



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Geohydrologische studie

Poort Lelystad te Lelystad

VN-82509-1 | 20 december 2022



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring



GeoICT



Advies

Wilt u meer informatie over één van onze diensten, kijk dan op [wiertsema.nl](https://www.wiertsema.nl)



Onderwerp: Geohydrologische studie
Poort Lelystad te Lelystad
Projectnummer: VN-82509-1
Opdrachtgever: Staatsbosbeheer
Contactpersoon: de heer J. Dam.

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	18 oktober 2022	
2	20 december 2022	Verwerking opmerkingen opdrachtgever over te hanteren werkwijze

Opgesteld door:	J. Popma MSc.
Handtekening:	
Documentnummer:	R87285
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	ing. M. Ypma



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Kwaliteitswaarborging	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Projectomschrijving.....	5
2.1	Onderzoeksgegevens	5
2.2	Projectomschrijving	5
3	Geohydrologisch systeem.....	8
3.1	Maaiveldniveau	8
3.2	Bodemopbouw	8
3.3	Grondwaterstroming.....	11
3.4	Oppervlaktewater	12
3.5	Zoet-zout grensvlak.....	13
3.6	Kwel / infiltratie	14
4	Geohydrologische effecten	15
4.1	Uitgangspunten	15
4.2	Evenwicht ontgravingsvlak	15
4.3	Werkmethoden en waterbeheer	17
4.4	Effect ontgroning op grondwaterstanden en stijghoogten	17
4.5	Effect kwelgrootte.....	18
5	Conclusies en aandachtspunten.....	19



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

In opdracht van Staatsbosbeheer te Deventer heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een geohydrologische studie opgesteld ten behoeve van het project "Poort Lelystad".

1.1 Aanleiding en doel

De geohydrologische studie is opgesteld in verband met de voorgenomen natuurontwikkelingsplannen in natuurgebied het Hollandse Hout. In de ontwikkelingsplannen zal een ontgroning uitgevoerd worden ten behoeve van het aanbrengen van watergangen.

Doel van de geohydrologische studie is om inzicht te krijgen in de gevolgen van de ontgroning op de geohydrologische processen ter plaatse. Belangrijke aspecten welke hierbij beschouwd worden zijn de invloed op de grondwaterstanden/stijghoogten, de effecten op de kwelgrootte en de effecten van voorgenoemde wijzingen op bijvoorbeeld het zoutgehalte.

1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieu-managementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA**.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk volgt in hoofdstuk 2 de projectbeschrijving. In hoofdstuk 3 volgt een beschrijving van het huidige (geo)hydrologische systeem. In hoofdstuk 4 worden effecten van de nieuwe situatie op de (geo)hydrologische processen in beeld gebracht. Tot volgt in hoofdstuk 5 een conclusies en aandachtspunten.



2 Projectomschrijving

2.1 Onderzoeksgegevens

Voorliggende rapportage is tot stand gekomen door onderstaande door de opdrachtgever aangeleverde documenten:

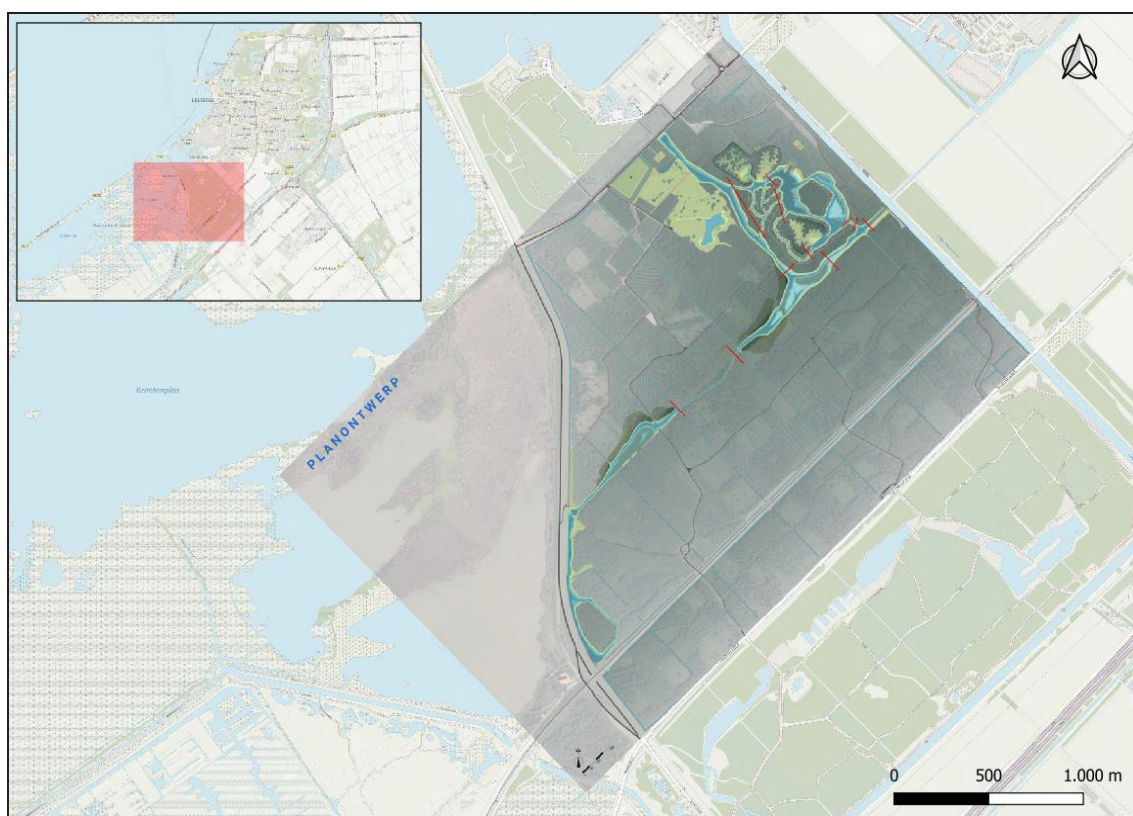
- Ref [1] Slenk Hollandse Hout + Natuurcamping, definitief ontwerp, H+N+S Landschapsarchitecten;
- Ref [2] Poort Lelystad, Analyse waterkwaliteit en waterveiligheid, Witteveen & Bos, 124922-004.770, d.d. 31 maart 2022;
- Ref [3] Notitie Stabiliteitsanalyse waterveiligheid Knardijk, Witteveen & Bos, 124922/21-018.389, d.d. 3 december 2021;
- Ref [4] Poort Lelystad, 12-07-2021 Resultaten 3^e loop in '2021-07-12 presentatie 3e loop_met kwel.pptx'
- Ref [5] Poort Hollandse Hout: dieptes zand en dikte dijkenklei, Staatsbosbeheer, d.d. 12 februari 2018.

De bovengenoemde gegevens vormen, aangevuld met onderstaande regionale gegevens, de basis voor de beschrijving van het projectplan, de bodemopbouw en de geohydrologische beschrijving.

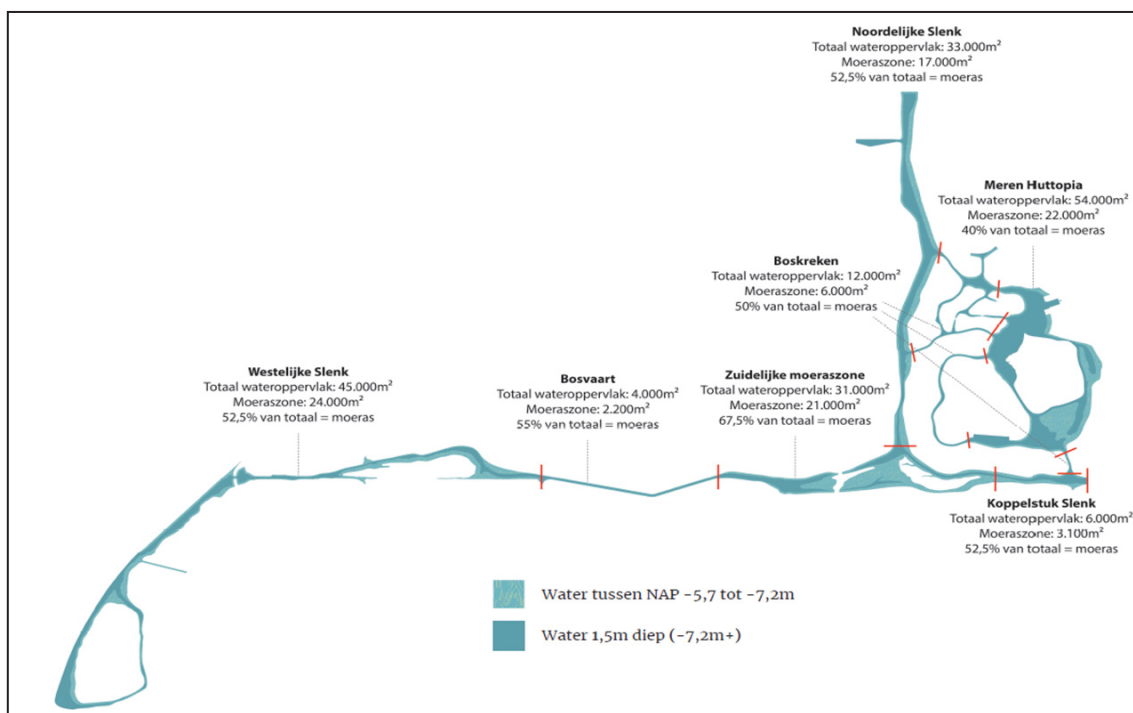
- Ref [6] Regionaal grondmodel REGIS versie 2.2.
- Ref [7] De bij TNO opgevraagde peilbuisgegevens;
- Ref [8] De bij TNO opgevraagde boorbeschrijvingen.

2.2 Projectomschrijving

De projectlocatie is gesitueerd ten noorden van de Oostvaardersplassen en ten zuiden van Lelystad (zie figuur 2.1). In het gebied wordt een recreatiegebied en een natuurkampeerterrein gerealiseerd. In de plannen wordt de bestaande watergang de Torenvalktocht vergraven. De te ver- en ontgraven watergangen zijn opgedeeld in verschillende gebieden. Deze zijn gespecificeerd in figuur 2.2. In tabel 2.1 is per gebied de ontgravingsdiepte aangegeven (zie Ref [4]). Door de opdrachtgever is aangegeven dat geen sprake mag zijn van opbarsten. Om opbarsten tegen te gaan zal gebiedseigen klei aangebracht worden op de waterbodem.



Figuur 2.1 Projectlocatie



Figuur 2.2 De te ver-/ontgraven watergangen per gebiedsdeel.



Tabel 2.1 Aannames Waterpeilen en bodemhoogtes uit Ref[4]

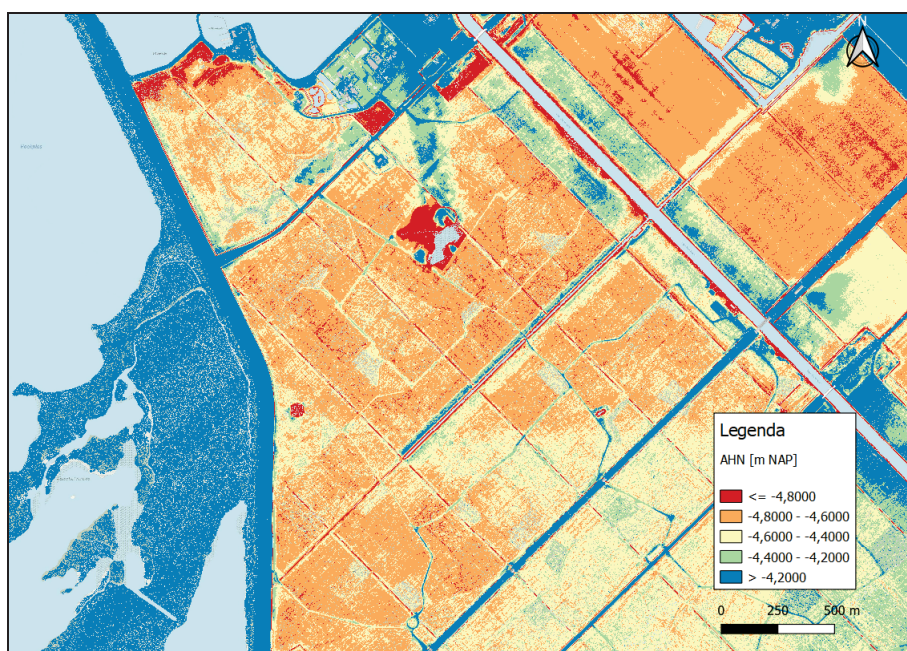
	Water- oppervlak [m ²]	Moeraszone [m ²]	Land- oppervlak [m ²]	waterpeil max [m N.A.P.]	waterpeil min [m N.A.P.]	Waterdiepte [m]	Bodemhoogte [m N.A.P.]
Boskreen	12.000	6.000	228.325	-5,4	-5,7	1	-6,4
Zuidelijke moeraszone	31.000	21.000	256.725	-5,4	-5,7	1	-6,4
Meren Huttoopia	54.000	22.000	208.374	-5,4	-5,7	2,5	-7,9
Westelijke slenk	45.000	24.000	462.289	-5,4	-5,7	1-1,5	-6,9
Bosvaart	4.000	2.200	231.666	-5,4	-5,7	1	-6,4
Noordelijke slenk	33.000	17.000	249.644	-5,4	-5,7	1,5	-6,9
Koppelstuk slenk	6.000	3.100	99.035	-5,4	-5,7	1,5	-6,9



3 Geohydrologisch systeem

3.1 Maaiveldniveau

In figuur 3.1 is het maaiveldverloop ter plaatse van de projectlocatie weergegeven volgens het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN3). Uit dit figuur blijkt dat de maaiveldhoogte in het projectgebied varieert tussen circa N.A.P. -4,4 en -4,8 m. De gemiddelde maaiveldhoogte bedraagt circa N.A.P. -4,6 m.

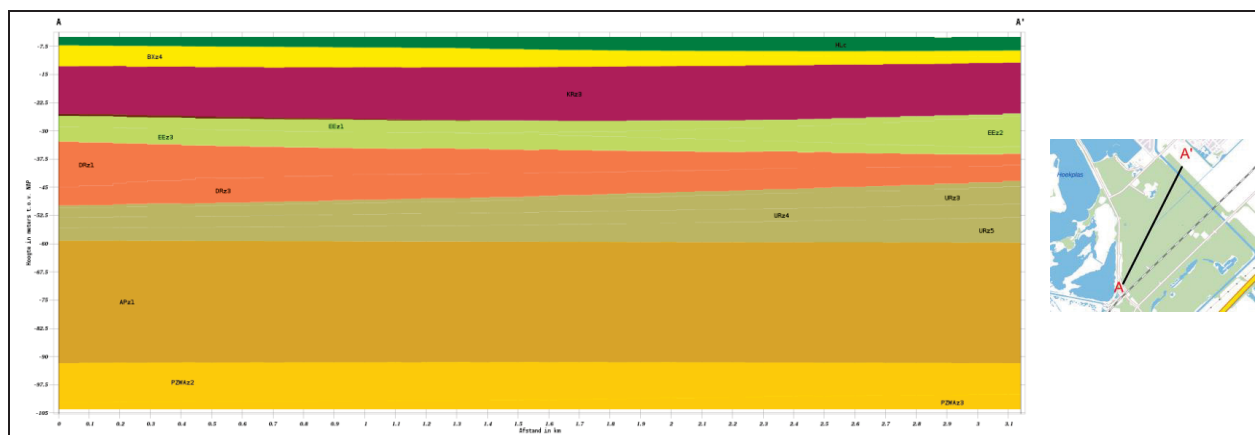


Figuur 3.1 Maaiveldhoogte volgens Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN3)

3.2 Bodemopbouw

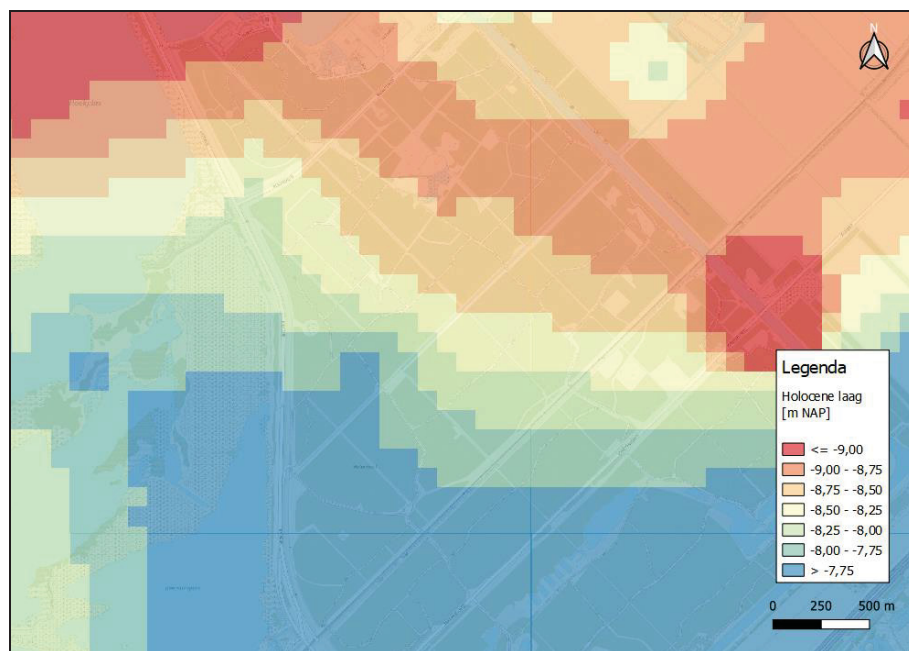
Op basis van het regionale grondmodel REGIS versie 2.2 kan de bodemopbouw op de projectlocatie als volgt beschreven worden:

Vanaf maaiveld tot een niveau van circa N.A.P. -7 à -9 m een Holocene deklaag aangetroffen bestaande uit klei- en veenafzettingen. Vervolgens wordt vanaf dit niveau tot circa N.A.P. -230 m een watervoerend pakket aangetroffen bestaande uit zandige afzettingen achtereenvolgens behorende tot de Formatie van Bostel, Kreftenheye, Eem, Drente, Urk, Appelscha en Peize/Waalre. Vanaf voorgenoemd niveau volgt de complexe eenheid van de Formatie van Peize. In figuur 3.2 is een doorsnede van het REGIS model getoond.



Figuur 3.2 Dwarsdoorsnede REGIS model

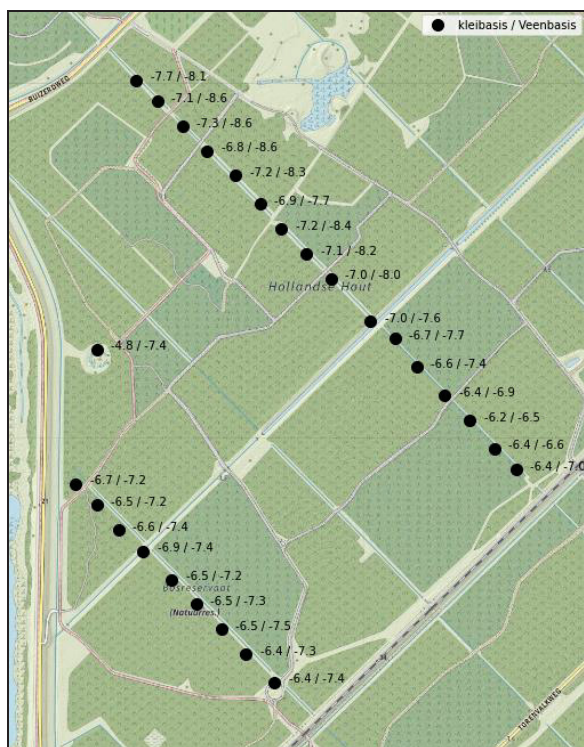
De dikte van de Holocene deklaag verloopt over de projectlocatie. In figuur 3.3 is de diepte van de basis van de deklaag volgens het regionale grondmodel REGIS getoond. Uit dit figuur blijkt dat over de projectlocatie er een deklaag aanwezig is tot circa N.A.P. -7,8 à -8,8 m.



Figuur 3.3 Verloop onderkant Holocene deklaag

Om meer inzicht te verkrijgen in de samenstelling van de Holocene deklaag zijn bij TNO boorbeschrijvingen opgevraagd ter plaatse van de projectlocatie. Uit deze beschrijvingen blijkt dat vanaf het maaiveld kleiafzettingen aangetroffen worden tot circa N.A.P. -4,8 à -7,7 m. Vervolgens volgt een veen/gyttja pakket tot N.A.P. -6,5 à -8,6 m. Daarna volgt het watervoerende zandpakket. In figuur 3.4 zijn per opgevraagde boring de niveaus aangegeven tot waar klei- en veen/gyttja lagen zijn aangetroffen. Uit dit figuur blijkt dat in zuidwestelijke richting de klei en veenlagen hoger liggen.





Figuur 3.4 Diepteligging klei en veenlagen

Door de opdrachtgever zijn op een viertal locaties proefsleuven gegraven om de diepteligging van het zand te bepalen. De resultaten van deze proefsleuven zijn gegeven in figuur 3.5. Het maaiveldniveau ter hoogte van de proefsleuven is niet ingemeten ten opzichte van N.A.P. Uitgaande van een ingeschat maaiveldniveau van N.A.P. -4,6 m is in de proefsleuven tot circa N.A.P. -5,6 à -5,8 m klei aangetroffen. Het zand bevindt zich op N.A.P. -8,6 à -9,3 m. De bevindingen in de proefsleuven komen daarmee overeen met de diepteligging van de klei- en veenlagen zoals beschreven in de opgevraagde boorstaten (figuur 3.4).



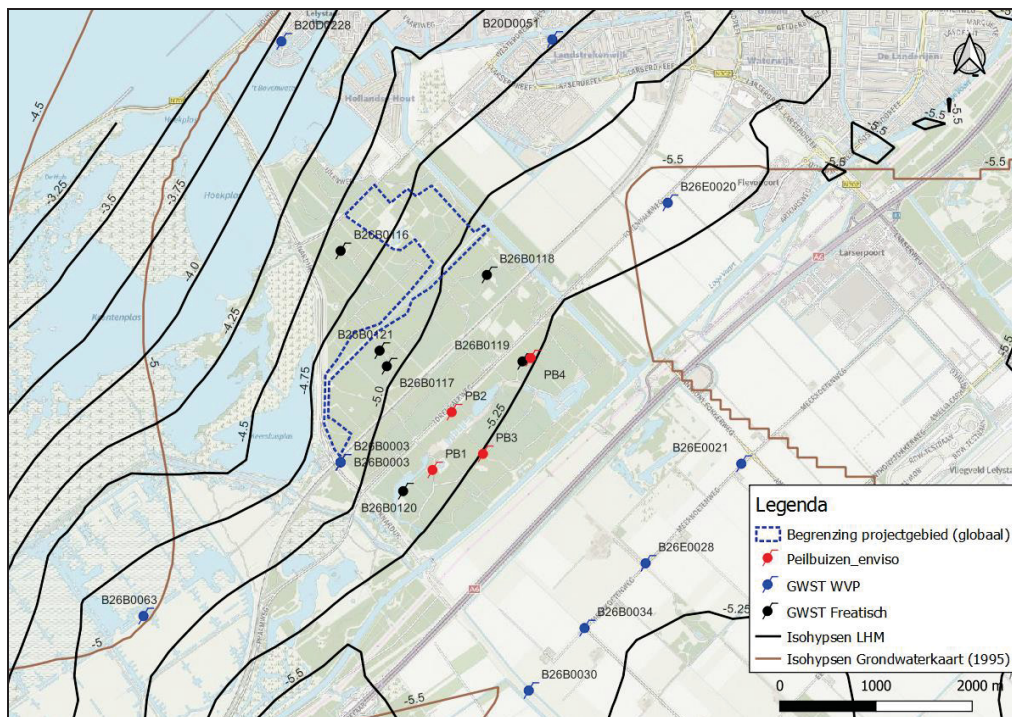
Figuur 3.5 Proefsleuven door Staatsbosbeheer



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

3.3 Grondwaterstroming

In figuur 3.6 is het isohypsen patroon getoond van het Nederlands Hydrologisch Model (LHM) en van de grondwaterkaart van Nederland. Op basis van deze gegevens wordt een stijghoogte verwacht in de ordegrootte van N.A.P. -4,8 à -5,5 m.



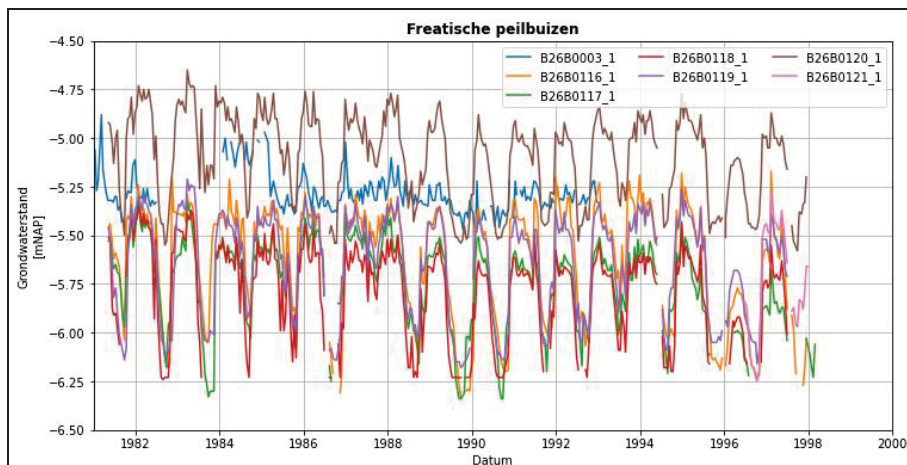
Figuur 3.6 Isohypsenpatroon stijghoogte watervoerend pakket volgens LHM en locaties opgevraagde peilbuisgegevens

Om meer inzicht te verkrijgen in de (freatische) grondwaterstand en stijghoogte ter hoogte van de projectlocatie zijn bij TNO peilbuisgegevens opgevraagd. In figuur 3.5 zijn de locaties van deze freatische en diepe peilbuizen reeds getoond. Daarnaast is door de opdrachtgever peilbuisdata aangeleverd van peilbuizen in het naastgelegen Hollandse Hout. Deze peilbuizen worden gemonitord door Envisio.

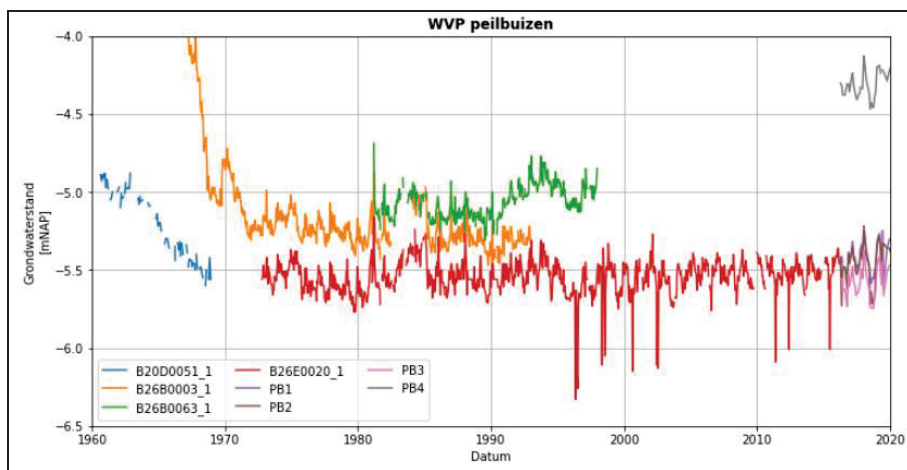
In figuren 3.7 en 3.8 zijn voor het freatische en watervoerende pakket de stijghoogtegegevens van de maatgevende peilbuizen getoond. Uit deze figuren blijkt dat de freatische grondwaterstand varieert tussen circa N.A.P. -4,75 en -6,25 m. De stijghoogte in het watervoerende pakket varieert ook tussen N.A.P. -4,75 en -6,25 m. De stijghoogte gegevens bevestigen daarmee het isohypsenpatroon getoond in figuur 3.5. PB4 van Envisio toont een stijghoogte van circa N.A.P. -4,2 m. Deze stijghoogte past niet in het regionale beeld uit de andere peilbuizen. Deze peilbuis wordt derhalve voor het regionale beeld niet maatgevend geacht.

Op de projectlocatie wordt op basis van figuur 3.5 en de meest recente metingen van Envisio de stijghoogte ingeschat op circa N.A.P. -5,3 m. Er wordt geadviseerd deze stijghoogte te verifiëren middels stijghoogtemetingen midden in het projectgebied.





Figuur 3.7 Grondwaterstandsgegevens freatische peilbuizen



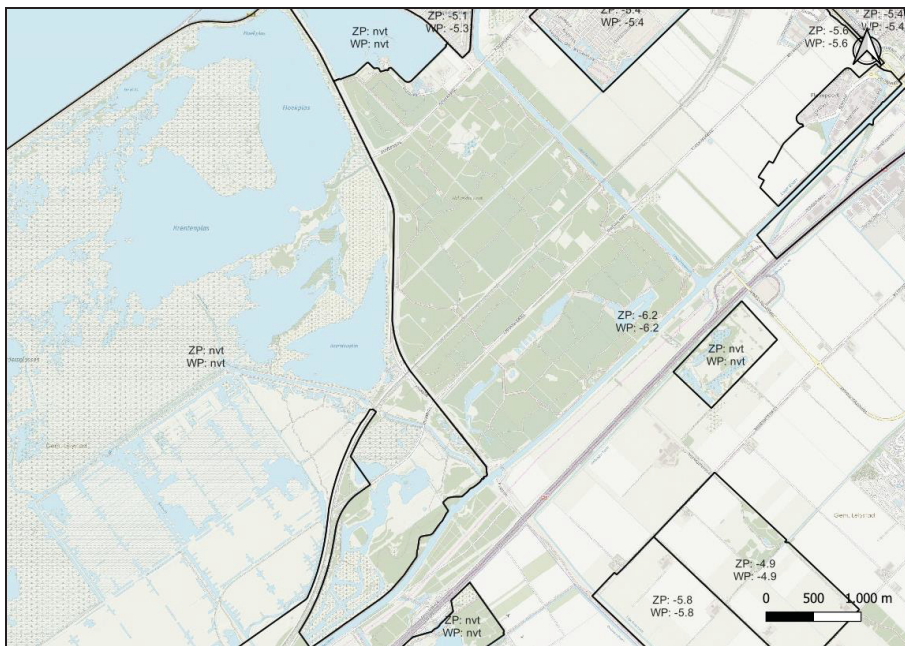
Figuur 3.8 Stijghoogtegegevens peilbuizen in WVP

3.4 Oppervlaktewater

De projectlocatie maakt deel uit van het beheersgebied van waterschap Zuiderzeeland. In figuur 3.9 is de indeling in peilgebieden getoond. In de peilgebieden zijn de zomer- en winterstreefpeilen getoond. In het gebied van de projectlocatie geldt een jaarrond streefpeil van N.A.P. -6,2 m.



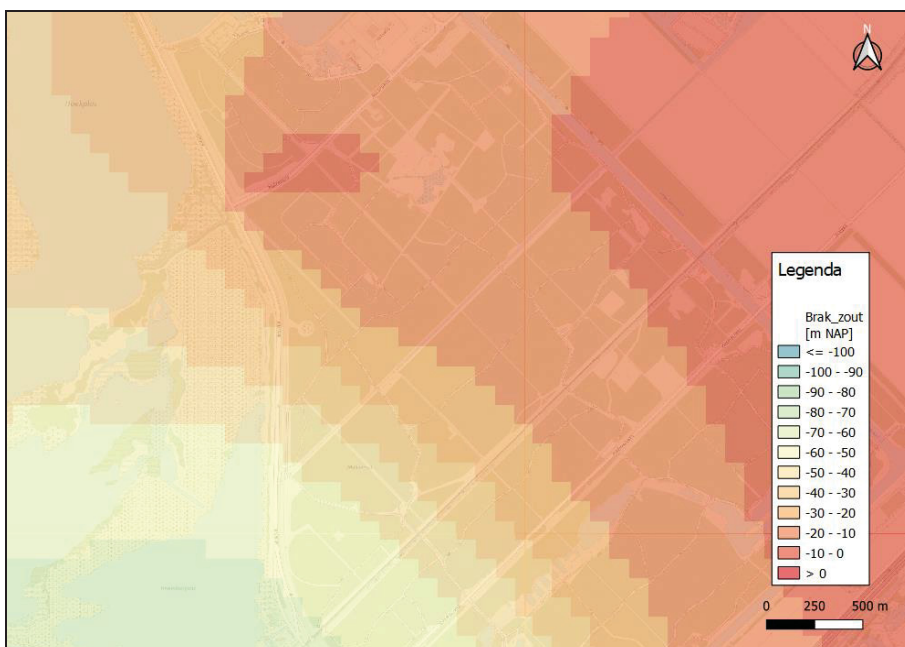
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Figuur 3.9 Streefpeilen van peilgebieden Waterschap Zuiderzeeland

3.5 Zoet-zout grensvlak

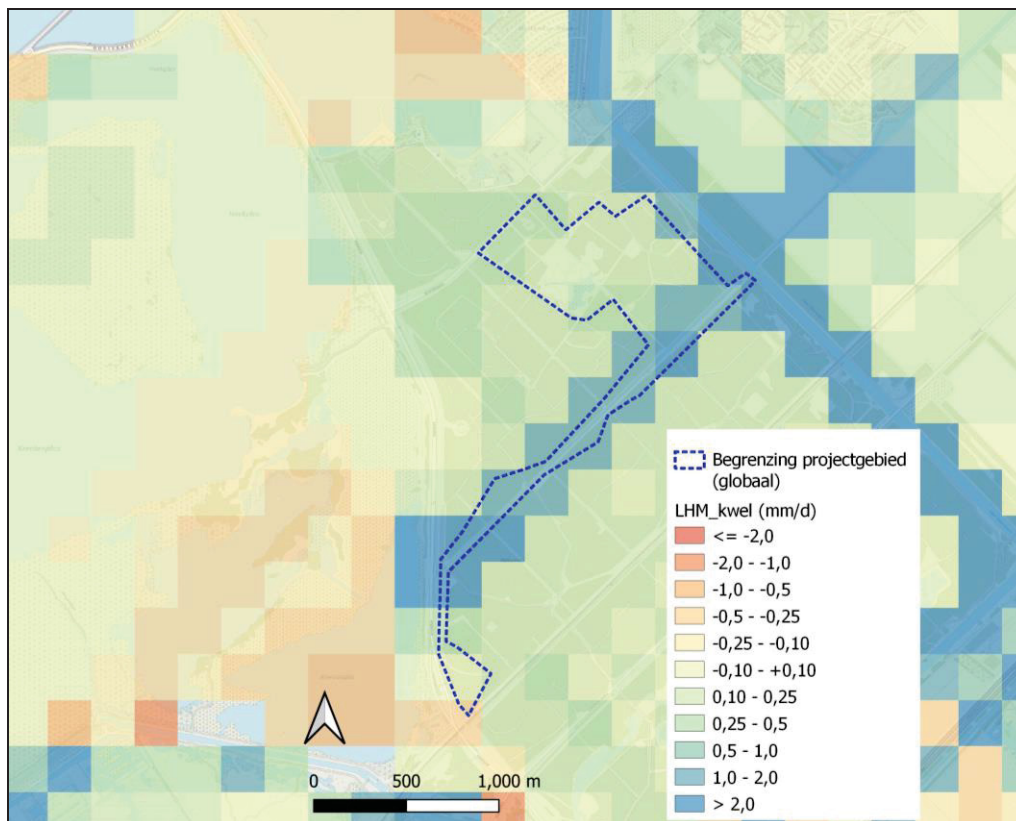
In figuur 3.10 is het grensvlak van brak en zout grondwater getoond op basis van het regionale grondmodel REGIS. Op basis van het regionale grondmodel REGIS wordt verwacht dat ter hoogte van de projectlocatie het grensvlak tussen brak en zout grondwater verloopt van circa N.A.P. -10 tot -60 m.



Figuur 3.10 Brak - Zout grensvlak (Bron: REGIS)

3.6 Kwel / infiltratie

In figuur 3.11 is de kwel/infiltratie kaart weergegeven uit het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Uit het figuur blijkt dat er sprake is van kwel in de orde grootte van 0,25 mm/dag in het projectgebied. In de sloten/oppervlaktewaterpartijen is de kwel groter (tot meer dan 2 mm/dag). Dit wordt veroorzaakt door het lage streefpeil ten opzichte van de heersende stijghoogte (zie ook paragraaf 3.3).



Figuur 3.11 Kwel-Infiltratiekaart uit Landelijk Hydrologisch Model (LHM)



4 Geohydrologische effecten

4.1 Uitgangspunten

De ontgrondingen zijn opgedeeld in deelgebieden (zie bouwplan paragraaf 2.2). Voor de ontgrondingen wordt ontgraven tot N.A.P. -6,4 m voor deelgebieden Boskreken, Zuidelijke Moeraszone en Bosvaart, tot N.A.P. -6,9 m voor deelgebieden Westelijke Slenk, Noordelijke Slenk en Koppelstuk Slenk en tot N.A.P. -7,9 m voor Meren Huttoxia.

Zoals in paragraaf 3.2 Bodembouw beschreven reikt de deklaag tot een diepte van circa N.A.P. -6,5 à -8,6 m. Uit figuur 3.4 blijkt dat ter hoogte van de Torenavalktocht de deklaag reikt tot een diepte van circa N.A.P. -7,4 à -7,6 m. Daarmee wordt tot juist boven het watervoerende pakket ontgraven, waardoor er een risico op opbarsten van de waterbodem aanwezig is. Ter hoogte van de Meren Huttoxia reikt de deklaag tot een diepte van circa N.A.P. -8,3 à -8,6 m. Ook hier wordt dan tot juist boven het watervoerende pakket ontgraven, waardoor er een risico op opbarsten van de waterbodem aanwezig is.

4.2 Evenwicht ontgravingsvlak

Aangezien voor het grootste gedeelte van de werkzaamheden de ontgraving plaatsvindt tot in de deklaag, zal er een risico op opbarsten aanwezig zijn voor het ontgravingsvlak. Voor een stabiel ontgravingsvlak moeten de opwaartse waterdruk en neerwaartse bodemdruk in evenwicht zijn. Voor het bepalen van het evenwicht van de ontgravingsbodem zijn de ontgravingsdiepte, de diepteligging van de waterremmende laag en de stijghoogte van het onderliggende watervoerende pakket van belang.

Ter bepaling van de neerwaartse bodemdruk wordt uitgegaan van de bodemparameters zoals aangehouden in tabel 4.1. Eventuele boogwerking als gevolg van de beperkte breedte van de ontgraving is niet meegenomen in de evenwichtsbeschouwing. De resultaten van de evenwichtsbeschouwing zijn gegeven in tabel 4.2 en tabel 4.3.

Uit tabel 4.2 en tabel 4.3 blijkt dat er zowel tijdens de bouwphase (wanneer geen waterkolom aanwezig is) als in de uiteindelijk situatie (wanneer de waterkolom aanwezig is) niet bij alle ontgravingsniveaus sprake is van een evenwicht tussen de neerwaartse en opwaartse druk.

Om evenwicht te creëren zal tijdens de bouwfase de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket tijdelijk verlaagd dienen te worden.

Ook in de uiteindelijke situatie zal er sprake van evenwicht moeten zijn. Om dit te realiseren zal de volgende werkwijze gehanteerd worden:

- Het op de bodem van de watergang terugbrengen van zwaardere gebiedseigen kleigrond.
- Plaatselijk verdikken van de deklaag ter plaatse van de watergang, door in eerste instantie dieper te ontgraven (tot in het watervoerende pakket) en vervolgens de afgegraven kleigrond terug te storten op dit diepere niveau. Als het ware wordt de oorspronkelijke situatie hersteld waarbij de deklaag nu verdiept is aangelegd.

De benodigde dikte van de terug te brengen kleigrond is afhankelijk van het te hanteren waterpeil en de heersende stijghoogte in het watervoerende pakket. Bij een waterpeil van N.A.P. -5,7 m is theoretisch een kleidikte noodzakelijk van 1,0 m (bij een veiligheidsfactor 1,0, bij een veiligheidsfactor van 1,1 bedraagt de noodzakelijk dikte circa 1,5 m). Bij een waterpeil van N.A.P. -5,4 m is een kleidikte noodzakelijk van 0,25 m (bij een veiligheidsfactor 1,0, bij een veiligheidsfactor van 1,1 bedraagt de noodzakelijk dikte circa 0,4 m). Door de opdrachtgever is aangegeven dat het waterpeil hoog gehouden kan worden door middels een pomp water in het gebied te laten.

De evenwichtsbeschouwing kan gedetailleerder uitgevoerd worden wanneer de dikte en samenstelling van de deklaag op de exacte locaties bekend zijn. Tevens wordt geadviseerd de daadwerkelijke stijghoogte op de projectlocatie vast te stellen.

Tabel 4.1 Geschatte bodemparameters

Tabel 4.1: Gebruikte bodemparameters			
Torenvalktocht	Meren Huttopia	Samenstelling	Geschat volume gewicht [kN/m³]
Diepte [m N.A.P.]			
-6,9	-7,2	Klei	14
-7.4	-8.3	Veen	11

Tabel 4.2 Resultaten evenwichtsbeschouwing bodemopbouw Torenvalktocht

Ontgravingsdiepte	Maatgevende stijghoogte [m N.A.P.]	Waterpeil in Watergang [m N.A.P.]	Neerwaartse druk [kN/m ²]			Waterdruk [kN/m ²]	Evenwicht?
			bodem	water	totaal		
-6,4	-5,3	-5,4	12,5	10,0	22,5	21,0	Ja*
	-5,3	-5,7	12,5	7,0	19,5	21,0	Nee
-6,9	-5,3	-5,4	5,5	15,0	20,5	21,0	Nee
	-5,3	-5,7	5,5	12,0	17,5	21,0	Nee
-7,9	n.v.t. ontgraving tot in watervoerend pakket						
	n.v.t. ontgraving tot in watervoerend pakket						

*Met veiligheidsfactor 1,07



Tabel 4.3 Resultaten evenwichtsbeschouwing bodemopbouw Meren Huttoia

Ontgravingsdiepte	Maatgevende stijghoogte [m N.A.P.]	Waterpeil in Watergang [m N.A.P.]	Neerwaartse druk [kN/m ²]			Waterdruk [kN/m ²]	Evenwicht?
			bodem	water	totaal		
-6,4	-5,3	-5,4	23,3	10,0	33,3	30,0	Ja*
	-5,3	-5,7	23,3	7,0	30,3	30,0	Ja**
-6,9	-5,3	-5,4	16,3	15,0	31,3	30,0	Ja**
	-5,3	-5,7	16,3	12,0	28,3	30,0	Nee
-7,9	-5,3	-5,4	4,4	25,0	29,4	30,0	Nee
	-5,3	-5,7	4,4	22,0	26,4	30,0	Nee

*Met veiligheidsfactor 1,1

**Met veiligheidsfactor 1,0

4.3 Werkmethoden en waterbeheer

Zoals in paragraaf 4.2 is beschreven wordt op de waterbodem gebiedseigen kleigrond aangebracht om het oppervlaktewater te scheiden van het onderliggende watervoerende pakket.

Doordat het watervoerend pakket afgesloten wordt van het freatisch pakket zijn de effecten van de ingreep voor een groot deel afhankelijk van het toekomstige waterbeheer in het gebied. De insteek van het huidige plan is een flexibel waterpeil van N.A.P. -5,4 à -5,7 m in de watergangen. Het waterpeil wijkt daarmee af van het streefpeil van het Waterschap Zuiderzeeland. Het streefpeil bedraagt namelijk N.A.P. -6,2 m. Door de opdrachtgever is aangegeven dat het waterpeil hoog gehouden kan worden door middels een pomp water in het gebied te laten.

Bij het terugbrengen van de gebiedseigen grond is het stikstof- en fosfaatgehalte van de in te brengen grond in relatie tot de kwaliteit van het oppervlaktewater een aandachtspunt. Hiertoe dient het stikstof- en fosfaatgehalte van de in te brengen grond te bepaald te worden. Aan de hand van de resultaten hiervan kan de beoordeelt worden of dit passend is in relatie tot de waterkwaliteit van het ontvangende water. Doel is de kwaliteit van de in te brengen grond af te stemmen op de aanwezige waterkwaliteit en de eisen van de eventueel in te brengen grond hierop aan te passen.

4.4 Effect ontgronding op grondwaterstanden en stijghoogten

Het waterniveau in de watergangen bedraagt circa N.A.P. -5,4 à -5,7 m. Het huidige waterpeil bedraagt N.A.P. -6,2 m. De stijghoogte in het watervoerende pakket op de projectlocatie bedraagt circa N.A.P. -5,3 m.

Het waterniveau in de watergang zal hoger zijn dan in de huidige situatie, de grondwaterstand in de directe omgeving zal daardoor licht stijgen. Er dient rekening te houden geworden met lokale vernatting in de directe omgeving van de waterpartijen. Wanneer de omliggende terreinen reeds gedraineerd zijn zal deze vernatting direct afgevoerd worden.

Doordat op de bodem van de plassen een (nieuwe) weerstandlaag (bovengrond) aangebracht wordt zal de interactie tussen het toekomstig waterpeil en de stijghoogte beperkt zijn. De stijghoogte heeft een minder directe invloed op het freatische waterpeil.

4.5 Effect kwelgrootte

De kwelgrootte wordt bepaald door het verschil tussen de freatische grondwaterstand en de stijghoogte gedeeld door de weerstand van de tussenliggende slecht doorlatende deklaag. In formulevorm is de kwelgrootte als volgt te omschrijven:

$$K_{wel} = \Delta h / c$$

- Δh is het verschil tussen de gemiddelde huidige freatische grondwaterstand (N.A.P. -5,8 m) en de huidige gemiddelde stijghoogte (N.A.P. -5,5 m) en bedraagt gemiddeld circa 0,3 m (zie paragraaf 3.3).
- c is de weerstand van de deklaag. Uitgaande van een gemiddelde weerstand van 1.250 dagen (zie paragraaf 3.2) bedraagt de rekenwaarde van de kwel 2,4 mm/dag.

Gezien de verwachting dat ter plaatse van de projectlocatie sprake is van zout grondwater in het watervoerende pakket (zie paragraaf 3.5) dient rekening te worden gehouden met zoute kwel.

Er is sprake van een weerstandsbiedende laag tussen het freatische- en watervoerende pakket. Deze laag is dunner dan in de huidige situatie omdat deze deels afgegraven is. Doordat de laag dunner is, zal deze minder weerstand geven aan een kwelstroom. Het is te verwachten dat de kwelstroom daardoor iets toeneemt.

Een positief effect is echter dat de freatische grondwaterstand in de nieuwe situatie hoger is dan in de huidige situatie. Daardoor zal de kwelstroom iets lager zijn dan in de huidige situatie. Beide effecten tegen elkaar wegstrepend bepaald de resultante kwelstroom. Of deze leidt tot een lagere danwel hogere kwelstroom is afhankelijk van de dikte en samenstelling van de resterende deklaag ter plaatse van de watergangen. Vooralsnog verwachten wij dat de kwelstroom mogelijk iets zal toenemen indien geen aanvullende maatregelen worden getroffen.

Een effect op de kwelstroom is tegen te gaan door het waterpeil gelijk te houden aan de stijghoogte, danwel een voldoende waterremmende kleilaag aan te brengen (zie paragraaf 4.4). Bij een gelijk waterpeil is er geen verval tussen het freatische- en watervoerende pakket zodat geen kwel op zal treden. Bij een gemiddeld waterpeil van N.A.P. -5,5 m is er geen verval over de waterremmende laag en zal de kwelstroom te verwaarlozen zijn.

5 Conclusies en aandachtspunten

Op basis van de in de voorgaande hoofdstukken beschreven processen blijkt dat de effecten van de ontgroning voornamelijk afhankelijk zijn van de uitvoeringsmethode en het toekomstige waterbeheer in het gebied. Er zal door de ontgroning in de deklaag zowel tijdens de bouwphase als in de uiteindelijke situatie sprake zijn van een risico op opbarsten van de waterbodem. Het daadwerkelijke risico dient bepaald te worden in een gedetailleerd onderzoek waarbij rekening kan worden gehouden met eventuele boogwerking. Vooralsnog gaan we er in deze rapportage vanuit dat een risico op opbarsten van de waterbodem aanwezig is. Om dit risico weg te nemen wordt gebiedseigen klei op de waterbodem geplaatst op neerwaartse bodemdruk te creëren.

De benodigde dikte van de terug te brengen kleigrond is afhankelijk van het te hanteren waterpeil en de heersende stijghoogte in het watervoerende pakket. Bij een waterpeil van N.A.P. -5,7 m is theoretisch een kleidikte noodzakelijk van 1,0 m (bij een veiligheidsfactor 1,0, bij een veiligheidsfactor van 1,1 bedraagt de noodzakelijk dikte circa 1,5 m). Bij een waterpeil van N.A.P. -5,4 m is een kleidikte noodzakelijk van 0,25 m (bij een veiligheidsfactor 1,0, bij een veiligheidsfactor van 1,1 bedraagt de noodzakelijk dikte circa 0,4 m). Door de opdrachtgever is aangegeven dat het waterpeil hoog gehouden kan worden door middels een pomp water in het gebied te laten.

De effecten op onderliggende stijghoogte zijn in alle varianten te verwaarlozen omdat deze voornamelijk door regionale processen bepaald wordt. In alle varianten zal het waterpeil wel hoger zijn dan het huidige streefpeil van de oppervlaktewateren in het gebied. Er dient derhalve rekening te houden geworden met lokale vernatting in de directe omgeving van de waterpartijen. Wanneer de omliggende terreinen reeds gedraineerd zijn zal deze vernatting direct afgevoerd worden.

Het effect op de kwel is in grote mate afhankelijk van het toe te passen waterbeheer in de toekomstige situatie in combinatie met de gekozen afwerking. Bij een flexibel peil tussen N.A.P. -5,4 m en -5,7 m zal er sprake zijn van een beperkte kwelstroom. Het waterpeil is dan iets lager dan de onderliggende stijghoogte. Daarnaast zal door de ontgraving de weerstand van de tussenliggende waterremmende laag zijn afgenomen. Gezien de verwachting dat ter plaatse van de projectlocatie sprake is van zout grondwater in het watervoerende pakket (zie paragraaf 3.5) dient rekening te worden gehouden met een toename van de zoute kwel indien de oorspronkelijke weerstandswaarde van de deklaag niet wordt gecompenseerd. Een effect op de kwelstroom is tegen te gaan door het (freatische) waterpeil gelijk te houden aan de stijghoogte, danwel een voldoende waterremmende kleilaag aan te brengen (zie paragraaf 4.4). Bij een gelijk waterpeil is er geen verval tussen het freatische- en watervoerende pakket zodat geen kwel op zal treden. Bij een gemiddeld waterpeil van N.A.P. -5,5 m is er geen verval over de waterremmende laag en zal de kwelstroom te verwaarlozen zijn.



Bij het terugbrengen van gebiedseigen grond is het stikstof- en fosfaatgehalte van de in te brengen grond in relatie tot de kwaliteit van het oppervlaktewater een aandachtspunt. Voorgesteld dient het stikstof- en fosfaatgehalte van de in te brengen grond te bepaald te worden. Aan de hand van de resultaten hiervan kan de beoordeelt worden of dit passend is in relatie tot de waterkwaliteit van het ontvangende water.

Geadviseerd wordt voorliggend rapport ter commentaar voor te leggen aan de verantwoordelijke instanties en de te nemen vervolgstappen gezamenlijk vast te stellen. Indien in de loop van het project veranderingen optreden in de beschreven uitgangspunten verzoeken wij contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons op een eventuele hernieuwde stellingname kunnen beraden.

