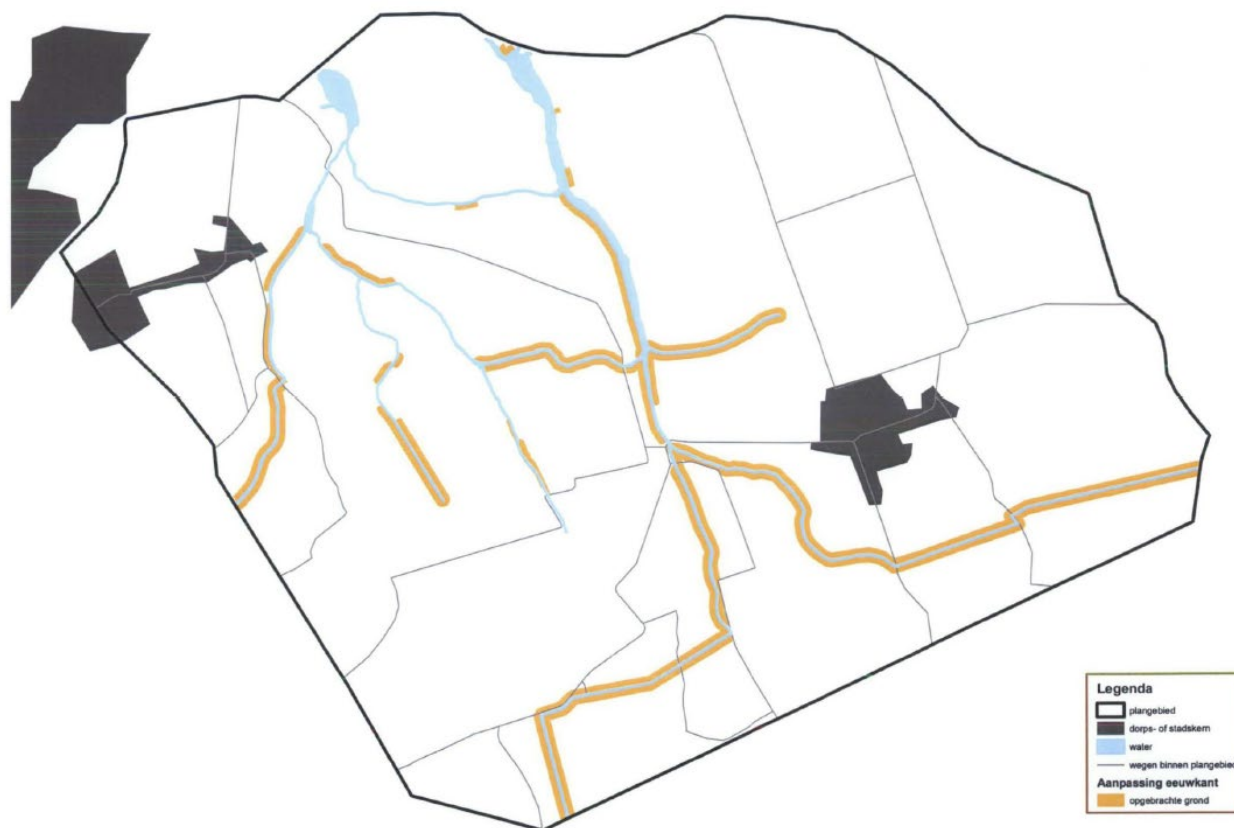
Figuur 3-4: Maaiveldhoogte (m+NAP) volgens het AHN3 (AHN 2021) van het onderzoeksgebied en de ruime omgeving.

Het grootste gedeelte van het onderzoeksgebied ligt beneden zeeniveau, tussen -1,5 en 0 m+NAP. Een aantal delen ligt iets hoger zoals enkele hogere oevergronden op ongeveer 0,5 m+NAP en de taluds van de Groene Dijk die tot ongeveer 1,5 m+NAP gaan. Opvallend is verder de hooggelegen bult (oranje op Figuur 3-5) langs de Vierhoevensche Watergang met een maaiveldhoogte van ongeveer 2 tot 3 m+NAP. Het gaat hier om de in paragraaf 3.1 beschreven vuilstortplaats.



Figuur 3-5: Maaiveldhoogte (m+NAP) volgens het AHN3 (AHN 2021) van het onderzoeksgebied in detail.

In de Visie Cruislandse Kreeken (Staro 2010) staat beschreven dat er naast de stortplaatsen ook op andere delen in het gebied gronden zijn opgehoogd. Het gaat hierbij met name om de eeuwkanten, de voormalige laaggelegen overstromingsvlaktes langs de kreeken. Deze eeuwkanten werden vroeger gebruikt als hooiland, maar zijn op veel plaatsen omgevormd tot akkerland. Ten behoeve van de drooglegging voor akkerland zijn veel van deze gronden vermoedelijk opgehoogd, met name gedurende de vorige eeuw. In Figuur 3-6 is weergegeven waar dit volgens Staro (2010) het geval is.



Figuur 3-6: Locaties waar de eeuwkanen zijn aangepast door grond op te brengen (oranje stroken). Overgenomen uit Staro (2010).

Resumé hoogteligging

- De Cruislandse Kreek is laaggelegen ten opzichte van de hoge zandgronden van het Brabants Massief en de relatief hoge gronden rondom Steenberg en de Steenbergsche en Roosendaalsche Vliet.
- De maaiveldhoogtes binnen het onderzoeksgebied liggen grotendeels onder zeeniveau op -1,5 tot 0 m+NAP. Enkele delen zijn iets hoger, zoals enkele oevers en de taluds van de Groene Dijk op 0 tot 1,5 m+NAP. Het hoogste deel is de vuilstortplaats langs de Vierhoevensche Watergang op 2 tot 3 m+NAP.
- Veel van de eeuwkanen zijn opgehoogd met opgebrachte grond.

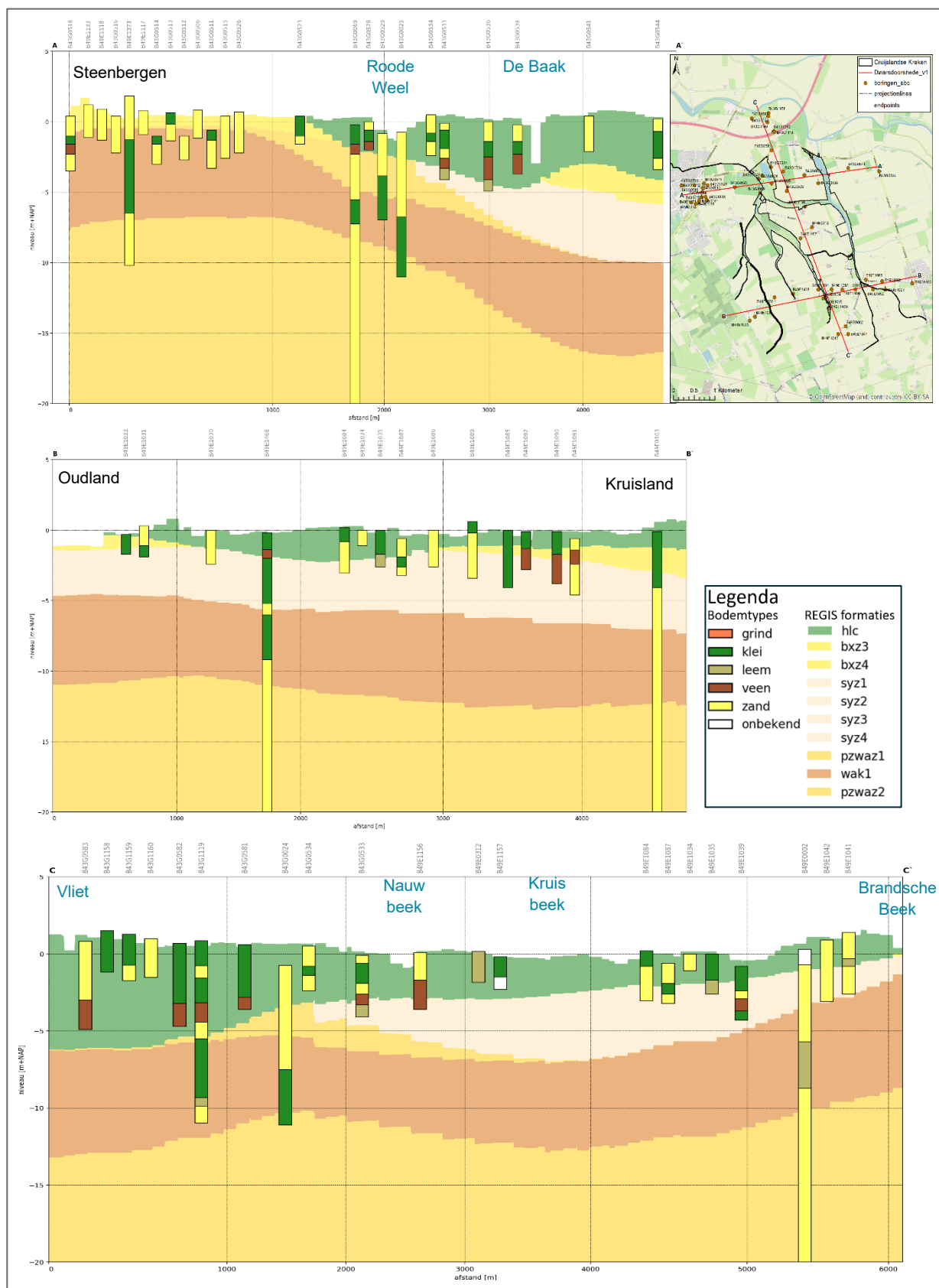
3.3 Geologie en bodemopbouw

Ondergrond

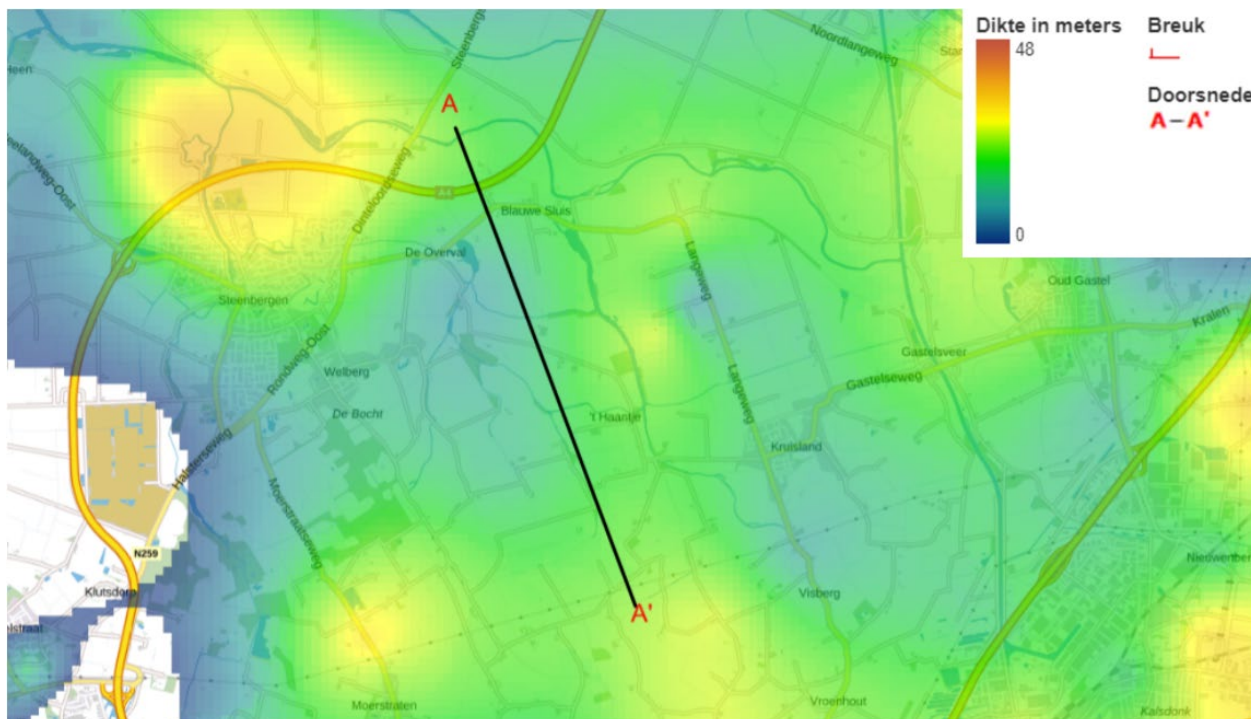
In Figuur 3-7 zijn dwarsdoorsneden weergegeven waarin de opbouw van de ondergrond in het onderzoeksgebied wordt weergegeven. De bovenste formatie bestaat in het hele onderzoeksgebied uit Holocene afzettingen (hlc; groen in Figuur 3-7). Dit pakket is in de bovenstroomse delen vrij dun (<1m dik) en benedenstrooms richting de Steenbergsche Vliet dikker (tot ruim 5m dik). Ter plaatse van Steenbergen ontbreken deze Holocene afzettingen. Steenbergen is hoger gelegen (zie paragraaf 3.2) en stond niet onder invloed van de veenvorming en sedimentatie van klei bij overstromingen gedurende het Holoceen, zoals dat wel in de polder Kruisland het geval was. In de boorprofielen in Figuur 3-7 is te zien dat dit Holocene pakket vaak opgebouwd is uit afwisselende lagen van veen, klei en zand. De lagen veen liggen vaak het diepst, grofweg tussen -5 en -2 m+NAP en kunnen tot 1,5 m dik zijn. Deze veenlagen zijn het restant van het uitgebreide Hollandveen, dat ooit geheel de kustvlakte langs de zuidelijke Noordzee bedekte (Leenders 2000). Boven op dit veen volgt in de meeste boringen direct een laag klei van wisselende dikte (1 tot 4 m dik). Deze laag 'jonge' klei is afgezet nadat het (deels vergraven) veen te laag kwam te liggen en overstroomde door de zee (zie paragraaf 3.1). Zand is onder andere afgezet op de oeverwallen.

Onder de Holocene afzettingen volgt de overgang naar de overwegend zandige Formatie van Boxtel (bxz; lichtgeel in Figuur 3-7), Formatie van Peize-Waalre (pzwaz; donkergeel in Figuur 3-7) en Formatie van Stramproy (syz; beige in Figuur 3-7). Beide formaties zijn overwegend zandig, maar bevatten ook andere bodemtypes zoals te zien is in de boorprofielen. De bovenste laag van de Formatie van Stramproy bestaat in een aantal boorprofielen uit zandige leem. Soms lijkt het uit de boorprofielen dat er ook veen- en kleilagen in deze formatie voorkomen, maar dit is dan in de meeste gevallen net een boring uit een naastgelegen 'dal' met Holocene afzettingen. Her en der kunnen er echter wel dunne lagen veen of klei voorkomen. De eerste aaneengesloten weerstand biedende laag volgt pas dieper en wordt gevormd door de kleiige eenheid van de Formatie van Waalre (wak1; lichtbruin in Figuur 3-7). De pakketten boven deze formatie vormen het Freatische pakket. De Formatie van Waalre is ongeveer 5 m dik en is in het gehele onderzoeksgebied aanwezig. In Figuur 3-7 is te zien dat deze Waalre klei van zuid naar noord afloopt (C-C') en ter hoogte van Steenbergen van west naar oost afloopt (A-A'). In Figuur 3-8 is de dikte van deze Waalre klei weergegeven voor het onderzoeksgebied en omgeving.

Onder de Formatie van Waalre begint de (tweede) zandige eenheid van de Formatie van Peize-Waalre (pzwaz; donkergeel in Figuur 3-7). Dit is een dik pakket dat samen met de dieper gelegen zandige eenheden van de Formatie van Maassluis (niet weergegeven) het eerste watervoerende pakket vormen. Op enkele tientallen meters diepte wordt de onderkant van dit watervoerende pakket gevormd door de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Oosterhout (niet weergegeven).



Figuur 3-7: Dwarsdoorsnedes van de ondergrond voor het onderzoeksgebied zoals weergegeven in Regis II V2.2 en uit beschikbare grondboringen (TNO 2021).

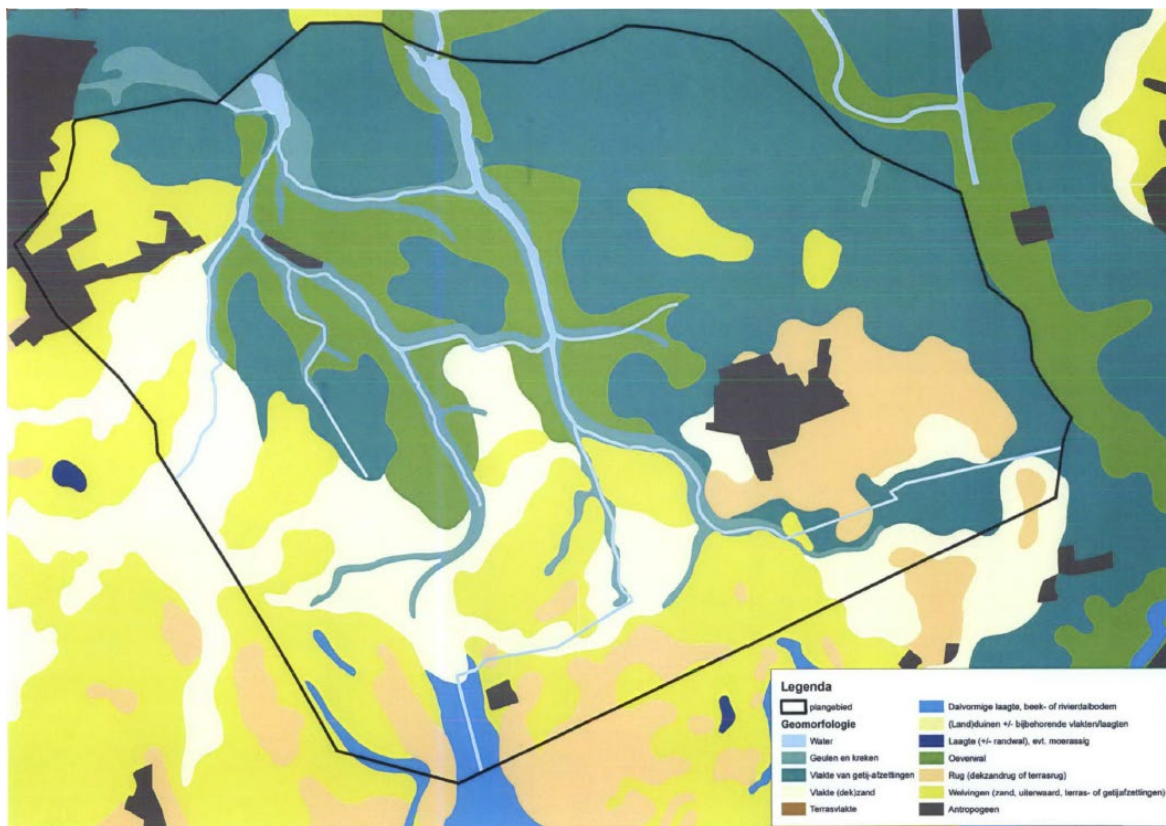


Figuur 3-8: Dikte van de eerste kleige eenheid van de Formatie van Waalre (wak1) volgens Regis II V2.2 (TNO 2021). Doorsnede A-A' correspondeert met de doorsnede C-C' uit Figuur 3-7/Figuur 3-8.

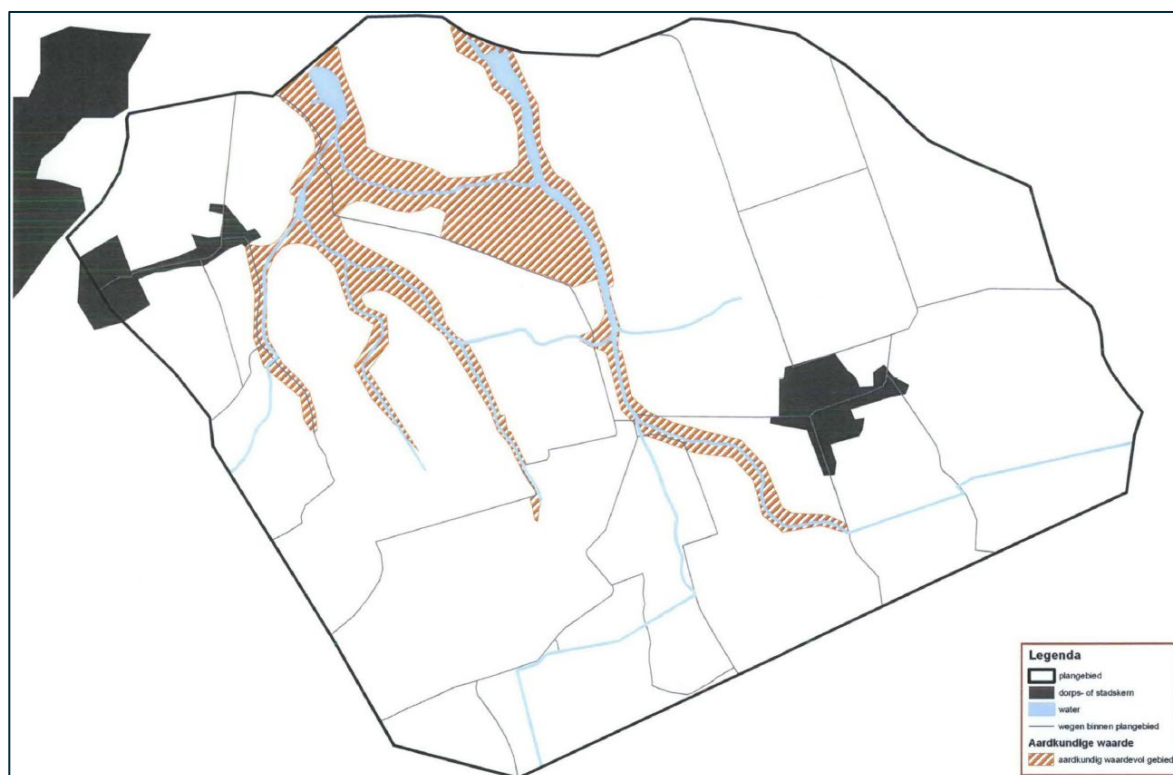
Geomorfologie

De verschillende geomorfologische processen hebben een belangrijke invloed gehad op de ontstaansgeschiedenis van het gebied (paragraaf 3.1), de hoogteligging (paragraaf 3.2) en de vorming van de ondergrond en bodem. In Figuur 3-9 uit de Visie Cruislandse Kreeken (Staro 2010) worden de verschillende geomorfologische eenheden in het onderzoeksgebied weergegeven. Het krekensysteem tekent zich hier duidelijk op af (Geulen en kreeken). Daaromheen liggen iets hogere oeverwallen die zich hebben gevormd tussen kreek en overstroomd gebied, omdat daar de stroomsnelheid plotseling afneemt en fijn zand, silt en klei kan bezinken. De lagere delen bestaan uit vlaktes van getij-afzettingen en vlaktes van (dek)zand. De plaatsen Steenberg, Welberg en Kruisland zijn gelegen op hogere (dekzand)ruggen.

Doordat deze geomorfologische processen deels nog zeer gaaf in het landschap zijn terug te lezen is het onderzoeksgebied voor een deel aangewezen als aardkundig waardevol gebied (Figuur 3-10). De aardkundige waarden betreffen met name de kreekrestanten met dicht bij de monding de diep ingesleten kreeken met steile oevers en verder richting de overgang van klei naar zand de ondiepere delen met meer geleidelijke overgangen met eeuwkanten en oeverwallen (Staro 2010).



Figuur 3-9: Geomorfologische kaart overgenomen uit Staro (2010).



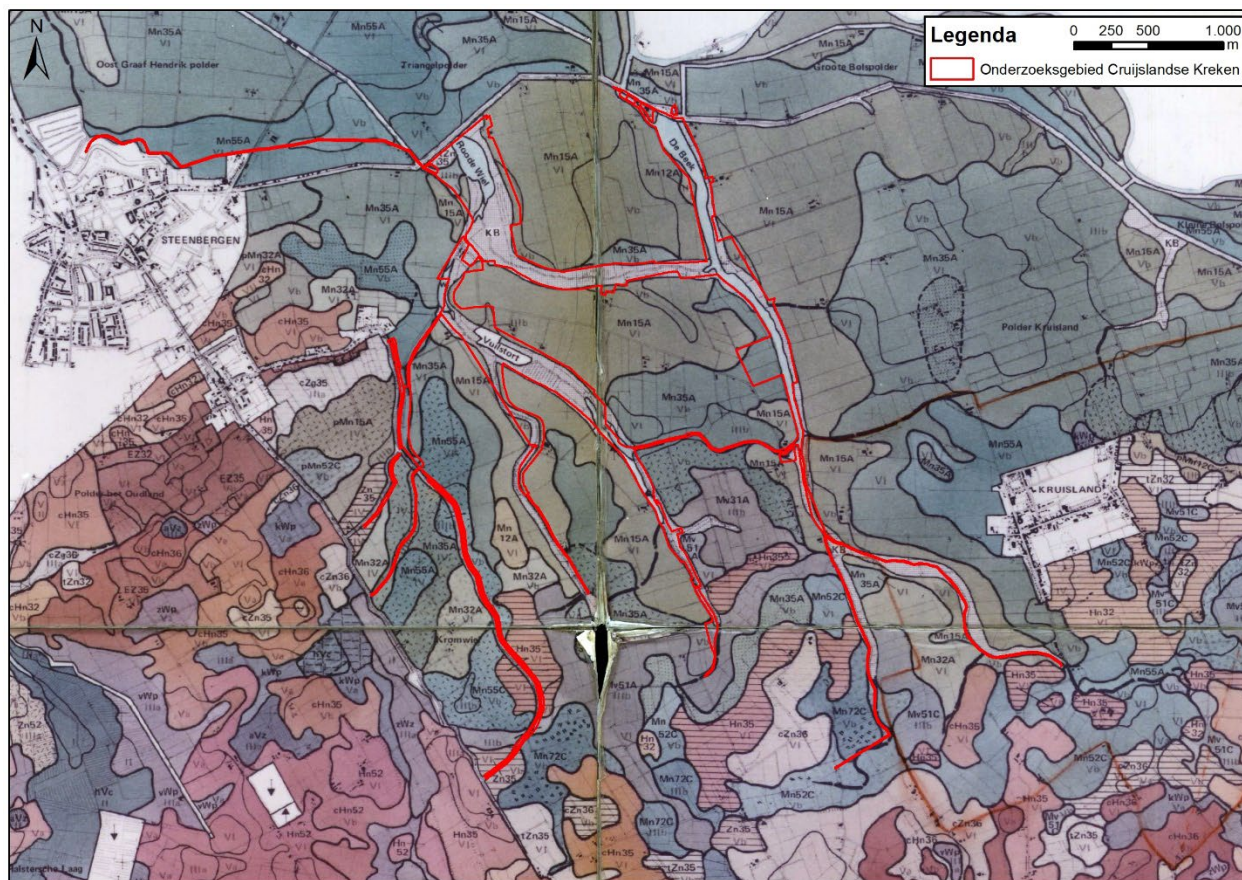
Figuur 3-10: Begrenzing van het aardkundig waardevol gebied in en rondom het onderzoeksgebied. Overgenomen uit Staro (2010).

Bodemopbouw

In 1973 is een detailbodemkaart (1:25.000) opgesteld ten behoeve van de ruilverkaveling in het gebied Kruisland – Wouw (Bles & Steeghs 1974). Een uitsnede van deze kaart voor de omgeving van de Cruislandse Kreken is weergegeven in Figuur 3-11. Een blik op deze kaart toont gelijk de tweedeling tussen de kleibodems (in groene-blauwe-paarse kleuren weergegeven) en de zandbodems (in roze-rode-oranje kleuren weergegeven). Het onderzoeksgebied zelf ligt voornamelijk op de kleibodems. Rond de bovenstroomse delen van de kreken komen ook geregeld zandbodems voor. Verder naar het zuiden en zuidwesten hebben de zandbodems de overhand.

Een groot deel van het onderzoeksgebied wordt aangeduid als kreekbedding (KB) en heeft geen bodemtype toegekend gekregen. Een groot aantal van de gronden direct grenzend aan de benedenstroomse delen van de kreken valt onder de types Mn15A, Mn35A en Mn55A van de Poldervaaggronden. Dit zijn kalkrijke gronden met een homogeen of aflopend profiel van respectievelijk lichte zavel, zware zavel en lichte klei. Ook zitten er enkele Poldervaaggronden tussen van de types Mn12A en Mn32A (lichte tot zware kalkrijke zavel, met zandondergrond beginnend tussen 40-80 cm diep) en Mn52C en Mn72C (lichte tot zware kalkarme klei, met zandondergrond beginnend tussen 40-80 cm diep). In de omgeving bovenstroomse uitlopers van de kreken bevindt zich een aantal Drechtvaaggronden (als blauw-paars weergegeven in Figuur 3-11) van de types Mv31A en Mv51A (kalkrijke zware zavel tot lichte klei, met overgangen naar veen tussen 40-80 cm diep), de zogenaamde klei-op-veengronden. Deze klei-op-veengronden worden meer benedenstrooms niet aangetroffen. In het zuidwesten (rondom de Polderwatering en Groene Dijk) en centrum (rond de Kruisbeek) zijn op de kaart een aantal Poldervaaggronden weergegeven met een “spikkel”-arcering. Dit duidt erop dat de kleibodem hier tussen 80 en 120 cm onder maaiveld (cm-mv) overgaat in veen.

Vrijwel alle gronden in het onderzoeksgebied vallen daarmee onder de hydrovaaggronden. Dit zijn zavel- en kleigronden met hydromorfe kenmerken die aantonen dat er periodiek hoge grondwaterstanden voor kunnen komen. Al dan niet komen hier binnen 80 cm-mv overgangen naar zand of veen voor. Enkele gronden binnen het onderzoeksgebied, of direct daaraan grenzend, vallen echter onder de zandgronden. Hier wordt de overgang van klei naar zand duidelijk. Het gaat hierbij om Veldpodzolgronden met types Hn32 en Hn35 (zwak tot sterk lemige zeer fijne zandgrond) bij de Groene Dijk en bij de bovenstroomse delen van de Vierhoevensche Watergang, Brandsche Beek en Tuimelaarskreek (roze gearceerd in Figuur 3-11). Ook in deze bodems zijn hydromorfe kenmerken zichtbaar die aantonen dat er periodiek hoge grondwaterstanden voorkomen.



Figuur 3-11: Uitsnede van de bodemkaart (1:25.000) ten behoeve van de ruilverkaveling Kruisland-Wouw, opgenomen in 1973 (Bles & Steeghs 1974).

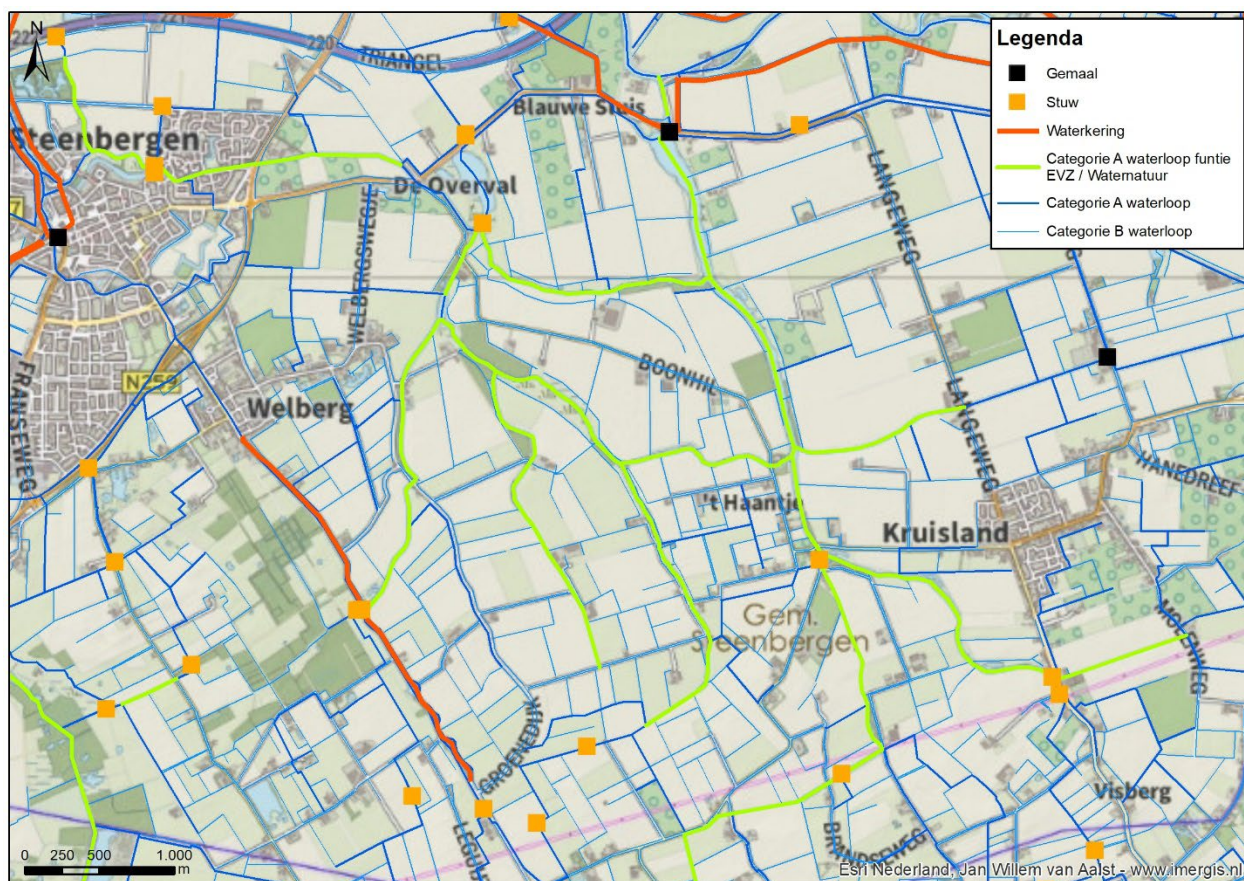
Resumé geologie en bodemopbouw

- Het freatische pakket bestaat uit Holocene afzettingen (klei, veen en zand) en de overwegend zandige Formaties van Boxtel, Stramproy en Peize-Waalre. De eerste aaneengesloten weerstand biedende laag wordt gevormd door de kleiige eenheid van de Formatie van Waalre. Daaronder bevindt zich een dik pakket met overwegend zandige formaties dat het eerste watervoerende pakket vormt.
- Het onderzoeksgebied bevat belangrijke aardkundige waarden. Hierbij gaat het met name om de kreekrestanten met dicht bij de monding de diep ingesleten krekken met steile oevers en verder richting de overgang van klei naar zand de ondiepere delen met meer geleidelijke overgangen met eeuwkanten en oeverwallen.
- De bodems bestaan voornamelijk uit kleiige Poldervaaggronden en Drechtvaaggronden (klei-op-veen). In de zuidelijke delen van het onderzoeksgebied is de overgang van klei naar zand met de hier voorkomende zandige Veldpodzolgronden. Alle bodemtypes bevatten hydromorfe kenmerken die aantonen dat er periodiek hoge grondwaterstanden voor kunnen komen.

3.4 Hydrologie

3.4.1 Oppervlaktewater

Het oppervlaktewater van het krekensysteem is een belangrijk onderdeel in het onderzoeksgebied. In Figuur 3-12 is dit oppervlaktewatersysteem zichtbaar gemaakt aan de hand van de legger van het waterschap (waterschap Brabantse Delta 2021). Alle A-waterlopen met een bijzondere functie als Ecologische Verbindingszone (EVZ) en/of als Waternatuur zijn weergegeven met een groene kleur. Hierdoor tekent het krekensysteem zich af ten opzichte van het dichte netwerk aan overige A-waterlopen en B-waterlopen in het agrarische gebied. In het zuidwesten is een waterkering aanwezig op de overgang naar Oudland (de Boomdijk) en in het noorden is een waterkering aanwezig op de overgang naar de Roosendaalsche Vliet (de Kruislandse dijk).



Figuur 3-12: Kaart met een aantal belangrijke onderdelen van de legger van waterschap Brabantse Delta (waterschap Brabantse Delta 2021).

De Cruislandse Kreken vormen het benedenstroomse deel van de polder Kruisland. Deze polder wordt gevoed met water uit de vrij afwaterende Smalle beek, de Boomvaart en polder Zegge (Figuur 3-13). Via waterloop de Baak wordt het water uit het peilgebieden weggepompt op de Steenbergse Vliet door gemaal Brooymans. In de zomerperiode wordt extra water ingelaten via de Boomdijk via een hevelstuw. In de krekten valt de basisafvoer in de zomer vrijwel weg. Dit is een aanwijzing dat de krekten voor hun afvoer weinig afhankelijk zijn van diepe kwel.

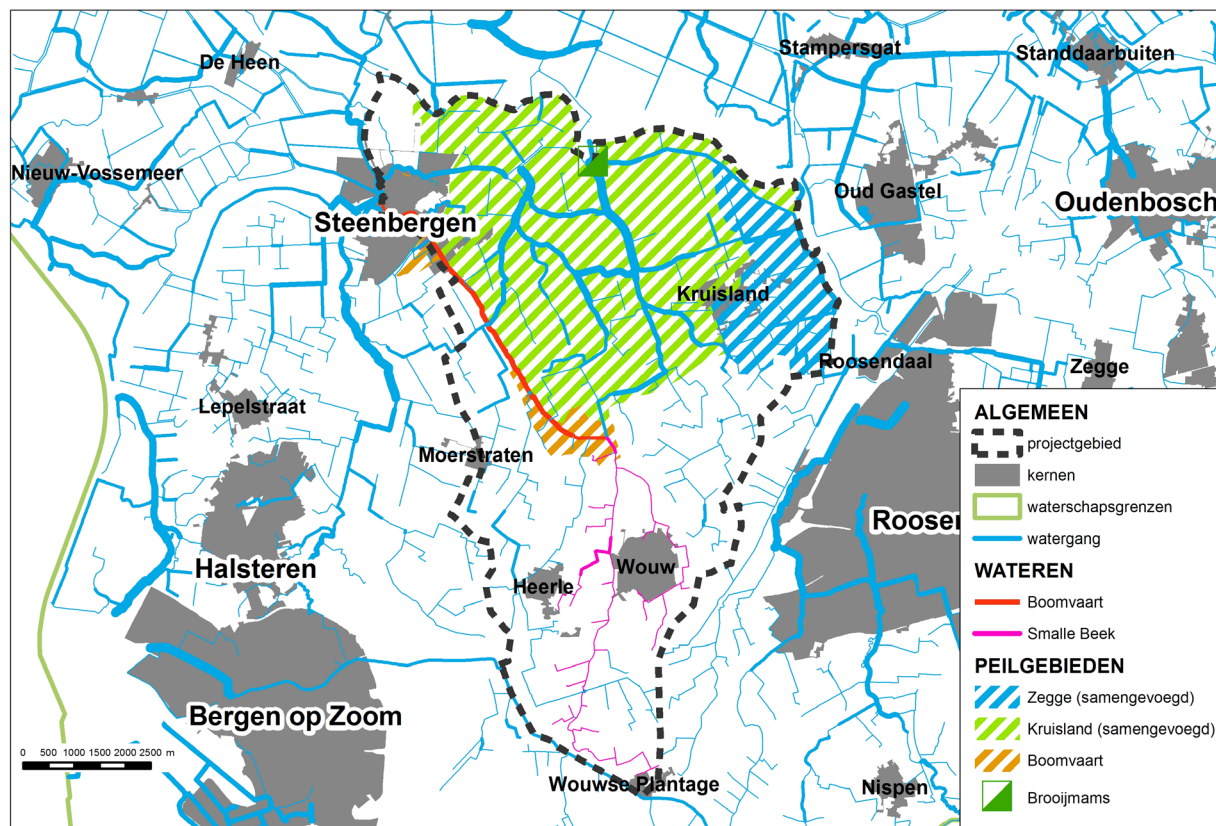
Het waterschap hanteert vaste zomer- en winterpeilen. Deze peilen zijn vastgesteld in het Peilbesluit Steenberg-Brabantse Wal (waterschap Brabantse Delta 2019). In peilvak Kruisland is het winterpeil

vastgesteld op -1,85 m+NAP en het zomerpeil op -1,60 m+NAP. Het meest bovenstroomse deel van de Brandsche Beek (voor samenvoeging met Tuimelaarskreek) valt binnen het peilvak Prinsenbossche, waarvoor een winterpeil van -1,60 m+NAP en een zomerpeil van -1,3 m+NAP geldt. Dit is dus een tegennatuurlijk peilbeheer met hogere peilen in de zomer en lagere peilen in de winter. Dit type peilbeheer met lage peilen is ongunstig voor bijvoorbeeld de ontwikkeling van rietmoeras, maar is desondanks gekozen ten behoeve van de landbouw in de polder. Volgens Staro (2010) is bij het opstellen van het nieuwe peilenplan een peilverhoging overwogen, maar is geconcludeerd dat de baten voor natuur niet opwegen tegen de overlast voor de landbouw. In termen van landbouw gaat het namelijk om een hoogwaardig agrarisch gebied, onder andere geschikt voor aardappelteelt.

De Rode Weel heeft een eigen waterpeil en is afgezonderd van de kreken met een bovenstroomse en een benedenstroomse stuw. Hiermee wordt het waterpeil hier jaarrond op -1,25 m+NAP gehouden.

Uit de Watersysteemanalyse van de Cruislandse Kreken (Witteveen+Bos 2018) blijkt dat binnen het stroomgebied zowel watertekort als wateroverlast een knelpunt vormen:

- Het gebied is vooral gevoelig voor inundatie bij intensieve (zomer)buien. Het gaat dan vooral om het overgangsgebied van het zuidelijk vrij afwaterend deel naar de laaggelegen krekenpolder waar de haarvaten van het watersysteem liggen. In pieksituaties kan het water in dit deel van het systeem niet goed afwateren naar het hoofdwatersysteem, waardoor het gemaal beperkt invloed heeft. In het groeiseizoen vormen waterplanten een extra belemmering. De grootste overlast treedt daarom op tijdens piekafvoeren in de zomer.
- Het meest zuidelijke deel van het stroomgebied heeft wel eens te kampen met watertekort. In droge perioden vallen sommige beekjes hier droog. Tijdens langdurig droge perioden valt ook de Smalle Beek droog.



Figuur 3-13: Overzichtskartaat Cruislandse Kreen. Overgenomen uit Deurloo & van Heemskerk (2017).

Oppervlaktewaterkwaliteit

De Cruislandse Kreen zijn aangewezen onder de Kaderrichtlijn Water (KRW) als KRW-waterlichaam (NL25_48). In het kader van de KRW wordt de waterkwaliteit gemonitord en regelmatig getoetst. De gegevens worden daarbij getoetst aan de normen voor het bijbehorende KRW-type, wat voor de Cruislandse Kreen het type M14, ondiepe, matig grote, gebufferde plas is. Dit type is volgens de Watersysteemanalyse (Witteveen+Bos 2018) echter niet overal passend en zou in de lijnvormige delen aangepast moeten worden naar M3, gebufferde regionale kanalen. Voor (voormalige) kreen is geen apart KRW-type beschikbaar.

De meest recente toetsing van de oppervlaktewaterkwaliteit is beschreven voor 2018 in de tussentijdse KRW-factsheet (waterschap Brabantse Delta 2018). In deze factsheet wordt een aantal algemene fysisch-chemische parameters beoordeeld als onderdeel van de ecologische toestand. Hierbij gaat het meestal om zomergemiddelde waarden. De hoeveelheid fosfor totaal wordt hierin als ontoereikend beoordeeld en de hoeveelheid stikstof totaal wordt als slecht beoordeeld. Ook het doorzicht wordt als ontoereikend beoordeeld en de zuurgraad wordt als matig beoordeeld. Zoutgehalte, temperatuur (max. waarde), zuurstofverzadiging worden als goed beoordeeld. Het eindoordeel van deze fysisch-chemische parameters is dat de toestand in 2018 ontoereikend is. Naast de bovengenoemde algemene fysisch-chemische parameters is er in 2018 (en de jaren daarvoor) ook een normoverschrijding van de hoeveelheid ammonium.

Opvallend is dat er dus veel nutriënten (N en P) in het oppervlaktewater aanwezig zijn. Dit is vermoedelijk het gevolg van de uitspoeling van meststoffen vanuit aangrenzende landbouwgronden en de aanvoer vanuit landbouwsloten (Figuur 3-14). Ook de ophoping van bagger in de kreen kan hier een belangrijke rol in spelen. Vanuit deze bagger kunnen nutriënten nog heel lang nageleverd worden aan het

oppervlaktewater. De nalevering van P vanuit de waterbodem speelt vooral een rol als de afvoer laag is en de verversing gering (Witteveen+Bos 2018). Waterschap Brabantse Delta probeert deze invloed van bagger te beperken door vaak te baggeren in het gebied (iedere 4-8 jaar). Zowel de directe uitspoeling van nutriënten als het uitspoelen van sediment naar de oppervlaktewateren is groter in het geval van akkerbouw dan voor grasland. Het landgebruik in het stroomgebied van de Cruislandse Kreken bestaat volgens waterschap Brabantse Delta (2018) voor 84% uit agrarisch gebruik. Het grootste gedeelte hiervan is akkerbouw.



Figuur 3-14: Veel van de Kreken grenzen direct aan landbouwgronden (vaak akkerbouw, zoals links bij de Polderwatering) of ontvangen ook water uit de vele sloten die aan de landbouwgronden grenzen (zoals rechts in de Vierhoevensche Watergang).

Een uitzondering op de hierboven beschreven algemene waterkwaliteit van de Cruislandse Kreken vormt de Roode Weel. De waterkwaliteitsmetingen van het meetpunt in de Roode Weel laten een afwijkend beeld zien. De nutriëntenbelasting is hier structureel lager dan in de nabijgelegen waterlopen, met zelfs een goede beoordeling voor fosfor in 2014 en 2016. Verder wordt alleen bij dit meetpunt de chloridenorm overschreden. Voor zoet water wordt meestal een grenswaarde van 150 mg/l chloride gehanteerd. De chloridegehalten zitten hier met circa 200-500 mg/l ruim boven, waardoor dit water als brak water is te definiëren. Deze afwijkingen zijn te verklaren door de geïsoleerde ligging van de Roode Weel, die bovendien sterk wordt beïnvloed door kwel met hoge chloridegehalten (Witteveen+Bos 2018).

In de watersysteemanalyse (Witteveen+Bos 2018) wordt ook gesproken over puntbronnen die de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden. In het stroomgebied komen puntlozingen op oppervlaktewater voor van overstorten van gemengde rioolstelsels en van uitlaten van (verbeterd) gescheiden rioleringsstelsels. Hiervan is echter geconcludeerd dat deze alleen een lokaal effect hebben. Daarnaast hebben de vuilstorten langs de Vierhoevensche Watergang mogelijk een effect. Door een te dunne afdeklaag kunnen er mogelijk schadelijke stoffen uitspoelen. In een peilbuis nabij de vuilstort Boonhil zijn al verontreinigingen in het grondwater aangetroffen, maar hier zijn geen metingen aan het oppervlaktewater beschikbaar (Staro 2010).

3.4.2 Grondwater

De Cruislandse Kreken liggen op de Naad van Brabant, dat is de overgang van de hoge zandgronden naar de lager gelegen kleiige polders (Holoceen). Ten zuiden van de Cruislandse Kreken kan grondwater infiltreren op de hoger gelegen zandgronden, dit stroomt vervolgens regionaal in noordelijke richting en komt weer aan de oppervlakte in het lageregelegen poldergebied.

De kwel in de Cruislandse Kreeken is het sterkst aan de meest zuidelijk gelegen uitlopers van het onderzoeksgebied en neemt richting het noorden steeds meer af. De diepe kleilagen en de holocene deklaag worden richting het noorden namelijk steeds dikker. Bovendien neemt het stijghoogteverschil over de kleilagen af; de stijghoogte neemt namelijk af in noordelijk richting, terwijl de grondwaterstand op eenzelfde peil wordt gehouden. Doordat de bodems van de Cruislandse kreeken het laagst in het landschap liggen, soms wel tot 5 meter onder NAP, vangen de watergangen de meeste diepe kwel af.

Grondwatervoeding van de Cruislandse Kreeken vindt plaats door ondiep en diep toestromend grondwater. Het aandeel diep toestromend grondwater, dat van onder de Waalreklei komt toestromen is ongeveer een tiende in vergelijking met het aandeel ondiep meer lokaal grondwater¹. In de zomer is het aandeel diep toestromend grondwater groter.

Op de landbouwpercelen tussen de kreeken, zoals tussen de Baak en de Vierhoevense Watergang, bolt de grondwaterstand op als gevolg van het neerslagoverschot. Dit water infiltreert en stroomt oppervlakkig af naar de kreeken. De toplaag bestaat vooral uit klei en veen (Figuur 3-7), wat de afstroming van grondwater naar de waterlopen bemoeilijkt. Als gevolg hiervan is er een sterke dynamiek in de grondwaterstanden (Figuur 3-16), in de winter stijgt de grondwaterstand ruim een meter als gevolg van neerslagoverschot.

De grondwaterstand ligt bijna het hele jaar boven het zomer- en winterpeil in het onderzoeksgebied (Figuur 3-16). Dit betekent dat de kreeken bijna het hele jaar draineren. In de zomer, als er veel meer verdamping is dan neerslag, kunnen de grondwaterstanden tot onder het waterpeil zakken. In dat geval is er kort sprake van infiltratie vanuit de waterlopen, die in de zomer op peil worden gehouden vanuit de boomvaart.

De stijghoogte onder de Waalre klei is over het algemeen hoger dan de grondwaterstand. De gemeten diepe stijghoogte onder de Waalreklei blijft zelfs in een droge zomer (van 2020) bijna altijd boven zomerpeil (Figuur 3-17). In droge periodes zijn de kreeken dus, naast de inlaat van oppervlaktewater, relatief meer afhankelijk van een voldoende grote stijghoogte onder de Waalreklei. De aanvoer van ondiep grondwater valt namelijk in de zomer stil. De hoeveelheid kwel van onder de Waalreklei is op de gehele waterbalans een relatief kleine post. Op jaarbasis stroomt ongeveer 30 mm grondwater naar de bovenliggende lagen en wordt afgevangen door de kreeken². Dit vindt direct plaats via toestroming naar de kreeken en indirect via drainage door de omliggende sloten. 30 mm kwel per jaar in het peilvak Kruisland (groen gearceerde gebied in Figuur 3-13; 2150 ha) betekent een gemiddelde afvoer van diep kwelwater van ongeveer 20 l/s. In de zomerperiode is dit een lagere hoeveelheid.

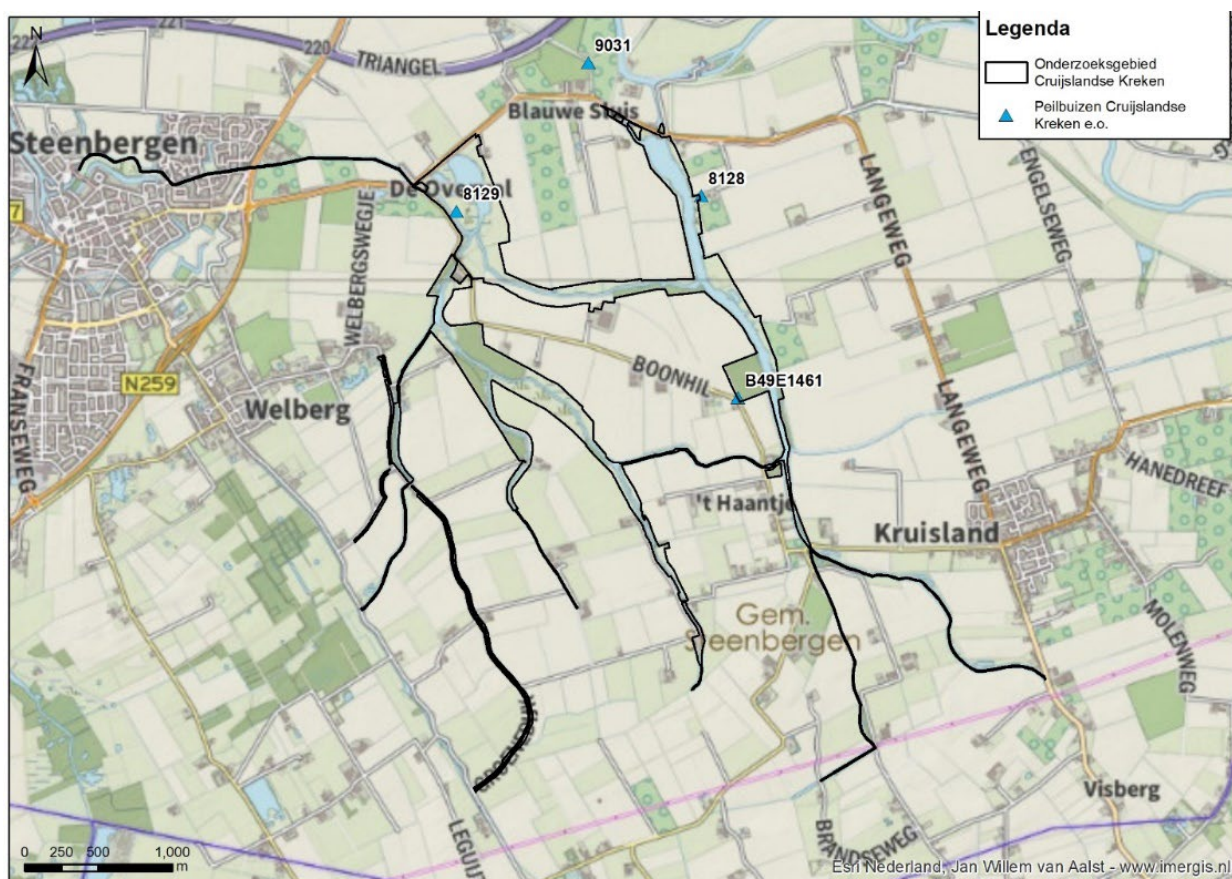
De Roode Weel

De Roode Weel heeft een andere werking in het systeem. Doordat hier water wordt opgestuwd (de stuw staat ingesteld op -1,25 m+NAP) is in de zomer sprake van uitwisseling tussen oppervlaktewater en grondwater. Elk jaar zakt de grondwaterstand onder het zomerpeil en is er sprake van infiltratie vanaf de Roode Weel (Figuur 3-16, Peilbuis 8129). Het infiltrerende water wordt afgevangen door de naastgelegen watergangen die een lager peil hebben. Aangezien er geen wateraanvoer naar de Roode Weel plaatsvindt, kan het oppervlaktewaterpeil in de Roode Weel in de zomer onder het stuwpeil uitzakken.

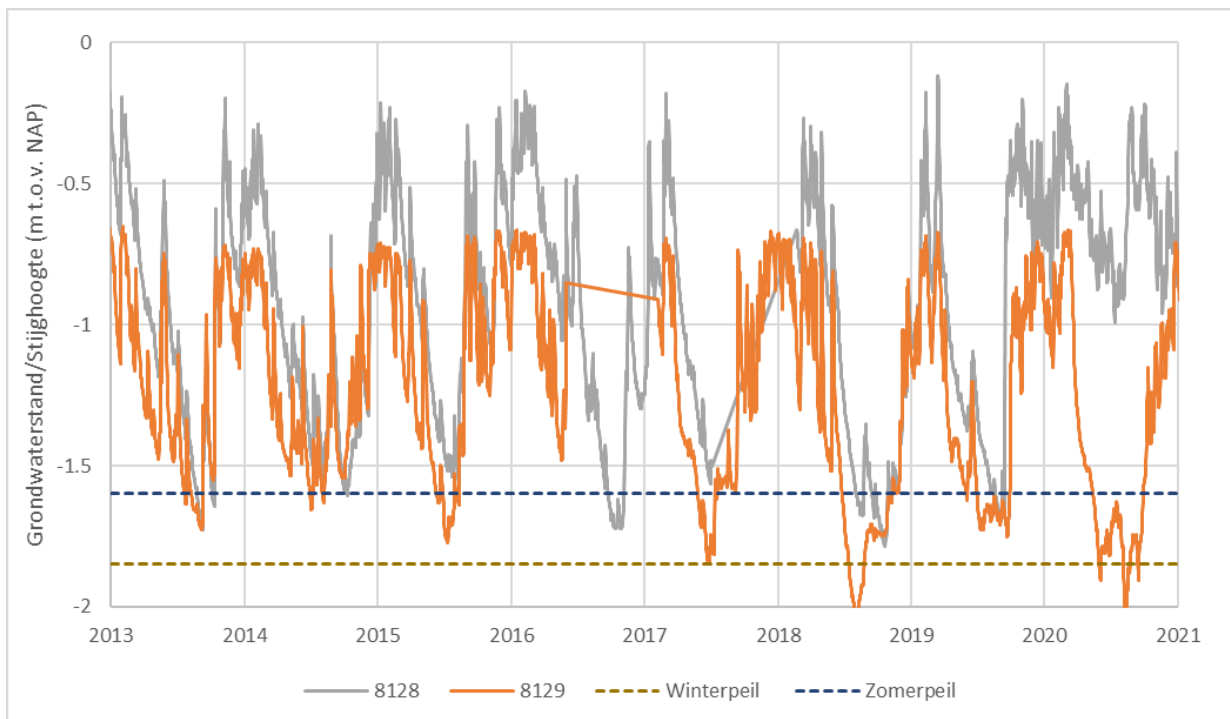
¹ De stijghoogte onder de Waalre klei wordt sinds 2020 gemeten bij meetpunt B49E1461. Deze peilbuis is geplaatst door Brabant Water als deel van het ondiepe meetnet van de nieuwe drinkwaterwinning Kruisland. De stijghoogte is gemiddeld 15 centimeter hoger dan de grondwaterstand. Dit leidt tot een geringe opwaartse kwelstroom. De op peilbuismetingen gekalibreerde weerstand van de Waalre Klei in het Brabantmodel is ongeveer 2000 dagen. Dit geeft een kwelflux over de Waalre klei van ongeveer 30 mm per jaar. Het neerslagoverschot is ongeveer 300 mm per jaar.

² Het betreft een ruwe schatting gebaseerd op een gemiddeld stijghoogteverschil van 15 centimeter over de Waalreklei en een gemiddelde weerstand van 2000 dagen. Over de precieze waarden bestaat onzekerheid; het geohydrologisch model overschat de mate van kwel. Daarom kan de werkelijke hoeveelheid afwijken. Maar ook als de kwel twee keer zo groot is (60 mm/jaar) blijft deze post beperkt ten opzichte van het totale volume aan afgevoerd water in het gebied.

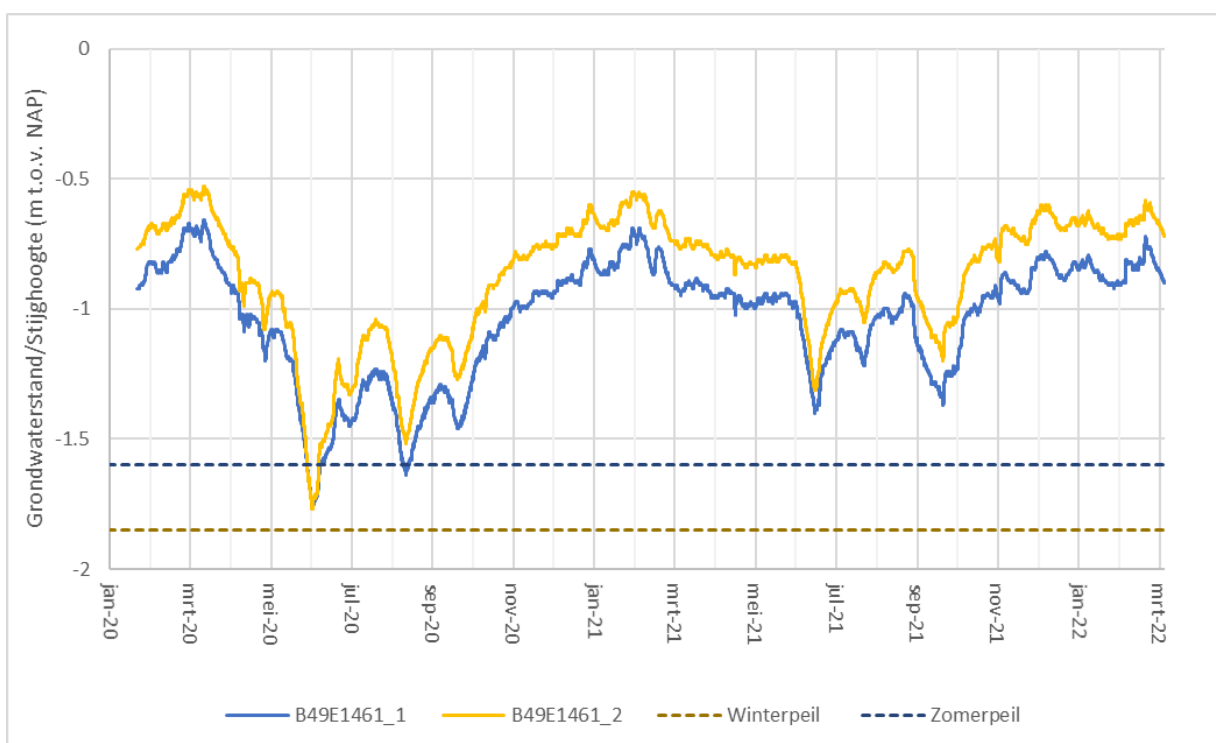
In 2021 is de huidige toestand van de Cruislandse Kreen geëvalueerd in het kader van de inrichting van de Natte Natuurparels (Ebbens, 2021). Hierbij is peilbuis 8129 meegenomen; de enige peilbuis die binnen de natte natuurparel ligt. Ebbens (2021) beschouwt dat er geen duidelijke, langdurige verandering van de grondwaterstand zichtbaar is na de inrichting van de Roode Weel in 2007. Ook wordt geconcludeerd dat de grondwaterstand nog te laag is voor het ambitiebeheertype; zowel de gemiddelde GVG als de GLG buiten het kernbereik. De uitkomsten van deze kwantitatieve analyse komen niet overeen met het beeld van de beheerders bij Brabants Landschap (Hans Schep). Bij De Roode Weel, bij meetpunt 8129_PBF, zijn de hydrologische omstandigheden in het veld juist goed. Er is hier een stuw geplaatst waardoor het gebied zijn eigen waterhuishouding heeft. Door het vasthouden van water ontwikkelt het vochtige hooiland zich hier goed. Een verklaring voor de lage doelrealisatie kan zijn dat het maaiveld wat is aangenomen voor de peilbuis niet klopt of dat de nabijgelegen beek toch meer drainerend werkt dan eerder is aangenomen (Ebbens 2021).



Figuur 3-15: Ligging van peilbuizen in de omgeving van de Cruislandse Kreen waar de grondwaterstand wordt gemeten. Peilbuis 8128 en 8129 maken deel uit van het meetnet van waterschap Brabantse Delta. Peilbuis B49E1461 is in 2020 geplaatst voor het ondiepe meetnet van winning Kruisland. Deze peilbuis meet naast de grondwaterstand ook de stijghoogte onder de Waalre klei.



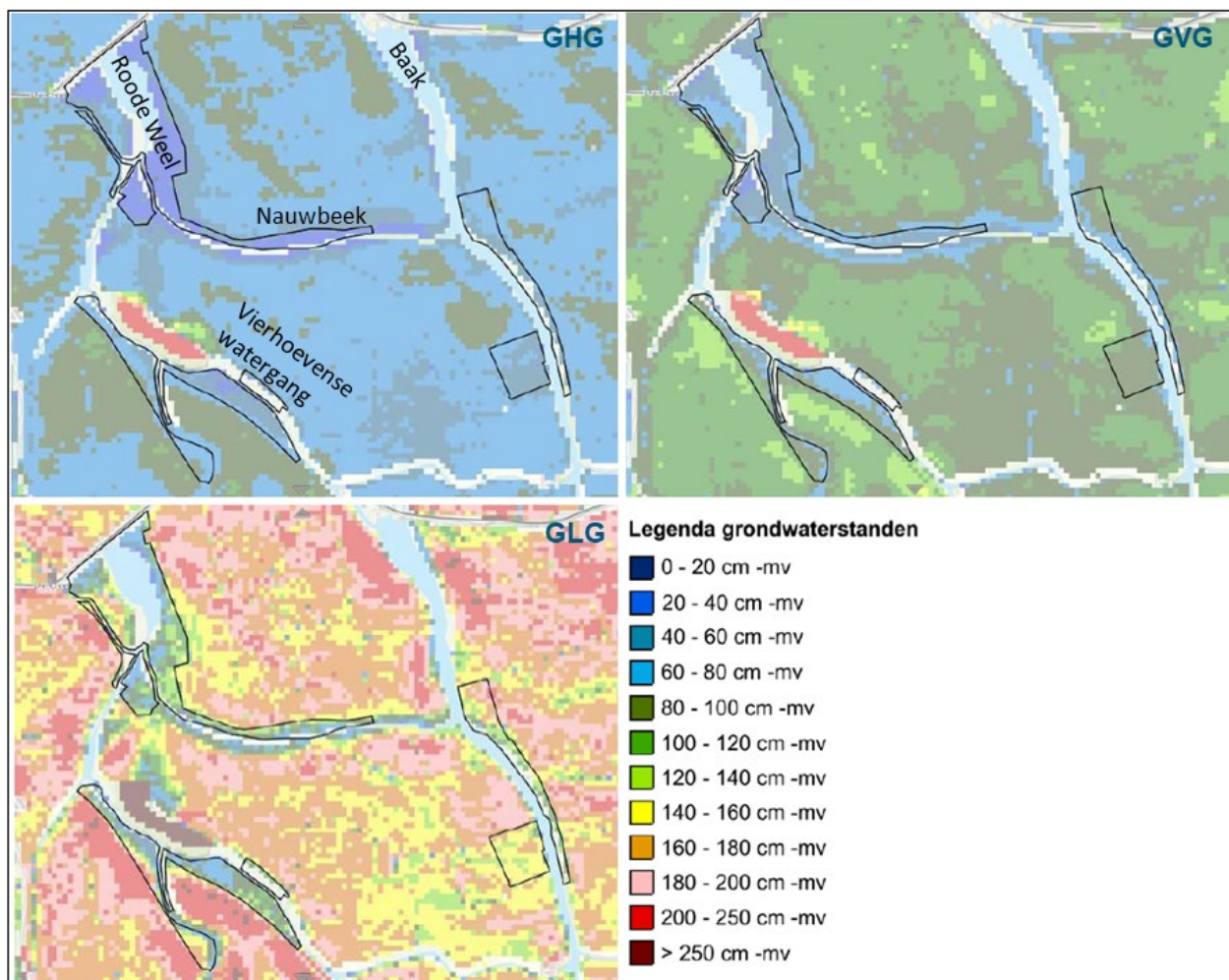
Figuur 3-16: Grondwaterstanden van de peilbuizen 8128 en 8129 ten opzichte van NAP. De maaiveldhoogte van 8128 is 0,02 m+NAP en van 8129 is -0,51 m+NAP. De filters meten de grondwaterstand onder de holocene deklaag. De stippellijnen geven het zomerpeil en het winterpeil van de Cruislandse Kreeken aan.



Figuur 3-17: Grondwaterstand (B49E1461_1) en stijghoogte (B49E1461_1) van peilbuis B49E1461 ten opzichte van NAP. De maaiveldhoogte van deze peilbuis is -0,32 m+NAP. De stippellijnen geven het zomerpeil en het winterpeil van de Cruislandse Kreeken aan.

Grondwaterdynamiek

Figuur 3-18 toont de GHG, GVG en GLG op basis van modelberekeningen binnen het natuurgebied (Van der Sande, 2019). De oeverpercelen langs de Roode Weel en Nauwbeek kennen een vrij hoge grondwaterstand in de winter, omdat het waterpeil hier (60 cm) hoger wordt gehouden dan elders in het gebied. Een groot gedeelte heeft een grondwaterstand tussen de 20 en 40 cm-mv in de winter (GHG). Doordat de oevers een stuk hoger (ongeveer 70 cm) liggen dan het zomerpeil ligt de GHG echter niet aan maaiveld. Ook in het voorjaar zit het grondwater nog enkele decimeters onder maaiveld. In de zomer is het beeld gevarieerder, met langs de oevers grondwaterstanden tussen de 40 en 80 cm-mv. Verder weg van het oppervlaktewater, ligt de grondwaterspiegel dieper onder maaiveld in de zomers (tussen de 100 en 140 cm-mv). Het grondwater langs de Vierhoevensche Watergang en de Baak zit in de winter dieper (tussen de 40 en 80 cm-mv) dan bij de Roode Weel en Nauwbeek, maar in de loop van het voorjaar en zomer lijkt het grondwater hier niet zo ver weg te zakken. Vooral langs de Vierhoevensche Watergang zit het grondwater 's zomers nog relatief hoog (tussen de 60 en 100 cm-mv). In de omliggende landbouwpercelen is de grondwaterdynamiek hoger en liggen de grondwaterstanden dieper ten opzichte van het maaiveld.



Figuur 3-18: Gemiddeld hoogste (linksboven), voorjaars (rechtsboven) en laagste (linksonder) grondwaterstanden in het noordelijke deel van het onderzoeksgebied. Overgenomen uit van de Sande (2019).

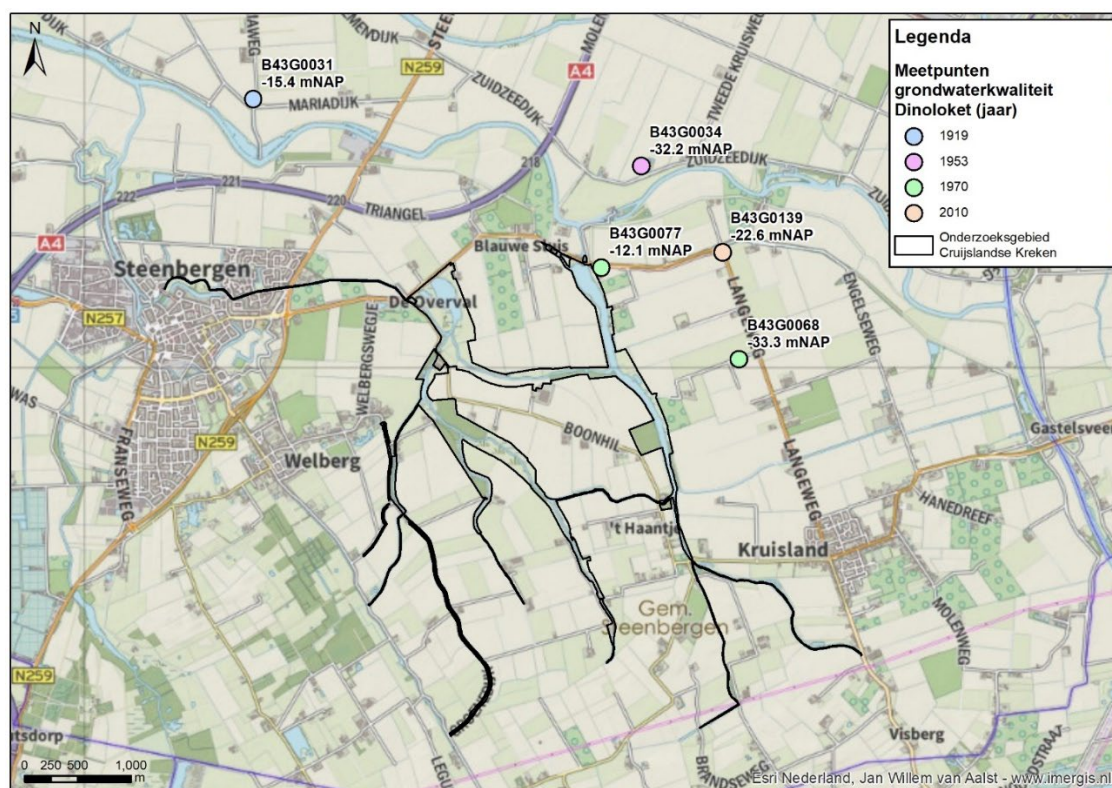
Effect van grondwaterwinningen

In de ruime omgeving van Cruislandse Kreken wordt grondwater onttrokken ten behoeve van de drinkwatervoorziening, industrie en landbouw. Grondwaterwinning voor de drinkwaterwinning in West-Brabant vindt voornamelijk plaats uit de Formatie van Oosterhout op meer dan 100 meter diepte; in Bergen op Zoom is de waterwinning minder diep. Samen geven de waterwinningen een verlaging van de stijghoogte in de Formatie van Oosterhout tot meer dan een meter ten westen van Roosendaal. Ter hoogte van Cruislandse Kreken is de verlaging in de Formatie van Oosterhout ongeveer 50 cm en is de berekende verlaging in freatische grondwaterstand kleiner dan 5 cm (van Wachtendonk et al. 2021). Effecten aan maaiveld zijn minder groot door de weerstand van de Waalreklei en de dempende werking van het oppervlaktewatersysteem. Agrariërs onttrekken grondwater op een diepte van ongeveer 60 meter voor beregening; het gemiddelde effect op de grondwaterstand is kleiner dan 5 cm rond Cruislandse Kreken (Verhagen, 2019). De effecten van industriële onttrekkingen op de grondwaterstand zijn nihil omdat deze verder weg liggen (Van Wachtendonk, 2021).

Grondwaterkwaliteit

Metingen van de grondwaterkwaliteit helpen bij het begrip van het watersysteem, omdat de kwaliteit van het grondwater wat zegt over de herkomst van het grondwater en de mate van belasting. Voor de Cruislandse Kreken zijn maar weinig gegevens beschikbaar. Uit Dinoloket zijn er vijf locaties bekend met kwaliteitsgegevens (Figuur 3-19). Het meest recente grondwatermonster dateert uit 2010 en het oudste grondwatermonster is zelfs meer dan 100 jaar oud en daarmee niet representatief voor de huidige situatie. Bovendien liggen de meeste monsterpunten op enige afstand van het krekengebied en liggen de filters 12 tot 33 meter onder het maaiveld. Het monster uit B43G0077 is genomen boven de Waalre klei. De overige monsters zijn genomen uit het eerste watervoerende pakket onder Waalre klei 1. Gezien de regionale stromingsrichting van het grondwater in noordelijke richting zal het grondwater ter plekke van de meetpunten niet van invloed zijn op de waterkwaliteit van het krekengebied.

Kortom, een actueel inzicht in de actuele ondiepe grondwaterkwaliteit ontbreekt. Metingen in het oppervlaktewater (zie paragraaf 3.4.1) tonen hoge concentraties nutriënten (N en P) in het oppervlaktewater, waarschijnlijk als gevolg van uitspoeling van meststoffen vanuit het ondiepe grondwater van de landbouwgronden. Aanvoer vindt waarschijnlijk vooral plaats in de winter en het voorjaar met hoge grondwaterstanden en daarmee hogere uit- en afspoeling. Maar gegevens van de ondiepe grondwaterkwaliteit ontbreken. Daarmee ontbreken ook gegevens om wat te zeggen over de verhouding tussen de aanvulling met regenwater van bovenaf en de aanvulling met diep grondwater van onderaf in het bovenste grondwater. De beschikbare meetgegevens geven dus alleen een beperkt beeld van de grondwaterkwaliteit op een diepte-interval tussen 12 en 33 meter onder maaiveld. Het meetpunt B43G0077 ligt het meest nabij het krekengebied en is het enige meetpunt boven de Waalreklei. Tabel 3-1 vat de belangrijkste parameters samen. Gezien de beperkte waarde van deze getallen is gekozen voor een beperkte set aan parameters.



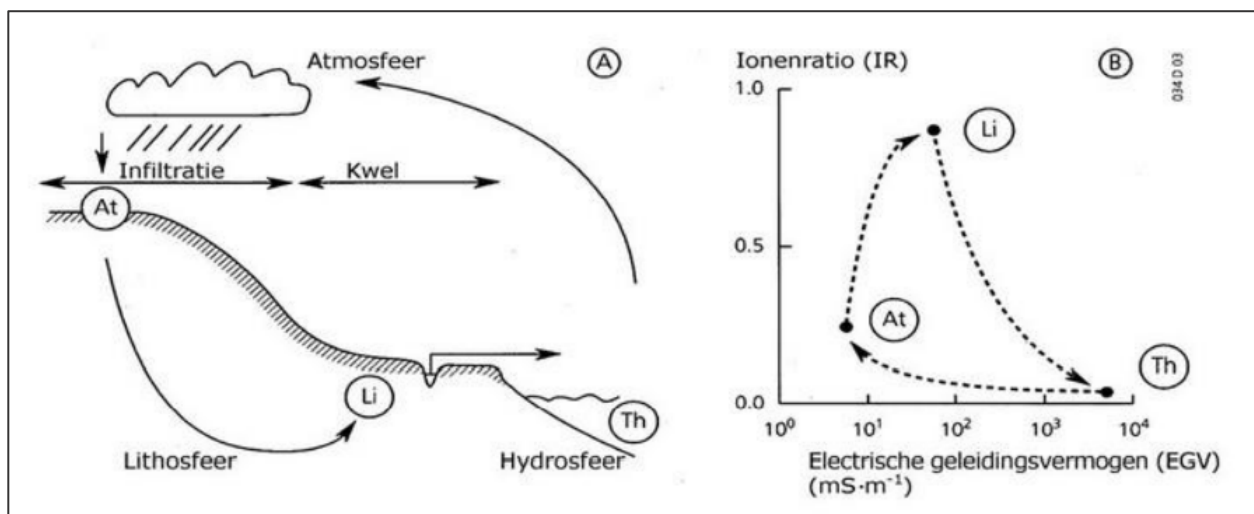
Figuur 3-19: Ligging meetpunten grondwaterkwaliteit rondom de Cruislandse Kreken. Bij de locatie is de peilbuiscode en diepte van bemonstering aangegeven, de kleur geeft het bemonsteringsjaar weer (TNO 2021). In het geval van B43G0139 is dit het meest recente bemonsteringsjaar, aangezien er meerdere monsters zijn genomen in de periode 1980-2010.

Tabel 3-1: Gemiddelde waarde van enkele waterkwaliteitsparameters (TNO 2021)³. Voor de ligging zie Figuur 3-19.

Peilbuis	EGV	pH-veld	Ionen Ratio	Fe	Ca	NH4	NO3	SO4	Cl
	µS/cm			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Boven Waalreklei									
B43G0077	2330	7,0	0,55	4,3	226	-	-	1,1	645
Onder Waalreklei (geordend van NW naar ZO)									
B43G0031	12880	-	0,45	81,2	1058	2	0	247	4466
B43G0034	1110	7,1	0,70	6,6	180	1,7	0	7,8	275
B43G0139	690 - 1242	7 - 7,3	0,7 - 0,9	1,5 - 9,0	105 - 195	< 3,3	< 3,4	< 0,2	43 - 225
B43G0068	530	7,6	0,95	3,6	113	-	-	1	19

Het type grondwater kan inzichtelijk worden gemaakt in een Van Wirdum-diagram. In dit diagram is visueel te zien of het type water gedomineerd wordt door grondwater, regenwater of zout water (of EC-IR diagram, zie Figuur 3-20). In de figuur wordt de ratio weergegeven tussen de ionenratio (IR) en het Elektrisch Geleidings Vermogen (EGV). De ionenratio is de verhouding tussen calcium en calcium + chloride.

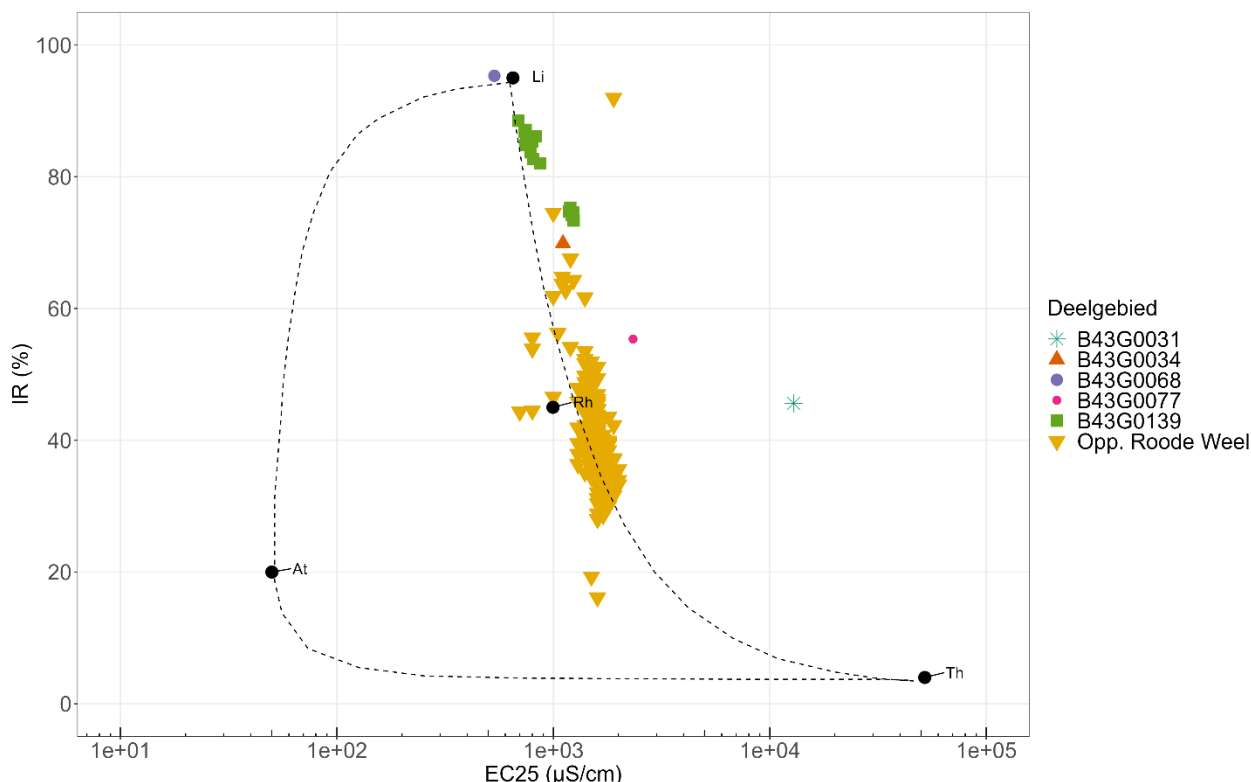
³ De EGV-waarden van de oude monsters (1919-1970) zijn de gegevens uit Dinoloket (TNO 2021) vermoedelijk in een verkeerde eenheid opgegeven (µS/cm i.p.v. mS/m). Hierdoor komen deze EGV-waarden een factor 10 lager uit, wat niet passend is bij de relatief hoge ionengehaltes. Om deze (vermoedelijke) fout te corrigeren zijn de EGV-waarden voor alle monsters behalve B43G0139 met een factor 10 vermenigvuldigd in Tabel 3-1 en Figuur 3-21.



Figuur 3-20: Grondwaterkwaliteit is in te delen op basis van de herkomst (figuur links). Atmosfien water is afkomstig uit de atmosfeer, Lithoclien water vanuit de ondergrond en Thalassoclien water van zee. De herkomst van grondwater kan samengevat worden met een Van Wirdum diagram (figuur rechts). Dit diagram geeft de verhouding tussen het Elektrische Geleidingsvermogen (EGV) en de Ionenratio (IR) weer. De drie watersoorten hebben doorgaans een duidelijk plaats binnen dit diagram (van Wirdum 1990).

In het Van Wirdum-diagram is ook de waterkwaliteit van Roode Weel weergegeven. Dit geeft enige inzicht in verschil van ionensamenstelling tussen het oppervlaktewater, gevoed door voornamelijk ondiep grondwater en de diepere grondwaterkwaliteit. Uit (Figuur 3-21) is globaal een afnemende invloed van de zee (met zout water) te zien in zuidoostelijke richting. Meetpunt B43G0031 (NW) heeft de hoogste geleidbaarheid en meetpunt B43G0068 (ZO) de laagste geleidbaarheid. De chloridegehalten nemen in deze richting af van 4464 mg/l tot 19 mg/l. Deze punten liggen ook meer richting het Thalassocline watertype in de Van Wirdum-diagram. De waterkwaliteit van meetpunt B43G0031 zit zelfs precies tussen het Lithocliene en Thalassocliene type in. Het water in de Roode Weel zit, ondanks een flinke spreiding, geconcentreerd rondom het Rh-referentiepunt. Dit is punt is representatief voor vervuild oppervlaktewater uit de Rijn (van Wirdum 1990). Deze 'vervuiling' valt waarschijnlijk grotendeels te verklaren door de hogere chlorideconcentraties (200-500 mg/l Cl) in deze metingen. Verder zitten sommige meetpunten meer richting het Lithocliene, wat op deze momenten ook enige mate van grondwaterinvloed indiceert.

Op basis van de kennis over de werking van het grondwatersysteem, eerder beschreven in deze paragraaf, kan de meeste invloed van diep grondwater worden verwacht in het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied, op de Naad van Brabant. Maar voor deze hypothese ontbreken voldoende metingen van de grondwaterkwaliteit.



Figuur 3-21: Van Wirdum-diagram van de meetpunten in Figuur 3-19 aangevuld met de gemeten oppervlaktewaterkwaliteit in de Roode Weel. Peilbuis B43G0139 is meerdere malen bemonsterd in de periode van 1980 t/m 2010.

Resumé hydrologie

- De waterlopen binnen het onderzoeksgebied kennen bijna allemaal een nevenfunctie als EVZ of Waternatuur. Zij vormen de groen-blaauwe verbindingen binnen een dicht netwerk aan waterlopen binnen de polder Kruisland.
- De waterlopen binnen de polder Kruisland hebben een belangrijke functie voor de waterhuishouding van de agrarische gronden. De stuwpeilen zijn ook op deze functie ingericht, met een tegennatuurlijk stuwregime: winterpeil is -1,85 m+NAP en zomerpeil is -1,60 m+NAP. Het meest bovenstroomse deel van de Brandsche Beek (voor samenvoeging met Tuimelaarskreek) valt binnen een ander peilvak (Prinsenbossche), waarvoor een winterpeil van -1,60 m+NAP en een zomerpeil van -1,3 m+NAP geldt. Er wordt bovenstrooms water ingelaten en benedenstrooms bij het gemaal water uitgelaten om deze stuwpeilen te handhaven.
- De Rode Weel heeft een eigen waterpeil en is afgezonderd van de kreken met een bovenstroomse en een benedenstroomse stuw. Hiermee wordt het waterpeil jaarrond op -1,25 m+NAP gehouden.
- Uit de beoordeling van de KRW-monitoringsgegevens blijkt de oppervlaktewaterkwaliteit over het algemeen ontoereikend is. Dit komt met name door het grote aandeel nutriënten (N en P) in het water en het daarmee samenhangende slechte doorzicht. Uitspoeling vanuit landbouwgronden en nalevering uit de waterbodem zijn hier met name verantwoordelijk voor. Er zijn enkele puntlozingen aanwezig, maar die hebben slechts een lokale invloed. Wel zijn er zorgen over de uitspoeling van schadelijke stoffen uit de vuilstort aan de Vierhoevensche Watergang.
- De nutriëntenbelasting van de Roode Weel is structureel lager dan in de nabijgelegen waterlopen, maar kent wel een hoger zoutgehalte. Dit verschil is te verklaren door de geïsoleerde ligging van de Roode Weel en kwel met hoge chloridegehalten.

- De Cruijlslandse krekten liggen op de Naad van Brabant. Infiltrerend water vanuit het gebied ten zuiden hiervan kwelt hier op. Meeste voeding van de krekten vindt echter plaats vanuit het ondiepe grondwater.
- De krekten liggen diep in het landschap en worden gevoed door het neerslagoverschot en kwel van onderen. De bovenste meters bestaan uit holocene lagen en zijn minder doorlatend. Dit beperkt de drainage van grondwater naar het oppervlaktewater. Daarom stijgt de grondwaterstand flink in de winter en zakt ten gevolge van verdamping weer uit in de zomer.
- Er is weinig informatie over de grondwaterkwaliteit beschikbaar. De invloed van zout water en daarmee zoute kwel neemt toe in noordwestelijke richting.
- Afvoer van grondwater naar het oppervlaktewater vindt bijna altijd plaats met uitzondering van de extreem droge zomers. In de zomer wordt de kwel vanuit de diepte relatief belangrijker. Deze kwel vindt plaats in het zuidelijk deel van het krekengebied op de Naad van Brabant.

3.5 Vegetatie

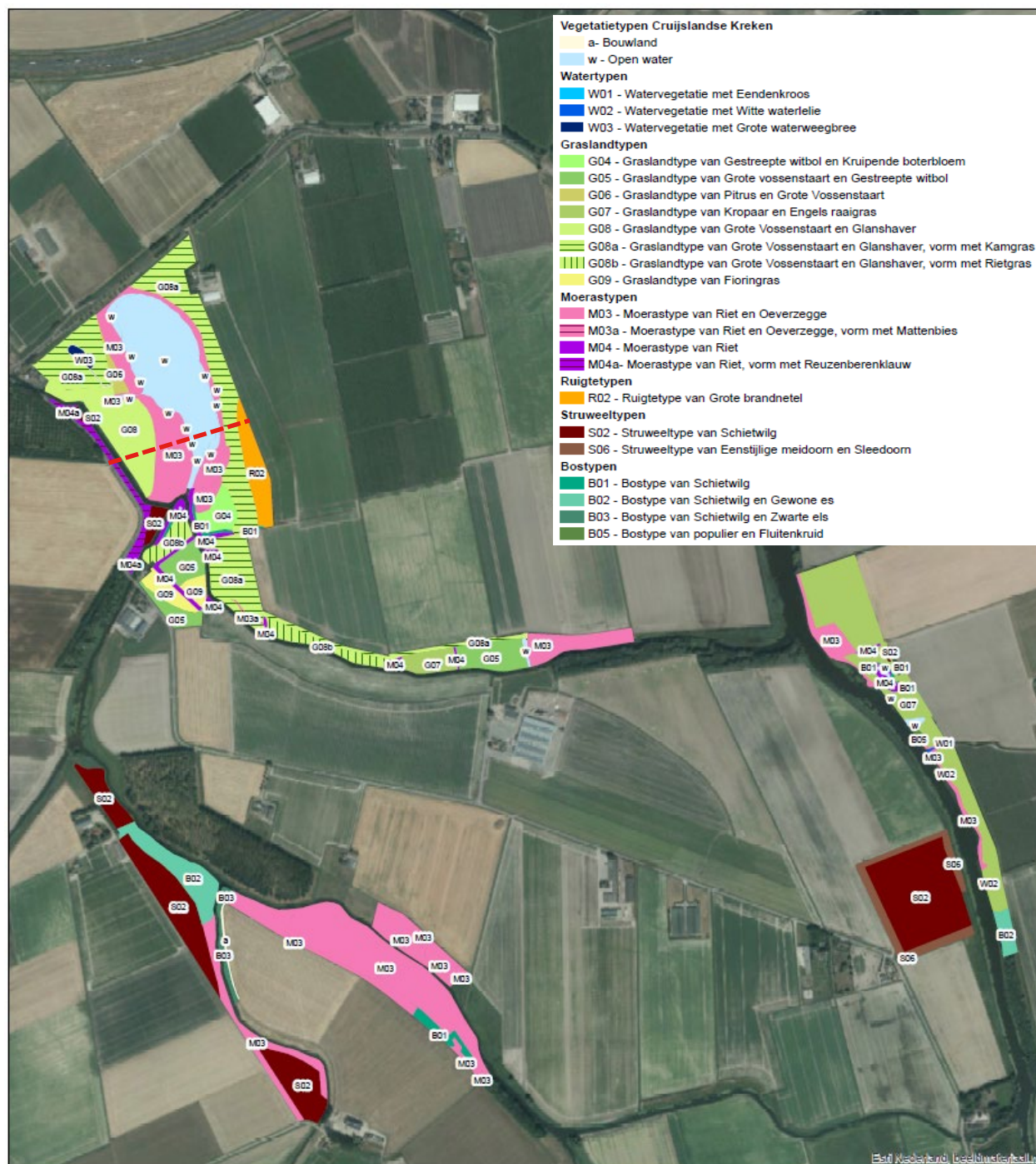
Vegetatietypen

In het beheerplan van de Cruijlslandse Krekten (van de Sande 2019) is een uitgebreide beschrijving opgenomen van de aanwezige vegetatietypen in het door Brabants Landschap beheerde gebied. Deze beschrijving is gebaseerd op een vegetatiekartering vanuit het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL). Deze vegetatiekartering uit van de Sande (2019) is weergegeven in Figuur 3-22. Dit betreft enkel de terreinen in eigendom van Brabants Landschap. Hieronder wordt voor de verschillende vegetaties een beschrijving gegeven voortkomend uit van de Sande (2019) en aangevuld met gegevens van de waterflora gemonitord in het kader van de KRW (Witteveen+Bos 2018).

De krekten zelf zijn niet in eigendom van Brabants Landschap en zijn daarom niet meegenomen in de vegetatiekartering. Enkele poelen of oeveren hebben wel een vegetatietype meegekregen: zo wordt de poel (of laagte) ten westen van de Roode Weel gekarakteriseerd door grote waterweegbree. Andere watervegetaties, vooral in de paaiplassen langs de krekten kennen een begroeiing van gitte waterlelie en een enkele sloot wordt gedomineerd door eendenkroos. Soorten die in de NDFF staan en gebonden zijn aan open water, zijn waterzuring en de invasieve exoot waterteunisbloem (in de poelen en langs de Beek).

Uit de watersysteemanalyse (Witteveen+Bos 2018) komt de volgende beoordeling voor de verschillende gemonitorde delen:

- In de Kruisbeek is de bedekking met ondergedoken waterplanten gering. Incidenteel wordt er wat sterrekroos en grof hoornblad aangetroffen. Drijfbladplanten blijven beperkt tot hier en daar Gele plomp en incidenteel Veenwortel. Dit duidt op een hoge productiviteit van het water, maar roept ook vragen op over de representativiteit van dit meetpunt (het lijkt een luwe zone, vanwege het voorkomen van kroos en gele plomp). De slechte ontwikkeling van de drijvende en ondergedoken waterplanten dragen bij aan de lage KRW-score in de Beek voor dit kwaliteitselement. De bedekking met emerse planten is juist hoog met jaarlijks een hoge bedekking met riet. Soms komt ook kleine lisdodde veelvuldig voor. Dit zijn beide algemene soorten die duiden op een voedselrijke waterbodem.
- De Roode Weel heeft de hoogste KRW-score, maar omdat de Roode Weel niet representatief wordt geacht voor andere delen van het stroomgebied is hier in de watersysteemanalyse niet verder op ingegaan.

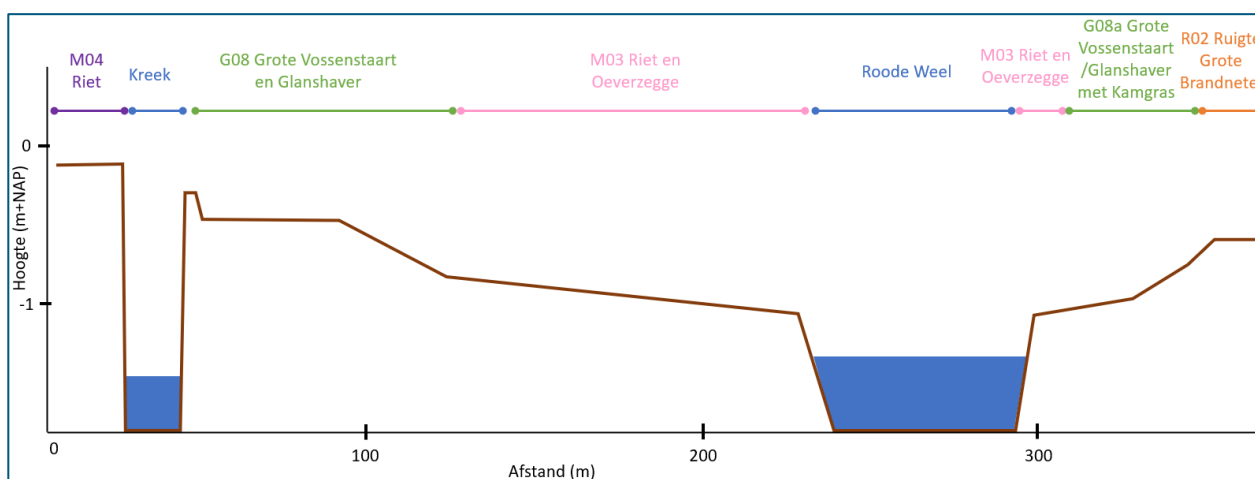


Figuur 3-22: Vegetatiekaart van de gronden in beheer bij Brabants Landschap. Overgenomen uit van de Sande (2019). De rode stippenlijn toont de ligging van de dwarsdoorsnede in Figuur 3-23.

Moeras

De Cruislandse Kreen bestaan voor een groot deel uit moerasvegetaties gedomineerd door Riet (Figuur 3-24). In de vegetatiekartering is het merendeel van dit moeras in de Cruislandse Kreen als Moerastype van riet en oeverzegge (M03) aangemerkt (op basis van vegetatiekartering in het kader van SNL). Ook zijn er enkele stroken zonder oeverzegge gekarteerd als Moerastype van Riet (M04). Moerasgerelateerde planten die voorkomen in deze vegetaties zijn onder meer melkeppe, mattenbies, moeraszegge, oeverzegge, poelruit en zeegroene rus.

Dit moeras komt voornamelijk voor op de laaggelegen oevers langs de kreek en in een brede zone rondom de Roode Weel. Dit zijn over het algemeen de natste (semi-)terrestrische delen van het gebied, met in de winter grondwaterstanden aan of boven maaiveld en in de zomer slechts beperkt uitzakkende grondwaterstanden (zie paragraaf 3.4.2). In Figuur 3-23 is een schematische dwarsdoorsnede weergegeven van de vegetatiegradiënt rondom de Roode Weel. Hierin is te zien dat de riet en oeverzegge vegetatie op de lage delen grenzend aan de Roode Weel voorkomt. De riet vegetatie (M04) komt in een smalle hoger gelegen strook langs de afwaterende kreek voor. De aanwezige moerasvegetaties hebben geen problemen met brakke waterkwaliteit van de Roode Weel en gedijen ook goed onder de voedselrijke omstandigheden in de kreek. In het beheerplan (van de Sande 2019) wordt echter opgemerkt dat het de voedselrijkdom een belemmering vormt voor goed ontwikkelde moerasvegetaties. Een verbetering van de waterkwaliteit zal waarschijnlijk bij kunnen dragen aan soortenrijkere moerasvegetaties. Brabants Landschap zet met het beheer ook in op het vergroten van de rietkragen langs de Kreek door rasters terug te zetten. De eeuwkanten worden juist beheerd als hooilanden.



Figuur 3-23: Schematische dwarsdoorsnede van de vegetatiegradiënt rondom de Roode Weel. De ligging van de dwarsdoorsnede is weergegeven in Figuur 3-22.

Grasland

In het onderzoeksgebied komen veel graslanden voor met aan klei- en zavelgronden gebonden vegetaties. Belangrijk is het op vrij grote schaal voorkomen van Kamgras in het gebied. Deze graslanden zijn op de vegetatiekaart getypeerd als Graslandtype van Grote Vossenstaart en Glanshaver, vorm met Kamgras (G08a). Op deze graslanden is de ontwikkeling naar Kamgrasweiden mogelijk, mits hier een begrazingsbeheer wordt voortgezet. Graslanden uit het type (G08) kennen soorten als gestreepte witbol, geknikte vossenstaart, gewone hoornbloem, rood zwenkgras, rietzwenkgras, ruw beemdgras, ruige zegge en zeegroene rus. Ook behaarde boterbloem komt veel voor. Er zijn enkele ruigere percelen uit dit type, die gekarteerd zijn als Vorm met Rietgras (G08b). In de overgang van het rietmoeras naar het grasland ten oosten van de Roode Weel, is een Graslandtype van Pitrus en Grote vossenstaart aanwezig (G06). In het zuidelijk deel van de Roode Weel komen graslanden voor die voor een deel gedomineerd worden door gestreepte witbol (als G05 Graslandtype van Grote vossenstaart en Gestreepte witbol op de vegetatiekaart). Een ander deel van deze graslanden bestaat uit een vochtige plas-dras-situatie die meer de richting zilverschoonweide lijkt te gaan (als G09 Graslandtype van Fioringras gekarteerd). Daarnaast komen er graslanden voor die nog duidelijk een landbouwkundige voorgeschiedenis verraden en getypeerd zijn als G07 Graslandtype van Kropaar en Engels raaigras.

Vergeleken met de moerastypes komen de graslandtypes over het algemeen op de hoger gelegen oevers voor. De landschappelijke gradiënt gaat dan van open water naar moerasvegetaties en vervolgens naar graslandvegetaties. Dit komt in de Cruislandse Kreken echter alleen voor waar voldoende ruimte beschikbaar is voor deze gradiënt, zoals bij de Roode Weel (Figuur 3-23). Op veel plekken komen de moeraszone en graslandzone echter niet beide voor. Op de oevers van de Nauwbeek bijvoorbeeld ontbreekt de moeraszone en bevinden de graslandtypes zich direct langs de kreek. Alle aanwezige graslandvegetaties passen bij de relatief voedselrijke kleibodems die in het gebied aanwezig zijn. De huidige voorkomende graslandvegetaties zijn niet afhankelijk van de toestroom (basenrijke) kwel om de standplaats van voldoende basenrijkdom te voorzien. De nutriënten- en mineralenrijkdom van de bodem en van het oppervlaktewater zijn hierin de bepalende factoren. Variaties binnen de vegetaties kunnen verklaard worden door verschillen in beheer en vochtcondities. Zo valt het ontbreken van kamgras in het graslandtype van Grote vossenstaart en Glanshaver op delen langs de Roode Weel samen met de lagere grondwaterstanden op dit deel.



Figuur 3-24: Langs de grotere waterlopen komen vaak rietkragen voor, zoals hier bij de Wiel aan de Drenkhoos. Een overgang naar natuurlijke graslanden ontbreekt hier aangezien deze moeraszone direct grens aan de agrarische percelen.

Struweel en bos

De Cruislandse Kreken kennen weinig struweel. De als struweel getypeerde vegetaties, worden vooral gekenmerkt als S02 Struweeltype van Schietwilg. Het betreft meestal pas ingerichte natuurgronden met een gemengde bosaanplant, waarop schietwilg aspectbepalend is. Dit struweeltype bevindt zich meestal op de hogere gronden hoger op de vegetatiegradiënt op de overgang naar de aangrenzende landbouwpercelen. Het vrij spaarzame bos in het onderzoeksgebied wordt soms gekarakteriseerd als B01 Bostype van Schietwilg, maar dit betreft eigenlijk vooral knotbomenrijen. Het bostype B02 van Schietwilg en Gewone es heeft echt een boskarakter. Dit type komt langs de Vierhoevensche watergang laag op de oever voor op dezelfde hoogteligging (circa -0,5 tot -1,0 m+NAP) als voorkomend moeras in deze zone. In de oostelijke B02 bossen bij de Kleine Vosberg staat hier de Brede wespenorchis.

Beheertypen

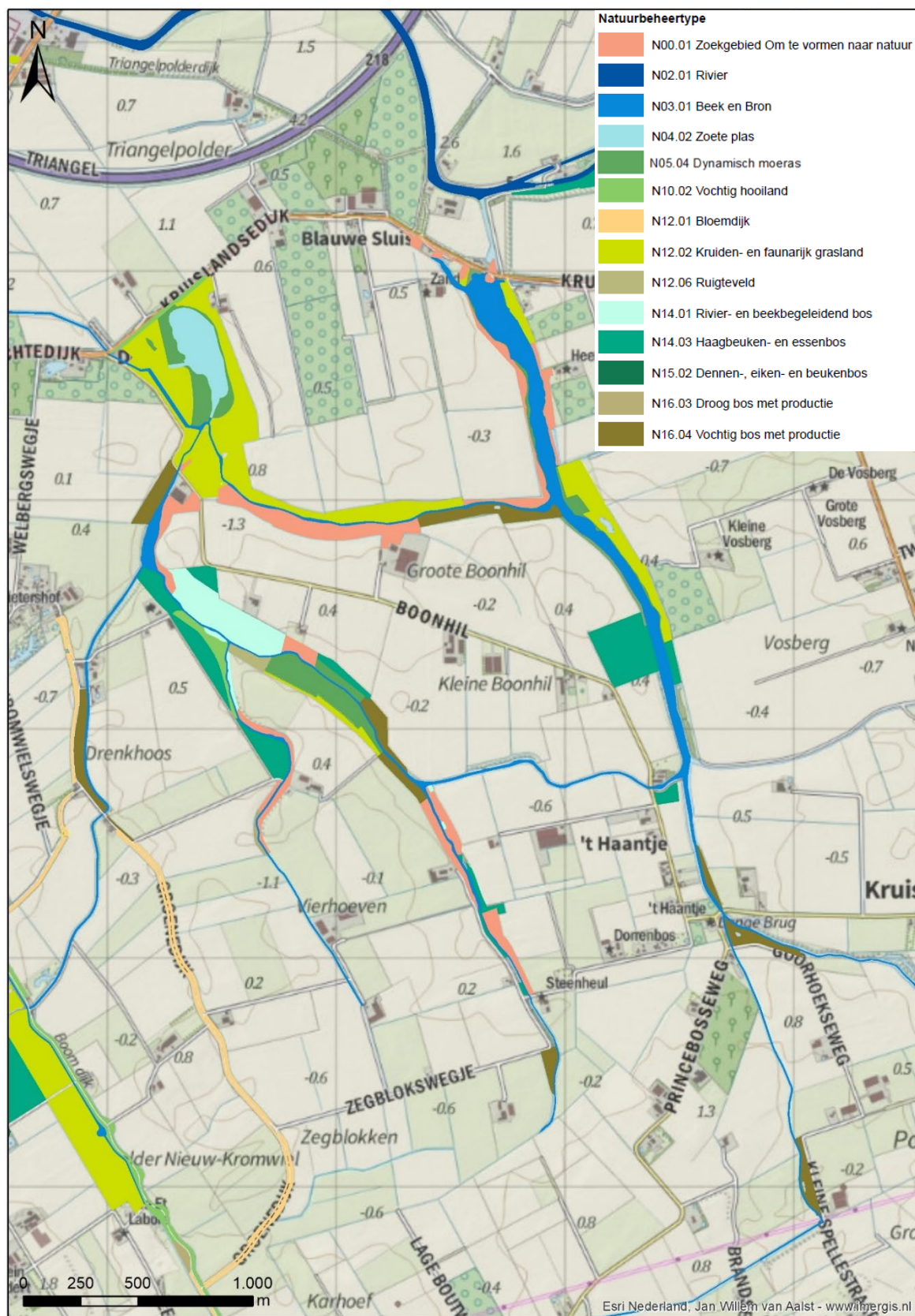
De verschillende vegetatietypen zijn in de systematiek van het Natuurnetwerk Brabant samengevoegd tot verschillende beheertypen. In Figuur 3-25 zijn de huidige beheertypen weergegeven conform het Natuurbeheerplan (provincie Noord-Brabant 2020). Verderop wordt in hoofdstuk 4 nog ingegaan op de ambitie voor de beheertypen die nagestreefd wordt.

Opmerkelijke soorten

Bij het raadplegen van de NDFF (NDFF 2021) komt naar voren dat de zeldzame soort klimopwateranankel (*Ranunculus hederaceus*) voorkomt in een van de sloten vlakbij de bovenloop van de Brandsche Beek, in het zuiden van het onderzoeksgebied. Deze soort is een indicatorsoort voor een kwelinvloed in het water en een lage voedselrijkdom. Ook meer algemene indicatorsoorten voor grondwaterinvloed, zoals holpijp (*Equisetum fluviatile*) en veldrus (*Juncus acutiflorus*), worden alleen in het zuidelijke deel van het onderzoeksgebied aangetroffen. Een andere opmerkelijke soort is de vrij zeldzame ruige leeuwentand (*Leontodon hispidus*), die voornamelijk in Zuid-Limburg en langs de grote rivieren voorkomt. Deze soort komt in het onderzoeksgebied voor langs de Tuimelaarskreek, maar het voorkomen van deze soort geeft verder geen directe aanwijzing voor het ecohydrologisch functioneren van het gebied.

Resumé vegetatie

- De waterplantenvegetaties in het krekensysteem zijn niet helemaal in kaart gebracht, maar lijken op basis van enkele meetpunten uit de KRW slecht ontwikkeld te zijn. Dit duidt op te hoge voedselrijkdom van het water en de waterbodem. In de Roode Weel is de waterplantenvegetatie beter ontwikkeld, maar exacte gegevens ontbreken.
- De moerasvegetaties op de oevers zijn goed ontwikkeld met soms uitgebreide rietvegetaties. De moerasvegetaties komen laag op de vegetatiegradiënt voor op de laaggelegen oevers.
- Er komen verschillende graslandvegetaties voor die allemaal kenmerkend zijn voor relatief voedselrijke kleibodems. Variatie in de vegetaties komt voort uit beheer en de heersende vochtcondities. Bij de Roode Weel volgen de graslanden de moerassen op in de vegetatiegradiënt, maar op de meeste andere locaties komen de moeraszone en graslandzone niet naast elkaar voor. In deze gevallen bestaan de laaggelegen oevers of uit moeras of uit grasland.
- De struweelvegetaties in het gebied bestaan meestal uit wilgenstruweel. Ook de bossen bestaan vaak uit wilgen, al dan niet in combinatie met essen of elzen. De struwelen en bossen liggen doorgaans hoger op de vegetatiegradiënt, maar wilgen-essenbos komt juist op sommige locaties juist op de laaggelegen oevers voor.



Figuur 3-25: Huidige beheertypenkaart van het Natuurnetwerk Brabant binnen het onderzoeksgebied (provincie Noord-Brabant 2020).

4 Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren

De in hoofdstuk 3 uitgewerkte bouwstenen en aandachtspunten worden in dit hoofdstuk eerst samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie voor het functioneren van de Cruislandse Kreken. Op basis daarvan worden in een aparte paragraaf de sleutelfactoren afgeleid. Deze kunnen gebruikt worden om uitspraken te doen met betrekking tot het detailniveau van de beschikbare hydrologische modellen.

4.1 Samenvatting van de bouwstenen

Voordat de ecohydrologische interpretatie wordt uitgewerkt, wordt hieronder ter referentie herhaald, wat de voorgaande paragrafen voor elk van de bouwstenen van de systeemanalyse hebben opgeleverd. Zij vormen de basis voor de beschrijving in paragraaf 4.2.

Ontstaansgeschiedenis

- Cruislandse Kreken is ontstaan als een stelsel van getijdegeulen, ontstaan nadat de zee in de Sint Elisabethsvloeden van 1421 en 1424 het oorspronkelijke veenlandschap in het lage deel van West-Brabant had verzwolgen.
- In het Holoceen zijn in het gebied laagveenmoerassen ontstaan, die later overgingen in hoogveen. Vanaf het midden van de 12e eeuw werden deze hoogveengronden in cultuur gebracht, met eerst akkerbouw en later beweiding. Vanaf het begin van de 13e eeuw werd in ook turf gewonnen. Als gevolg van deze bodemdaling en turfwinning werd het gebied kwetsbaar voor overstromingen.
- Om het land te beschermen tegen overstromingen werden dijken aangelegd, maar niet rond de Cruislandse Kreken. Tijdens overstromingen in de 14e eeuw viel het lage deel van West-Brabant grotendeels ten prooi aan de zee. Zo'n 65 jaar lang had de zee vrij spel in het gebied van Cruislandse Kreken en werd op veenrestanten en de Pleistocene zandondergrond een laag lichte tot zware zavel en klei afgezet. In 1487 werd het gebied bedijkt en ontstond de polder Kruisland.
- In de vorige eeuw zijn delen van langs de Vierhoevensche Watergang gebruikt als stortplaats. In de jaren 60 en 70 is in een smalle strook de oever opgehoogd met puin en sloopafval en bij Boonhil had gemeente Steenberg een vuilstortplaats die vanaf 1965 tot 1988 in bedrijf was.

Hoogteligging

- De Cruislandse Kreken is laaggelegen ten opzichte van de hoge zandgronden van het Brabants Massief en de relatief hoge gronden rondom Steenberg en de Steenbergsche en Roosendaalsche Vliet.
- De maaiveldhoogtes binnen het onderzoeksgebied liggen grotendeels onder zeeniveau op -1,5 tot 0 m+NAP. Enkele delen zijn iets hoger, zoals enkele oevers en de taluds van de Groene Dijk op 0 tot 1,5 m+NAP. Het hoogste deel is de vuilstortplaats langs de Vierhoevensche Watergang op 2 tot 3 m+NAP.
- Veel van de eeuwkanten zijn opgehoogd met opgebrachte grond.

Geologie en bodemopbouw

- Het freatische pakket bestaat uit Holocene afzettingen (klei, veen en zand) en de overwegend zandige Formaties van Boxtel, Stramproy en Peize-Waalre. De eerste aaneengesloten weerstand biedende laag wordt gevormd door de kleiige eenheid van de Formatie van Waalre. Daaronder bevindt zich een dik pakket met overwegend zandige formaties dat het eerste watervoerende pakket vormt.
- Het onderzoeksgebied bevat belangrijke aardkundige waarden. Hierbij gaat het met name om de kreekrestanten met dicht bij de monding de diep ingesleten kreken met steile oevers en verder

richting de overgang van klei naar zand de ondiepere delen met meer geleidelijke overgangen met eeuwkanten en oeverwallen.

- De bodems bestaan voornamelijk uit kleiige Poldervaaggronden en Drechtvaaggronden (klei-op-veen). In de zuidelijke delen van het onderzoeksgebied is de overgang van klei naar zand met de hier voorkomende zandige Veldpodzolgronden. Alle bodemtypes bevatten hydromorfe kenmerken die aantonen dat er periodiek hoge grondwaterstanden voor kunnen komen.

Hydrologie

- De waterlopen binnen het onderzoeksgebied kennen bijna allemaal een nevenfunctie als EVZ of Waternatuur. Zij vormen de groen-blaue verbindingen binnen een dicht netwerk aan waterlopen binnen de polder Kruisland.
- De waterlopen binnen de polder Kruisland hebben een belangrijke functie voor de waterhuishouding van de agrarische gronden. De stuwpeilen zijn ook op deze functie ingericht, met een tegennatuurlijk stuwregime: winterpeil is -1,85 m+NAP en zomerpeil is -1,60 m+NAP. Het meest bovenstroomse deel van de Brandsche Beek (voor samenvoeging met Tuimelaarskreek) valt binnen een ander peilvak (Prinsenbossche), waarvoor een winterpeil van -1,60 m+NAP en een zomerpeil van -1,3 m+NAP geldt. Er wordt bovenstrooms water ingelaten en benedenstrooms bij het gemaal water uitgelaten om deze stuwpeilen te handhaven.
- De Rode Weel heeft een eigen waterpeil en is afgezonderd van de kreken met een bovenstroomse en een benedenstroomse stuw. Hiermee wordt het waterpeil jaarrond op -1,25 m+NAP gehouden.
- Uit de beoordeling van de KRW-monitoringsgegevens blijkt de oppervlaktewaterkwaliteit over het algemeen ontoereikend is. Dit komt met name door het grote aandeel nutriënten (N en P) in het water en het daarmee samenhangende slechte doorzicht. Uitspoeling vanuit landbouwgronden en nalevering uit de waterbodem zijn hier met name verantwoordelijk voor. Er zijn enkele puntlozingen aanwezig, maar die hebben slechts een lokale invloed. Wel zijn er zorgen over de uitspoeling van schadelijke stoffen uit de vuilstort aan de Vierhoevensche Watergang.
- De nutriëntenbelasting van de Roode Weel is structureel lager dan in de nabijgelegen waterlopen, maar kent wel een hoger zoutgehalte. Dit verschil is te verklaren door de geïsoleerde ligging van de Roode Weel en kwel met hoge chloridegehalten.
- De Cruislandse kreken liggen op de Naad van Brabant. Infiltrerend water vanuit het gebied ten zuiden hiervan kwelt hier op. Meeste voeding van de kreken vindt echter plaats vanuit het ondiepe grondwater.
- De kreken liggen diep in het landschap en worden gevoed door het neerslagoverschot en kwel van onderen. De bovenste meters bestaan uit holocene lagen en zijn minder doorlatend. Dit beperkt de drainage van grondwater naar het oppervlaktewater. Daarom stijgt de grondwaterstand flink in de winter en zakt ten gevolge van verdamping weer uit in de zomer.
- Er is weinig informatie over de grondwaterkwaliteit beschikbaar. De invloed van zout water en daarmee zoute kwel neemt toe in noordwestelijke richting.
- Afvoer van grondwater naar het oppervlaktewater vindt bijna altijd plaats met uitzondering van de extreem droge zomers. In de zomer wordt de kwel vanuit de diepte relatief belangrijker. Deze kwel vindt plaats in het zuidelijk deel van het krekengebied op de Naad van Brabant.

Vegetatie

- De waterplantenvegetaties in het krekensysteem zijn niet helemaal in kaart gebracht, maar lijken op basis van enkele meetpunten uit de KRW slecht ontwikkeld te zijn. Dit duidt op te hoge voedselrijkdom van het water en de waterbodem. In de Roode Weel is de waterplantenvegetatie beter ontwikkeld, maar exacte gegevens ontbreken.
- De moerasvegetaties op de oevers zijn goed ontwikkeld met soms uitgebreide rietvegetaties. De moerasvegetaties komen laag op de vegetatiegradiënt voor op de laaggelegen oevers.
- Er komen verschillende graslandvegetaties voor die allemaal kenmerkend zijn voor relatief voedselrijke kleibodems. Variatie in de vegetaties komt voort uit beheer en de heersende vochtcondities. Bij de Roode Weel volgen de graslanden de moerassen op in de vegetatiegradiënt, maar op de meeste andere locaties komen de moeraszone en graslandzone niet naast elkaar voor. In deze gevallen bestaan de laaggelegen oevers of uit moeras of uit grasland.
- De struweelvegetaties in het gebied bestaan meestal uit wilgenstruweel. Ook de bossen bestaan vaak uit wilgen, al dan niet in combinatie met essen of elzen. De struwelen en bossen liggen doorgaans hoger op de vegetatiegradiënt, maar wilgen-essenbos komt juist op sommige locaties juist op de laaggelegen oevers voor.

4.2 Ecohydrologische interpretatie

De waterhuishouding van de Cruislandse Kreeken wordt enerzijds gedreven door het oppervlaktewatersysteem met vaste stuwpeilen en anderzijds door het grondwatersysteem. De stuwpeilen hebben een tegennatuurlijk stuwregime met hogere waterstanden in de zomer dan in de winter. Het grondwatersysteem wordt bepaald door de toestroming van ondiep (lokaal) en diep (regionaal) grondwater. De hoeveelheid diepe kwel vormt echter maar een klein aandeel in de totale waterbalans.

Met name het oppervlaktewatersysteem heeft een belangrijke invloed op de standplaatscondities van de natuurlijke vegetaties in het onderzoeksgebied. De natuurlijke graslanden, moerassen, struwelen en bossen bevinden zich namelijk allemaal op korte afstand van de kreeken of de Roode Weel, veelal op de laaggelegen oeverlanden (eeuwkanten). Deze oeverlanden bestaan voornamelijk uit relatief voedsel- en mineraalrijke kleibodems. De grondwaterstanden in deze zone worden grotendeels bepaald door de stuwpeilen in het krekensysteem. Ook de chemische kwaliteit van de standplaats wordt in grote mate bepaald door het oppervlaktewater. Dit oppervlaktewater kan bij hoge oppervlaktewaterstanden (hoger dan zomerpeil) de oeverlanden overstromen, maar ook doordat de oeverlanden in contact staan met het oppervlaktewater vindt er een permanente voeding plaats. Dit oppervlaktewater is zeer rijk aan nutriënten en mineralen, als gevolg van de grote landbouwinvloed in de polder Kruisland. De oppervlaktewaterkwaliteit is daardoor samen met de voedsel- en mineraalrijkdom van de bodem bepalend voor de chemische standplaatscondities van de vegetaties. Dit is terug te zien aan de moeras-, grasland-, struweel- en bosvegetaties in het gebied, die allen kenmerkend zijn voor voedselrijke omstandigheden.

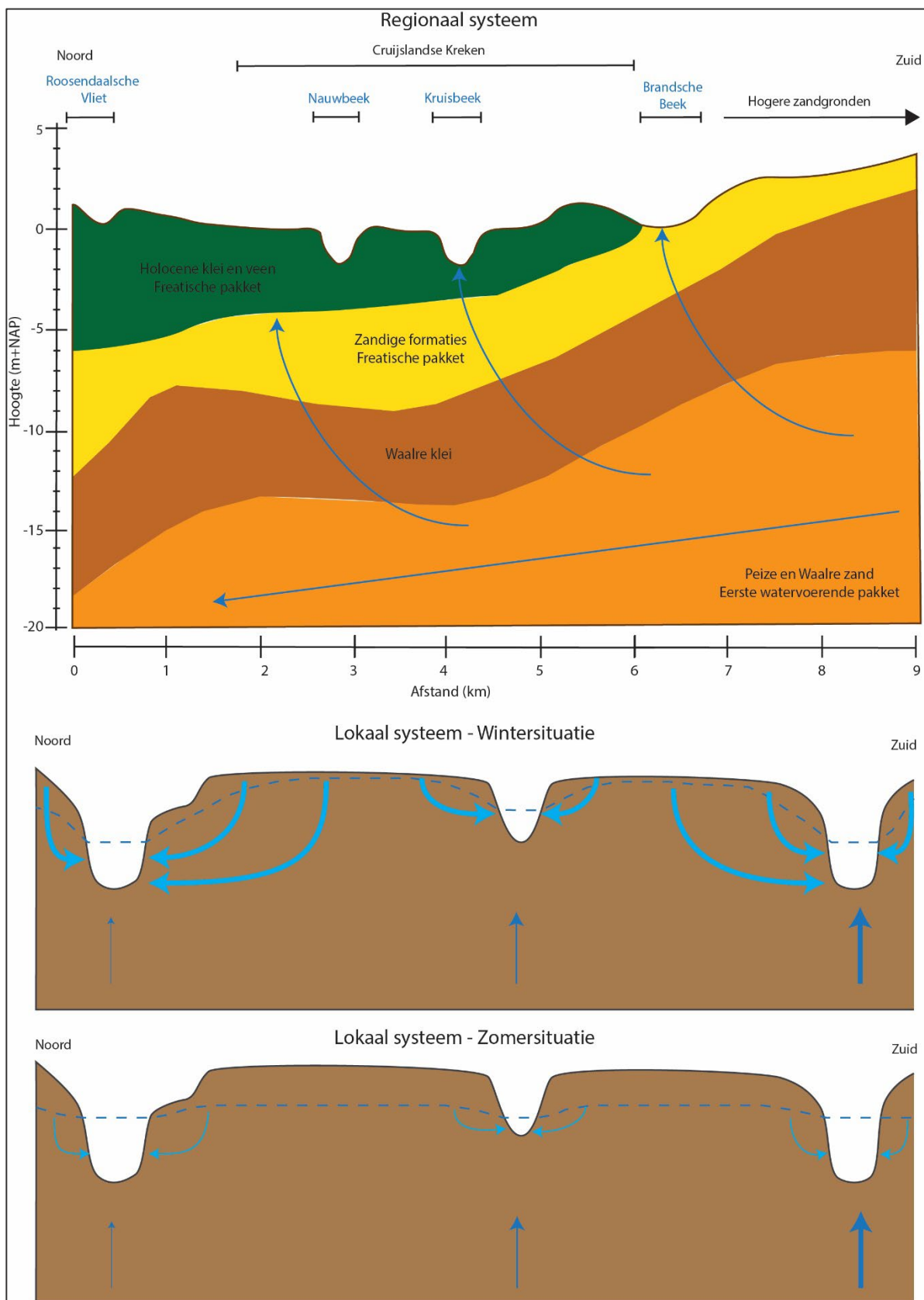
In Figuur 4-1 is het grondwatersysteem op regionaal en op lokaal niveau schematisch uitgebeeld. Op regionaal niveau (zie Figuur 4-1; boven) zijn de hogere grondwaterstanden in de ten zuiden gelegen hoge zandgronden van groot belang. Het water dat op deze zandgronden is geïnfiltreerd is lang onderweg (oud grondwater) en daardoor sterk aangereikt met mineralen. De Cruislandse Kreeken liggen op de Naad van Brabant, op de overgang van de pleistocene zandgronden naar de holocene klei- en veengronden. Op deze overgang komt het diepe oude grondwater uit het eerste watervoerende pakket omhoog en op de laaggelegen percelen of diep ingesneden kreeken komt het grondwater als kwel aan het oppervlak of in de waterlopen terecht. Dit gebeurt met name in het zuidelijke deel van de Cruislandse kreeken. Hier zijn de stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket het hoogst en is de weerstand van de holocene klei- en veengronden nog beperkt. Vanwege de grote invloed van de bodem en het oppervlaktewater op de

chemische standplaatscondities van de vegetaties, is de invloed van het diepe grondwater hierop zeer beperkt.

Naast de toestroming van diepe regionale kwel is juist de toestroming van ondiepe kwel in het lokale systeem een belangrijke factor in het grondwatersysteem van de Cruislandse Kreken. Dit lokale systeem functioneert in wintersituatie anders dan in zomersituatie. In de winter (zie Figuur 4-1; midden) wordt een lager winterpeil gehanteerd en is er sprake van een neerslagoverschot. Op de landbouwpercelen tussen de kreken, zoals tussen de Nauwbeek en de Kruisbeek, bolt de grondwaterstand op als gevolg van het neerslagoverschot. Dit water infiltreert en stroomt ondiep af naar de kreken. Vanwege het agrarische landgebruik (veelal akkerbouw) is dit water rijk aan nutriënten. De toplaag bestaat uit slecht doorlatende kleilagen wat de afstroming van grondwater naar de waterlopen bemoeilijkt. De opgebolde grondwaterstand op de landbouwpercelen ligt hoger dan het winterpeil, waardoor er een permanente toestroming van dit ondiepe grondwater naar de kreken en de oeverlanden plaatsvindt. De toestroming van diep regionaal grondwater is groter in het zuiden dan in het noorden, maar vormt in de wintersituatie maar een klein aandeel van de totale voeding van de kreken en de oeverlanden.

In de zomer (zie Figuur 4-1; onder) wordt een hoger zomerpeil gehanteerd en is er sprake van een neerslagtekort, waarbij er meer verdamping is dan neerslag. Door dit neerslagtekort en de permanente afvoer van water via het oppervlaktewatersysteem zakken de grondwaterstanden op de landbouwpercelen tussen de kreken dieper uit. De grondwaterstanden blijven over het algemeen boven het zomerpeil, waardoor de lokale toestroming van ondiep grondwater naar de kreken gehandhaafd blijft. Het verschil tussen de grondwaterstand en het zomerpeil is echter een stuk kleiner en de toestroming van dit ondiepe grondwater is ook een stuk minder dan in de wintersituatie. De toestroming van diep regionaal grondwater is groter in het zuiden dan in het noorden en vormt vanwege de sterk afgenomen toestroming van ondiep lokaal grondwater een groter aandeel in de totale voeding van de kreken en de oeverlanden. Vanwege de grote invloed van de bodem en het oppervlaktewater op de chemische standplaatscondities van de vegetaties, is de invloed van het diepe grondwater hierop echter nog steeds zeer beperkt.

Kortom: de stuwpeilen sturen de waterstanden in het oppervlaktewatersysteem, die op hun beurt weer bepalend zijn voor de grondwaterstanden in de oeverlanden waar de natuurlijke vegetaties aanwezig zijn. Het oppervlaktewater is rijk aan nutriënten en mineralen en dit bepaald samen met de nutriënt- en mineraalrijke kleibodem de chemische standplaatscondities in de oeverlanden. Aanvoer van diep grondwater is groter in het zuiden dan in het noorden en is relatief gezien groter in de zomersituatie. In de wintersituatie domineert de aanvoer van ondiep grondwater. De aanvoer van diep grondwater vormt op jaarbasis echter maar een klein aandeel van de totale waterbalans en is niet van grote invloed op de chemische standplaatscondities in de oeverlanden.



Figuur 4-1: Ecohydrologische systeemsschets met boven de werking van het regionale grondwatersysteem en onder het lokale grondwatersysteem in winter- en zomersituatie.

4.3 Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling

De in paragraaf 4.2 uitgewerkte systeemsschets geeft aan dat met name de stuwpeilen en de waterkwaliteit van het oppervlaktewatersysteem bepalend zijn voor de standplaatscondities in de oeverlanden waar de natuurlijke vegetaties voorkomen. De aanvoer van grondwater heeft geen grote invloed op de chemische standplaatscondities in de oeverlanden. De oppervlaktewaterkwaliteit, de oppervlaktewaterstanden en de daarmee samenhangende grondwaterdynamiek zijn daardoor de sleutelfactoren voor de standplaatscondities van natuurlijke vegetaties. De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt daarin sterk bepaald beïnvloedt door het agrarische gebruik in de omgeving en de relatieve grondwaterstanden in de oeverlanden zijn sterk afhankelijk van de maaiveldhoogtes ter plaatse.

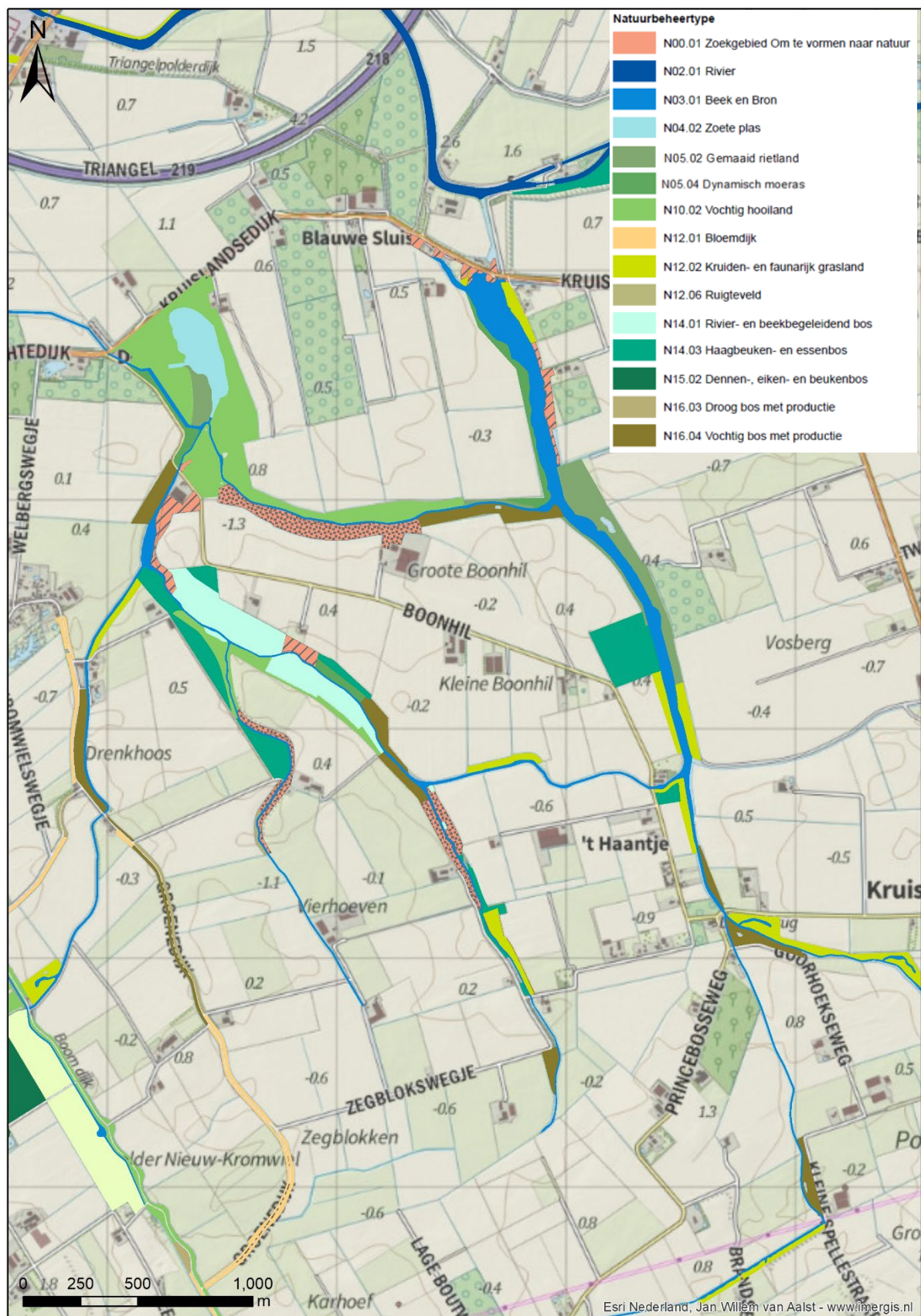
De potenties waarnaar op grond van het provinciale Natuurbeheerplan worden gestreefd, zijn weergegeven in de ambitiekaart (Figuur 4-2) Figuur 3-25. Voor de beheertypes waar specifieke hydrologische randvoorwaarden gelden, zijn deze opgenomen in Tabel 4-1. Dat zijn de randvoorwaarden zoals die beleidsmatig worden gebruikt. Ze zijn geaggregeerd naar beheertype conform het Subsidiestelsel Natuur en Landschap. Dat betekent automatisch ook dat ze geen recht doen aan individuele vegetatie-gemeenschappen binnen een beheertype. De boodschap is vooral dat Tabel 4-1 niet te verwarren is met harde alles of niets grenzen. Er is meer mogelijk dan Tabel 4-1 doet vermoeden. Niettemin is de vraag aan deze rapportage geworteld in een toetsing aan beleid, waarmee de waarden in dat licht een relevant uitgangspunt vormen.

Tabel 4-1: Referentiewaarden voor de Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand (GVG), Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en grondwaterinvloed (Bal 2001; Ertsen et al. 2005; BIJ12 2021). GLG en GVG uitgedrukt in centimeter t.o.v. maaiveld (cm t.o.v. mv). Een positieve waarde geeft een waterstand boven maaiveld en een negatieve waarde geeft een waterstand onder maaiveld.

Natuurbeheertype	GVG (cm t.o.v. mv)	GLG (cm t.o.v. mv)	Aanrijking via grond- of oppervlaktewater
Dynamisch moeras (N05.04)	+50 tot -5	< -40	Oppervlaktewater
Vochtig hooiland (N10.02)	-5 tot -50	-20 tot -80	Grond- of oppervlaktewater ¹
Kruiden- en faunarij grasland (N12.02)	> -40	> -60	-
Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01)	+20 tot -20	-40 tot -80	Grond- of oppervlaktewater
Haagbeuken- en essenbos (N14.03)	-25 tot > -40	> -80	-

¹ Oppervlaktewater kan deze functie overnemen, vergelijkbaar met de vroegere praktijk van bevoeiing. Daarbij is met name de kwaliteit van het achterblijvende slib van belang, laat onderzoek zien en in mindere mate de kwaliteit van het water zelf als ten tijde van de inundatie sprake is van waterstanden aan of net onder maaiveld.

De beheertypes Dynamisch moeras (N05.04) en Rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01) zijn het meest kritisch ten aanzien van de GVG. Voor het beheertype Gemaaid rietland (N05.02) zijn geen referentiewaarden bekend, maar vermoedelijk zijn deze vergelijkbaar met die voor N05.04. In Figuur 4-2 is te zien dat Rivier- en beekbegeleidend bos met name voorzien is ter plaatse van de voormalige vuilstort Boonhil langs de Vierhoevense Watergang. Het maaiveld ligt hier een stuk hoger dan de omgeving en als gevolg zijn de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld hier veel lager. De grondwaterstanden op deze locatie voldoen niet aan de in Tabel 4-1 genoemde referentiewaarden, waardoor dit beheertype hier niet op zijn plaats lijkt. Dit deel is niet gekarteerd, daarom is onbekend welk vegetatietype hier nu voorkomt. Een beheertype van drogere standplaatsen zoals Dennen-, eiken en beukenbos (N15.02) of Droog bos met productie (N16.03) lijkt hier meer op zijn plaats. Het aangewezen deel met ambitietype Rivier- en beekbegeleidend bos ten zuidoosten van de vuilstort aan de andere kant van de Vierhoevense Watergang ligt wel laag op de oeverlanden en heeft hier daardoor wel geschikte grondwaterstanden. Vanwege de invloed van het oppervlaktewater is deze standplaats voldoende aangereikt en is dit de ontwikkeling tot dit ambitietype hier eventueel mogelijk.



Figuur 4-2: Ambitiekaart natuurtypen van het Natuurnetwerk Brabant binnen het onderzoeksgebied (provincie Noord-Brabant 2020).

De beheertypes Gemaaid rietland en Dynamisch moeras zijn voorzien in de oevers van de krekens en bij de Roode Weel. Bij de Roode Weel is het maaiveld op deze locaties laag en is de oppervlaktewaterstand hoog. Dit zijn gezien de benodigde hoge grondwaterstanden geschikte standplaatsen voor dit beheertype. De andere locaties waar deze beheertypen op de ambitiekaart staan zijn gelegen langs de Baak en de Vierhoevensche Watergang. Hier komen ze voornamelijk voor op de (al dan niet) laaggelegen oeverlanden. De invloed van het oppervlaktewater biedt hier voldoende aanrijking, maar de stuwpeilen van het krekensysteem zijn met het tegennatuurlijke stuwregime niet optimaal voor de ontwikkeling van rietmoeras. Het stuwpeil zal hierin leidend zijn voor de kansrijkdom van de ontwikkeling van deze beheertypes. Op de brede rand aangewezen als Gemaaid rietland langs de oostrand van de Baak komt in de huidige situatie grotendeels een Graslandtype van Kropaar en Engels raaigras voor. Dit droge graslandtype toont aan dat de standplaatscondities hier in de huidige situatie te droog zijn voor de ontwikkeling van Gemaaid rietland. Dit is wordt ook bevestigd door de deels hoge maaiveldligging aldaar.

Vochtig hooiland (N10.02) is ook afhankelijk van relatief grondwaterstanden. Voor een goede ontwikkeling van vegetatietypes die passen bij Vochtig hooiland dient de grondwaterstand in het voorjaar en in de zomer niet te ver uit te zakken. In Figuur 4-2 is te zien dat de ambitie voor Vochtig hooiland is voorzien op de oeverlanden bij de Roode Weel, de Nauwbeek en de Vierhoevensche Watergang. De oeverlanden zijn bij uitstek geschikte locaties voor Vochtig hooiland vanwege de lage maaiveldhoogte en daarmee samenhangende hoge grondwaterstanden en de mogelijkheid tot aanrijking vanuit het oppervlaktewater. Bij de Roode Weel is de aangewezen locatie voor deze Vochtige hooilanden vrij laaggelegen, wat in combinatie met het hoge jaarronde stuwpeil van de Roode Weel zal resulteren in geschikte grondwaterstanden en voeding uit het oppervlaktewater. Hier is de ontwikkeling van Vochtig hooiland vermoedelijk goed mogelijk. Op de aangewezen locaties langs de Nauwbeek en de Vierhoevensche Watergang is de voeding uit het oppervlaktewater ook goed mogelijk, alleen zijn de grondwaterstanden mogelijk te laag. Dit hangt samen met de stuwpeilen van het krekensysteem, met een hoog zomerpeil en een lager winterpeil. Tabel 4-1 laat zien dat juist aan het eind van de winter (GVG) de grondwaterstanden het hoogst moeten zijn. De gehanteerde stuwpeilen vormen hier dus mogelijk een belemmering voor de ontwikkeling van Vochtig hooiland op de oeverlanden.

Kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) en Haagbeuken- en essenbos zijn niet afhankelijk van hoge grondwaterstanden en komen met name voor op de hogere delen waar het grondwater dieper zit. Dit zijn geschikte standplaatsen voor deze types.

5 Relatie met het hydrologisch model

In de voorgaande hoofdstukken van dit rapport is een beschouwing gegeven van de werking van het hydrologisch systeem gebaseerd op meetgegevens, kaarten en systeemkennis. Soms ontbreekt het ook aan kennis en dan kan een geohydrologisch model helpen om deze gaten op te vullen. Van West-Brabant is er een geohydrologisch model beschikbaar gebaseerd op het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV 2019). De vraag is of het model het hydrologisch systeem van het natuurgebied voldoende (in detail) beschrijft. Deze paragraaf gaat daar nader op in.

5.1 Beschikbare metingen

Het model is gevalideerd met de ijkset van het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV 2019). Deze dataset is opgebouwd uit metingen van Dinoloket aangevuld met metingen van Brabantse Delta. De dataset is gecontroleerd op betrouwbaarheid, ook met tijdreeksanalyse. De verificatie is uitgevoerd voor de gemiddelde situatie in 2009 tot en met 2016, een periode met een redelijk gemiddelde grondwateraanvulling zonder grote uitschieters. Binnen deze periode moeten voldoende metingen per meetpunt beschikbaar zijn. De voorwaarden zijn:

1. Alleen volledige jaren, dat wil zeggen jaren met minimaal 6 maanden met minstens 1 meting.
2. Minstens één volledig jaar in de periode 2009 t/m 2016.
3. Peilbuisfilters die op basis van de filterstelling kunnen worden toegekend aan het lagenmodel.

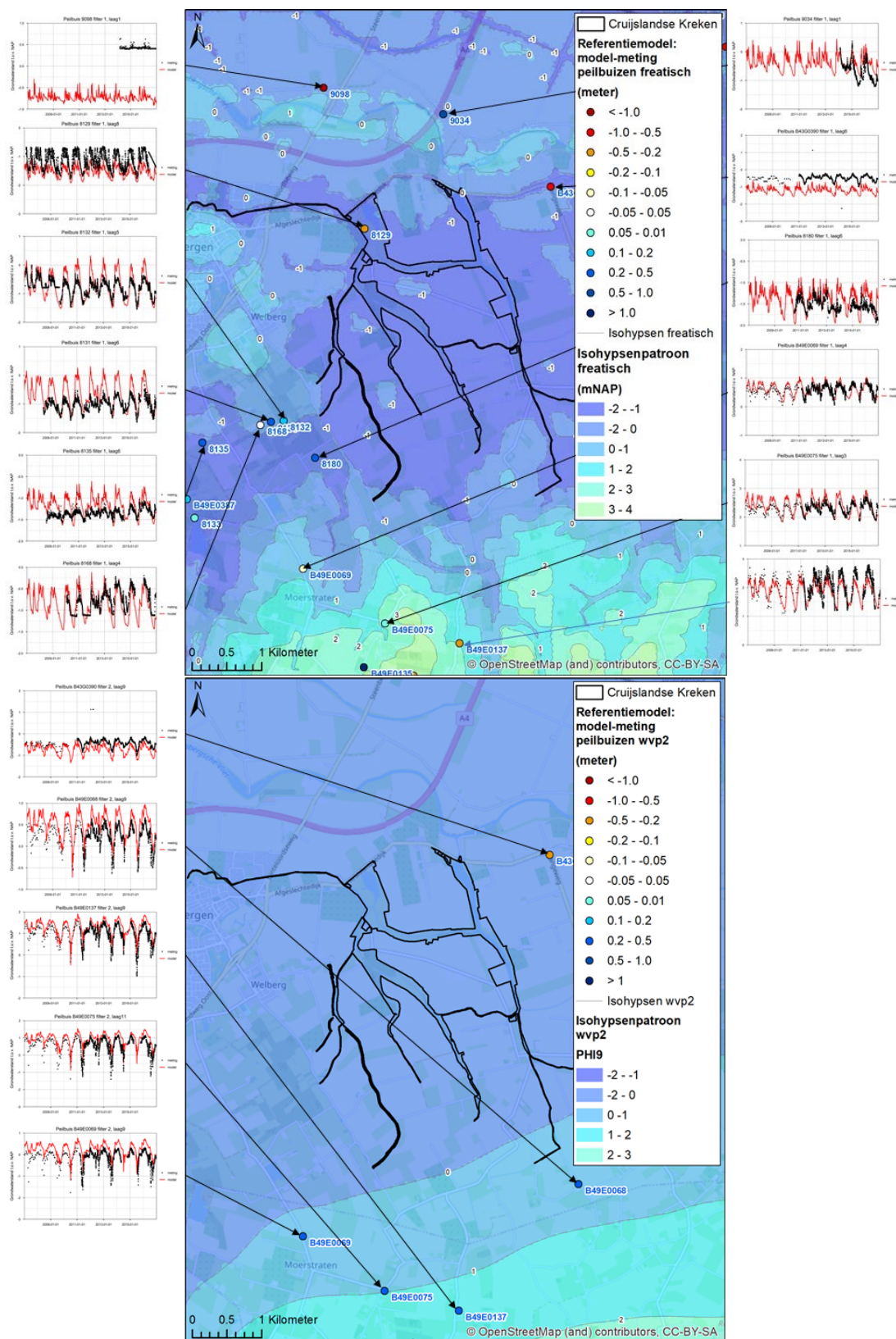
Er zijn weinig peilbuizen aanwezig in de Cruislandse Kreken. Van de aanwezige peilbuizen is er 1 opgenomen in de ijkset die de grondwaterstand meet binnen het onderzoeksgebied (Figuur 5-1), de overige peilbuizen voldoen niet aan de eisen. Deze peilbuis ligt in het freatische pakket. Onder de Waalre klei zitten geen peilbuizen in de ijkset. In de omgeving liggen wel een aantal peilbuizen die grondwaterstand en stijghoogte meten, deze geven ook inzicht in de prestatie van het model.

5.2 Grondwaterstand en Stijghoogte

In de voorgaande paragrafen is naar voren gekomen dat de Cruislandse Kreken een kwelgebied is. In de isohypsen van boven de Waalre klei is te zien dat de grondwaterstanden rondom de kreken hoger zijn en ook tussen de Kreken is opbolling te zien. Ter hoogte van de kreken ligt de grondwaterstand tussen 1 en 2 meter onder NAP, de gemodelleerde stijghoogte ligt tussen 0 en 1 meter onder NAP. Het grondwatermodel onderbouwt daarmee de eerdere observaties.

Interessant is de modelprestatie van peilbuis 8129. Deze peilbuis ligt naast de Roode Weel. Het model is hier te droog. De grondwaterstanden zakken op hetzelfde niveau uit, echter in de winter stijgt de grondwaterstand in de metingen meer dan in het model. Dit duidt erop dat de holocene deklaag te weinig weerstand heeft of dat de waterlopen in het model te makkelijk kunnen draineren. Hetzelfde patroon is te zien bij peilbuis B43G0390 ten oosten van de Baak.

Peilbuis B49E1461 zit niet in de ijkset van het Brabantmodel maar meet wel de stijghoogte onder de Waalre klei. Volgens het model is de stijghoogte hier gemiddeld 0,5 meter onder NAP. De meetreeks zit hier de hele meetperiode onder. Dit kan deels verklaard worden door het effect van de droge jaren 2018 en 2019, de meetreeks meet immers enkel in de zomer van 2020. Naar verwachting is de stijghoogte in werkelijkheid lager dan nu gemodelleerd wordt.

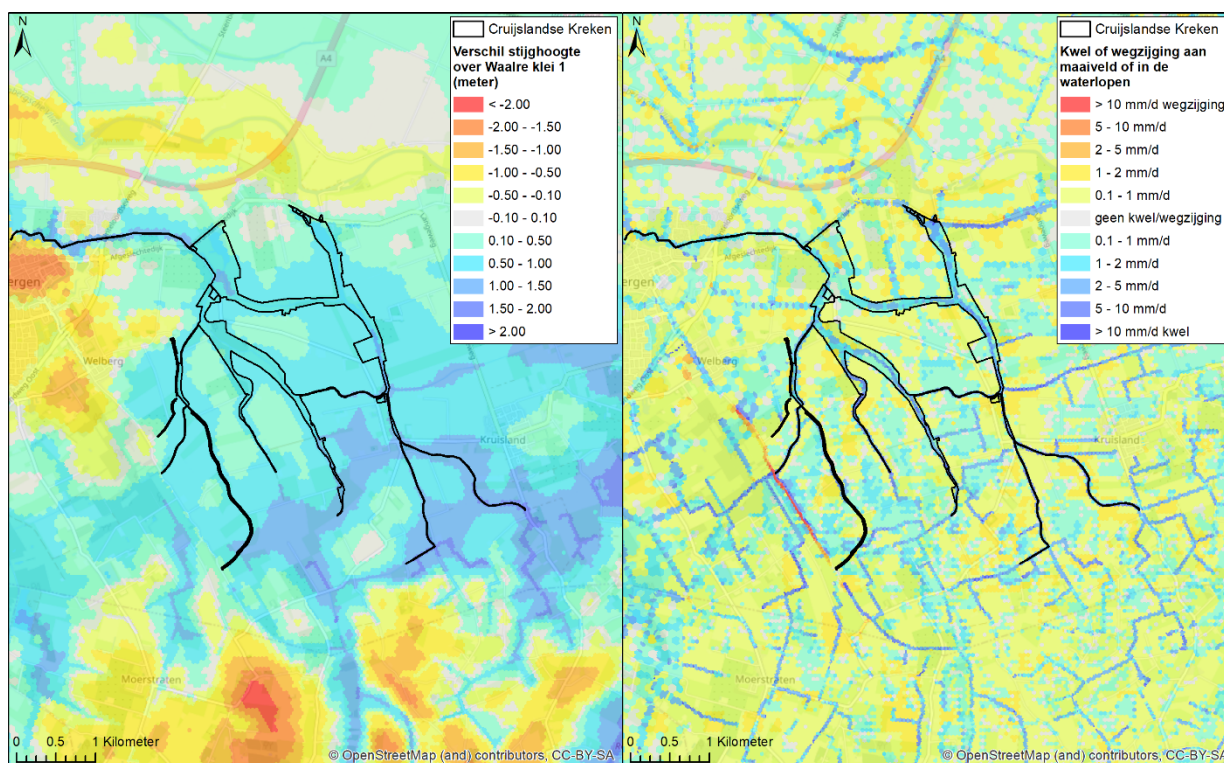


Figuur 5-1: Isohysepatroon in het eerste watervoerende pakket (boven) en tweede watervoerende pakket. De punten tonen de locaties van de peilbuizen waarmee het model is geverifieerd. De kleur van het punt geeft aan hoeveel het model verschilt met de peilbuizen in meters. De grafieken naast de kaart tonen de verschillen tussen model en meting voor de peilbuizen in het watervoerende pakket, de rode lijn zijn gemodelleerde grondwaterstanden en de zwarte punten zijn de gemeten grondwaterstanden.

5.3 Kwel en wegzijging

Het onderzoeksgebied Cruislandse Kreen is een kwelgebied. Dit beeld wordt bevestigd door het grondwatermodel (Figuur 5-2, links). De kwelflux over de Waalre klei is het hoogst in de zuidelijke takken van het natuurgebied. Zoals al is gebleken uit de peilbuismetingen is de stijghoogte in de Waalre klei te hoog in het grondwatermodel, de flux over de Waalre klei is dus kleiner dan nu berekend wordt. Het patroon van sterke kwel in het zuiden en minder sterke kwel in het noorden lijkt te kloppen (Witteveen+Bos 2018).

Figuur 5-2, rechts, toont de gemodelleerde kwel of wegzijging aan maaiveld of in de waterlopen. Het oppervlaktewatersysteem komt duidelijk naar voren in dit figuur, hier is zeer sterke kwel aanwezig. Tussen de waterlopen is meestal wegzijging berekend, maar opvallend is dat er ook kwel aan maaiveld wordt berekend op deze tussengelegen (landbouw)percelen. Dit komt vooral voor waar het stijghoogteverschil over de Waalre klei groot is en in het lagere delen van het gebied. Door de overschatting van de stijghoogte in de Waalre klei wordt echter ook de getoonde kwel aan maaiveld en in de waterlopen overschat.



Figuur 5-2 Links: Verskil tussen stijghoogte onder de Waalre klei 1 en de freatische grondwaterstand. Blauwe kleuren betekenen opwaartse stroming (kwel), gele en rode kleuren betekenen neerwaartse stroming (wegzijging) over deze kleilaag. Rechts: Kwel of wegzijging aan maaiveld of in de waterlopen. Blauwe kleuren geven kwel aan en geel/rode kleuren wegzijging.

5.4 Aanbevelingen voor het grondwatermodel

Op basis van de hiervoor gepresenteerde bevindingen de belangrijkste aandachtspunten voor het hydrologische systeem van Cruislandse Kreeken op een rij:

- Belangrijk in relatie tot de nieuwe winning Kruisland is de kwelflux over de Waalre klei. De stijghoogte wordt gemeten in het kader van het meetnet voor de nieuwe winning. Uit de eerste resultaten komt naar voren dat de gemodelleerde stijghoogte te hoog is. Dit geeft voldoende inzicht om de bodemopbouw en dan voornamelijk de weerstand en dikte van de Waalre klei te evalueren.
- Het model heeft te weinig dynamiek net onder de Holocene deklaag in vergelijking met de metingen. Dit komt hoogstwaarschijnlijk door een te lage weerstand van de Holocene deklaag of een te lage drainageweerstand van de waterlopen. Ook dit kan extra gekalibreerd worden.

Referenties

- AHN. 2021. Algemeen Hoogtebestand Nederland. Online beschikbaar: <http://www.ahn.nl/pagina/apps-en-tools/viewer.html>; Laatste bezocht February 6, 2020.
- Alterra. 2021. Landelijke Vegetatiedatabank. *Landelijke Vegetatie Databank*. Online beschikbaar: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/googlemapslvddata.aspx?meta=info>.
- Bal, D. 2001. *Handboek natuurdoeltypen*. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- BHIC. 2021. Brabants Historisch Informatie Centrum, Kaarten en tekeningen. Online beschikbaar: <http://www.bhic.nl/onderzoeken/kaarten>.
- BIJ12. 2021. Index Natuur en Landschap. Online beschikbaar: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/>.
- Bles, B., & B. Steeghs. 1974. *Ruilverkavelingsgebied Kruisland - Wouw: de bodemgesteldheid delen 1 en 2*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Deurloo, T. J. C., & J. van Heemskerck. 2017. *Kruislandse Kreken, fase 2 - Modelstudie*. Waterschap Brabantse Delta, Breda.
- Ebbens, O. 2021. *Natte Natuurparel Krekensysteem de Beek/Roode Weel concept*. Artesia Water research Unlimited, Schoonhoven.
- Ertsen, A., P. de Louw, & J. Buma. 2005. *OGOR natuur in Brabant - Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Hydronet. 2021. *HydroNET Portal*. Online beschikbaar: <https://portal.hydronet.com/login.aspx>; Laatste bezocht April 29, 2021.
- Kadaster. 2021. TopoTijdreis. Online beschikbaar: <http://topotijdreis.nl/>.
- Leenders, K. 2013. *Verdwenen venen. Een onderzoek naar de ligging en exploitatie van thans verdwenen venen in het gebied tussen Antwerpen, Turhout, Geertruidenberg en Willemstad 1250-1750*. Picture Publishers, Woudrichem.
- Leenders, K. A. H. W. 2000. De verscheidenheid van het landschap van Westelijk Noord-Brabant. P. 27–49 in *Jaarboek De Ghulden Roos 60*, Online beschikbaar: <http://users.bart.nl/~leenders/txt/landsch1.html>.
- Nationaal Archief. 2021. Nationaal Archief, Militaire en topografische kaarten. Online beschikbaar: <https://www.nationaalarchief.nl/onderzoeken/kaarten/militaire-en-topografische-kaarten>.
- NDFF. 2021. Nationale Databank Flora en Fauna. Online beschikbaar: <https://ndff-ecogrid.nl/>.
- Provincie Noord-Brabant. 2020. *Natuurbeheerplan Noord-Brabant - Algemene tekst en kaarten*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- Provincie Noord-Brabant. 2021. Stortplaatsen op kaart. Online beschikbaar: <https://www.brabant.nl/onderwerpen/milieu/bodem-en-stortplaatsen/stortplaatsen/stortplaatsen-op-kaart>.
- Renes, J. 1984a. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant delen 1 & 2*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Renes, J. 1984b. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant delen 3 & 4*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Royal HaskoningDHV. 2019. *Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant*. Royal HaskoningDHV.
- van de Sande, G. 2019. *Beheerplan Oudland en Cruislandse Kreken 2019 - 2028*. Brabants Landschap.
- Staro. 2010. *Visie Cruislandse Kreken*. Staro en Waterschap Brabantse Delta, Gemert.
- TNO. 2021. Dinoloket Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond. Online beschikbaar: <https://www.dinoloket.nl/>; Laatste bezocht June 9, 2021.
- TNO. 2003. *Lithostratigrafische nomenclator ondiepe ondergrond*. TNO, Utrecht. Online beschikbaar: <https://www.dinoloket.nl/nomenclator-ondiep>; Laatste bezocht July 26, 2017.
- Waterschap Brabantse Delta. 2018. Factsheet KRW: NL25_48 Kruislandse kreken - tussentijdse versie. Online beschikbaar: https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/WKP.WebApplication/General/DownloadFile?path=CustomReports/December2018Publiek/Oppervlaktewater/factsheet_OW_25_Waterschap_Brabantse_Delta_2018-10-16-02-40-23.pdf.
- Waterschap Brabantse Delta. 2019. *Peilbesluit Steenberg - Brabantse Wal*. Online beschikbaar: <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR285600>.
- Waterschap Brabantse Delta. 2021. Vastgestelde Legger Oppervlaktewater. Online beschikbaar: <https://www.brabantsedelta.nl/legger>.

van Wirdum, G. 1990. Vegetation and Hydrology of Floating Rich-Fens. Universiteit van Amsterdam.
Witteveen+Bos. 2018. *Cruislandse Kreen - Watersysteemanalyse*. Witteveen+Bos, Deventer. Online
beschikbaar:
[https://brabantsedelta.overheidsbestanden.nl/Watersysteemanalyse%20Cruislandse%20Kreen.
pdf](https://brabantsedelta.overheidsbestanden.nl/Watersysteemanalyse%20Cruislandse%20Kreen.pdf).

Bijlage 1 – Vegetatiekartering SNL (van de Sande 2019)



BIJLAGE 3b: VEGETATIEKAART CRUIJSLANDSE KREKEN

Vegetatietypen Cruislandse Kreen

- a- Bouwland
- w - Open water

Watertypen

- W01 - Watervegetatie met Eendenkroos
- W02 - Watervegetatie met Witte waterlelie
- W03 - Watervegetatie met Grote waterweegbree

Graslandtypen

- G04 - Graslandtype van Gestreepte witbol en Kruijpende boterbloem
- G05 - Graslandtype van Grote vossenstaart en Gestreepte witbol
- G06 - Graslandtype van Pitrus en Grote Vossenstaart
- G07 - Graslandtype van Kropaar en Engels raaigras
- G08 - Graslandtype van Grote Vossenstaart en Glanshaver
- G08a - Graslandtype van Grote Vossenstaart en Glanshaver, vorm met Kamgras
- G08b - Graslandtype van Grote Vossenstaart en Glanshaver, vorm met Rietgras
- G09 - Graslandtype van Fioringras

Moerastypen

- M03 - Moerastype van Riet en Oeverzegge
- M03a - Moerastype van Riet en Oeverzegge, vorm met Mattenbies
- M04 - Moerastype van Riet
- M04a - Moerastype van Riet, vorm met Reuzenberenklauw

Ruigttypen

- R02 - Ruigttype van Grote brandnetel

Struweeltypen

- S02 - Struweeltype van Schietwilg
- S06 - Struweeltype van Eenstijlige meidoorn en Sleedoorn

Bostypen

- B01 - Bostype van Schietwilg
- B02 - Bostype van Schietwilg en Gewone es
- B03 - Bostype van Schietwilg en Zwarte els
- B05 - Bostype van populier en Fluitenkruid

Vegetatietypen Graaf Hendrikputten (inzet)

- w - Open water

Moerastypen

- M01 - Moerastype van Wolfspoot
- M02a - Moerastype van Riet en Grote lisdodde, vorm met Riet
- M02b - Moerastype van Riet en Grote lisdodde, vorm met Grote lisdodde

Struweeltypen

- S02 - Struweeltype van Schietwilg

Bostypen

- B01 - Bostype van Schietwilg
- B02 - Bostype van Schietwilg en Gewone es
- B07b - Bostype van Eenstijlige meidoorn, Sleedoorn en Hazelaar, vorm met Schietwilg

