Docnr72

RAPPORT

Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant

Oudland

Klant: Brabant Water N.V.

Referentie: BG6186-WM-RP-220726-1447WM

Status: Definitief/0002

Datum: 25 november 2022

brabant Water
bewust. natuurlijk.

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Systeemanalyse natuurgebieden West-Brabant
Ondertitel:	Oudland
Referentie:	BG6186-WM-RP-220726-1447WM
Status:	0002/Definitief
Datum:	25 november 2022
Projectnaam:	
Projectnummer:	BG6186
Auteur(s):	5.1.2.e
Opgesteld door:	5.1.2.e
Gecontroleerd door:	5.1.2.e
Datum:	25-11-2022
Goedgekeurd door:	5.1.2.e
Datum:	25 november 2022
Laatste wijziging	25 november 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.

Royal HaskoningDHV

brabant Water bewust. natuurlijk.

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: Oudland 3
2.2 Opzet van het onderzoek 3

3 Onderdelen van het systeem 6
3.1 Ontstaansgeschiedenis 6
3.2 Hoogteligging 9
3.3 Geologie en bodemopbouw 10
3.4 Hydrologie 14
3.4.1 Oppervlaktewater 14
3.4.2 Grondwater 17
3.5 Vegetatie 22

4 Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren 24
4.1 Samenvatting van de bouwstenen 24
4.2 Ecohydrologische interpretatie 25
4.3 Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling 26

5 Relatie met het hydrologisch model 28
5.1 Beschikbare metingen 28
5.2 Grondwaterstand en stijghoogte 28
5.3 Kwel en wegzijging 30
5.4 Effect van maatregelen en tijdreeksanalyse 31
5.5 Aanbevelingen voor het grondwatermodel 32

Referenties 33

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 Spuitendonks bosje).
5. Rozenven.
6. Gastels Laag.
7. Cruijslandse Kreken.

Voor elk van deze gebieden wordt een ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd. In dit rapport is die voor Oudland gevat. Naast onderdeel van Natuurnetwerk Brabant, is Oudland óók een zogenoemde Natte Natuurparel. Het gebied is 162 hectare groot en eigendom van Stichting het Noord-Brabants Landschap (hierna: Brabants Landschap) en Staatsbosbeheer.

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 Oudland 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.

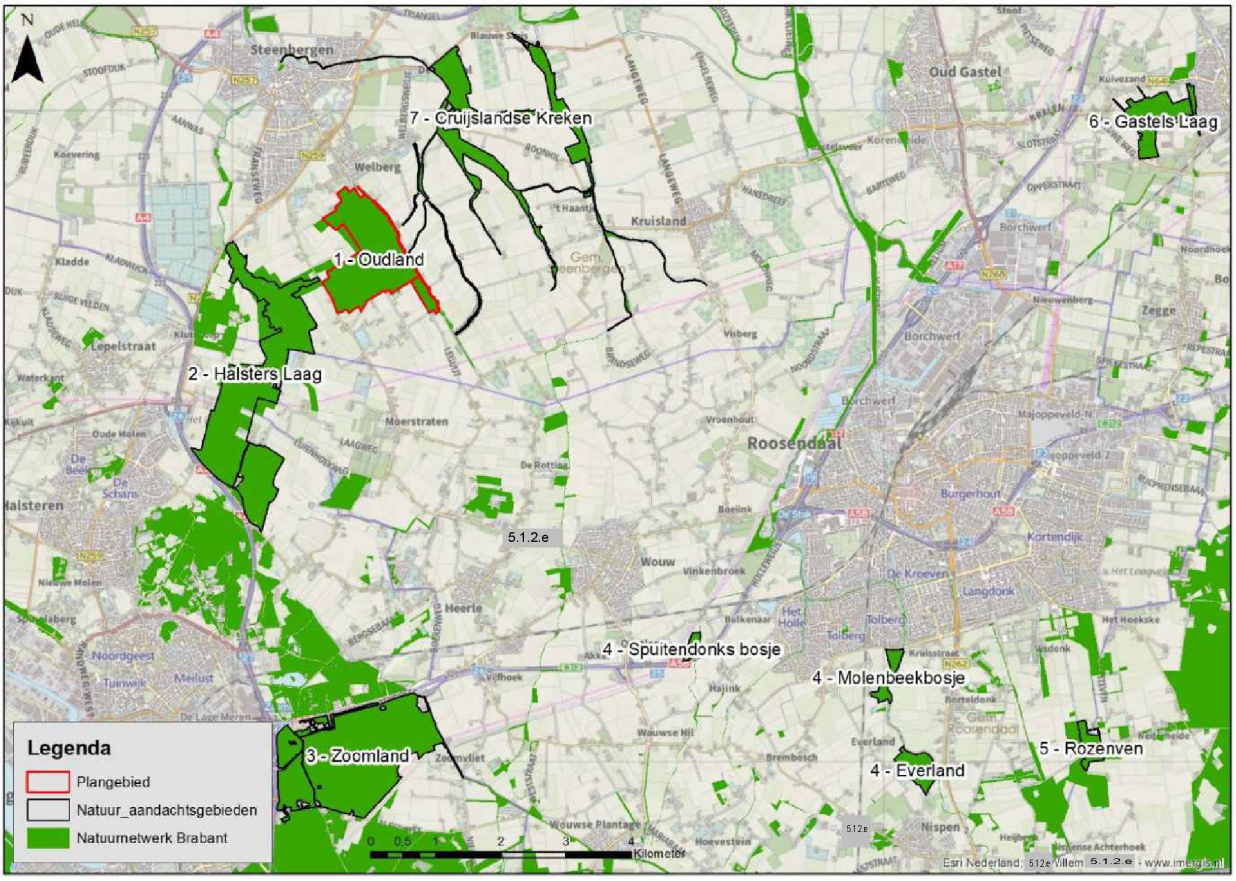
Deze rapportage gaat niet in op:

- 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: vermesting 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

Onderstaand wordt eerst 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.



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

2 Onderzoeksgebied en opzet van het onderzoek

2.1 Onderzoeksgebied: Oudland

Het onderzoeksgebied -voor deze rapportage Oudland- bevindt zich ten noordoosten van Bergen op Zoom en ten zuiden 5.1.2.e (figuur 2-1). Oudland ligt geheel binnen provincie Noord-Brabant, meer specifiek binnen gemeente Steenbergen. De Boomvaart of Wouwse beek vormt de oostelijke begrenzing, de (uiterst) westelijke grens is de Moerstraatweg. De Krabbenweg vormt de zuidelijke begrenzing, de noordelijk grens volgt globaal de Hoogstraat. Oudland ligt op de Naad van Brabant, waar pleistoceen zand overgaat in zeekleigebied. Figuur 2-2 geeft de belangrijkste toponiemen die in deze rapportage worden gebruikt.

2.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek richt zich primair op het inzichtelijk maken van het ecohydrologisch functioneren van Oudland. Om sleutelprocessen inzichtelijk te maken is een systeemanalyse uitgevoerd. Voorgaande 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. Dat volgt in hoofdstuk 4. Uiteraard zijn wel eenvoudige veldmetingen verricht, die doorgaans veel zeggingskracht hebben. Daarnaast is gebruik gemaakt van de gebiedskennis van de auteurs en collega's, aangevuld met de gebiedskennis van Brabants Landschap[1].

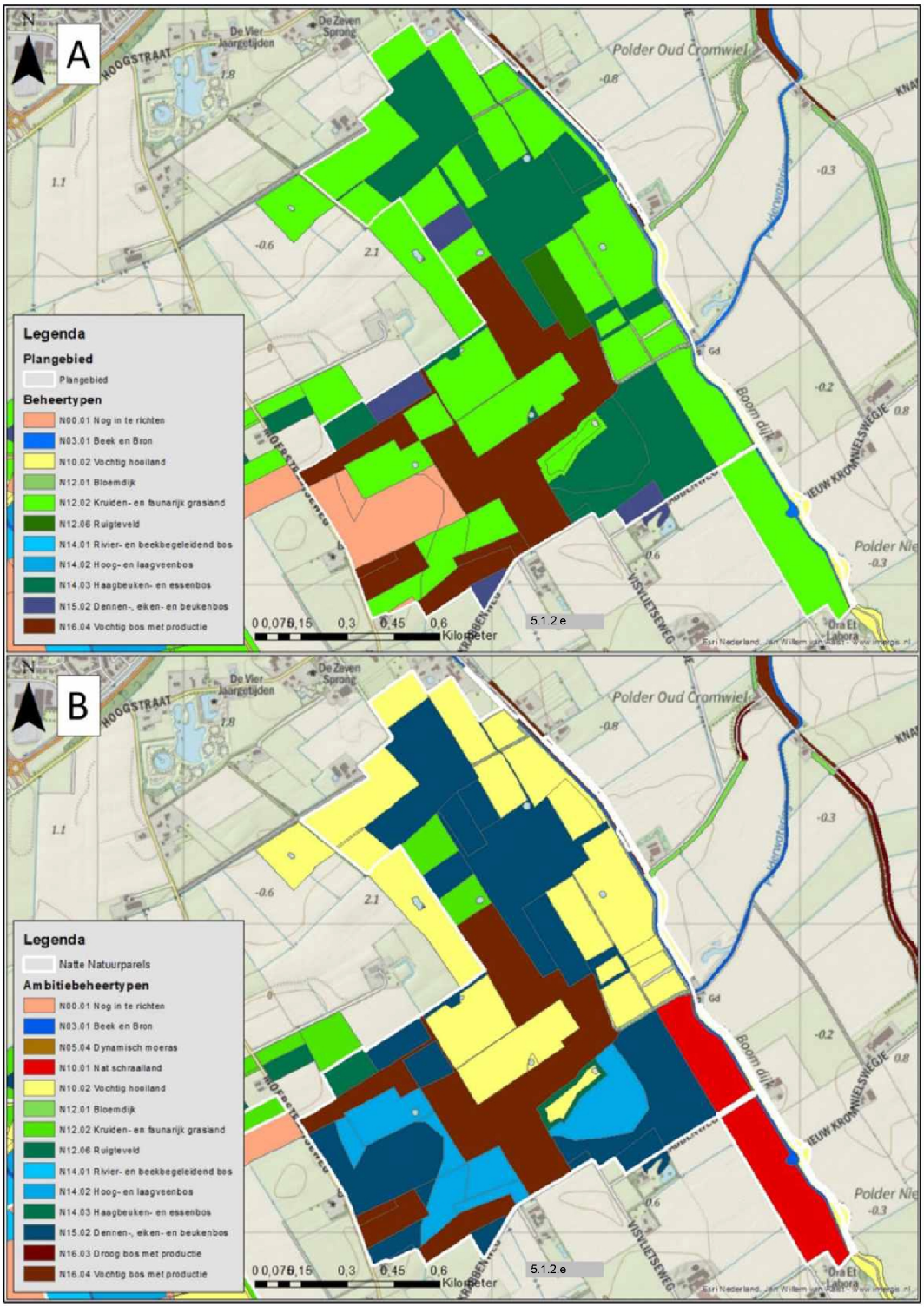
Een grondige review van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens vormt dan ook de basis voor voorliggende rapportage. De aandacht bij de informatieverzameling spitste zich met name toe op het verzamelen van gegevens met betrekking tot de voor een systeemanalyse gebruikelijke onderdelen:

- Geomorfologie, geologische opbouw, hoogteligging en bodem (eg. 5.1.2.e; 5.1.2.e en 5.1.2.e; Bles en Steeghs 1974; 5.1.2.e 1984a; TNO 2003; Delissen 2012; van de Sande 2019; AHN 2021; Dinoloket 2021; Lizard 2021).
- Bestaande hydrologische informatie (eg. Bles en Steeghs 1974; 5.1.2.e 2019; Grondwatertools 2020; Waterschap Brabantse 5.1.2.e).
- Actuele eco(hydro)logische conditie (Stuurman et al. 1998; Ertsen et al. 2005; Runhaar et al. 2017; 5.1.2.e 2019; NDFF 2021).
- Historisch geografische informatie en uit (grijze) literatuur beschikbare, relevante onderzoeksresultaten (5.1.2.e) en (historische) kaarten (eg. Nationaal Archief 1841; Anoniem 2020; Kadaster 2021; Lizard 2021).

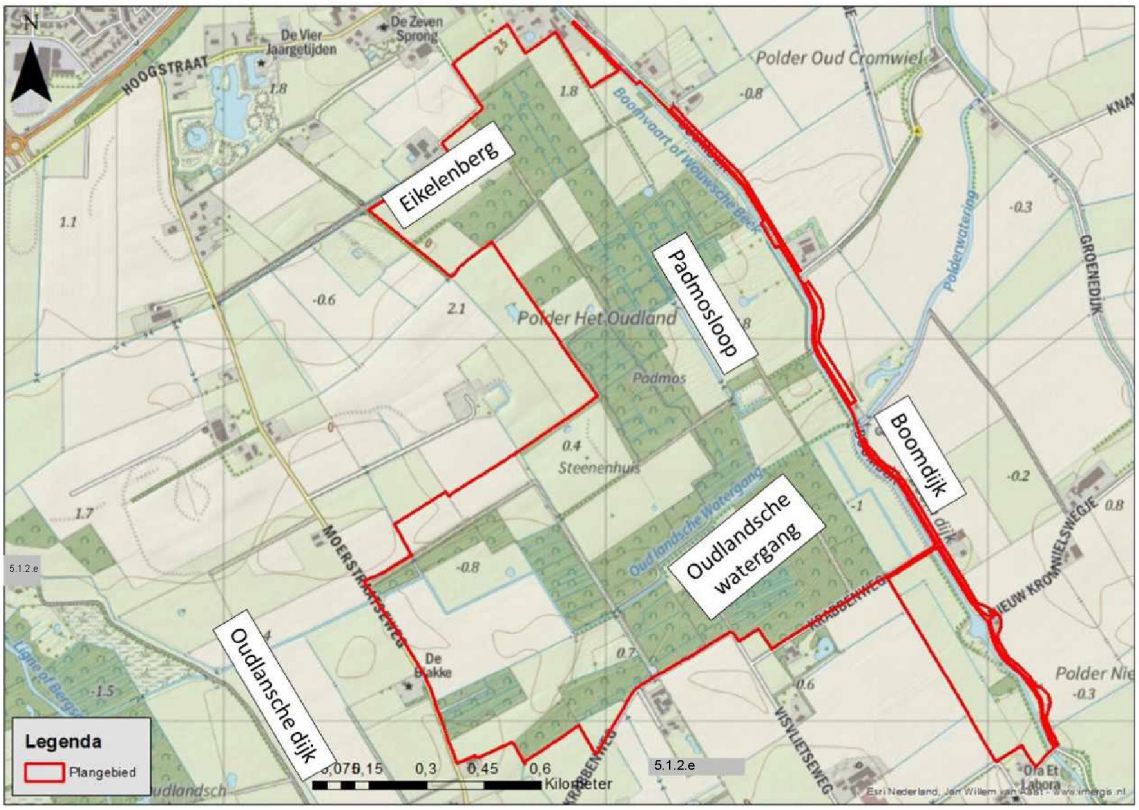
Daarbij valt op dat voor zover het de "grijze" literatuur betreft Oudland niet is platgelopen door de oude meesters, zogezegd. Zo gaf de database van Natuurtijdschriften (2021) geen informatie over Oudland, althans niet het hier relevante gebied[2], en leverde ook het doorzoeken van de archieven van De Levende Natuur, Landschap en H_2O geen onderzoeken of verslagen relevant voor deze rapportage.

[1] Brabants Landschap heeft haar beheerplan voor Oudland geheel belangeloos ter beschikking gesteld aan de auteurs. Waarvoor dank!
[2] De term Oudland komt in de literatuur wel voor, maar dan in referentie naar "oud land": de schorren die nadat ze door natuurlijke aanslibbing boven de hoogwaterlijn kwamen werden bedijkt. Of, zoals hier het geval, zandopduikingen tussen verder natte gebieden. Aanpalende zoektermen leverden geen ander resultaat op.

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.



Figuur 2-1 Geografische ligging van het onderzoeksgebied (Oudland), met de begrenzing van de Natte natuurparel als witte lijn. De gekleurde polygonen geven de op grond van Natuurnetwerk Brabant nagestreefde natuurdoelen (A: actuele beheertypen; B: Nagestreefde ambitietypen) weer (Provincie Noord-Brabant 2020).



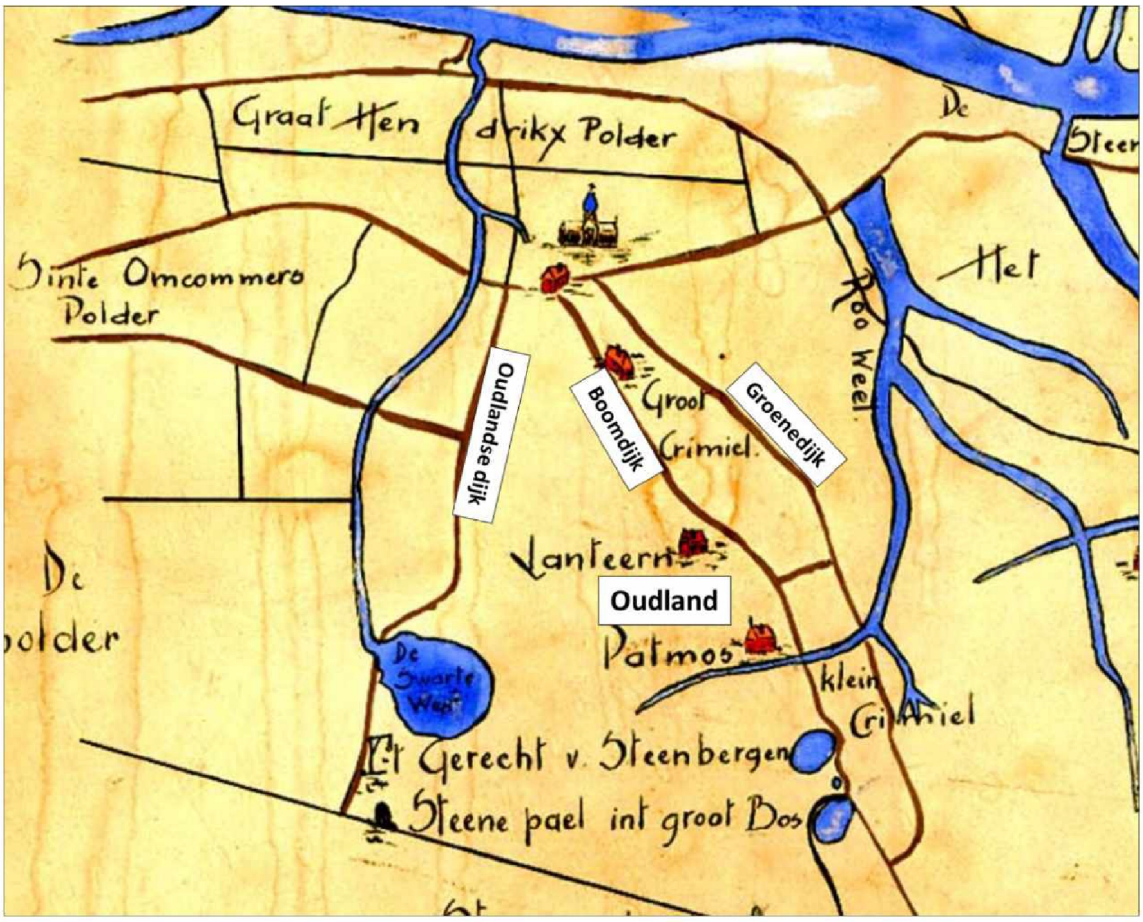
Figuur 2-2: Toponiemen gebruikt in deze rapportage. Rode polygoon: plangebied.

3 Onderdelen van het systeem

Onderstaand worden de aan geologie, bodem, hoogteligging en hydrologie gerelateerde aspecten besproken met betrekking tot Oudland. Gestart wordt echter met een beschrijving van de ontstaansgeschiedenis van Oudland. 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

De omgeving van Oudland is gewonnen van de zee. Tot de dertiende eeuw domineerden de wisselwerking tussen veenmoeras en de zee het uiterste noordwesten van wat nu Noord-Brabant is (Vos et al. 2011). Vanaf de dertiende tot de vijftiende eeuw werd zoals vrijwel overal in Nederland het veen ontgonnen voor gebruik als brandstof en voor winning van zout. Steenbergen heeft zijn bestaan aan deze vorm van gebruik te danken. Nu nog aanwezige waterlopen als Boomvaart dateren uit deze tijd (5.1.2.e). Met de Sint Elizabethsvloed dringt de zee diep het land binnen. In deze tijd vinden de zeekleiafzettingen (zeeklei en zand op veen) hun oorsprong.

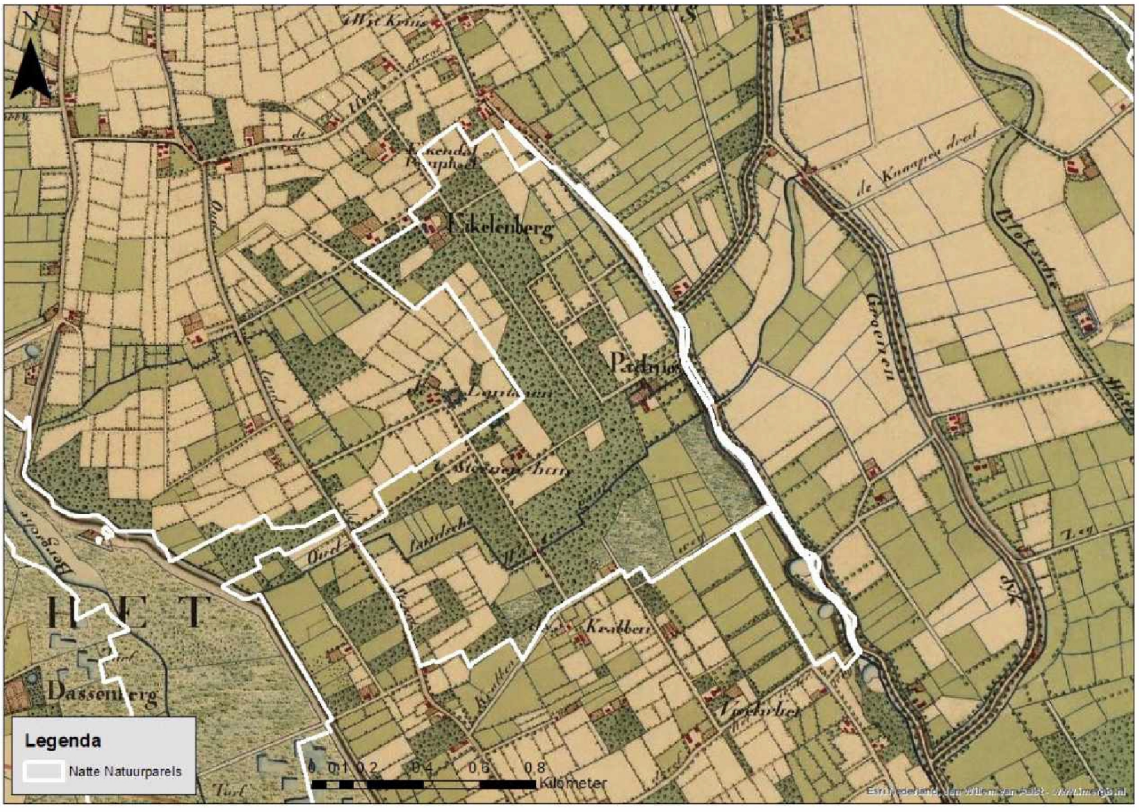


Figuur 3-1: Natte Natuurparel Oudland op de oudste, geografisch juiste kaart van West-Brabant, namelijk die 5.1.2.e *Symonszoon Indervelde uit 1565. De grote polders laten zien dat winning van zout en turf toen al in volle gang was geweest. Aangegeven zijn toponiemen die we vandaag de nog in het veld vinden aldaar (eg. Boomdijk, Groenedijk en Oudlandse dijk).*

In eerste aanleg behoefden de ontginningen geen polders, gezien Oudland en omgeving op zandruggen liggen. Zoveel geeft de naam Oudland ook aan[2]. Wel werden dijken aangelegd om het waardevolle veen te beschermen tegen de kracht van de zee. In de omgeving van Oudland gebeurde dat al vroeg; hier bevinden zich ook de oudste boerderijontginningen (Figuur 3-1) en ook de verkaveling van landgoed Eikelenberg dateert al uit de veertiende eeuw (5.1.2.e 2019).

De Oudlandse watergang vindt zijn oorsprong in de Middeleeuwen. Gegeven dat Oudland relatief laag ligt was de bedreiging door de zee reëel en werd al in 1331 een ringdijk aangelegd waarbinnen een polderpeil werd ingesteld, waarvoor de Oudlandse watergang als lossing diende. De ontginning van het veen ging door tot diep in de negentiende eeuw (5.1.2.e 2019).

De structuren in het landschap veranderen gedurende de periode 1565 – 1837 (de eerste gedetailleerde topografische kaart) niet in betekende mate, wel wordt het detailniveau van de kaart aanmerkelijk beter (Figuur 3-2). Figuur 3-2 laat zien dat heel Oudland in gebruik is, waarvan een groot deel als bosgebied. Overigens: hoewel de oudste bossen -die rond Eikelenberg- uit de veertiende eeuw stammen, zijn de overige bossen van later datum, namelijk van na de Watersnoodramp uit 1953. De bossen wisselen een kleinschalig coulisselandschap af met graslanden en met name in het zuidelijke deel nog enkele nattere, mogelijk beperkt of niet ontgonnen gronden (ter hoogte 5.1.2.e).



Figuur 3-2: Topografische kaart voor Oudland en omgeving verkend in 1837 (Nationaal Archief 1841). Witte lijn geeft de begrenzing van Oudland (centraal) en Halstersche Laag (links).

Eind jaren tachtig van de vorige eeuw is in het gebied een ruilverkaveling uitgevoerd, waarmee het landschap het karakter heeft gekregen zoals we dat nu kennen (Figuur 3-3). De dijken, die al sinds in ieder geval de kaart uit 1565 de indeling van het gebied bepalen zijn behouden gebleven maar de kleinschaligheid van het landschap -buiten de landgoederen- is verdwenen en de ontwatering sterk geïntensiveerd (verbeterd). De natte plekken zijn er niet meer, hier is nu bos aanwezig dat gerabatteerd is (Bles en Steeghs 1974).



Figuur 3-3: Topografische kaart voor Oudland en omgeving voor 2019. Witte lijn geeft de begrenzing van Oudland (centraal) en Halstersche Laag (links).

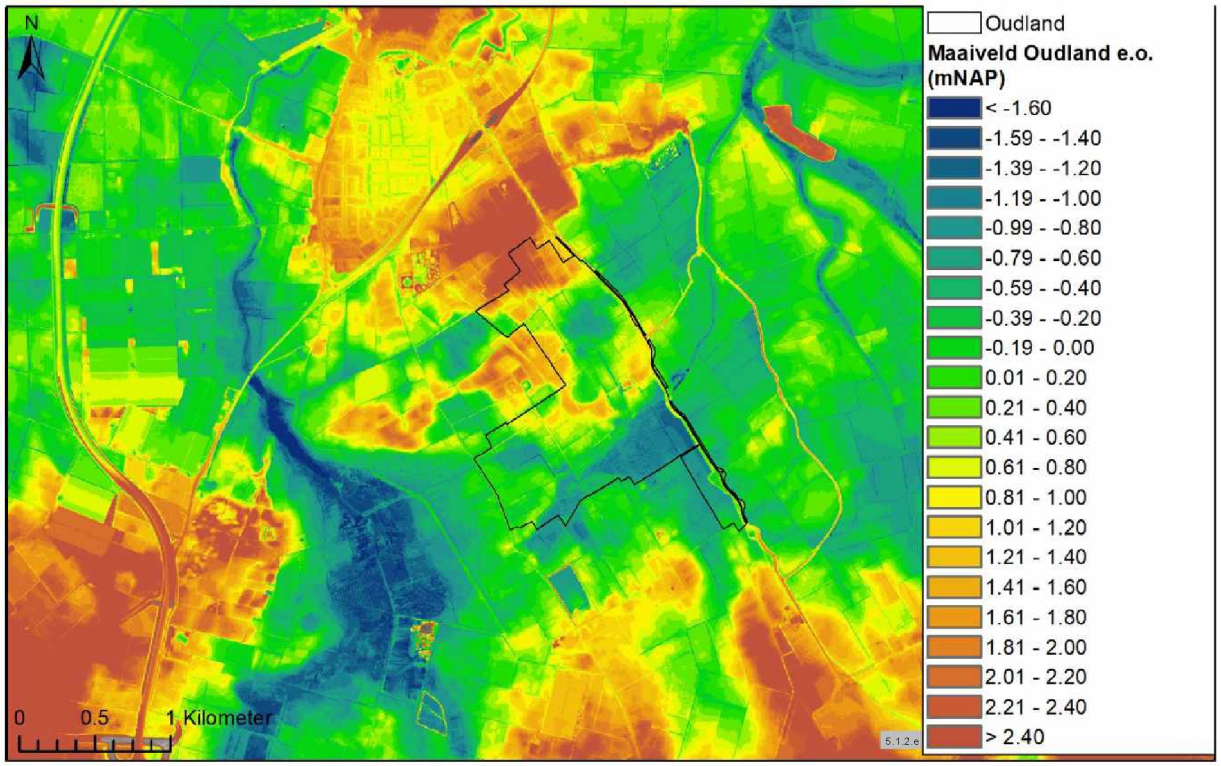
Resumé ontstaansgeschiedenis

- Oudland bevindt zich in een gebied waar de dynamiek tussen veenvorming en de zee bepalend zijn geweest voor de geologische opbouw.
- Het gebied waarin Oudland zich bevindt is al sinds de dertiende eeuw onderhevig aan inpoldering. Van niet veel later dateren de oudste bossen in het gebied.
- Tot de ruilverkaveling Kruisland – Wouw eind vorige eeuw was sprake van een kleinschalig landschap.

3.2 Hoogteligging

Oudland ligt op een uitloper van een zandrug die aan de west-, noord- en oostkant omgeven is door Holocene zeekleiafzettingen. Daarbij valt op dat Oudland relatief laag ligt (Figuur 3-4). De maaiveldhoogte varieert tussen 1,5 meter onder en 3 meter boven NAP. Een dijklichaam begrenst de oostzijde van het natuurgebied (De Boomdijk). Deze dijk heeft een hoogte van 1,2 m boven NAP aan de noordgrens van het gebied en een hoogte van 0,9 meter boven NAP aan de zuidgrens van het gebied.

Het zuidelijk deel van het natuurgebied is het laagst, hier is de maaiveldhoogte meestal lager dan 0 meter NAP. In het noordelijke en noordwestelijke deel liggen een aantal zandruggen met een hoogte van 1 tot 2 meter boven NAP. Van hieruit zijn vanaf de dertiende eeuw de ontginningen gestart en hier zijn ook de landgoederen ontstaan. Deze dekzandruggen zijn tijdens de Watersnoodramp gespaard gebleven, terwijl de lagere delen destijds zijn geïnundeerd. Deze door dekzandruggen omgeven laagte in het centrale deel van het Oudland wordt ontwaterd door de Padmosloop (Figuur 2-2).



Figuur 3-4: Maaiveldhoogte Oudland (zwarte polygoon) in meter + NAP (AHN 2021).

Resumé hoogteligging

- Het maaiveld varieert tussen -1,5 en +3 meter NAP.
- De laagste delen vinden we in het uiterste zuiden van Oudland, terwijl het noordelijk deel zich kenmerkt door stuifduinen die een laagte als het ware insluiten.

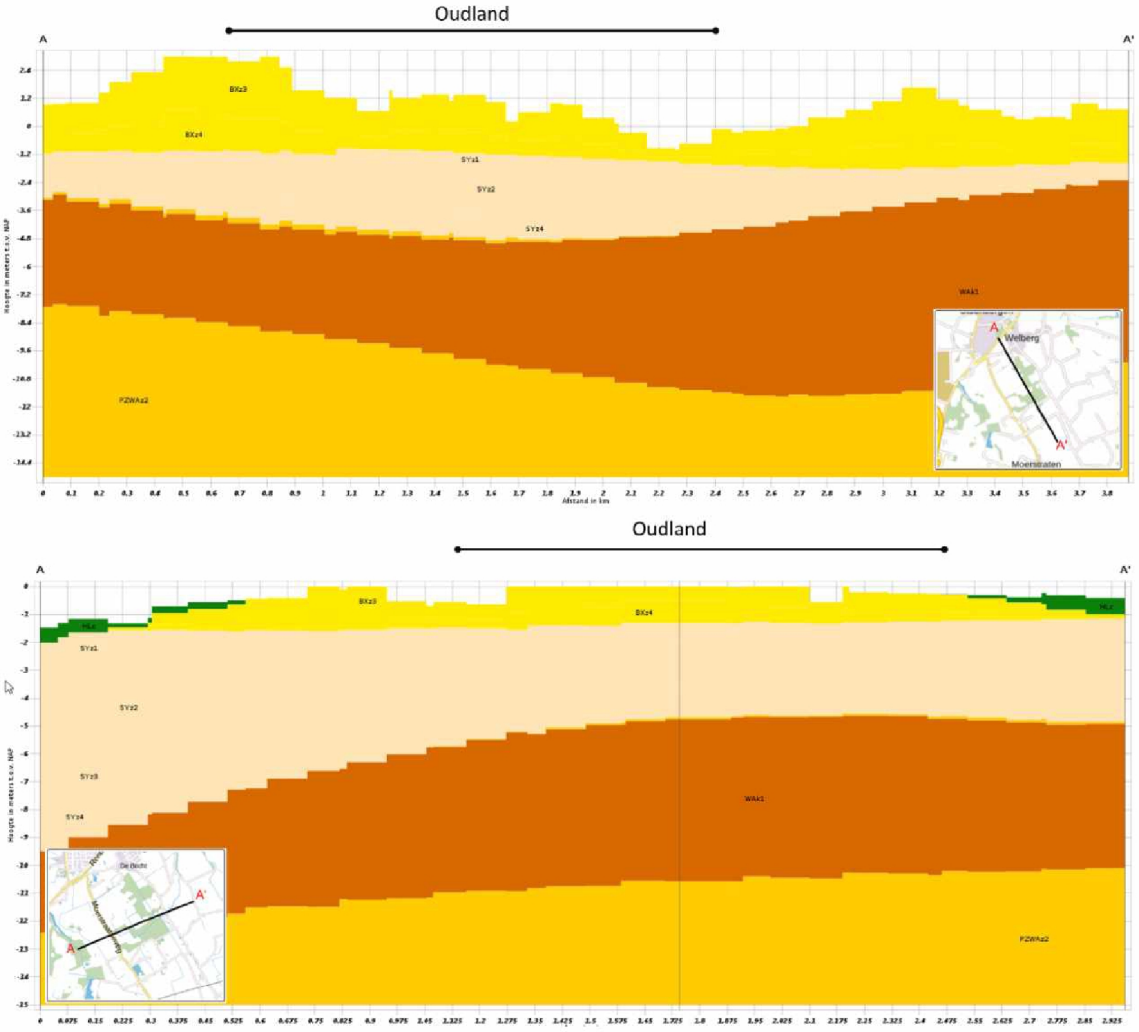
3.3 Geologie en bodemopbouw

Oudland ligt op de overgang van het Brabantse zandgebied naar de zeekleigebieden, op de scheiding tussen hoog en laag zogezegd.

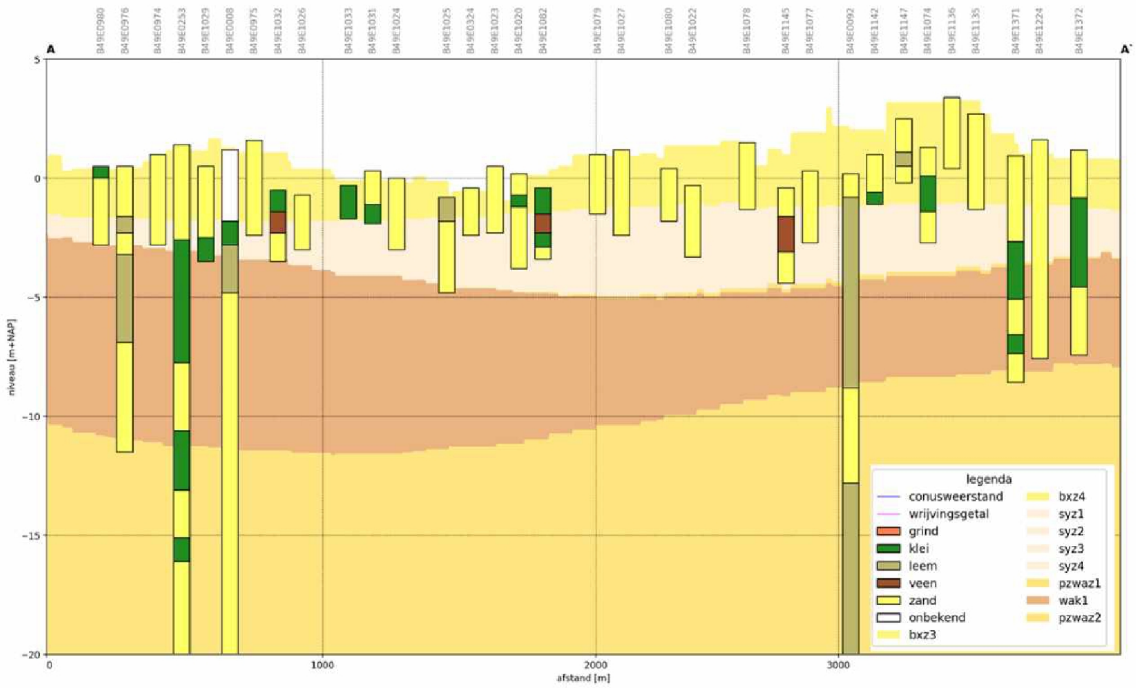
Aan het maaiveld is de overwegend zandige formatie 5.1.2.e afgezet (geel BXz in figuur 3-5). Deze formatie is gevormd ten tijden van de laatste ijstijd, het Weichselien, en typeert zich door eolische afzettingen van fijne zanden (stuifduinen), met lokaal leem of veenlagen (TNO 2003). Daaronder vinden we de 2 tot 5 meter dikke Formatie van Stramproy (roze SYz in 5.1.2.e). Deze formatie is ontstaan in het vroeg-pleistoceen door eolische afzettingen of afzettingen vanuit een riviersysteem uit het zuiden, het huidige Scheldebekken. Deze formatie bestaat vooral uit zandige afzettingen en wordt gekenmerkt door periglaciale kenmerken, dat is vervorming van de bodemstructuur door variatie in dooi en vorst (TNO 2003). Zowel de Formatie van Boxtel als de Formatie van Stramproy zijn in beginsel goed doorlatend, al zijn lokaal wel kleiige en venige laagjes aanwezig (Figuur 3-6). Deze lijken op basis van de beschikbare boringen echter geen aaneengesloten lagen te vormen in het zandpakket.

Daarmee vinden we de eerste dikkere, aaneengesloten voor water moeilijk passeerbare laag in de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Waalre, op circa 3 meter beneden maaiveld (roodbruin Wak in 5.1.2.e). Deze formatie, die ter hoogte van Oudland ongeveer 4 tot 8 meter dik is, bestaat in West-Brabant uit vroeg-pleistocene estuariene afzettingen. Hoewel de Waalre klei (Wak1) vaak getypeerd wordt als een kleipakket is deze formatie in werkelijkheid zeer gelaagd, bestaande uit klei afzettingen met inschakelingen van zand, leem en veen (TNO 2003). Figuur 3-6 illustreert dit. Daarmee is allerminst zeker dat deze weerstand biedende laag overal vergelijkbaar van weerstand is. Lokaal kan de doorlatendheid relatief hoog zijn, waardoor een verbinding ontstaat tussen het freatische en het eerste watervoerende pakket.

Opvallend is dat deze eerste weerstand biedende laag onder Oudland in noord-zuid richting een klein beetje hol is -met het laagste punt ongeveer onder Oudland- maar in oost-west richting een scheefstelling naar het westen heeft (Figuur 3-5). Hierdoor kan over deze laag wat extra grondwater op Oudland toestromen om vervolgens richting het west zijn weg te vervolgen. Gegeven dat het freatisch pakket (boven de weerstand biedende laag) niet heel dik is, betekent dit dat Oudland en zijn omgeving geneigd zijn relatief nat te zijn, zeker in de lage delen. Grondwater dat vanuit omliggende hogere gebieden toestroomt, kan zich in zekere zin wat ophopen en alleen in westelijke richting het gebied verlaten. Het dunne freatisch pakket maakt dan dat relatief weinig water nodig is voor hoge grondwaterstanden. Zeker wanneer water niet door de weerstand biedende laag -voor Oudland is niet zeker dat deze overal “waterdicht” is- weg kan zakken door invloed van overdruk vanuit het eerste watervoerende pakket.



Figuur 3-5: Bodemopbouw voor het onderzoeksgebied zoals weergegeven in Regis II V2.2 (Dinoloket 2021), met enkele toponiemen ter oriëntatie. Onder: West-Oost. Boven: Noord-Zuid.



Figuur 3-6: Boringen zoals beschikbaar in het Dinoloket (Dinoloket 2021) binnen een zone van 100 meter aan weerszijde van de raai Steenbergen - Boswijkdreef. Gezien het reliëf op punten vrij steil is, liggen enkele boringen daardoor boven het aan NAP gerefereerde maaiveld. Deze liggen feitelijk iets verder van de raai.

In de bodemkaart zien we dit terug. De meest gedetailleerde (en meest recente) bodemkaart is gemaakt ten behoeve van de ruilverkaveling Kruisland-Wouw (Figuur 3-7). Daarin vinden we in de lagere, deels afvoerloze lage delen veenafzetting (blauwe kleuren kWp in 5.1.2.e). Het zijn moerpodzolgronden, afgedekt met een 15 tot 40 centimeter dik kleilaagje, op zand. Deze gronden zijn typisch voor afvoerloze laagtes. De moerige bovengrond vertoont gliedeachtige verschijnselen: deze is door inspoeling aangerijkt met humus waardoor een slecht doorlatende laag is ontstaan. Door een gliedelaag kan het regenwater slechts langzaam infiltreren in de ondergrond; het is in zekere zin een dunne, aaneengesloten weerstand biedende laag. Dit biedt ontstaansgelegenheid aan de moerige (venige) bovengrond.

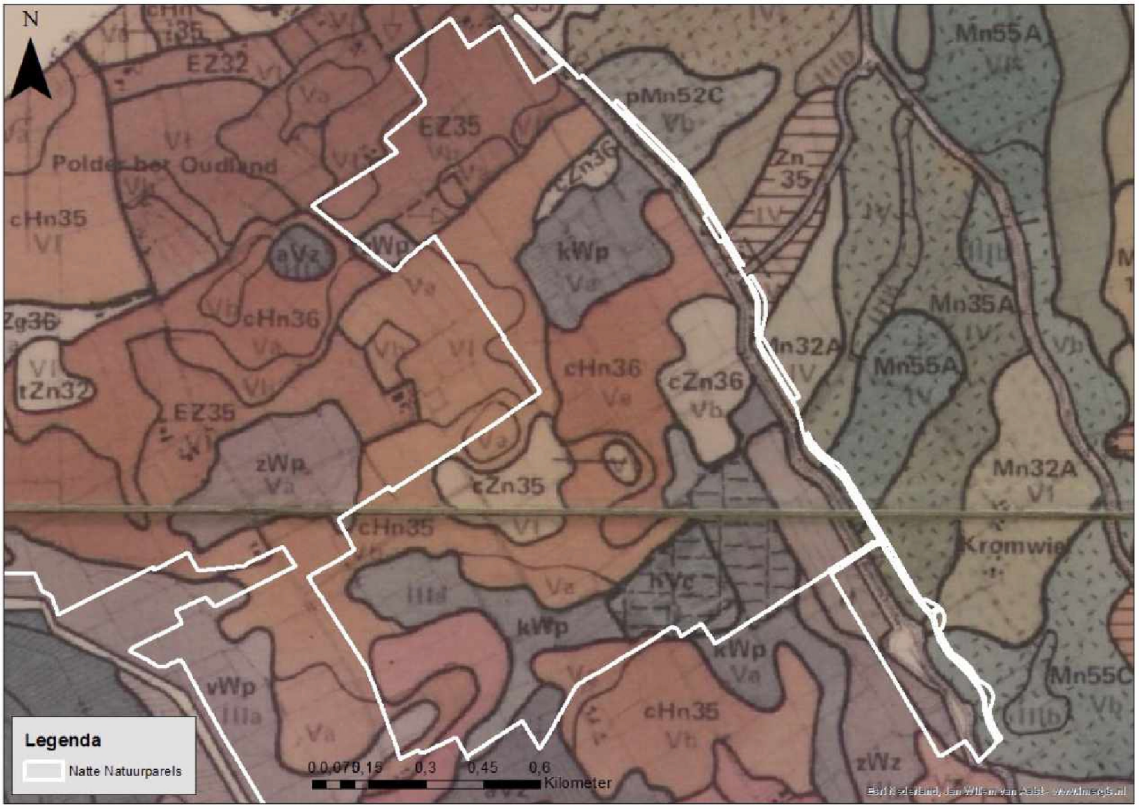
Centraal in het zuiden vinden we koopveengrond op zand (hVc in 5.1.2.e). Dit zijn venige gronden waarvan de bovengrond is veraard.

De overige gronden in het plangebied behoren tot de zandgronden (cHn (laarpodzolgronden), EZ (enkeerdgronden) en cZn (gooreerdgronden), vaak podzolgronden. De enkeerdgronden, die ontstaan zijn door het als onderdeel van het agrarisch gebruik opbrengen van organisch materiaal op zandgrond, vinden we terug ter plaatse van de oudste ontginningen (rond Eikelenburg). Laarpodzolen vinden hun basis in hetzelfde landgebruik, maar kenmerken zich door de aanwezigheid van water hoog in het profiel. Dat duidt erop wijst dat ze permanent of periodiek met water verzadigd waren. De gooreerdgronden zijn daarentegen kenmerken voor regenwatervoeding en in mindere mate basenarm grondwater. Ze ontstaan in nattere, lager gelegen delen, zoals afvoerloze laagten, met name onder graslanden.

Bles en Steeghs (1974) geven daarnaast aan dat overal in het gebied een klei- of leemlaagje aanwezig is vanaf 5-10 centimeter beneden maaiveld en dat de bodem tot ten minste 80 centimeter beneden maaiveld slecht doorlatend is (Figuur 3-8). Dat geldt naar alle waarschijnlijkheid nog steeds voor de

gronden binnen Oudland die nooit in regulier agrarisch gebruik zijn genomen, maar niet meer voor de regulier beheerde gronden daarbuiten (Bles en Steeghs (1974) deden hun werk immers vóór de ruilverkaveling, waarin de drainagetoestand van de bodem doorgans werd verbeterd, ie. dergelijke lagen werden opgeruimd). Slecht doorlatend betekent volgens Bles en Steeghs (1974) overigens een k-factor <0,4/dag. Met name de zone tegen de Boomdijk kenmerkt zich door een slechte verticale doorlatendheid (Figuur 3-8). Stuurman et al (1998) geven verder aan dat een boring net ten zuiden van Oudland vanaf circa 4,5 meter beneden maaiveld een tot 2,7 meter dikke kleilaag aanwezig is (B49E0303; niet opgenomen in 5.1.2.e). De exacte verspreiding daarvan onder Oudland is gezien het ondiepere karakter van de boringen aldaar (Figuur 3-6) niet exact duidelijk, maar omdat deze wel goed aansluit bij de diepere boringen ten noorden en ten zuiden (Figuur 3-6), wel aannemelijk. Het gaat dan over klei behorend tot de formatie van Waalre, de eerste weerstand biedende laag onder Oudland (Figuur 3-5).

Het vermoeden dat ontstond op basis van de geologische opbouw wordt bevestigd door de bodemkaart: Oudland was nat en kon zijn water moeilijk kwijt. Het landgebruik dat in paragraaf 3.1 werd beschreven, heeft vervolgens geleid tot verschillen in de verschijningsvorm.

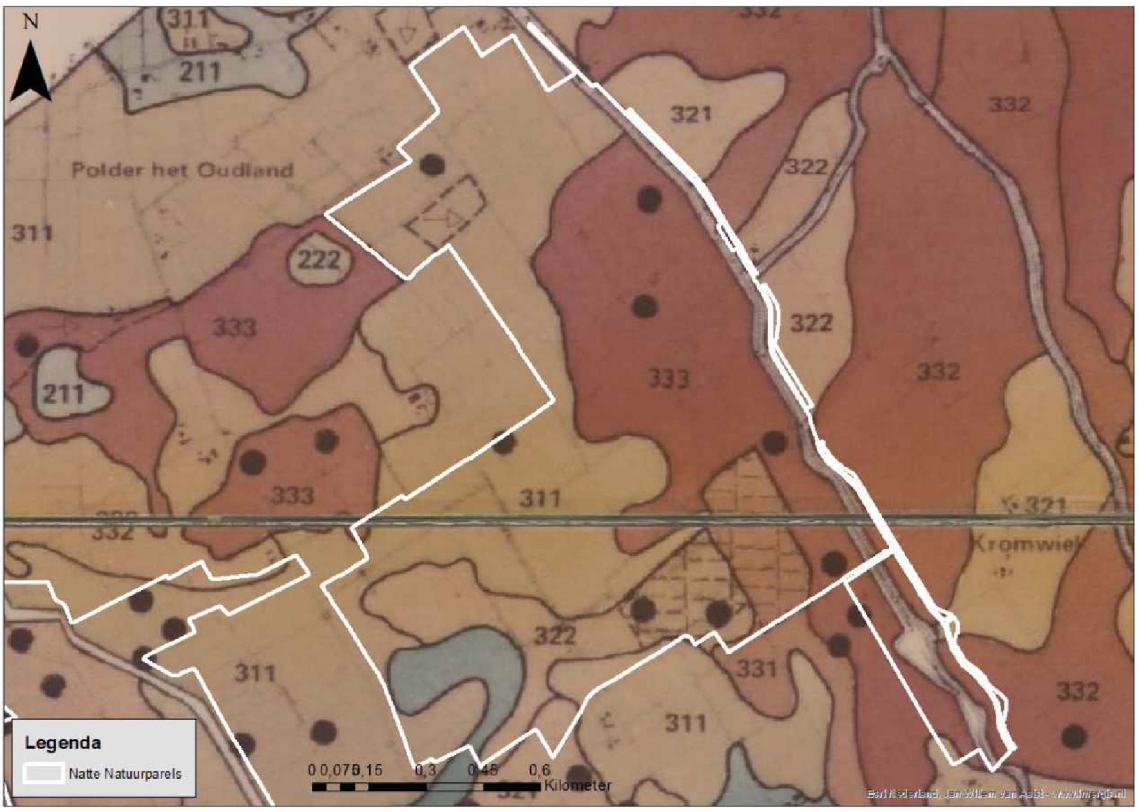


Figuur 3-7: Bodemkaart (1:20.000) vervaardigt ten bate van de ruilverkaveling Kruisland – Wouw (Bles en Steeghs 1974). Witte lijn geeft de begrenzing van Oudland (centraal) en Halstersche Laag (links).

Resumé geologie en bodemopbouw

- De eerste weerstand biedende laag is de formatie van Waalre. Hoewel deze als kleiige eenheid in de boeken staat, is bekend dat hierin ook andere, beter doorlatende afzettingen voor kunnen komen. Hierdoor is contact tussen het freatische en het eerste watervoerende pakket niet uitgesloten.

- De formatie van Waalre vormt ter plaatste van Oudland een kommetje met westelijke scheefstelling, waarboven zich maar dunne goed doorlatende lagen bevinden. Dit doet vermoeden dat het gebied van nature nat is, vanwege de moeizame afvoer van toestromend water.
- Het beeld van afvoerloze laagte komt ook naar voren uit de bodemkaart (eg. moerpodzolgronden, laarpodzolgronden), waarbij landgebruik (bijvoorbeeld het potstalsysteem) hebben gezorgd voor een humeus eerddek.

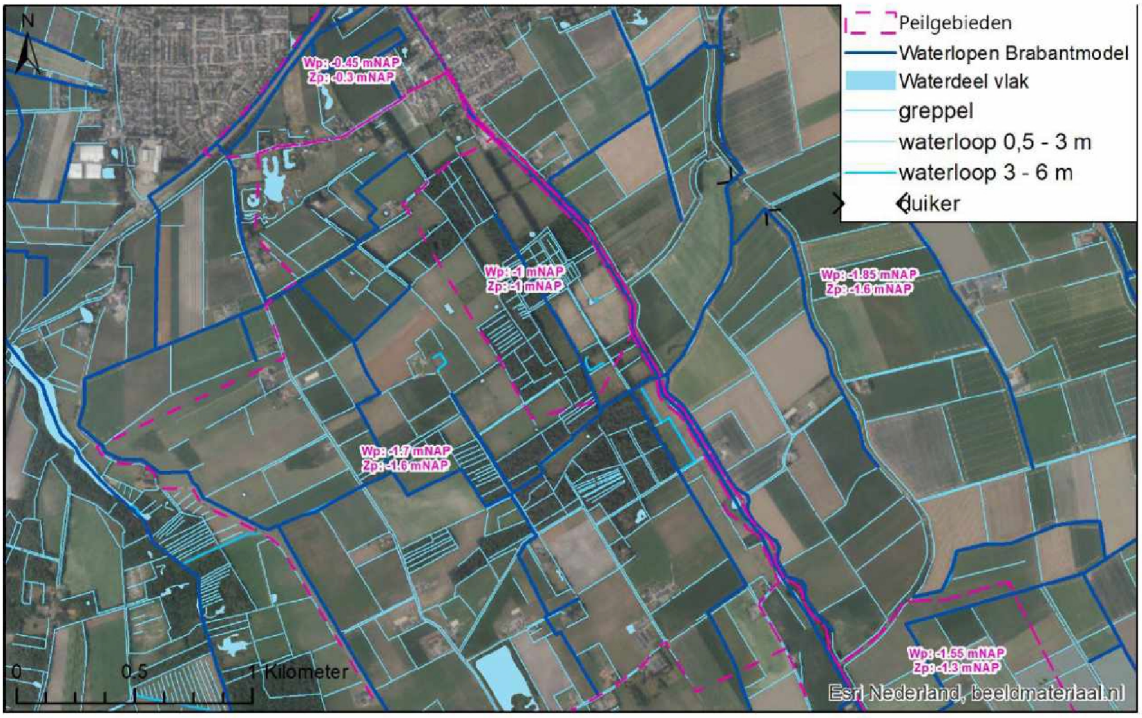


Figuur 3-8: Doorlatendheid per diepteklasse volgens Bles en Steeghs (1974). 1: goed doorlatend, 2: matig doorlatend, 3: slecht doorlatend per laag (0-40, 40-80, 80-120. Code 333 betekent: 0-40: slecht doorlatend, 40-80: slecht doorlatend, 80-120: slecht doorlatend. Punten geven leemvoorkomens binnen 120 centimeter beneden maaiveld. Witte lijn geeft de begrenzing van Oudland (centraal) en Halstersche Laag (links).

3.4 Hydrologie

3.4.1 Oppervlaktewater

Natte Natuurparel Oudland ligt in Polder Oudland. 5.1.2.e 2021 kent de polder een winterpeil van 1,7 meter beneden NAP en een zomerpeil van 1,6 meter beneden NAP. De omgeving van Eikelenburg heeft een eigen, vast peilregime met een vast zomer- en winterpeil van 1 meter beneden NAP (Figuur 3-12). In zeker zin vormt dit gebied daarmee een peilhorst, die water verliest richting zijn omgeving. Uiteraard heeft het peilregime een weerslag op het grondwaterregime (zie paragraaf 3.4.2).



Figuur 3-9: Overzicht Oppervlaktewatersysteem Oudland (waterschap Brabantse 5.1.2.e). De Waterlopen Brabantmodel komen overeen met de legger van het waterschap.

De belangrijkste watergangen in Oudland zijn de Padmosloop en de Oudlandse Watergang (Figuur 2-2 en Figuur 3-10). De Padmosloop ontwatert de laagte in het noordelijke deel van het natuurgebied. Deze watergang stroomt uit op de Oudlandse Watergang via een stuw dat volgens de legger op 1 meter onder NAP staat. De Oudlandse Watergang loopt al sinds de veertiende eeuw in oostelijke richting door Oudland en voerde in het verleden water van het peilgebied “Het Blakke” af onder de Boomdijk door richting de Polderwatering.

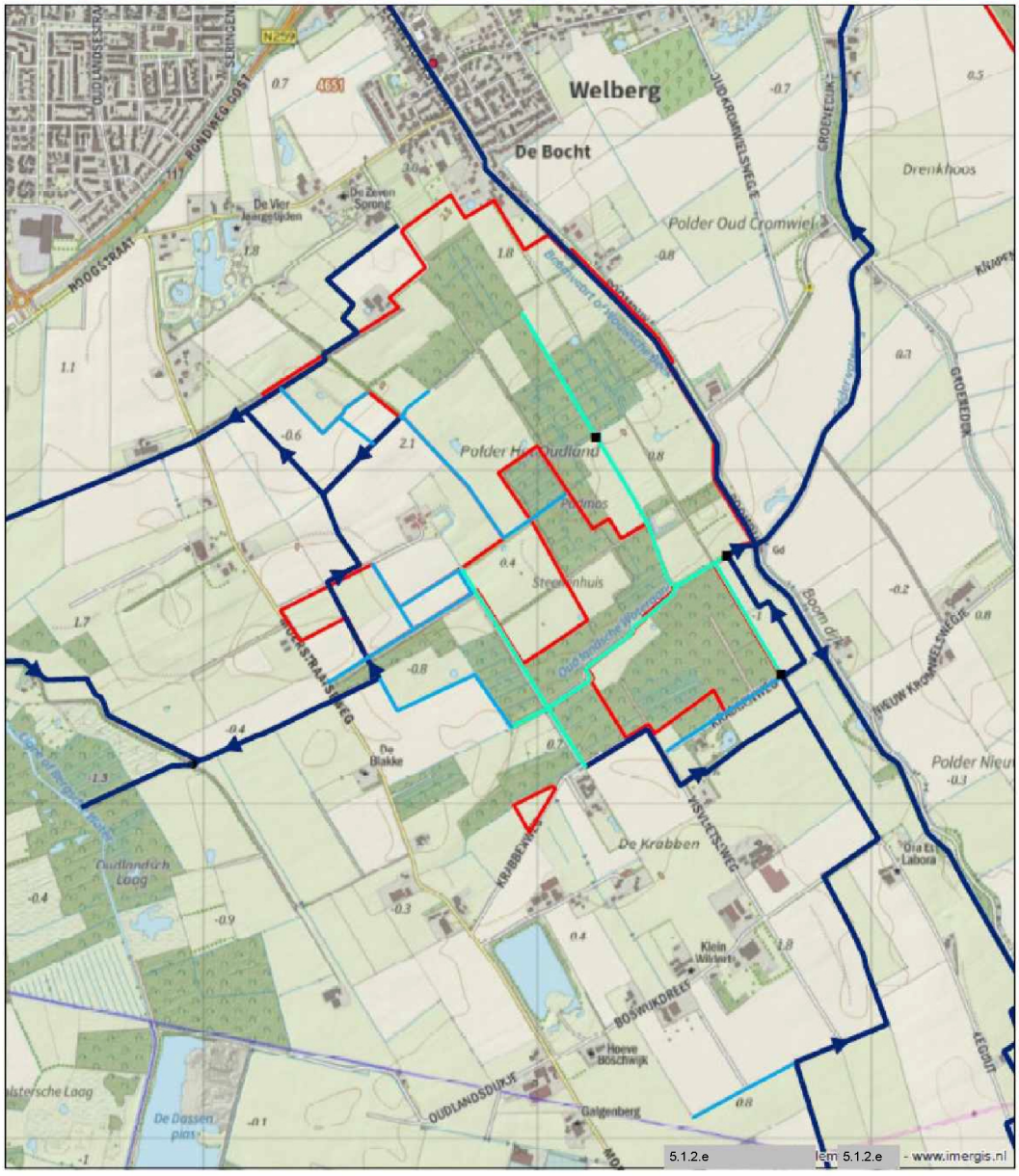


Figuur 3-10: Oudlandse Watergang doorkruist Oudland (links) en de Boomvaart vormt oostelijke begrenzing tussen Oudland en het polderland (rechts). Foto’s mei 2022.

In het kader van de verdrogingsbestrijding wordt sinds de jaren negentig hard gewerkt aan meer water voor natuur. Tegenwoordig staan daarin de Natte Natuurparels centraal (provincie Noord-Brabant 2015). Vanuit die opgave zijn in Oudland verschillende maatregelen genomen. Zo is de Oudlandse watergang afgedamd en verondiept tot 50 centimeter onder maaiveld om de kwelafvoer te verminderen. De afwateringsrichting van de landbouwgronden ten westen van deze verondieping is omgekeerd richting de Ligne en de afwatering van de percelen ten zuiden van deze waterlopen is via een nieuwe watergang door 5.1.2.e heen omgeleid naar de Polderwatering. De nieuwe situatie is weergegeven in figuur 3-11. Tussen 2012 en 2014 is de Padmosloop afgedamd ter hoogte 5.1.2.e en de Eikelenberg, zodat deze gebieden niet meer kunnen afwateren (Figuur 3-11).

Oppervlaktewaterkwaliteit

Voor zover bekend ontbreken gegevens met betrekking tot de kwaliteit van het oppervlaktewater.



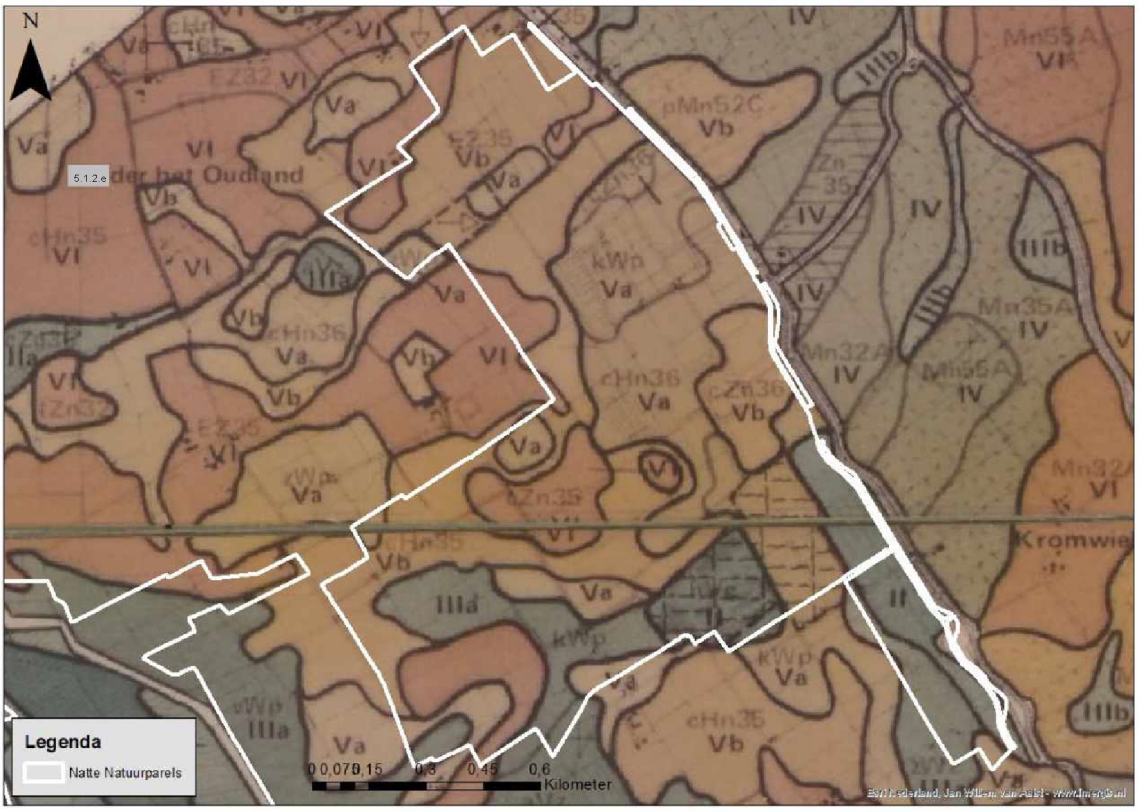
Figuur 3-11: Aanpassing watersysteem na uitvoeringsplan voor de inrichting van de Natte Natuurparels. Bij de lichtblauwe B-watergangen is de waterafvoerende functie opgegeven en hierin zijn voornamelijk maatregelen genomen. De donkerblauwe waterlopen staat de nieuwe stroomrichting aangegeven. Het afgedamde deel van de Padmosloop is weergegeven met het zwarte vierkant.

3.4.2 Grondwater

De algemene stromingsrichting van het grondwater onder Oudland in het eerste watervoerende pakket is noordelijk gericht, vanaf de hoge zandruggen ten zuiden van Moerstraten richting Oudland. Ongeveer ter plaatse van Oudland worden de isohypsen onveranderlijk tot het Volkerak. Daar zit nauwelijks verhang in de stijghoogte (Grondwatertools 2021).

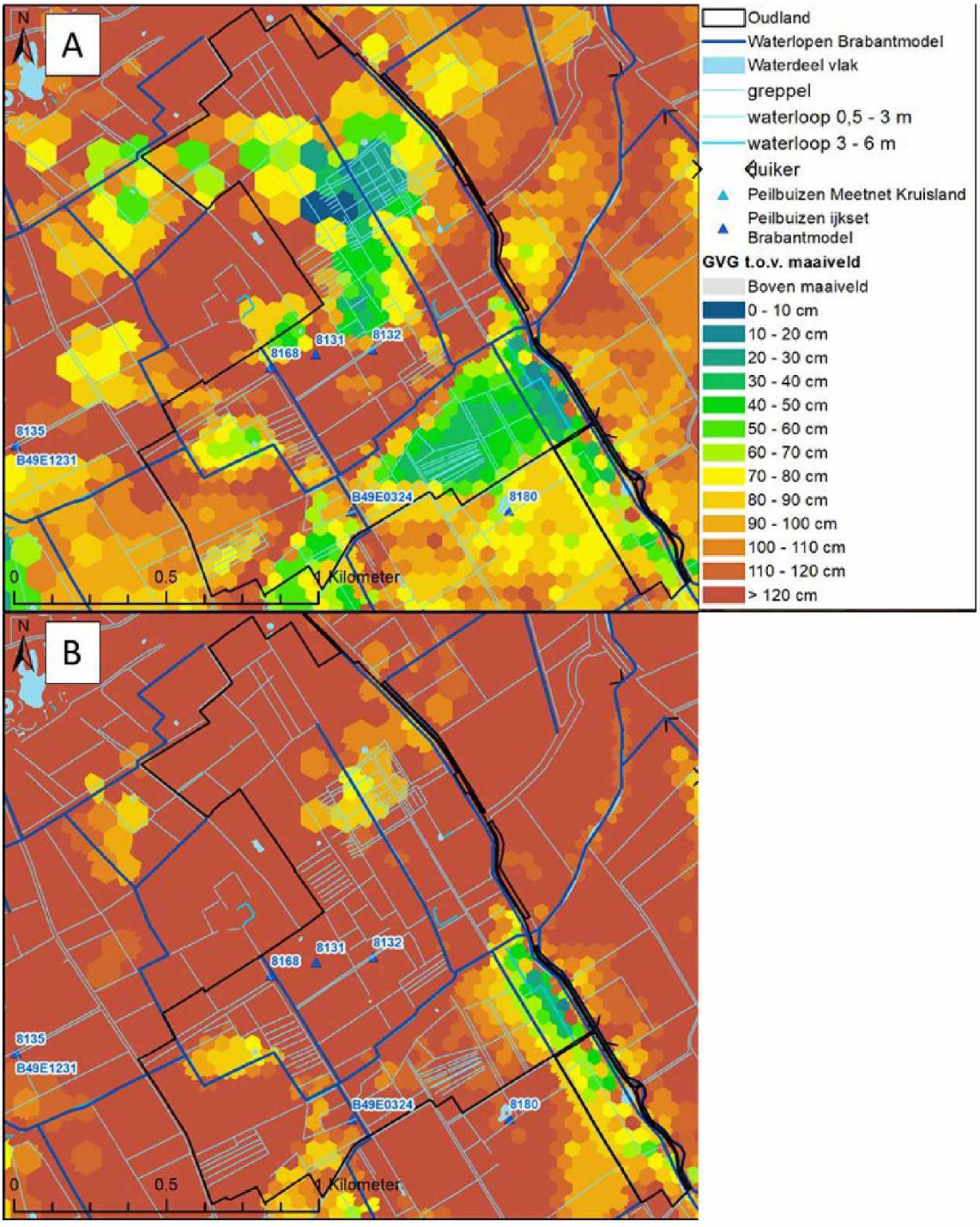
Stijghoogteregime

De bodem en bodemopbouw (paragraaf 0) maar ook de hoogtekaart (0) doen een nat gebied vermoeden. De grondwatertrappen (omstreeks 1974) ondersteunen dit beeld maar ten dele: ze laten vooral grote fluctuaties zien (Figuur 3-12). Het leeuwendeel van Oudland kenmerkt door grondwatertrap Va of Vb. Dat betekent een Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) van minder dan 40 centimeter beneden maaiveld en een Gemiddeld Laagst Grondwaterstand (GLG) van gemiddeld meer dan 120 centimeter beneden maaiveld. Alleen in het meest zuidelijke deel, waar we de gerabatteerde bossen op koopveengrond vonden (Figuur 3-7) laat grondwater trap III of II zien, ofwel respectievelijke een GHG van minder dan 40 centimeter benden maaiveld en een GLG van 80 tot maximaal 120 centimeter beneden maaiveld (III) of een GHG van minder dan 20 centimeter benden maaiveld en een GLG van 50 tot maximaal 80 centimeter beneden maaiveld. Deze zone, die op de kaart van 1837 (Figuur 3-2) ook nog niet in gebruik was, is daarmee het natst en kan als permanent nat gekenschetst worden. De overige gronden zijn eigenlijk alleen 's winters nat, maar 's zomers (erg) droog. Eerder sterk wisselvochtig.



Figuur 3-12: Grondwatertrappenkaart (Bles en Steeghs 1974).

Figuur 3-13 laat aan de hand van modelberekeningen (zie ook hoofdstuk 5 zien dat actueel nog steeds sprake is van aanzienlijke fluctuaties in de grondwaterstand, waarbij in het voorjaar -de voor vegetatieontwikkeling relevante periode- lokaal sprake is van grondwaterstanden tot enkele decimeters onder maaiveld, terwijl ze in de zomer ver uitzakken.



Figuur 3-13: Berekende Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG: A) en GLG (B).

Met behulp van duurlijnen kan het verloop van de grondwaterstand eenvoudig in beeld gebracht worden, waarbij ook iets gezegd kan worden over de karakteristiek. In een duurlijn is te zien binnen welke totale tijdsduur een bepaalde grondwaterstand of stijghoogte wordt overschreden. Het patroon in figuur 3-14 is typisch voor een infiltratiesituatie; de overschrijdingskans neemt vrij lineair af. Figuur 3-15 laat zien dat de gemeten waarden in andere peilbuizen eenzelfde beeld laten zien. Voor de overige meetpunten in Oudland is het beeld in hoge mate vergelijkbaar, daarom zijn ze niet apart weergegeven. De resultaten 5.1.2.e et al. (1998) wat betreft het verdwijnen van bovenregionale kwel in het oppervlaktewatersysteem houden (zie verder) daarmee stand tot de dag van vandaag.

Bovenstaande past goed bij het gegeven dat Oudland onderdeel is 5.1.2.e Oudland, die al sinds de veertiende eeuw een polderpeil kent dat zeker ook bepalend is voor het grondwaterregime, vooral de ondergrens of GLG. Aannemelijk is dat dergelijke peilfluctuaties terug te zien zijn in de grondwatertrappen. Voorgaande doet vermoeden dat Oudland niet (meer) onder invloed staat van regionale of diepe, bovenregionale kwel zoals die elders in de omgeving lokaal nog wel wordt gevonden, maar dat veel kwelwater verdwijnt via het diep ontwaterende oppervlaktewatersysteem (met peilen van circa 1, 1,6 of 1,7 meter beneden NAP). Vergelijken we de berekende GVG in 5.1.2.e met de hoogtekaart (Figuur 3-4) en de zomer en winterpeilen (Figuur 3-9), dan valt onmiddellijk op dat de berekende GVG nagenoeg gelijk is aan polderpeil – maaiveldhoogte. Anders gezegd: de grondwaterstanden worden in betekende mate bepaald door het ingestelde peil.

Effect van grondwaterwinningen

In de ruime omgeving van Oudland 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. De grondwaterwinning Wouw ligt het meest nabij. 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 Oudland is de verlaging in de Formatie van Oosterhout minder groot 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 50 meter voor beregening; het gemiddelde effect is ook kleiner dan 5 cm rond Oudland (Verhagen, 2019). De effecten van industriële onttrekkingen zijn nihil omdat deze verder weg liggen (Van Wachtendonk, 2021).

Kwel en wegzijging

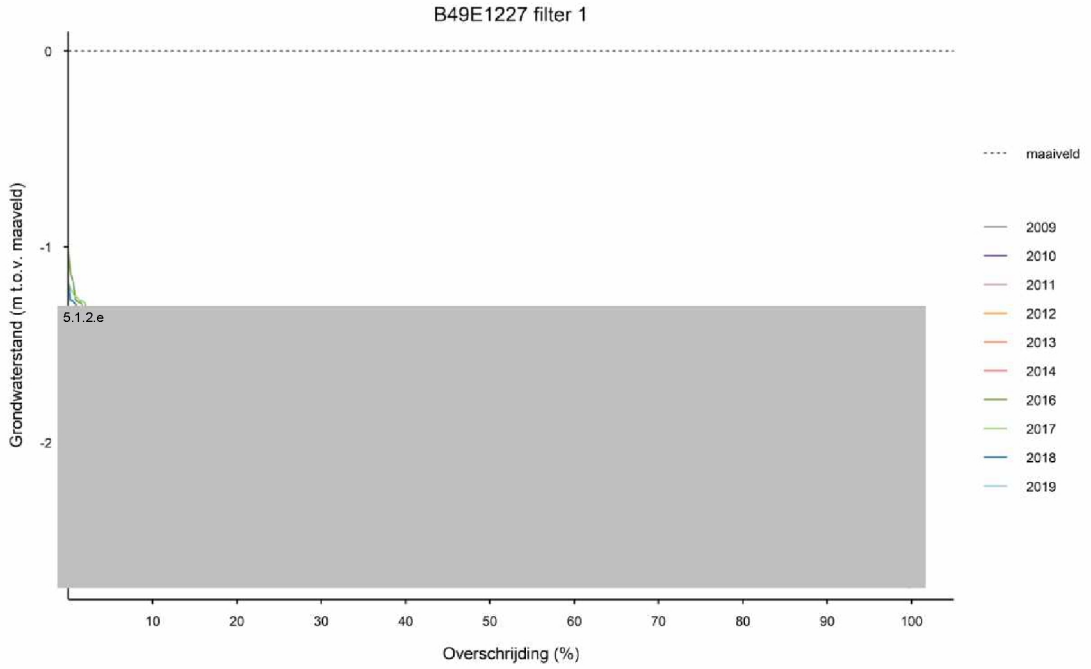
Stuurman et al. (1998) laten op basis van grondwaterkwaliteit zien dat er in dit deel van Brabant sprake is van twee bovenlokale tot regionale kwelstromen: laaggemineraliseerd, regionaal grondwater dat alleen de formatie van Waalre is tegengekomen en bovenregionaal, calciumrijk grondwater uit de diepere watervoerende pakketten. Het eerste, meer lokale type dat voor Oudland vermoedelijk zijn oorsprong vindt in de dekzandruggen ten zuiden van Moerstraten (Grondwatertools 2021) is algemeen in het gebied, het tweede vonden ze alleen langs de Ligne in een zone die begint tussen het Oudlandsch- en het Halstersch Laag.

5.1.2.e et al. (1998) laten ten aanzien van het meer regionale kwelwater ook zien dat dit voor Oudland nergens tot in de wortelzone reikt, maar wordt afgevangen door het oppervlaktewatersysteem. Alleen in een smalle zone in het zuidelijk deel, tegen de Boomvaart aan was sprake van “kanaalkwel”. Het regionale kwelwater is daarmee nauwelijks van belang voor de grondwaterdynamiek in Oudland (uitgezonderd -naar verwachting- de Koopveengronden in het zuiden). Sterker, de modellen van Stuurman et al. (1998) laten zien dat de GLG uitzakt beneden polderpeil, waardoor infiltratie vanuit de

sloten naar het grondwater plaatsvindt! De in figuur 3-14 weergegeven duurlijn duidt op wegzijging (niet op kwel) en de in figuur 3-15 weergegeven peilbuizen laten zien dat de meetwaardes in een GLG situatie nog steeds uitzakken tot beneden polderpeil en dus in sprake moet zijn van infiltratie.

Deze bevindingen passen goed bij de grondwatertrappen uit figuur 3-12: ze wijzen erop dat meer zeer lokale systemen dominant zijn in Oudland. Met meer lokaal is bedoeld korte kwelstromen uit direct omliggende stuifzandruggen die niet in staat zijn om gedurende lange tijd water te leveren. De grote fluctuatie tussen de zomerse (>120 centimeter beneden maaiveld) en de winterse (minder dan 40 centimeter beneden maaiveld) grondwaterstand kan hierdoor mede verklaard worden, als ook de afwezigheid van kwel in de wortelzone. Stuurman et al. (1998) ondersteunen dit beeld.

Belangrijk om te vermelden is dat Stuurman et al. (1998) overtuigend laten zien dat sinds de dertiger jaren het peil in Polder Het Oudland met één meter gedaald is.



Figuur 3-14: Duurlijn voor het grondwaterverloop in peilbuis B49E1227 voor de periode 2009-2019.

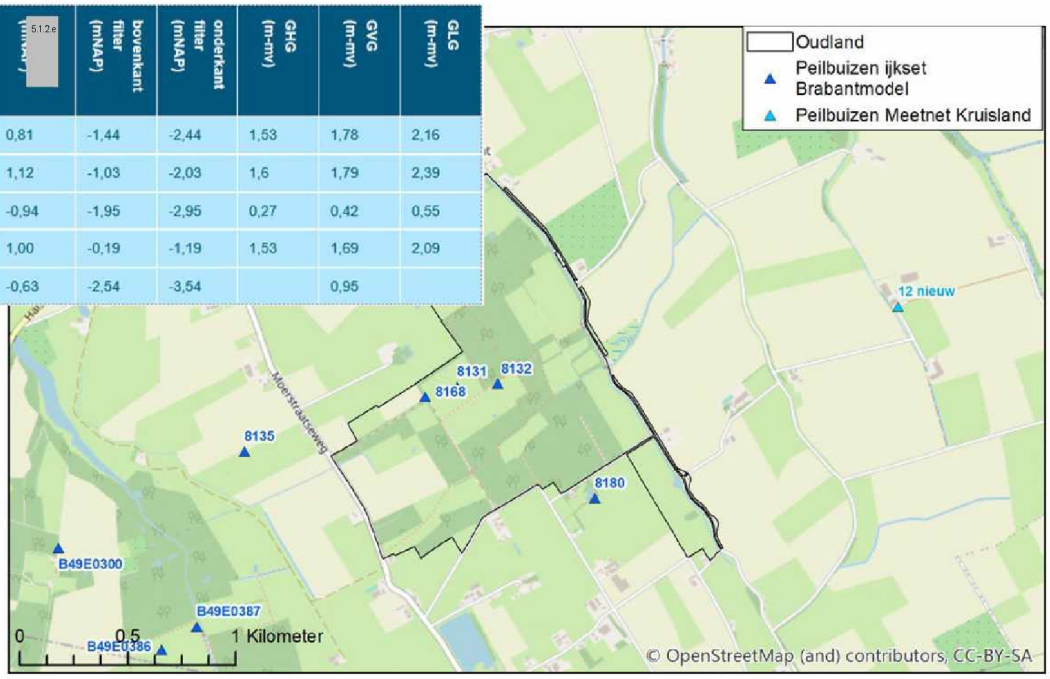
Grondwaterkwaliteit

Wat betreft de kwaliteit van het grondwater in Oudland ontbreken recente gegevens en in het DINO-loket zijn geen kwaliteitsmeetpunten in de ruime omgeving aanwezig (Dinoloket 2021). Dat betekent dat de gegevens verzameld door Stuurman et al. (1998) het meest actueel zijn. Zij verkregen hun meetgegeven ter plaatste van BE490303 en laten zien dat het grondwater onder de Waalre klei een hoog EGV heeft ten gevolge van de aanwezigheid van natrium, bicarbonaat en sulfaat, als gevolg van (mogelijk) pyrietoxidatie onder invloed van stikstofbelasting in het intrekgebied. Ondieper is het EGV lager en beïnvloed door chloride (antropogeen). Zoals aangehaald lieten zij zien dat het meer lokale, niet aangerijkte kwelwater niet aan maaiveld komt ter plaatse van Oudland. Waarschijnlijk is dan dat zeer lokale kwelstromen (ie. water dat geïnfiltreerd is in de lokale stuifduinen) bepalend is voor de grondwaterkwaliteit. Vaak is dat water basenarm en licht zuur.

Resumé Hydrologie

- Oudland is onderdeel 5.1.2.e Oudland en kent daarmee een peilregime met vast zomer en winterpeil. Het gebied rond Eikelenburg valt in een eigen peilvak waar het peil jaarrond stabiel hoger is. Hiermee vormt dit peilvak als het ware een peilhorst en verliest water richting omliggende gronden.
- Het peilbeheer 5.1.2.e Oudland is gericht op het landgebruik en daarmee op voldoende ontwatering. Het oppervlaktewatersysteem heeft dan ook invloed op het grondwaterregime, waarbij de stijghoogte kan uitzakken tot beneden polderpeil. Er is dan sprake van infiltratie.
- In het kader van de verdrogingsbestrijding zijn in Oudland maatregelen uitgevoerd die gericht zijn op het vasthouden van gebiedseigen (kwel)water.
- In het noordwestelijk deel van Brabant is sprake van twee bovenregionale kwelstromen: een meer lokale, niet aangerijkte grondwaterstroom die alleen de Formatie van Waalre raakt en een diepere, basenrijke kwelstroom. Deze laatste speelt geen rol in Oudland, terwijl de meer lokale kwelstroom nergens in Oudland invloed in maaiveld uitoefent. Eventueel aanwezige kwelstromen worden - vermoedelijk ook vandaag de dag nog- via het oppervlaktewatersysteem dat gericht is op effectieve ontwatering afgevoerd.
- Lokaal is sprake van kanaalkwel.
- De beschikbare gegevens wijzen erop dat in Oudland de zeer lokale kwelstromen (dat wil zeggen water dat geïnfiltreerd is) tegenwoordig bepalend zijn voor het stijghoogteregime en daarmee de waterkwaliteit.
- Voor zover bekend ontbreken (recente) gegevens voor zowel grond- als oppervlaktewaterkwaliteit.

Naam	(mNAP) 5.1.2.e	bovenkant filter (mNAP)	onderkant filter (mNAP)	GHG (m-mv)	GVG (m-mv)	GLG (m-mv)
8131	0,81	-1,44	-2,44	1,53	1,78	2,16
8132	1,12	-1,03	-2,03	1,6	1,79	2,39
8135	-0,94	-1,95	-2,95	0,27	0,42	0,55
8168	1,00	-0,19	-1,19	1,53	1,69	2,09
8180	-0,63	-2,54	-3,54		0,95	



Figuur 3-15 Peilbuizen in Oudland met meetreeks zoals beschikbaar in he DINO-loket (Dinoloket 2021) en de uit de meetreeksen volgende GxG (m-mv).

3.5 Vegetatie

De meest recent beschikbare gegevens als het gaat om vegetatie zijn terug te vinden in 5.1.2.e (2019). Oudere gegevens zijn gevat in Stuurman et al. (1998). De gegevens gevat in 5.1.2.e (2019), die ook terugkijkt, zijn hieronder samengevat.

Het Oudland stond eind jaren negentig van de vorige eeuw te boek als floristisch bijzonder: er werden toen 264 plantensoorten gevonden waaronder 12 zeggesoorten. Op schraalgraslanden in het lage terreindeel 5.1.2.e kwam spaanse ruiter (*Cirsium dissectum*) massaal voor in combinatie met wateraardbei (*Comarum palustre*), kale jonker (*Cirsium palustre*), wilde gagel (Myrica gale), moeraswederik (*Lysimachia thyrsiflora*), Kleine bevernel (*Pimpinella saxifraga*), Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), moerasspirea (*Filipendula ulmaria*) en tormentil (*Potentilla erecta*) (Stuurman et al. 1998). Uit gegevens uit de NDFF volgt dat de hier genoemde soorten spaanse ruiter, kleine bevernel en veenpluis hier na 1998 niet meer zijn aangetroffen.

Soorten als klein bronkruid (*Montia fontana*) en bleeksporig bosviooltje (5.1.2.e *riviniana*) zijn in recente jaren nog aangetroffen. De huidige arealen bos, moeras en grasland en de ligging daarvan zijn nauwelijks veranderd ten opzichte van 1997.

In Oudland komt sporadisch open water voor, maar wel brede oever en verlandingsvegetatie. Het betreft voornamelijk poelen en sloten.
Het open water kent een oevervegetatie die voornamelijk uit riet (*Phragmites australis*) en gele lis (5.1.2.e *pseudacorus*) bestaat. In één poel is ook waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) vastgesteld. Noemenswaardig is wel het veelvuldig voorkomen van waterviolier (*Hottonia palustris*) -een kwelindicator- in de Padmosloop. De soort groeit in de waterloop, een gegeven dat de conclusie ondersteunt dat via het oppervlaktewatersysteem veel kwelwater wordt afgevoerd. In het lage venige deel 5.1.2.e is recent ook galigaan (Cladium mariscus), een Habitatrichtlijn-soort aangetroffen. Galigaan indiceert in veengebieden grondwaterinvloed.

De graslanden van Oudland zijn te categoriseren in verschillende types. De door extensief beheer wat ruigere graslanden variëren in soortensamenstelling van een hoog aandeel grote brandnetel (*Urtica dioica*) en pitrus (*Juncus effusus*) tot echte koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*) en veldbies (*Luzula campestris*). Veel graslanden bevinden zich nog in de zogenoemde “Witbol-fase” een fase in de ontwikkeling van productiegrasland richting natuurgrasland die lang kan aanhouden. Verschillende stadia in deze ontwikkeling zijn te vinden in Oudland, soms soortenrijk. De langzame ontwikkeling wordt in de hand gewerkt door de dominantie van ionenarm, relatief zuur grondwater en regenwater in de wortelzone (Stuurman et al. 1998), naast uiteraard de belasting uit het voormalig landgebruik.

Bos en struweel zijn de dominante vegetaties, waarbij struweel vooral aanwezig is langs wegen en erfafscheidingen. De hoogste (en oudste) delen van Oudland zijn zoals beschreven (paragraaf 3.3) zandiger, drogere en zuurder van karakter. De bossen die hier groeien zijn te rekenen tot 5.1.2.e Eikenbos. Op de gradiënt naar het lage deel van Oudland krijgen de bossen steeds meer karaktertrekken uit het Eiken-Haagbeukenbos en Vogelkers-Essenbos (beiden duiden op enige grondwaterinvloed) om in de diepe, laagste plekken te ontwikkelen tot Elzenzegge-Elzenbroek.



Figuur 3-16: Bosbeeld van het lage deel van Oudland met onderbegroeiing van muur. Foto mei 2022.

Resumé vegetatie

- Bossen zijn het dominante en best ontwikkelde vegetatietype in Oudland. De oudste bossen op de hogere gronden zijn te rekenen tot 5.1.2.e Beuken-Eikenbos. De lagere, nattere en jongere delen horen tot het Eiken-Haagbeukenbos en Vogelkers-Essenbos. Hieruit is enige grondwaterinvloed te lezen.
- Ook in het open water en haar oeverzones zijn kwelindicatoren aanwezig, bijvoorbeeld Waterviolier.
- De graslanden zijn voornamelijk nog in ontwikkeling richting soortenrijke natuurgraslanden.

4 Ecohydrologische interpretatie en sleutelfactoren

De in hoofdstuk 0 uitgewerkte bouwstenen en aandachtpunten worden in dit hoofdstuk eerst samengebracht tot een ecohydrologische interpretatie voor het functioneren van Oudland. 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

- Oudland bevindt zich in een gebied waar de dynamiek tussen veenvorming en de zee bepalend zijn geweest voor de geologische opbouw.
- Het gebied waarin Oudland zich bevindt is al sinds de dertiende eeuw onderhevig aan inpoldering. Van niet veel later dateren de oudste bossen in het gebied.
- Tot de ruilverkaveling Kruisland – Wouw eind vorige eeuw was sprake van een kleinschalig landschap.

Hoogteligging

- Het maaiveld varieert tussen -1,5 en +3 meter NAP.
- De laagste delen vinden we in het uiterste zuiden van Oudland, terwijl het noordelijk deel zich kenmerkt door stuifduinen die een laagte als het ware insluiten.

Geologie en bodem

- De eerste weerstand biedende laag is de formatie van Waalre. Hoewel deze als kleiige eenheid in de boeken staat, is bekend dat hierin ook andere, beter doorlatende afzettingen voor kunnen komen. Hierdoor is contact tussen het freatische en het eerste watervoerende pakket niet uitgesloten.
- De formatie van Waalre vormt ter plaatste van Oudland een kommetje met westelijke scheefstelling, waarboven zich maar dunne goed doorlatende lagen bevinden. Dit doet vermoeden dat het gebied van nature nat is, vanwege de moeizame afvoer van water.
- Het beeld van afvoerloze laagte komt ook naar voren uit de bodemkaart (eg. moerpodzolgronden, laarpodzolgronden), waarbij landgebruik (bijvoorbeeld het potstalsysteem) hebben gezorgd voor een humeus eerddek.

Hydrologie

- Oudland is onderdeel 5.1.2.e Oudland en kent daarmee een peilregime met vast zomer- en winterpeil. Het gebied rond Eikelenburg valt in een eigen peilvak waar het peil jaarrond stabiel hoger is. Hiermee vormt dit peilvak als het ware een peilhorst en verliest water richting omliggende gronden.
- Het peilbeheer 5.1.2.e Oudland is gericht op het landgebruik en daarmee op voldoende ontwatering. Het oppervlaktewatersysteem heeft dan ook invloed op het grondwaterregime, waarbij de stijghoogte kan uitzakken tot benden polderpeil. Er is dan sprake van infiltratie.

- In het kader van de verdrogingsbestrijding zijn in Oudland maatregelen uitgevoerd die gericht zijn op het vasthouden van gebiedseigen (kwel)water.
- In het noordwestelijk deel van Brabant is sprake van twee bovenregionale kwelstromen: een meer lokale, niet aangerijkte grondwaterstroom die alleen de Formatie van Waalre raakt en een diepere, basenrijke kwelstroom. Deze laatste speelt geen rol in Oudland, terwijl de meer lokale kwelstroom nergens in Oudland invloed in maaiveld uitoefent. Eventueel aanwezige kwelstromen worden - vermoedelijk ook vandaag de dag nog- via het oppervlaktewatersysteem dat gericht is op effectieve ontwatering afgevoerd.
- Lokaal is sprake van kanaalkwel.
- De beschikbare gegevens wijzen erop dat in Oudland de zeer lokale kwelstromen (dat wil zeggen water dat geïnfiltreerd is) tegenwoordig bepalend zijn voor het grondwaterregime en daarmee de waterkwaliteit.
- Voor zover bekend ontbreken gegevens voor zowel grond- als oppervlaktewaterkwaliteit.

Vegetatie

- Bossen zijn het dominante en best ontwikkelde vegetatietype in Oudland. De oudste bossen op de hogere gronden zijn te rekenen tot 5.1.2.e Beuken-Eikenbos. De lagere, nattere en jongere delen horen tot het Eiken-Haagbeukenbos en Vogelkers-Essenbos. Hieruit is enige grondwaterinvloed te lezen.
- Ook in het open water en haar oeverzones zijn kwelindicatoren aanwezig, bijvoorbeeld Waterviolier.
- De graslanden zijn voornamelijk nog in ontwikkeling richting soortenrijke natuurgraslanden.

4.2 Ecohydrologische interpretatie

De in het voorgaande hoofdstuk verzamelde informatie laat zien dat Oudland alle potentie heeft om een nat gebied te zijn. Zoveel blijkt bijvoorbeeld uit de bodemkaart (Figuur 3-7), de verticale weerstanden (Figuur 3-8) maar ook uit de ontstaansgeschiedenis van het gebied (paragraaf 3.1). De uitgebreide aanwezigheid van veenmoeras ondersteunt dit vermoeden.

De goed doorlatende zandpakketten zijn dun, maar drie tot vier meter dik, met daaronder een drie tot vijf meter dikke, aaneengesloten weerstandbiedende laag (Figuur 3-5). Deze laag -Waalre klei- vormt een kommetje onder Oudland waarin water zich kan verzamelen. Het kommetje kan “alleen” overlopen richting het westen, richting het Halstersche laag. Omdat de goed doorlatende zanden maar dun zijn, is het kommetje snel gevuld.

Hoewel de Waalre klei zeker weerstand biedt, is deze niet waterdicht. De laag kenmerkt zich juist door heterogeniteit, wat hier zoveel wil zeggen als de aanwezigheid van beter doorlatende afzettingen in de klei. Uitwisseling tussen het grondwater onder de Waalre klei en het freatische pakket daarboven is dan ook mogelijk. Echter, in geen geval bereikt dit water nog het maaiveld in Oudland. Daar ligt onder meer een grondwaterstandsdaling van een meter tussen 1930 en 1998 aan ten grondslag, die het gevolg is van verandering in landgebruik.

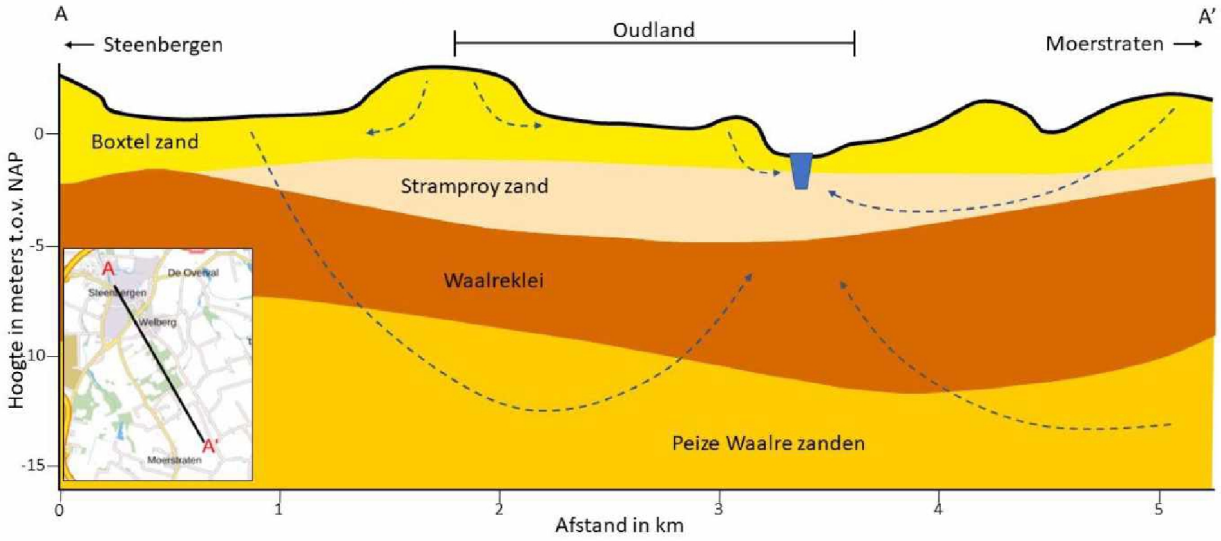
Toch is (was) Oudland rijk aan kwelstromen, drie in totaal. Op de hoge dekzanden ten zuiden van Heerle infiltreert water dat in noordelijke richting zijn weg vindt richting Oudland: de oude, aangereikte regionale kwelstroom. Iets dichterbij -vermoedelijk de omgeving Moerstraten, infiltreert water dat ook ondergronds afstroomt richting Oudland: de bovenlokale kwelstroom. In de stuifduinen in Oudland zelf en zijn directe omgeving infiltreert regenwater dat na een korte verblijftijd in de grond lokaal weer aan maaiveld komt: de lokale kwelstroom. De regionale en bovenlokale kwelstroom komen zoals gezegd in Oudland niet meer aan maaiveld. Het oppervlaktewatersysteem bepaalt tegenwoordig in betekende

mate het grondwaterregime en de diepe, vaste of beperkt wisselende polderpeilen bepalen dat deze kwelstromen alleen in de diepe watergangen nog “boven komen”. Gegevens, bijvoorbeeld met betrekking tot historische waterkwaliteit of vegetatiesamenstelling (ie. <1930), konden in het kader van deze rapportage niet gevonden worden waardoor niet duidelijk wordt in hoeverre de regionale en bovenregionale kwel in het verleden wel een rol gespeeld hebben in Oudland. Het blijft bij een sterk vermoeden.

Bovenstaande impliceert dat de lokale kwelstromen nu dominant zijn in het Oudland. Dat wordt ondersteund door de bekende grondwaterkwaliteitsgegevens uit het freatisch systeem (1997-1998), die laten zien dat het om ionenarm en relatief zuur water gaat. Ook vinden we tegenwoordig (in en nabij sloten) nog planten die duiden op grondwaterbeweging.

Recente maatregelen zijn allemaal gericht geweest op waterconservering (regenwater en lokale kwel), waarmee het gebied wel natter is geworden, maar dit watertype ook dominanter. De slechte doorlatendheid van vaak de bovenste 40 centimeter van de bodem in verder goed doorlatende zandpakketten vereenvoudigt dit. Dat het peilvak Oudland op een hoger peil staat in vergelijking met Polder Oudland, bemoeilijkt de invloed van diepere kwelstromen verder. In zekere is vanuit Oudland sprake van een neerwaarts gerichte waterstroom, zeker wanneer het peil in de zomer ver uitzakt (ook onder polderpeil).

Het geheel overziend leidt dit tot de conclusie dat de hydrologische situatie in Oudland in betekenende mate veranderd is: van een door regionaal en bovenlokaal kwelgedomineerd, ionenrijker systeem naar een zuurder, ionenarmer lokaler systeem. Figuur 4-1 vat dit samen in een systeemschets.



Figuur 4-1: Systeemschets voor Oudland.

4.3 Sleutelfactoren en autonome ontwikkeling

De in paragraaf 4.2 uitgewerkte systeemschets geeft aan dat grondwaterdynamiek en de veranderingen daarin de sleutelfactor is die de ontwikkelingen en de potentie voor Oudland bepalen. De potenties waarnaar op grond van het provinciale Natuurbeheerplan worden gestreefd, zijn weergegeven in figuur 2-1. De daarbij behorende hydrologische en bodemchemische[3] randvoorwaarden zijn opgenomen in tabel 4-1.

[3] *Hierover is voor zover bekend geen informatie beschikbaar, maar omwille van de volledigheid zijn ze toch opgenomen.*

Tabel 4-1: Referentiewaarden voor de Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand (GVG), Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en grondwaterinvloed (Bal 2001; 5.1.2.e 2004; Ertsen et al. 2005; Bobbink et al. 2007; Runhaar et al. 2009 en het referentiebestand van Royal HaskoningDHV). GLG en GVG uitgedrukt in centimeter beneden maaiveld (cm -mv). Een negatieve waarde geeft daarmee een waterstand boven maaiveld.

Natuurbeheertype	GVG (cm -mv)	GLG (cm -mv)	Grondwater invloed
Moeras (N05.01)	20 - -20	40-80	- [1]
Nat schraalland (N10.01)	20 - -5	20-60	Ja, basenarm
Vochtig hooiland (N10.02)	5 -50	> 80	Ja, basenrijk[2]
Kruiden- en faunarijk grasland (N12.02)	>40	>60	-
Rivier- en Beekbegeleidend bos (N14.01)	20 - -20	40-80	Ja, aangerijkt

[1] Goed ontwikkeld rietmoeras gedijt slecht bij de aanwezigheid van uitsluitend zuur regenwater.
[2] Schoon, niet verrijkt oppervlaktewater kan deze functie overnemen, vergelijkbaar met de vroegere praktijk van bevloeiing.
[3] Getallen tussen haakjes geven aan dat afhankelijk van de lokale omstandigheden het getal tussen haakjes als bovengrens kan gelden.

Kijken we naar de in tabel 4-1 weergegeven referentiewaarden en vergelijken we die gegevens samengebracht in paragraaf 3.4.2 valt onmiddellijk op dat met name de GLG te ver uitzakt voor bijvoorbeeld Nat schraalland (N10.01), Vochtig hooiland (N10.02) en Beekbegeleidend bos (N14.01), terwijl de GVG maar gedurende een relatief korte periode wordt gehaald. De beschikbare gegevens geven verder geen aanleiding te vermoeden dat nog sprake is van bovenlokale of regionale kwel die kwaliteit heeft die nodig is voor beide beheertypes. Het huidige beheertype (N12.02 Kruiden- en Faunarijk grasland; niet weergegeven op kaart) ter plaatste van de ambitietypes Vochtig hooiland (N10.02) en Nat schraalland (N10.01) is veel minder kritisch wat betreft haar eisen aan de standplaats - zo is van kwelafhankelijkheid geen sprake- en komt overal binnen bereik. Dat betekent dat, uitgaande van de verzamelde gegevens, de hydrologische situatie ontoereikend is voor de (grondwaterafhankelijke) ambitietypes, maar passend voor de veel minder kritische beheertypes daar wel binnen. Dit past ook bij de conclusies van (5.1.2.e 2019) die laat zien dat de ontwikkeling van met name de graslandvegetaties stagneert.

Belangrijk voor de verdere ontwikkeling van Natte Natuurparel Oudland is herstel van de invloed van het diepere, (iets) aangereikte regionale of bovenlokale grondwater. Het lokale grondwater, dat met de in het verleden uitgevoerde inrichtingsmaatregelen, zoveel mogelijk in het gebied wordt gehouden is naar verwachting te weinig aangereikt. De invloed van dat water is naar zich laat aanzien vanaf de jaren dertig van de vorige eeuw geleidelijk aan steeds verder afgenomen als gevolg van de steeds betere (en diepere) ontwatering 5.1.2.e Oudland en omgeving. Naar verwachting vraagt herstel van Natte Natuurparel Oudland maatregelen buiten de grenzen van de natuurparel zelf.

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. Echter 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 echter of het model het hydrologisch systeem van het natuurgebied voldoende goed (in detail) beschrijft. Dit hoofdstuk gaat hier nader op in.

5.1 Beschikbare metingen

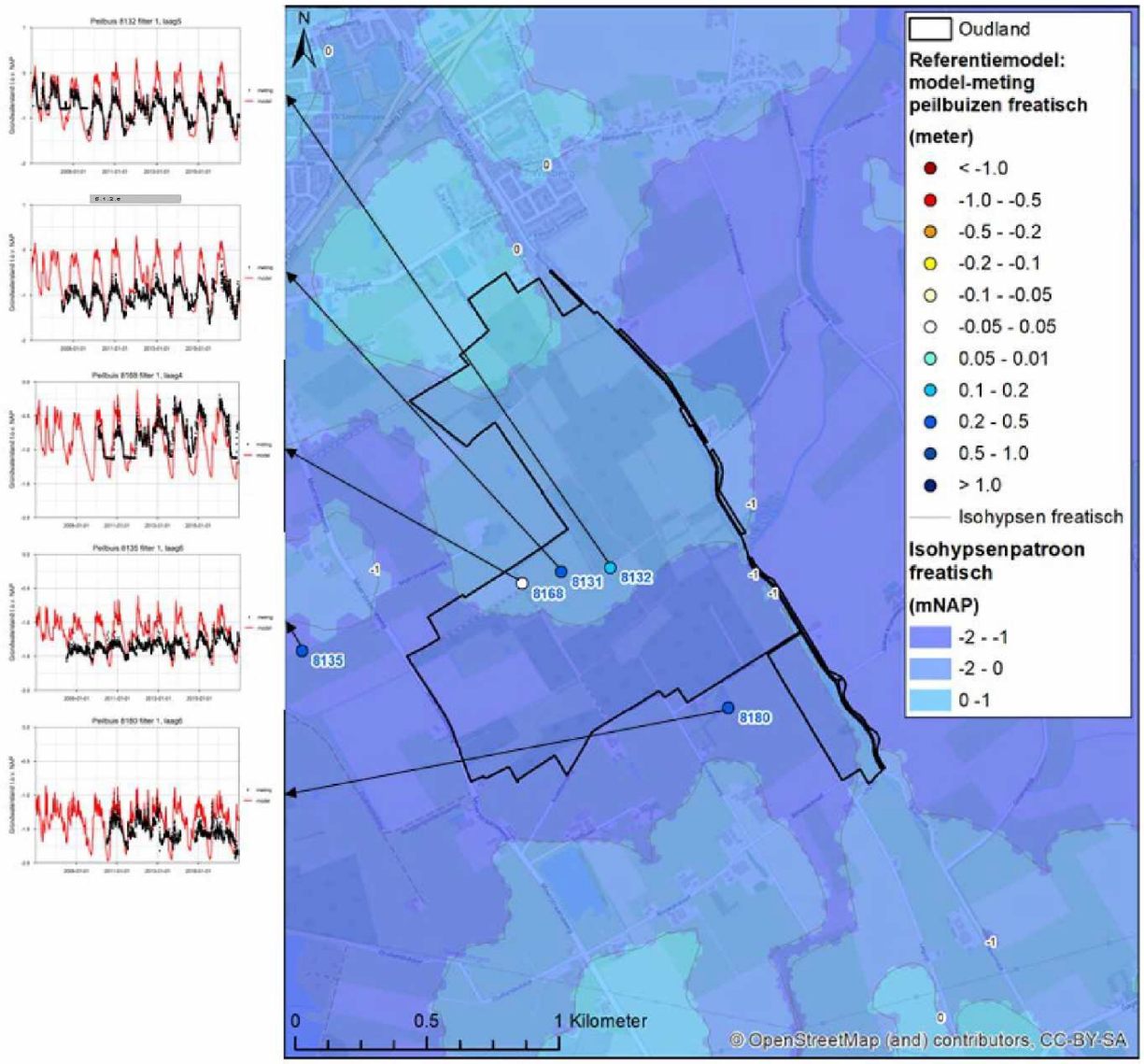
Het model is gevalideerd met meetgegevens uit de ijkset van het Brabantmodel (Royal HaskoningDHV 2019). Deze dataset is opgebouwd uit metingen van Dinoloket aangevuld met metingen van waterschap Brabantse Delta. De dataset is gecontroleerd op betrouwbaarheid, ook met tijdreeksanalyse. De verificatie wordt 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 vijf peilbuizen in de omgeving van het Oudland die de grondwaterstand meten in het freatische pakket (Figuur 5-1). Er liggen drie peilbuizen binnen het natuurgebied en twee peilbuizen in de nabije omgeving. Peilbuizen in het diepe watervoerende pakket onder de Waalreklei ontbreken.

5.2 Grondwaterstand en stijghoogte

Het freatische pakket ligt boven de bovenste Waalre kleilagen. Uit voorgaande systeemanalyse blijkt dat de grondwaterstand sterk wordt bepaald door de topografie en de ontwateringstoestand. De freatische grondwaterstanden in het Oudland zijn het hoogst bij de hogere dekzandruggen, hier is de grondwaterstand tussen de 40 cm boven NAP tot 20 cm onder NAP (Figuur 5-1). In het zuidelijk deel van het natuurgebied zijn de grondwaterstanden lager door de aanwezigheid van diepe afwateringsloten. Het model simuleert de dynamiek in grondwaterstanden goed op de hogere gronden (peilbuis 8132, 8168) waar de grondwaterstand ongeveer 1 meter daalt en stijgt tussen het winter en zomerseizoen. Er worden soms te hoge grondwaterstanden berekend in het winterseizoen (peilbuis 8131 en 8135). In werkelijkheid kan het ondiepe grondwater hier makkelijker gedraineerd worden dan nu in het model verwerkt zit. Met aanvullend veldwerk kan het model verbeterd worden in de detaillering van het oppervlaktewatersysteem (ligging van greppels, slootjes, bodemdieptes).



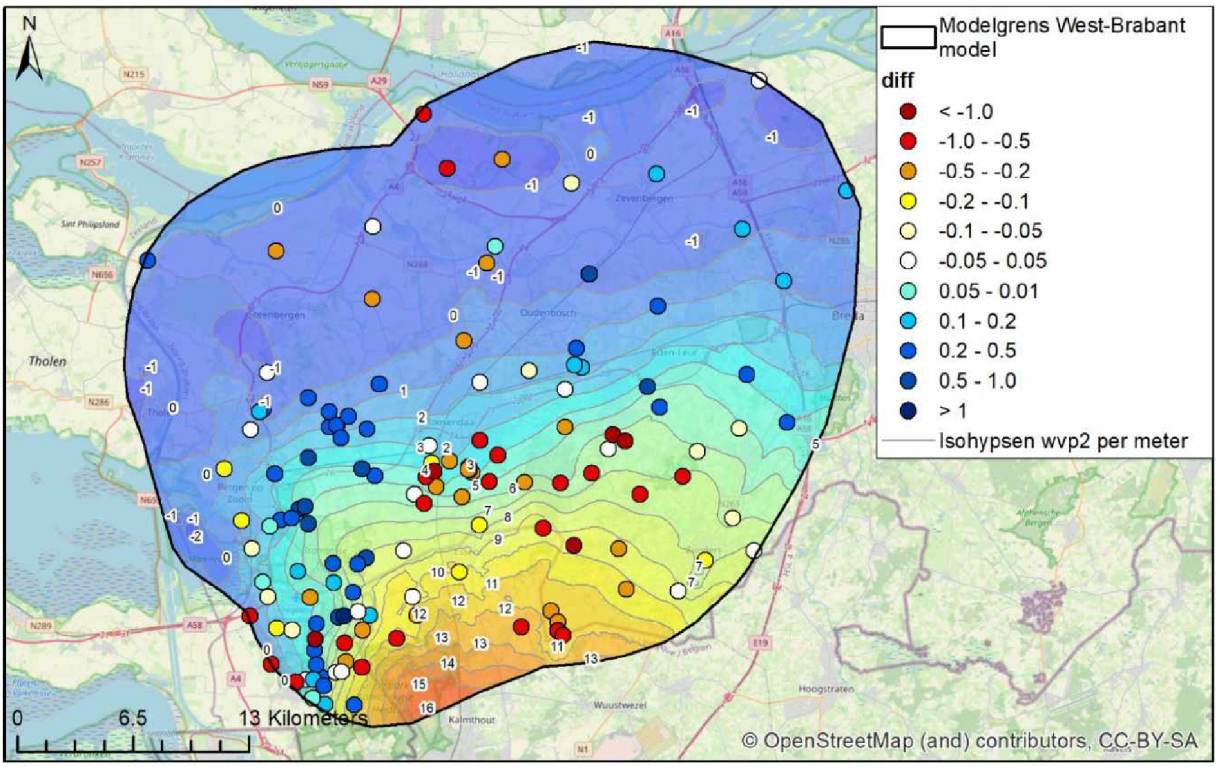
Figuur 5-1: Freatische grondwaterstanden berekend door het Brabantmodel in een gemiddelde situatie (stationair 2009-2016). De punten geven de ligging van freatische peilbuizen aan en het verschil tussen de gemeten gemiddelde grondwaterstand en de berekende grondwaterstand (Blauw is te nat, rood is te droog).

In detail zijn de volgende verschillen tussen metingen en berekeningen zichtbaar:

- Peilbuis 8168, 8131 en 8132 liggen relatief hoog op een dekzandrug, hierdoor liggen de grondwaterstanden hier tussen 1,5 tot 2,4 meter onder maaiveld. De dynamiek is het grootst in peilbuis 8132 (80 cm), deze peilbuis ligt het verst van de omliggende waterlopen af. Ook is in deze peilbuis de GHG het hoogst: 48 cm onder NAP. In peilbuis 8168 is de dynamiek 56 cm en in peilbuis 8132 is deze 63 cm. De GLG bij peilbuis 8168 wordt naar verwachting overschat omdat deze een aantal keer is drooggevallen.
- Peilbuis 8135 ligt richting de laagte bij de Ligne. Deze peilbuis kent de laagste dynamiek (28 cm). Ook liggen hier de grondwaterstanden dichter bij maaiveld: 27 tot 55 cm onder maaiveld.

- De grondwaterstand in peilbuis 8180 varieert tussen 0,6 tot 1,2 meter onder maaiveld. Deze peilbuis toont een trendbreuk vanaf 2013. Vanaf dit moment zijn de grondwaterstanden in de winter lager en is er minder dynamiek aanwezig. Deze trendbreuk wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de ingrepen in het watersysteem tussen 2012 en 2014 in het kader van het inrichten van de Natte Natuurparels. Opvallend is dat hierdoor de grondwaterstanden lager zijn geworden.

Er zijn geen peilbuizen aanwezig onder de Waalre klei. Wel kan op basis van het regionale isohypsenpatroon en modelafwijkingen iets geconcludeerd worden over de modelprestatie van het model onder de Waalre klei. De stijghoogte in het Oudland ligt tussen 0 en -1 meter onder NAP. Ten noorden van dit natuurgebied is er nauwelijks gradiënt in de isohypsen, dit is het peilgestuurde gebied. Hier is het model vooral te droog, maar er zijn weinig metingen aanwezig. Ten zuiden is er een sterk gradiënt aanwezig in de isohypsen, dit is het vrij afwaterende deel van West-Brabant. In het vrij afwaterende deel zijn de gemeten stijghoogtes systematisch lager dan het model; het model is te droog. Deze afwijkingen kunnen veroorzaakt worden door modelafwijkingen in de weerstanden van de Waalre klei of doorlaatvermogen van het watervoerende pakket.

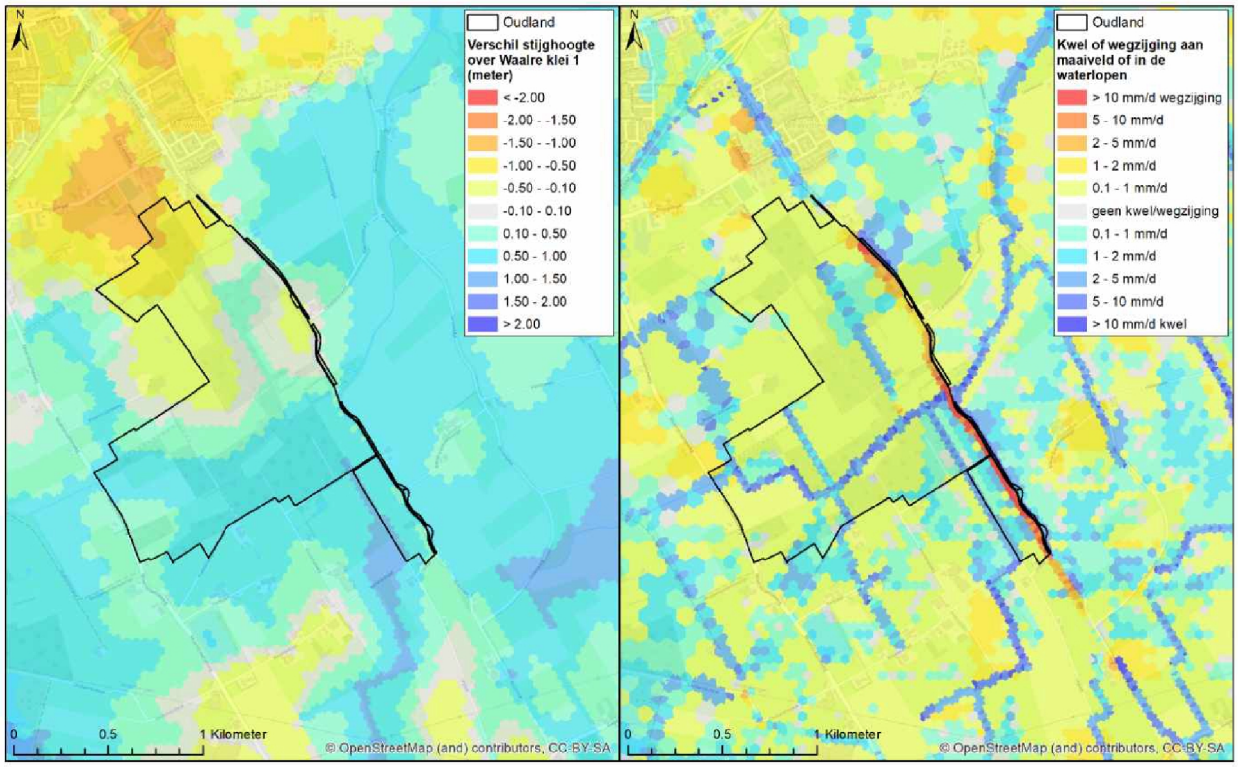


Figuur 5-2: Isohypsenpatroon in het tweede watervoerende pakket (modellaag 9 t/m 17). De punten tonen de locaties van de peilbuizen waarmee het model is vergeleken. De kleur van de punten geeft aan hoeveel het model verschilt met de peilbuizen in meters. Bij blauwe kleuren is het model te nat, bij rode en gele kleuren is het model te droog.

5.3 Kwel en wegzijging

Volgens de systeemanalyse 5.1.2.e et al. (1998) komt er regionale kwel voor over de Formatie van Waalre. Dit diepe kwelwater wordt vooral afgevangen door het drainagesysteem. Binnen Oudland zijn geen peilbuizen aanwezig waarmee dit vermoeden bevestigd kan worden. Het model kan wel gebruikt worden voor een beoordeling van de kwel en wegzijging over de Waalre klei en aan maaiveld.

In het watervoerende pakket onder de bovenste Waalreklei is de berekende stijghoogte ongeveer 0 meter NAP. In het zuidelijk deel van het natuurgebied zijn de grondwaterstanden lager door de aanwezigheid van diepe afwateringsloten, hier ligt de grondwaterstand onder 1 meter onder NAP. Dit betekent dat hier grondwater vanuit de diepte door de Waalre klei omhoog stroomt (Figuur 5-3, links). Aan maaiveld wordt bijna al het kwelwater afgevoerd door de diepe sloten in het natuurgebied (Figuur 5-3, rechts). In het noordelijk deel zijn de grondwaterstanden hoger dan 0 meter NAP en hier kan dus water infiltreren. De mate van kwel of infiltratie wordt sterk bepaald door de lokale grondwaterstand en dit beeld komt redelijk overeen met de metingen. De grondwaterstand wordt wel iets te hoog berekend waardoor de mate van kwel mogelijk onderschat wordt in het model. De hoeveelheid kwel hangt ook af van de weerstand van de Waalreklei. Of de hoeveelheid kwelwater goed berekend is kan niet gecontroleerd worden omdat het aan afvoermetingen ontbreekt. Met aanvullende metingen kan hier een beter beeld van worden verkregen. Boringen geven meer inzicht in de dikte van de Waalreklei.



Figuur 5-3: Links: Verschil tussen stijghoogte onder de Waalre klei 1 en de grondwaterstand. Blauwe kleuren betekenen opwaartse stroming (kwel), gele en rode kleure 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 Effect van maatregelen en tijdreeksanalyse

Het effect van maatregelen voor het inrichten van het Oudland in het kader van de verdrogingsbestrijding is uit metingen aan te tonen als gebruik wordt gemaakt van een tijdreeksanalyse waarmee de natuurlijke invloed van neerslag en verdamping uit de meetreeks gefilterd kan worden. In het Oudland zijn de maatregelen uitgevoerd in 2010. Door (Ebbens 2021) is een dergelijke tijdreeksanalyse gedaan voor 5 peilbuizen. De invloed van maatregelen uit 2010 is niet aantoonbaar uit de metingen. Wel is sinds 2014 in twee peilbuizen (8131 en 8168) een stijging van de GHG en GVG zichtbaar (Figuur 5-4). Echter in peilbuis 8132 daalt de grondwaterstand. Een mogelijke reden is dat de omgelegde Oudlandse watergang te diep is gegraven waardoor deze een drainerende werking heeft (Ebbens 2021). De gevoeligheid van de diepteligging en daarmee drainerende werking van deze watergang kan met het model in beeld worden gebracht.



Figuur 5-4: Gemeten grondwaterstand en voortschrijdende gxg voor peilbuis 8131(Ebbens 2021).

5.5 Aanbevelingen voor het grondwatermodel

Op basis van de hiervoor gepresenteerde bevindingen de belangrijkste aandachtpunten voor het hydrologische systeem van Oudland op een rij:

- Het watersysteem in het Oudland kan verbeterd worden in het grondwatermodel (zie Figuur 3-9) met het verwerken van de recente inrichtingsmaatregelen. Met veldwerk kan meer inzicht worden verkregen over de werking van de sloten en greppels in het gebied.
- Er zijn geen metingen beschikbaar onder de Waalre klei. Het is daardoor moeilijk te zeggen over stroming over de Waalre klei goed wordt gesimuleerd. Extra peilbuizen kunnen gezet worden om hier meer inzicht in te geven.
- Regionaal berekent het model systematisch te hoge stijghoogten in het watervoerende pakket onder de Waalre klei ten zuiden van het Oudland. Extra kalibratie van het model is daarom van belang voor dit watervoerende pakket.

Referenties

AHN. 2021. Algemeen Hoogtebestand Nederland. Available online at: http://www.ahn.nl/pagina/apps-en-tools/viewer.html; last accessed February 6, 2020.

Anoniem. 2021. Wildernis Kaartenkamer. Available online at: http://www.wildernis.eu/chart-room/.

5.1.2.e 2001. *Handboek natuurdoeltypen*. Expertisecentrum LNV, Wageningen.

5.1.2.e and 5.1.2.e 1974. *Ruilverkavelingsgebied Kruisland - Wouw: de bodemgesteldheid delen 1 en 2*. Stichting voor 5.1.2.e

Bobbink, R., 5.1.2.e and 5.1.2.e 2007. *Grondwaterkwaliteitsaspecten bij vernatting van Natte natuurparels in Noord-Brabant*. B-WARE, Nijmegen.

5.1.2.e 2004. *Onderzoek naar de abiotische standplaatsvereisten van verschillende beekbegeleidende Alno/Padion en Alnion incanae gemeenschappen*. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.

5.1.2.e 2012. *Projectplan Oudland en Halstersch Laag*. Arcadis, 's-Hertogenbosch.

Dinoloket. 2021. Dinoloket. Available online at: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen.

Ebbens, O. 2021. *Natte Natuurparel Oudland concept*. Artesia Water research Unlimited, Schoonhoven.

5.1.2.e 1948. *Een bodemkartering van de omgeving van Bergen op Zoom*. Stichting voor 5.1.2.e

5.1.2.e and 5.1.2.e 1954. *Verkenningsonderzoek naar het voorkomen van leem in enige gebieden van Noord-Brabant*. Stichting voor 5.1.2.e

Ertsen, A., 5.1.2.e and 5.1.2.e 2005. *OGOR natuur in Brabant - Hydrologische randvoorwaarden voor Brabantse natuurdoeltypen*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.

Grondwatertools. 2021. Grondwatertools. Available online at: https://www.grondwatertools.nl/grondwatertools-viewer.

Kadaster. 2021. TopoTijdreis. Available online at: http://topotijdreis.nl/.

5.1.2.e 2013. *Verdwenen venen. Een onderzoek naar de ligging en exploitatie van thans verdwenen venen in het gebied tussen* 5.1.2.e *Geertruidenberg en Willemstand 1250-1750*. Picture Publishers, Woudrichem.

Lizard. 2021. Lizard. Available online at: https://rhdhv.lizard.net/.

Nationaal Archief. 1841. Topografische kaart 1842 van de omgeving van Roosendaal.

Natuurtijdschriften. 2021. Natuurtijdschriften - Toegang tot tijdschriften over de Nederlandse natuur. Available online at: https://natuurtijdschriften.nl/natuur.

NDFF. 2021. Nationale Databank 5.1.2.e en Fauna. Available online at: https://ndff-ecogrid.nl/.

Provincie Noord-Brabant. 2020. *Natuurbeheerplan Noord-Brabant - Algemene tekst en kaarten*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.

Provincie Noord-Brabant. 2015. *Provinciaal Milieu- en Waterplan 2016-2021 - Sámen naar een duurzaam gezonde en veilige leefomgeving ni Brabant*. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.

5.1.2.e 1984a. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant deel 3*. Stichting voor 5.1.2.e

5.1.2.e 1984b. *Cultuurhistorisch Landschapsonderzoek Streekplangebied West-Brabant delen 1 & 2*. Stichting voor 5.1.2.e

Royal HaskoningDHV. 2019. *Update Hydrologische Gereedschapskist Noord-Brabant*. Royal HaskoningDHV.

Runhaar, H., 5.1.2.e and 5.1.2.e 2017. *Toestandrapportage Verdroging Noord-Brabant 2017*. KWR, Royal HaskoningDHV, Nieuwegein.

Runhaar, H., 5.1.2.e and 5.1.2.e 2009. *Ecologische vereisten Habitattypen*. KWR, Nieuwegein.

5.1.2.e 2019. *Beheerplan Oudland en Cruijslandse kreken 2019-2028*. Stichting het Noord-Brabants Landschap, Haaren.

5.1.2.e 5.1.2.e 5.1.2.e and 5.1.2.e 1998. *Ecohydrologische systeembeschrijving in het veengebied ten noorden van de Brabantse Wal*. TNO.

TNO. 2003. *Lithostratigrafische nomenclator ondiepe ondergrond*. TNO, Utrecht. Available online at: https://www.dinoloket.nl/nomenclator-ondiep; last accessed July 26, 2017.

5.1.2.e 5.1.2.e and 5.1.2.e 2011. *Atlas van Nederland in het Holoceen.* Amsterdam.

5.1.2.e 2019. RHDHV rapport. Ondiepe infiltratie via beregeningsputten

Wachtendonk, A. van, & 5.1.2.e & B. 5.1.2.e 2021. RHDHV rapport. Effect van grondwaterwinningen in West-Brabant op grondwaterstanden

Waterschap Brabantse Delta. 2021. Vastgestelde Legger Oppervlaktewater. Available online at: https://www.brabantsedelta.nl/legger.