

NOTITIE

PROJECT	:	Ooij, Erlecomsedam 32 - Reomie-terrein
PROJECTNUMMER	:	P21-0413
ONDERWERP	:	Geohydrologisch onderzoek
DATUM	:	6 juni 2023
OPGESTELD DOOR	:	G.T. van Spronsen
STATUS	:	Definitief

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op het Reomie-terrein in Ooij, in de gemeente Berg en Dal, is SchipperBosch voornemens circa 200-250 woningen te ontwikkelen. BOOT is betrokken bij deze ontwikkeling en heeft in opdracht van SchipperBosch een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd.

1.2 Doel

Om de lokale geohydrologische situatie in beeld te brengen wordt de bestaande, relevante geohydrologische situatie van het plangebied beschreven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaande gegevens aangevuld met resultaten uit geohydrologisch veldwerk. De geohydrologische notitie dient als input voor het waterhuishoudkundig plan.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstukken 2 en 3 van deze notitie gaan in op de huidige situatie en de geohydrologische opbouw van het plangebied. In hoofdstuk 3 en 4 wordt het geohydrologisch booronderzoek en het infiltratieonderzoek beschreven. In hoofdstuk 5 wordt een indicatieve opbarstberekening beschreven. Hoofdstuk 6 beschrijft een kwelanalyse van het plangebied. De notitie sluit af met hoofdstuk 7 waarin de conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen.

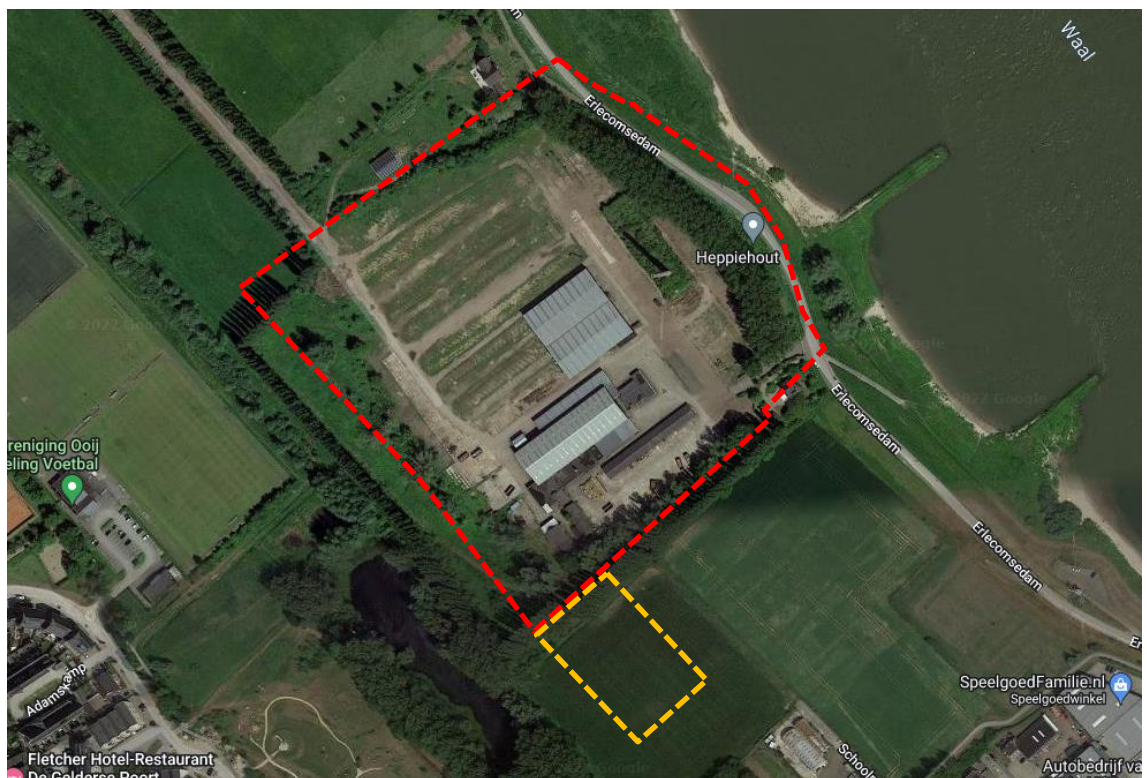
Ter ondersteuning van deze notitie zijn de volgende bijlagen opgenomen:

- A. Veldwerkresultaten BOOT
- B. Veldwerkresultaten PJ Milieu BV
- C. Korrelverdelingsanalyse
- D. Indicatieve opbarstberekening

2 Huidige situatie

2.1 Locatie plangebied

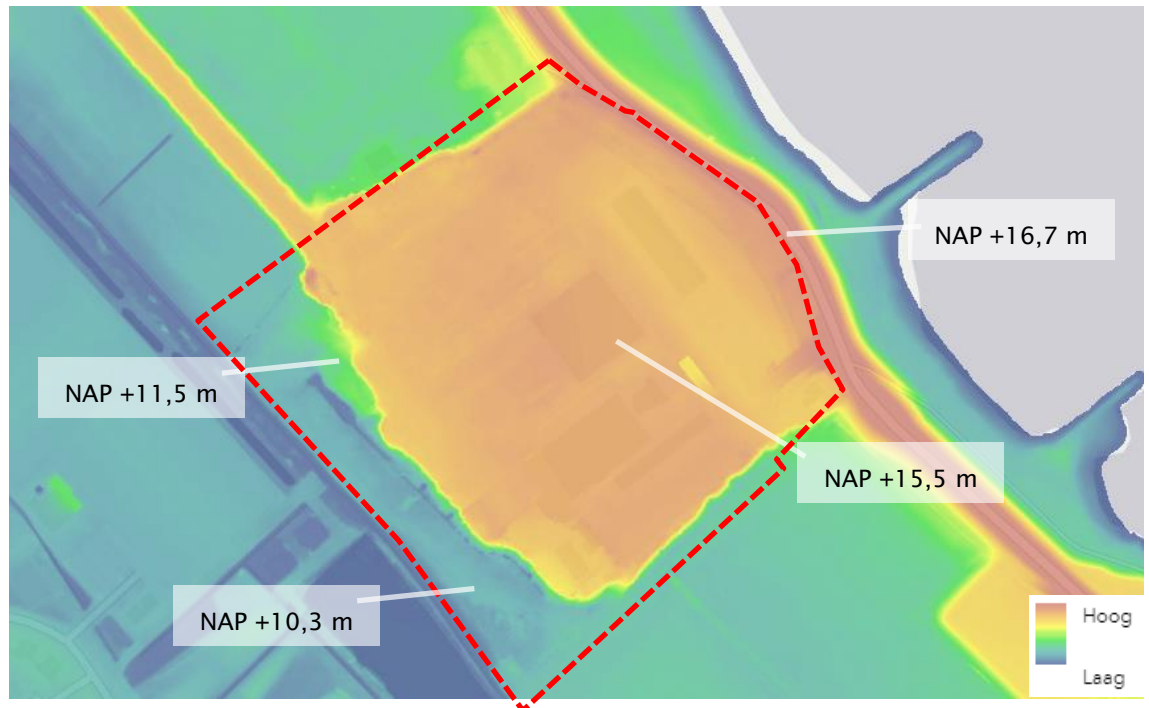
Het plangebied Reomie-terrein (zie Figuur 2.1) betreft een voormalige steenfabriek en is gelegen ten noorden van de kern Ooij. Het plangebied heeft een oppervlakte van circa 8 ha en ligt op circa 160 m ten zuidwesten van de Waal (afstand centrum plangebied tot rand Waal). Aan de zuidoostzijde is buiten de werkgrens een parkeerplaats gepland, deze locatie is aangegeven met de oranje contour in Figuur 2.1. Aangezien het geohydrologisch onderzoek met name van toepassing is op het gebied waar nieuwbouw wordt gerealiseerd wordt in dit onderzoek de focus gelegd op het oorspronkelijke plangebied (rode contour).



Figuur 2.1: Locatieliggings plangebied Reomie-terrein Ooij (rode kader).

2.2 Maaiveldverloop

Het maaiveld ter plaatse van het plangebied ligt over het algemeen op een hoogte van circa NAP +15,2 m. Dit terrein is in het verleden opgehoogd. Aan de zuidwestrand ligt een strook waarvan het maaiveld niet is opgehoogd, dit terrein varieert over het algemeen van circa NAP +9,5 m (blauw in Figuur 2.2) tot circa NAP +11,0 m (groen in Figuur 2.2). Voor dit gebied wordt gerekend met een gemiddelde maaiveldhoogte van NAP +10,0 m. Het wegpeil van de dijk (Erlecomsedam) ligt op circa NAP +16,7 m. Zie Figuur 2.2 voor het maaiveldverloop binnen het plangebied.



Figuur 2.2: Maaiveldverloop plangebied Reomie-terrein (bron: AHN4, 2022).

3 Geohydrologie plangebied

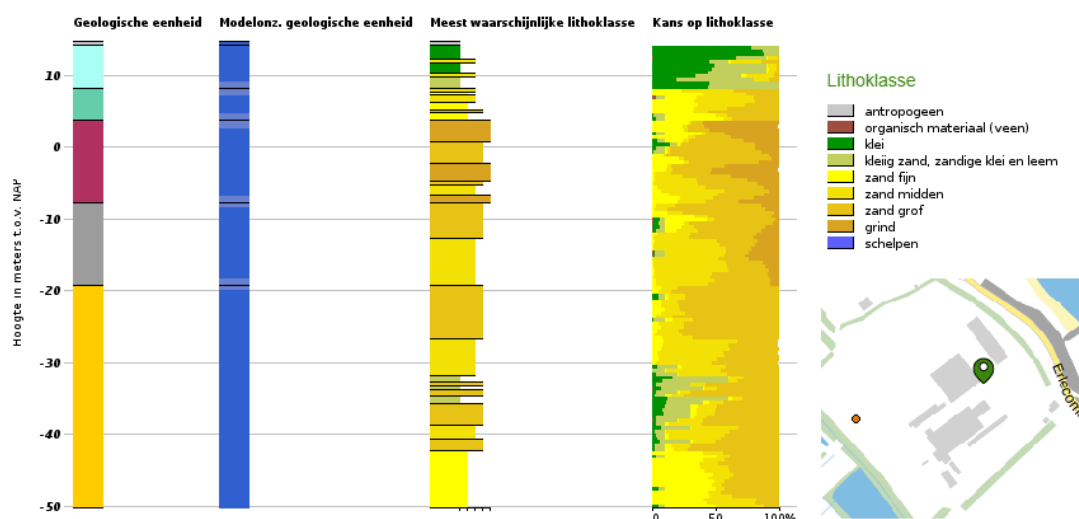
3.1 Bodemopbouw

De huidige geohydrologische situatie ter plaatse van het plangebied is beschreven op basis van beschikbare databronnen (voornamelijk www.DINOloket.nl), het geohydrologisch veldwerk en een door PJ Milieu BV uitgevoerd bodemonderzoek (d.d. 11 juni 2021).

Regionale bodemopbouw

De regionale bodemopbouw is bepaald aan de hand van een geologisch boorprofiel uit DI-NOLOket; model GeoTOP v1.4, zie Figuur 3.1. In het meest linkse profiel is de geologische eenheid weergegeven. De ondergrond van het plangebied is opgebouwd uit de Formatie van Echteld (cyaan en groenblauw), Formaties van Kreftenheye en Boxtel (paars), gestuwde afzettingen (grijs) en de Formatie van Peize en Formatie van Waalre (geel).

Ter plaatse van het plangebied ligt een deklaag van circa 6 m (tot circa NAP +8,5 m) bestaande uit klei en kleiig zand. Daaronder bestaat de meest waarschijnlijke bodemopbouw tot circa 60 m-mv hoofdzakelijk uit een afwisseling van fijn (eerste 4 m), midden en grof zand en grind.



Figuur 3.1: Geologische bodemopbouw en lithoklasse aan de hand van een boorprofiel van DINoloket (2022). Hoogtes zijn vanwege het grote maaiveldverloop weergegeven t.o.v. NAP.

Lokale bodemopbouw

Basis voor het vaststellen van de lokale bodemopbouw is het geohydrologisch veldwerk binnen het plangebied, uitgevoerd door BOOT (februari 2022) en het verkennend bodemonderzoek door PJ Milieu BV. In het kader van deze werkzaamheden zijn onder andere 4 boringen geplaatst tot een diepte van 6,0 m-mv en 5 boringen tot 8 m-mv. In het kader van dit geohydrologisch onderzoek worden alleen voor de geohydrologie relevante zaken beschreven. Het veldwerk door BOOT is weergegeven in bijlage A, het veldwerk door PJ Milieu BV gedeeltelijk in bijlage B.

Een schematisatie op basis van de geohydrologische boringen is weergegeven in Tabel 3.1. De maaiveldophoging bestaat uit circa 4 m zand met daaronder circa 2 m zandige, humeuze en siltige klei. Deze 2 m betreft vermoedelijk een eerder vergraven laag waardoor de bodemopbouw veel varieert. Vanaf het omliggende maaiveld (circa NAP +10,0 m) bestaat de bodemopbouw uit circa 3,5 m klei, met daaronder uiterst grof zand tot het einde van de boringen. In de ophooglaag zijn op diverse dieptes bijmengingen waargenomen van onder andere steen, houtskool, slakken en puin. Over het algemeen hebben deze bijmengingen een reducerende invloed op de doorlatendheid.

Tabel 3.1: Schematisatie bodemopbouw naar aanleiding van het geohydrologisch veldwerk.

BODEMLAAG [M NAP]	BODEMTYPE
15,5 - 11,2	ZAND, matig-zeer grof, zwak grindig
11,2 - 9,2	KLEI, zandig, humeus, siltig
9,2 - 7,6	KLEI, matig siltig
7,6 - 6,9	KLEI, sterk siltig
6,9 - 3,8	ZAND, uiterst grof, grindig

3.2 Grondwater en stijghoogte

In de directe omgeving van het plangebied zijn geen peilbuizen aanwezig waarin recent de grondwaterstanden gemonitord zijn. Door BOOT zijn op 21 en 22 februari 2022 3 peilbuizen geplaatst waarin de stijghoogte en grondwaterstand voor een periode van 6 maanden

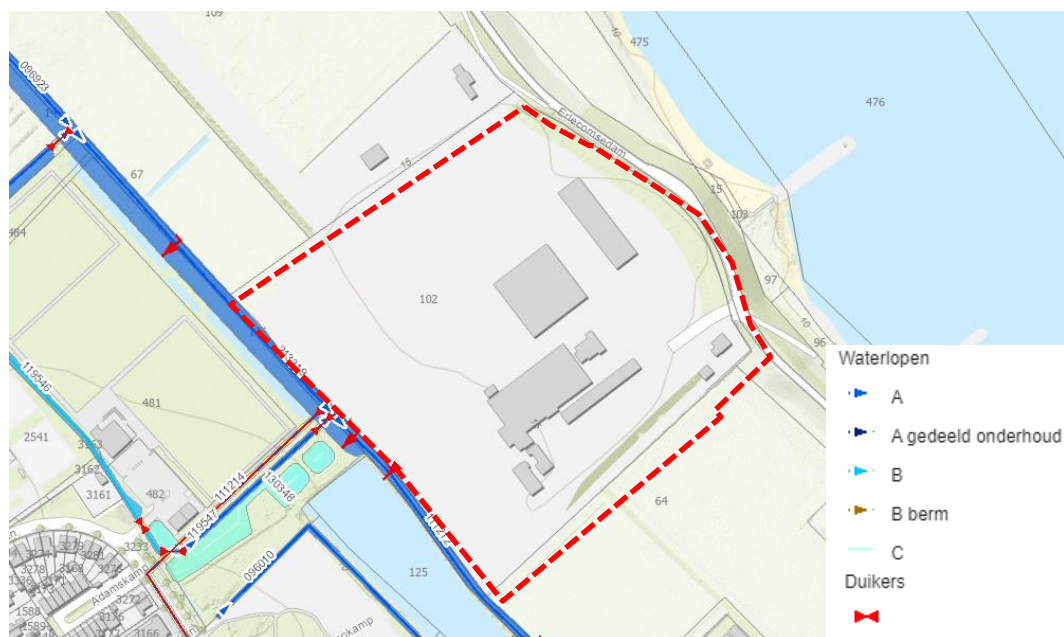
gemonitord worden. Op basis van deze monitoring kan voor de locatie de GHG/GLG ingeschat worden, deze gegevens worden na afronding van de monitoring toegevoerd aan deze notitie.

Tijdens het veldwerk is in de boorprofielen grondwater waargenomen op een diepte van 0,6-0,8 m-mv (circa NAP +9,2 m).

Op basis van de waarnemingen in het veld wordt de GHG vooralsnog ingeschat op NAP +9,4 m. Op basis van omliggende peilbuizen met historische metingen (periode 1980-2000) wordt de representatief hoge stijghoogte ingeschat op NAP +9,7 m. Hierbij wordt opgemerkt dat deze inschatting wordt bijgesteld na afronding van de grondwatermonitoring (globaal september 2022).

3.3 Oppervlaktewater

Aan de zuidwestzijde grenst het plangebied aan een A-watergang. Aan de noordoostzijde grenst het plangebied aan een dijk, met daarachter de Waal. Een uitsnede van de legger oppervlaktewater van Waterschap Rivierenland is weergegeven in Figuur 3.2. Het plangebied is gelegen in peilgebied Groesbeek & Ooijpolder. Binnen dit peilgebied valt het plangebied binnen peilbesluit OOO10, wat een streefpeil heeft van NAP +9,15 m.



Figuur 3.2: Uitsnede plangebied legger Waterschap Rivierenland (2022).

4 Infiltratieonderzoek

Van boring GH03 en GH04 is van respectievelijk 1,65-2,00 m-mv en 1,00-1,50 m-mv een sedimentmonster genomen en in het laboratorium een korrelgrootte verdeling bepaald (zie de resultaten in bijlage D). Met behulp van door BOOT ontwikkelde software is van de korrelverdeling een k-waarde bepaald.

In Tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de bodemlagen waarin een grondmonster is genomen, en het resultaat van de k-waarde berekening.

Tabel 4.1: Overzicht bodemlagen, bodemsamenstelling en resultaat doorlatendheid

MEETPUNT	DIEPTE METING [M-MV]	BODEMSAMENSTELLING	K-WAARDE [M/DAG]
GH03	1,65-2,00	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig	26
GH04	1,00-1,50	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig	28

Conform de classificatie doorlatendheid van het Cultuurtechnisch Vademecum (2000) worden beide monsters ingedeeld als zeer goed doorlatend. Een oorzaak van deze hoge k-waarde is onder andere de aanwezigheid van grind en kiezelstenen (zie Figuur 4.1). Over het algemeen hebben deze bijmengingen een gunstig effect op de doorlatendheid. Wanneer echter zeer grote stenen aanwezig zijn, in combinatie met bijvoorbeeld siltig zand kan dit juist een negatief effect hebben op de doorlatendheid. Verwacht wordt dat dit hier niet het geval is.



Figuur 4.1: Aangetroffen kiezelstenen en grind tijdens het veldwerk.

Op basis van de infiltratiemetingen blijkt dat toplaag van zand op het hogere gedeelte geschikt is voor infiltratiemogelijkheden. Hierbij gelden echter wel enkele beperkingen en adviezen:

- De zandlaag heeft een beperkt bergend vermogen door de slecht doorlatende kleilaag vanaf circa 3,8 m-mv. Grote en langdurige neerslaghoeveelheden kunnen leiden tot grondwateroverlast. Geadviseerd wordt hier rekening mee te houden, door bijvoorbeeld de aanleg van een drain of het realiseren van een overstortvoorziening.
- Geadviseerd wordt ter plaatse van toekomstige infiltratievoorzieningen onderzoek te doen naar de diepteligging van de kleilaag, voordat de voorzieningen daadwerkelijk gerealiseerd worden. Aangezien de zandlaag is opgebracht wordt een grote variatie in de dikte van het zandpakket niet verwacht, maar dit is niet uit te sluiten.

5 Opbarstberekening

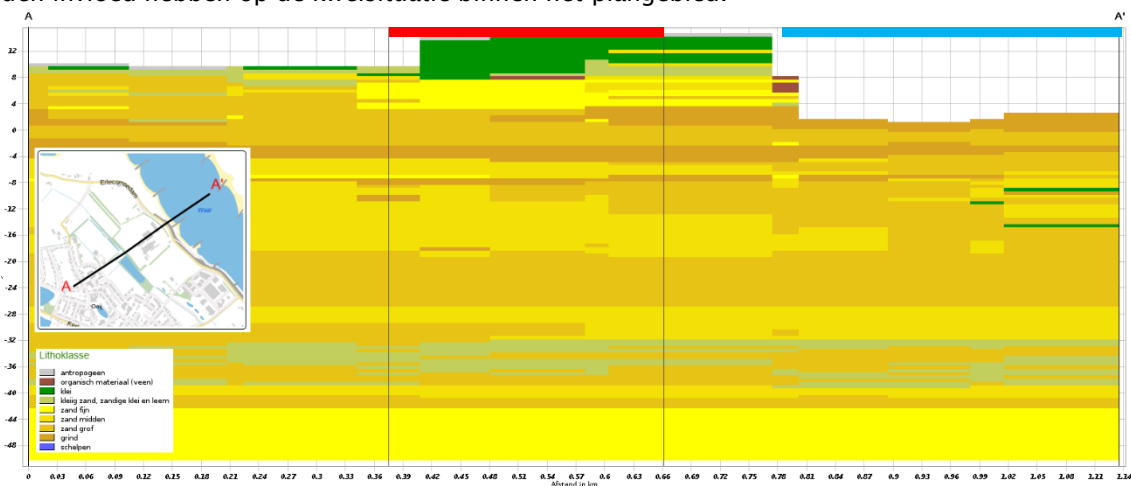
Voor de locatie is een indicatieve opbarstberekening uitgevoerd. Omdat de geplande ontwikkelingen nog niet bekend zijn, is gerekend met een maximale afgraving, waarbij het risico op opbarsten beperkt blijft. Samengevat zijn de uitgangspunten en resultaten als volgt:

- Stijghoogte: NAP +9,7 m (0,3 m-mv)
- Ontgravingsdiepte: NAP +8,8 m (1,2 m-mv)
- Gronddruk neerwaarts totaal: 30,7 kN/m²
- Waterdruk opwaarts: 27,5 kN/m²

De veiligheidsfactor is berekend op 1,12 (moet >1,1 zijn voor voldoende stabiliteit). De volledige berekening is weergegeven in bijlage D. De maaiveldhoogte en dikte van de aanwezige kleilaag kunnen lokaal variëren, waardoor het resultaat van de opbarstberekening kan afwijken. Daarom wordt geadviseerd bij eventuele ontgravingen de lokale dikte van de kleilaag te onderzoeken met behulp van enkele grondboringen. Daarnaast wordt geadviseerd bij permanente ontgraving van de kleilaag (bijvoorbeeld bij realisatie van een watergang) de weerstand van de kleilaag te herstellen door toepassing van bijvoorbeeld een bentoniet scherm.

6 Kwelanalyse

Op een afstand van circa 160 m ten noordoosten van het Reomie-terrein ligt de Waal. Voor het lager gelegen gedeelte is deze afstand groter. Hier betreft het circa 300 m. Aangezien de rivier insnijdt in het eerste watervoerend pakket (zie Figuur 6.1) kunnen hoge rivierstanden invloed hebben op de kwelsituatie binnen het plangebied.



Figuur 6.1: Dwarsprofiel over plangebied (rood) en de Waal (blauw).

6.1 Uitgangspunten

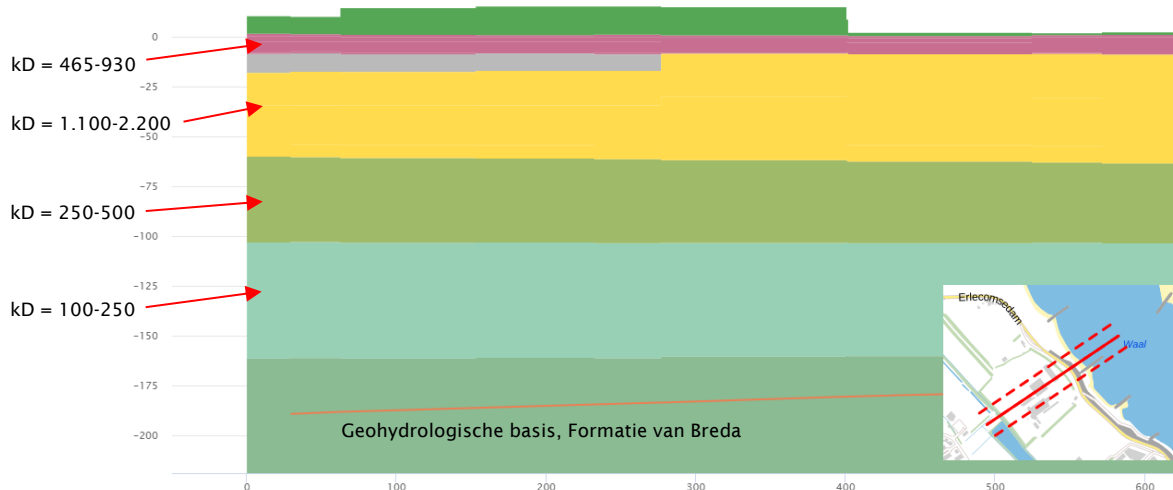
Dikte deklaag

De verticale weerstand (c-waarde) van deze kleilaag is niet in het veld gemeten maar worst-case geschat op basis van de lithologie (Bot, 2016). De c-waarde is aangenomen op 100 dagen per meter klei ($k_v=0,01$ m/d).

De dikte van de deklaag binnen het plangebied is onderzocht tijdens het geohydrologisch veldwerk door BOOT in februari 2022, zie paragraaf 3.1 voor een beschrijving van de resultaten. Voor het opgehoogde deel is de deklaag circa 4,3 m ($c = 430$ dagen), voor de zuidwestelijke strook is de deklaag circa 3,1 m ($c = 310$ dagen).

Dikte watervoerend pakket

In Figuur 6.1 is een dwarsprofiel over de Waal en het plangebied, met daarin de meest waarschijnlijke lithoklasse, weergegeven. De kD -waarde van het 1-ste watervoerend pakket is op basis van dit profiel niet goed in te schatten. In Figuur 6.2 is een dwarsprofiel weergegeven op basis van het model REGIS II. Hierin zijn de geschatte kD -waarden weergegeven. De kD -waarde van het totale watervoerend pakket ligt waarschijnlijk afgerond tussen 2.000 m^2 /dag en 3.900 m^2 /dag. Voor de kwelberekening gaat het om een toename van kwel dus heeft het verschil in kD -waarde relatief weinig effect. Voor de berekening is een gemiddelde kD -waarde van 3.000 m^2 /dag aangehouden.



Figuur 6.2: Dwarsprofiel uit REGIS-model (bron: Grondwatertools). C-waarden weergegeven in dagen en kD-waarden weergegeven in m²/dag, beide afkomstig uit REGIS II (DINOloket).

Waterstand

Voor de kwelanalyse is het relevant te achterhalen wat een maatgevend hoge rivierstand is in de Waal. Hiervoor is gebruik gemaakt van lineaire interpolatie tussen meetpunten Nijmegen Haven en de Pannerdense Kop (bron: Waterdata Rijkswaterstaat). Zie Tabel 6.1 voor de berekende hoogwaterstand ter plaatse van het plangebied en Figuur 6.3 voor de locaties van de meetpunten.

Tabel 6.1: Interpolatie hoogwater tussen meetpunten Nijmegen Haven en de Pannerdense Kop. Data afkomstig van Waterinfo Rijkswaterstaat, 2022.

	NIJMEGEN HAVEN	BEREKENING PLANGEBIED	PANNERDENSE KOP
Verhoogde waterstand	NAP +10,5 m	NAP +11,5 m	NAP +12,5 m
Afstand tot plangebied	8,5 km		8,5 km



Figuur 6.3: Locaties meetpunten Rijkswaterstaat Waterinfo. Links punt Nijmegen haven, rechts Pannerdense kop en in de rode cirkel het plangebied.

Waterpeilen peilbesluit

Het plangebied ligt in een gebied met een peil van NAP +9,15 m (zie paragraaf 3.3).

Grondwaterstand

De GHG voor het plangebied is ingeschat op NAP +9,4 m (zie paragraaf 3.2).

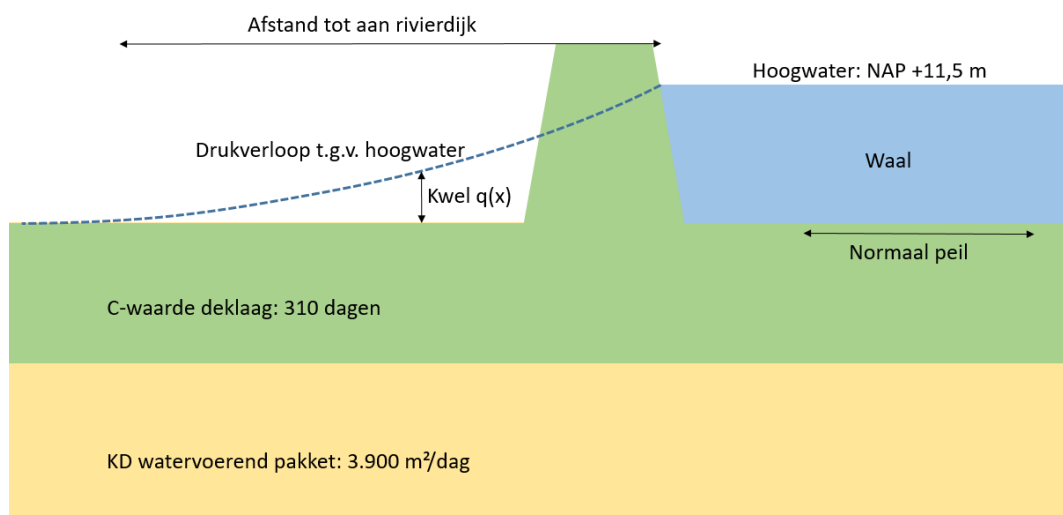
6.2 Berekening en resultaten

Een kwelsysteem (Figuur 6.4) wordt wiskundig beschreven volgens Mazure, en op basis van die relatie wordt de beïnvloeding vanaf de Maas bepaald. De onderstaande relatie geeft dan de kwelflux, $q(x)$, weer door de deklaag naar het freatisch niveau.

$$q(x) = \frac{\Delta\phi_x}{c} e^{-\frac{x}{\sqrt{kDc}}}$$

Bovenstaande symbolen hebben de volgende betekenis:

$q(x)$	kwelflux door deklaag [$\text{m}^3/\text{dag}/\text{m}^2$]
x	afstand tot aan de waterlijn/dijk [m]
$\Delta\phi_x$	stijghoogteverloop over de deklaag t.g.v. hoogwater [m]
kD	doorlaatvermogen in watervoerend pakket [m^2/dag]
c	weerstand in deklaag [dag]

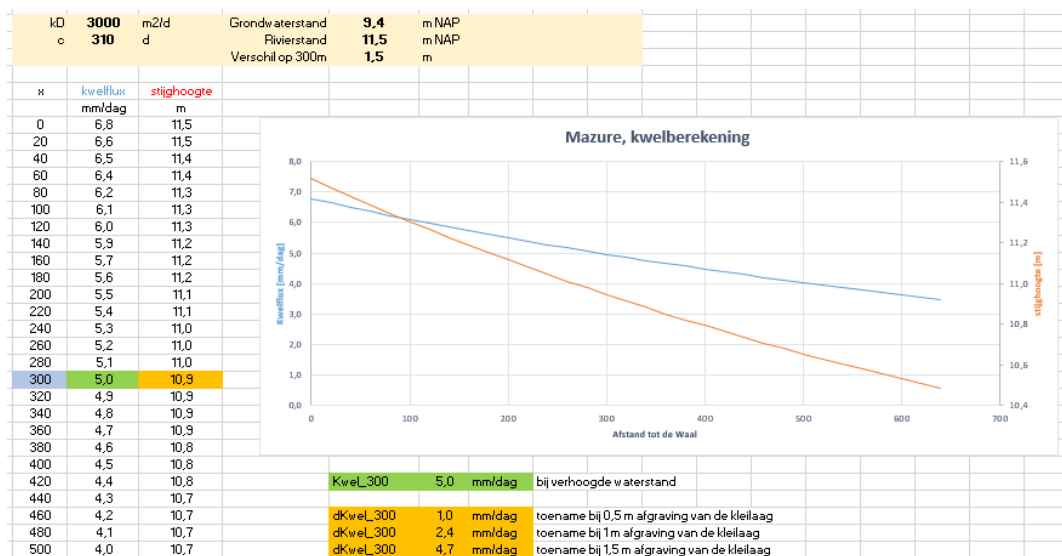


Figuur 6.4: Schematisatie hydrologische systeem plangebied. Afbeelding is niet op schaal.

Binnen het opgehoogde deel ligt het maaiveld op een niveau van circa NAP +15,2 m. Dit ligt ruim boven de hoogwaterstand (verschil is 1,9 m). Gezien dit hoogteverschil is het onwaarschijnlijk dat binnen het opgehoogde deel kwel zal optreden, een toename van kwel is daarom ook uit te sluiten.

Omdat voor het plangebied geen concrete plannen voor ontgravingen bekend zijn is de toename van kwelflux berekend voor 3 verschillende ontgravingdieptes, zie Figuur 6.5. Bij de verdere uitwerking van ondergrondse waterbergingen moet rekening worden gehouden met een extra berging voor de standaard kwel en eventuele kweltoename.

Voor de kwelflux dient opgemerkt te worden dat dit een situatie betreft met hoog water, dus de normale kwelflux van 5,0 mm/dag door de kleilaag komt enkel voor bij een situatie met een verhoogde waterstand van NAP +11,5 m.



Figuur 6.5: Berekening kwel en kweltoenames bij diverse afgravingen voor een situatie met een verhoogde waterstand in de Waal.

7 Conclusies en adviezen

- ▶ Het maaiveld ter plaatse van het plangebied ligt over het algemeen op een hoogte van circa NAP +15,2 m. Dit terrein is in het verleden opgehoogd. Aan de zuidwestrand ligt een strook waarvan het maaiveld niet is opgehoogd, dit terrein varieert over het algemeen van circa NAP +9,5 m tot circa NAP +11,0 m.
- ▶ De maaiveldophoging bestaat uit circa 4 m zand met daaronder circa 2 m zandige, huuzeu en siltige klei. Deze 2 m betreft vermoedelijk een eerder vergraven laag waardoor de bodemopbouw veel varieert. Vanaf het omliggende maaiveld (circa NAP +10,0 m) bestaat de bodemopbouw uit circa 3,5 m klei, met daaronder uiterst grof zand.
- ▶ Op basis van de waarnemingen in het veld wordt de GHG vooralsnog ingeschat op NAP +9,4 m. Op basis van omliggende peilbuizen met historische metingen (periode 1980-2000) wordt de representatief hoge stijghoogte ingeschat op NAP +9,7 m. Deze inschatting wordt bijgesteld na afronding van de grondwatermonitoring.
- ▶ Op basis van de infiltratiemetingen wordt de opgehoogde ondergrond ingedeeld als zeer goed doorlatend met een k-waarde van >25 m/dag.
- ▶ De zandlaag heeft een beperkt bergend vermogen door de slecht doorlatende kleilaag vanaf circa 3,8 m-mv. Grote en langdurige neerslaghoeveelheden kunnen leiden tot grondwateroverlast. Geadviseerd wordt hier rekening mee te houden, door bijvoorbeeld de aanleg van een drain of het realiseren van een overstortvoorziening.
- ▶ Geadviseerd wordt ter plaatse van toekomstige infiltratievoorzieningen onderzoek te doen daar de diepteligging van de kleilaag, voordat de voorzieningen daadwerkelijk gerealiseerd worden.
- ▶ Voor de zuidelijke (verlaagde) strook is een opbarstberekening uitgevoerd. Bij een stijghoogte van NAP +9,7 m is de maximale ontgravingsdiepte 1,2 m (tot NAP +8,8 m). Daarna is het risico op opbarsten aanwezig (veiligheidsfactor kleiner dan 1,1).
- ▶ Voor de zuidelijke strook is eveneens een kwelanalyse uitgevoerd. Bij een verhoogde rivierstand van NAP +11,5 m is de maximale kwelflux door de kleilaag 5,0 mm/dag. Bij een afgraving van 0,5 m, 1,0 m of 1,5 m is de berekende kweltoename 1,0 mm/dag, 2,4 mm/dag en 4,7 mm/dag.
- ▶ Geadviseerd wordt bij het ontwerpen van voorzieningen in de zuidelijke strook rekening te houden met de kwel bij een hoogwater situatie en met kweltoename door eventuele afgravingen.

Bijlage A

Veldwerk BOOT

- Boorlocaties
- Boorprofielen

Bijlage B

Veldwerk PJ Milieu BV (relevante delen)

- Boorlocaties
- Boorprofielen

Bijlage C

Korrelverdelingsanalyse

Bijlage D

Indicatieve opbarstberekening