

Notitie

15-04-2025

Beschouwing effect piping maatregelen Kwelbos Varik

Versie: D2

Auteur: Peter Westerman

Projectnummer: 51010964

Onderwerp: TiWa Back-office realisatiefase

Klant: Waterschap Rivierenland

Projectleider: Herm Jan aan het Rot

Gecontroleerd door: Kees van Immerzeel

Vrijgegeven door: Tjeerd Dijkstra

Documentnummer: NL25-648800269-131077

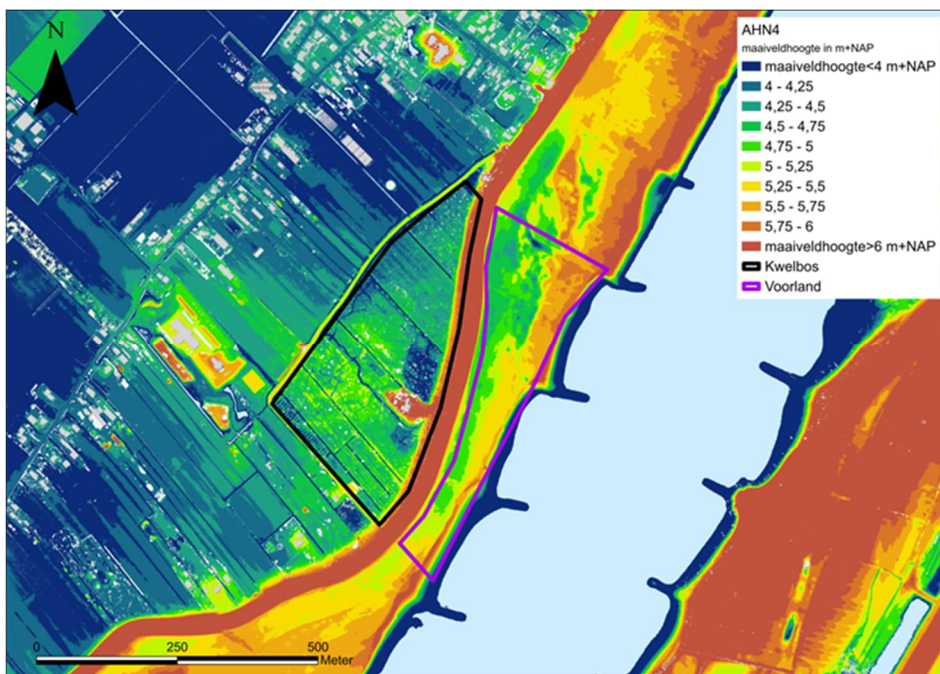
Inleiding

In het dijkversterkingsproject Tiel-Waardenburg (TIWA) zijn een aantal locaties waar verticale maatregelen tegen piping moeten worden getroffen. Een van deze locaties ligt in dijkvak 19 langs het kwelbos in Varik. Hier zijn verticale constructies volgens de Soilmixwand techniek voorzien. Bij deze techniek worden verticale water- en grondremmende wanden in de ondergrond geplaatst. Hiermee wordt de vorming van pipes bij hoogwater voorkomen.

De waterhuishouding van het kwelbos dient niet verstoord (verdroging of vernatting) te worden. Daarom is een analyse nodig waarin de impact van de verticale maatregelen op het kwelbos bepaald wordt. In deze notitie zijn de uitkomsten uit deze analyse beschreven.

Gebiedsbeschrijving

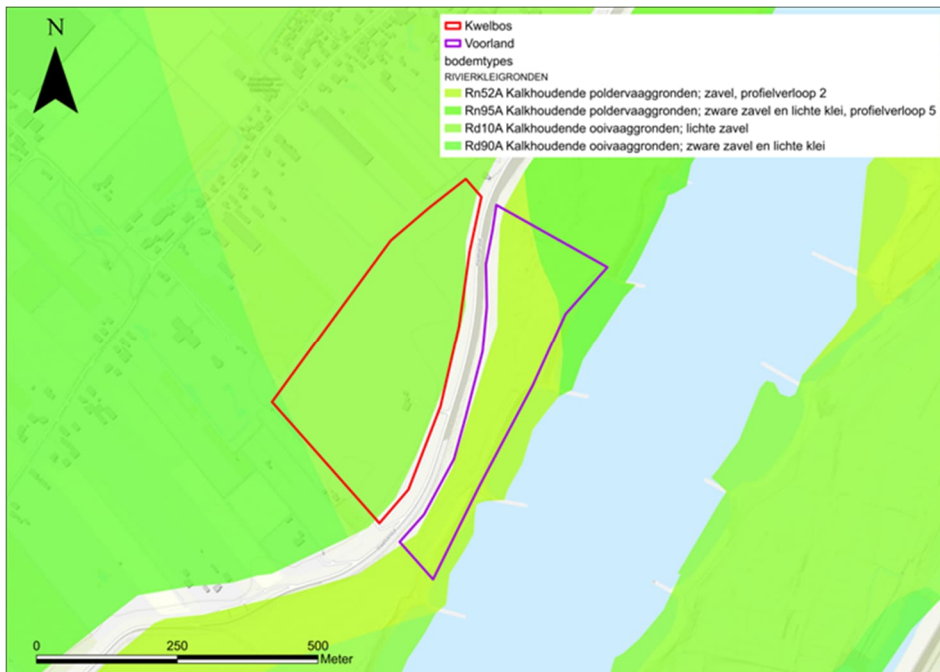
Het kwelbos ligt ten zuiden van Varik aan de noordzijde van de Waal en heeft een oppervlak van circa 108500 m² en een gemiddelde lengte van ongeveer 700 meter. Het grondwater komt in het kwelbos geregeld aan het oppervlak. Het gebied ligt op circa NAP +4,5 (Figuur 1). Bij hoogwater in de Waal wordt van oudsher het waterpeil in het gebied verhoogd om tegendruk te bieden en wateroverlast in de omgeving te voorkomen.



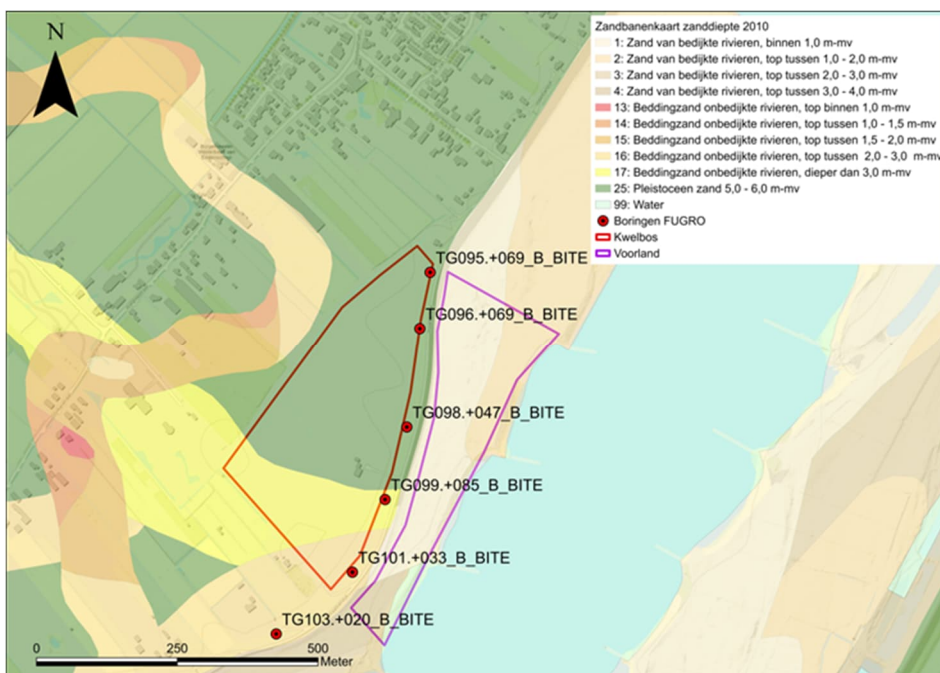
Figuur 1 maaiveldhoogte rondom kwelbos en voorland

Ondergrond

De ondergrond ter plaatse van het kwelbos bestaat uit het bodemtype rivierkleigronden (Figuur 2) en wordt gekenmerkt door een dunne (maximaal 3 meter) deklaag gevolgd door een dik watervoerend pakket. Uit de zandbanen kaart van provincie Gelderland (Figuur 3) blijkt dat de deklaag ter plaatse van het kwelbos varieert tussen 2,0 en 6,0 meter.

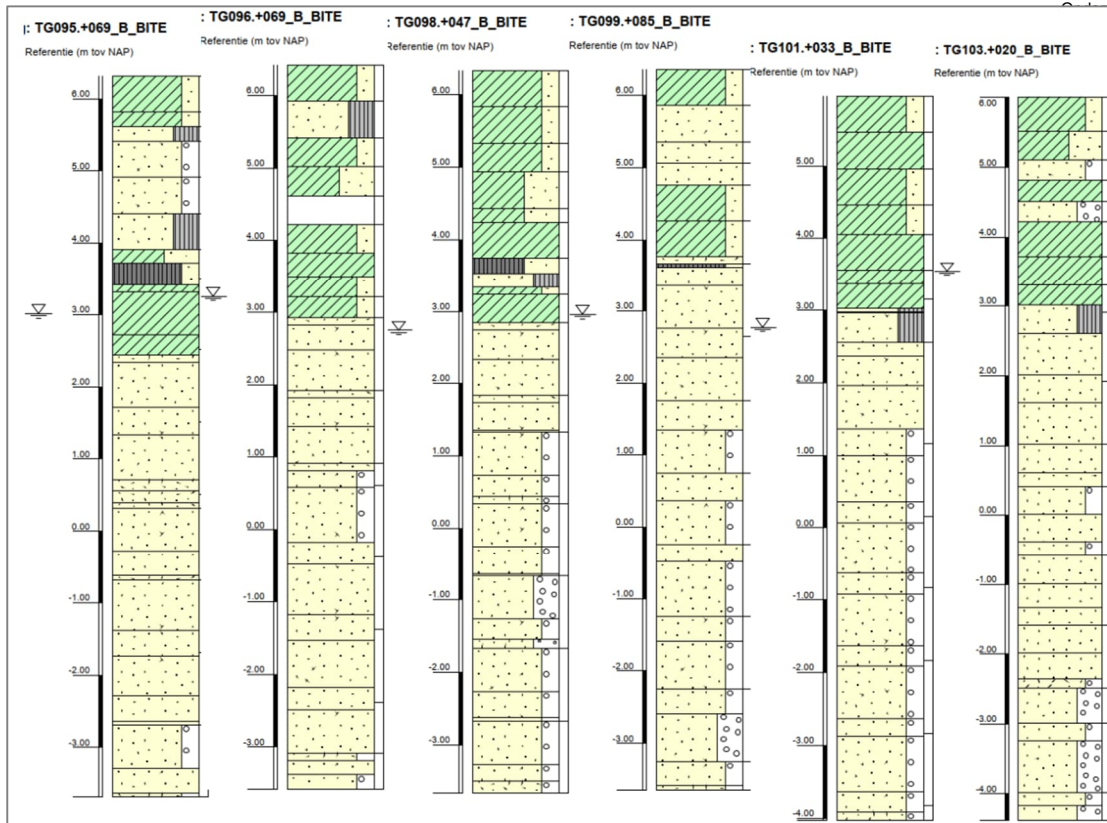


Figuur 2 bodemtypes rondom het kwelbos



Figuur 3 Ligging en diepte (m-mv) van zandbanen volgens de Zandbanenkaart van provincie Gelderland

Ter hoogte van het kwelbos zijn door FUGRO boringen uitgevoerd. De boorprofielen hiervan zijn in Figuur 4 weergegeven. Uit de boorprofielen blijkt dat de deklaagdikte circa 3 meter bedraagt. Dit komt overeen met de Zandbanenkaart van provincie Gelderland (Figuur 3).



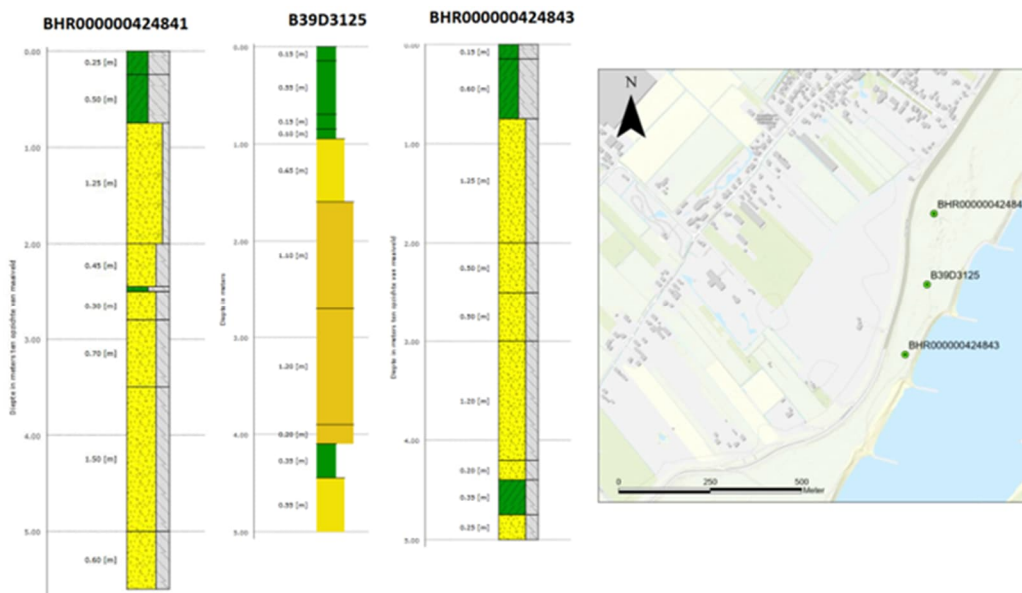
Figuur 4 Boorprofielen uit veldwerk uitgevoerd door FUGRO; Zie Figuur 3 voor de ligging van de boringen

De dikte van de deklaag in het voorland is bepaald aan de hand van boringen uit DINO-loket. Deze boringen zijn weergegeven in Figuur 5. Uit de boringen blijkt dat de deklaag buitendijks circa 0,6 meter dik is.

15-04-2025

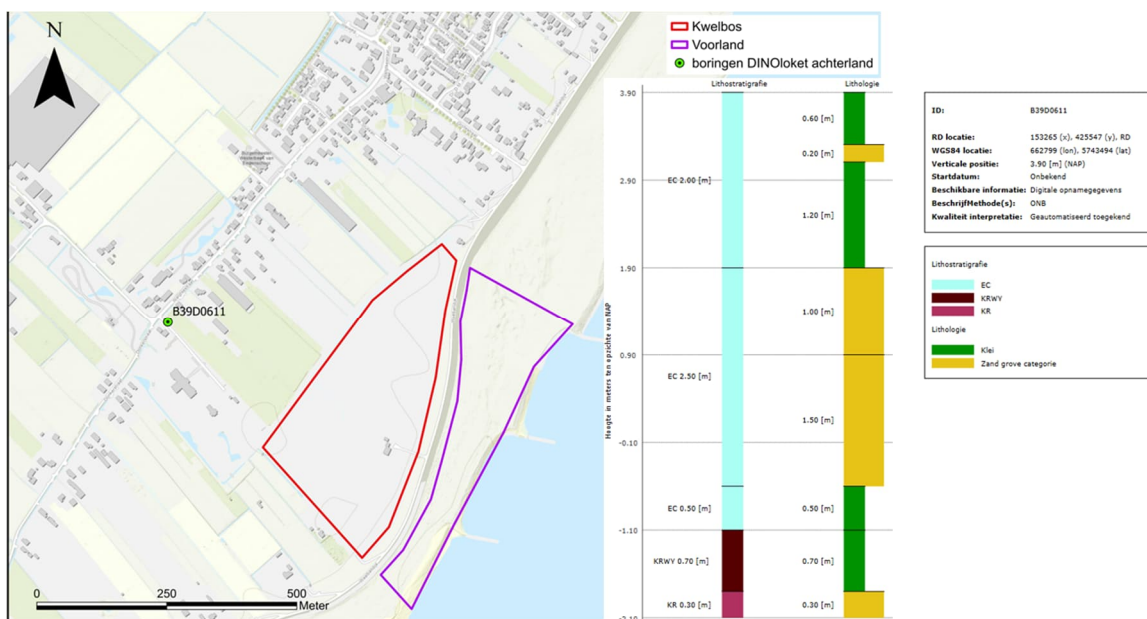
Versie D2

Projectnummer 51010964
Onderwerp TiWa Back-office realisatiefase



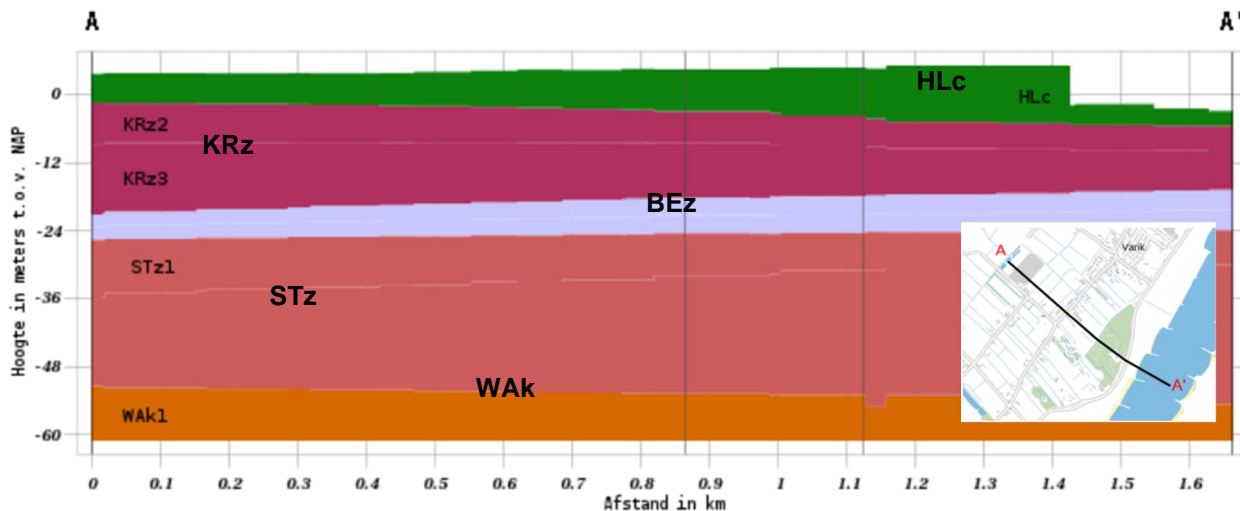
Figuur 5 dikte deklaag in het voorland uit boringen DINO-loket en locatie

De dikte van de deklaag in het achterland is ook bepaald aan de hand van DINO-loket, hier is maar één boring, maar deze heeft met circa 3 meter dezelfde deklaagdikte als in het kwelbos (Figuur 6).



Figuur 6 dikte deklaag in het achterland uit boringen DINO-loket en locatie

De dikte van het watervoerend pakket is vastgesteld aan de hand een dwarsprofiel uit het REGIS v2.2.2 ondergrondmodel (TNO, 2024) weergegeven in Figuur 7. Het watervoerende pakket bestaat uit de zandlagen onder de Holocene deklaag (HLc) tot aan de eerste kleilaag van de Waalre formatie (WAK) en is circa 50 meter dik.



Figuur 7 Dwarsdoorsnede uit het REGIS v2.2.2. ondergrondmodel (TNO, 2024).

HLc: Holocene afzettingen (deklaag); KRz: zand van de Kreftenheye formatie; BEz: zand van de Beegden formatie; STz: zand van de Sterksel formatie; WAk: klei van de Waalre formatie.

In Tabel 1 is de geohydrologische schematisatie van de ondergrond ter plaatse van het projectgebied samengevat. De parameters zijn gebaseerd op het ondergrondmodel REGIS v2.2.2. en expert judgement.

Voor de deklaag in het kwelbos en het achterland is een verticale doorlatendheid van 0,02 m/d gehanteerd overeenkomende met de waarde voor zandige klei tot matig zware klei (grondwaterzakboekje). Dit levert in het kwelbos en achterland een deklaagweerstand van circa 150 dagen op. In het voorland bestaat de deklaag uit klei met nauwelijks zand bijmenging. Hiervoor is een doorlatendheid van 0,01 m/d gehanteerd. De deklaagweerstand bedraagt dan 60 dagen.

Tabel 1 Geohydrologische schematisatie van de ondergrond

Afzettingen		Dikte (m)	KD (m ² /dag)	C (dagen)	Type
Holocene deklaag	Voorland	0,6	n.v.t.	60	Deklaag
	Kwelbos	3	n.v.t.	150	Deklaag
	Achterland	3	n.v.t.	150	Deklaag
Kreftenheye zanden		15	1140	n.v.t.	Watervoerend pakket
Beegden zanden		5	320	n.v.t.	Watervoerend pakket
Sterksel zanden		20	1040	n.v.t.	Watervoerend pakket
Waalre klei		10	n.v.t.	1500	Aquitard

Piping maatregelen

De beoogde piping maatregelen betreffen Soilmixwanden die aangebracht worden aan het begin van het kwelbos (vanaf de Waal gezien).

Een Soilmixwand fungeert als een barrière voor grondwaterstroming en transport van bodemmateriaal in de ondergrond. Hiermee wordt de vorming van pipes bij hoogwater voorkomen.

Het toepassen van Soilmixwanden is een innovatieve techniek. Het is niet exact bekend wat de hydraulische weerstand van deze techniek is. In deze analyse is een extreem hoge hydraulische weerstand aangehouden. Op deze manier zijn de worst-case effecten in kaart gebracht. De beoogde diepteligging van de Soilmixwanden ligt tussen NAP -1,5 meter en NAP -3,0 meter. In de analyse gaan we uit van een diepteligging tot NAP -3,0 meter (worst-case).

Grondwatersituatie

In dit hoofdstuk zijn de volgende afkortingen gebruikt:

GHG= Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand

GLG= Gemiddeld Laagste Grondwaterstand

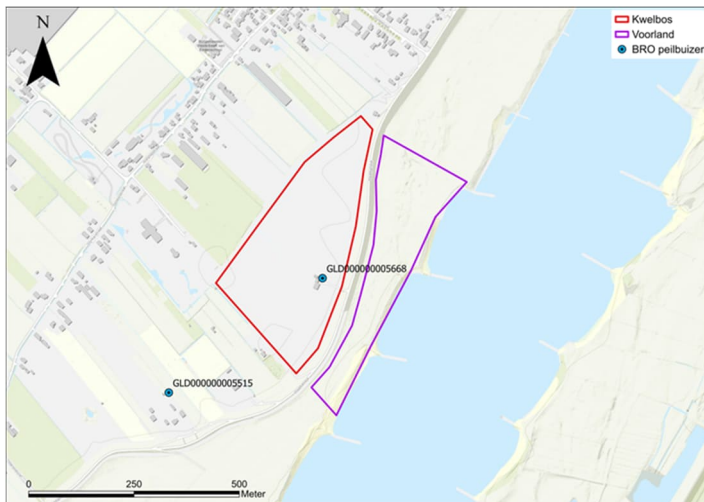
DKL= Deklaag

WVP= Watervoerend pakket

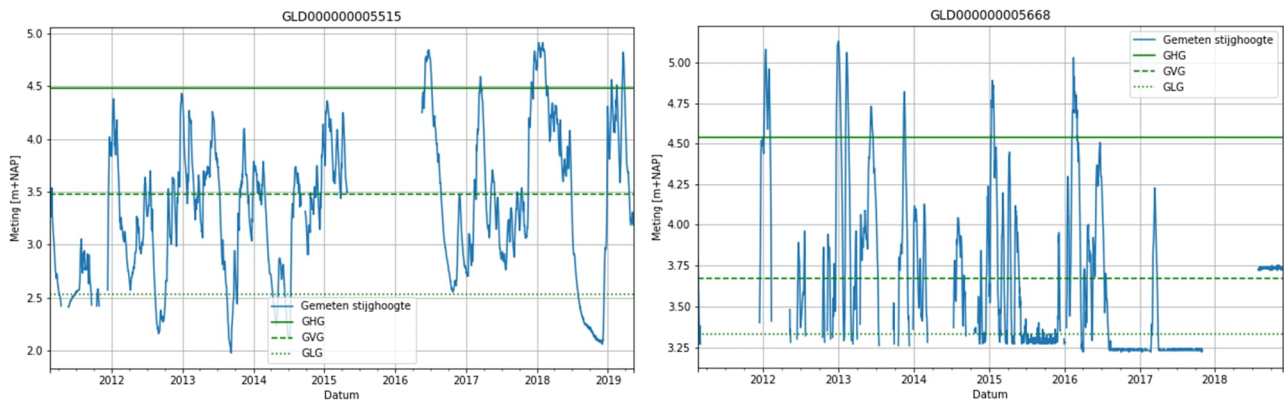
Het grondwatermodel is getoetst voor twee grondwatersituaties: de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). De GHG wordt gemiddeld 4 weken per jaar overschreden en de GLG wordt gemiddeld 4 weken per jaar overschreden (diepere grondwaterstanden). Door deze situaties te kiezen wordt er getoetst aan de omstandigheden die gemiddeld gezien vaak voorkomen.

De waarden voor de gemeten GHG en GLG zijn afgeleid uit twee peilbuizen, namelijk GLD000000005515 en GLD000000005668. De locaties van deze peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 8 en de meetreeksen in Figuur 9. Beide peilbuizen hebben filters in het watervoerend pakket onder de deklaag.

Uit de meetreeksen van beide peilbuizen volgt een GHG van circa NAP +4,5 m. De GLG waarde is waarschijnlijk circa NAP +2,5 m (Tabel 2). De afgeleide waarde voor de GLG voor peilbuis GLD000000005668 is incorrect vanwege droogval in de peilbuis, te herkennen aan de vlakke lijnen in de meetreeks.



Figuur 8 locaties van peilbuizen bij kwelbos met meetfilters in het watervoerende pakket



Figuur 9 Grondwaterstanden (m+NAP) inclusief de berekende GHG en GLG-waarden

Tabel 2 Afgeleide GHG en GLG-waarden van de peilbuizen

Peilbuis	Maaiveld (m+NAP)	Onderkant filter (m+NAP)	WVP/DKL	GHG WVP	GLG WVP
GLD000000005668	5,67	3,87	WVP	4.55	3.33*
GLD000000005515	3,92	1,93	WVP	4.48	2.53

* deze waarde wordt als niet betrouwbaar beschouwd, vanwege droogval in de meetreeks

De bijbehorende waterstanden in de Waal voor de GHG- en GLG-situaties zijn afgeleid op basis van de uitgangspunten uit eerdere grondwaterberekeningen uitgevoerd voor TIWA¹. Hierin zijn de waterstanden afgeleid voor onder andere dijkvakken 16 en 23. Dijkvak 19, ter hoogte van het kwelbos, ligt tussen deze twee dijkvakken. Er is aangenomen dat de waterstanden in de Waal ook tussen deze waarden liggen.

Voor de GHG en GLG-waarden in de deklaag zijn geen peilbuisgegevens beschikbaar. Daarom zijn de vigerende streefpeilen uit het peilbesluit van waterschap Rivierenland gebruikt. Het kwelbos ligt in peilvak TLW305. Hier geldt een winterpeil van NAP +3,4 m en een zomerpeil van NAP +3,2 m. Het is zeer aannemelijk dat de freatische grondwaterstanden in de deklaag (GHG en GLG) overeenkomen met deze streefpeilen.

De gehanteerde uitgangspeilen voor het eerdere en het huidige onderzoek zijn in Tabel 3 samengevat.

Tabel 3 Gehanteerde uitgangspeilen voor de grondwaterstanden

Dijkvak	Winterpeil DKL	Zomerpeil DKL	Waalpeil in GHG-situatie	Waalpeil in GLG-situatie	Waalpeil in T10 hoogwater situatie
16*	3,3	3,0	5,3	2,4	8,81
23*	3,7	2,7	4,7	2,0	6,51
19	3,4	3,2	5,0	2,2	7,91

* Deze uitgangspunten komen uit het eerdere onderzoek¹

¹ Geohydrologische analyse damwanden – Dijkversterking Tiel-Waardenburg, Sweco, 12-05-2020, SWNL0260935.

Werkwijze

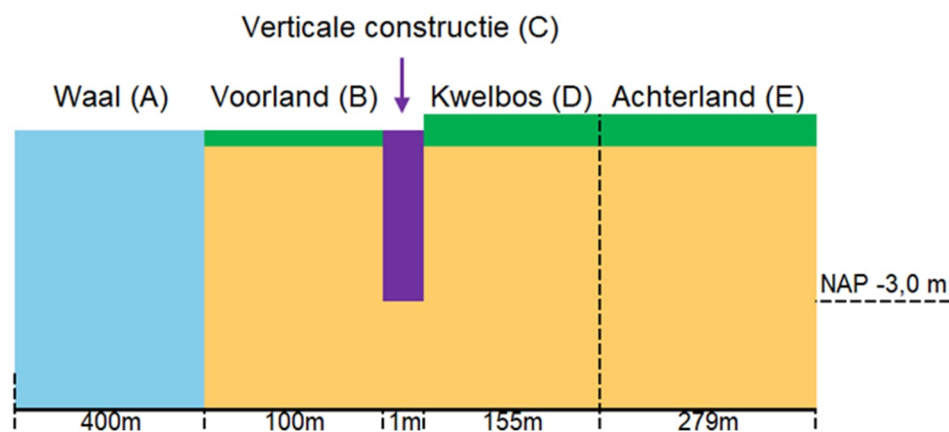
Voor het bepalen van de invloed van de verticale constructies zijn berekeningen met een analytisch tweedimensionaal meerlagenmodel (Olsthoorn, 2000) uitgevoerd. In het analytische model is de ondergrond verdeeld in verschillende zones.

Omdat het analytische model twee dimensionaal is zijn representatieve parameterwaarden gekozen voor de verschillende zones. Voor de lengte van de zones is dit gedaan door het zoneoppervlak te delen door de zonelengte langs de dijk.

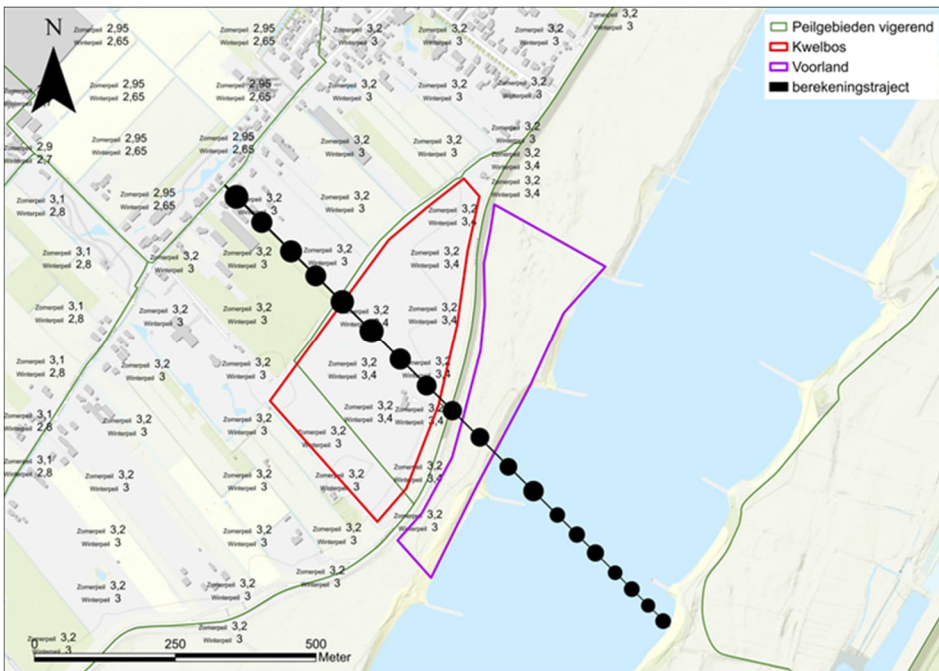
Voor elke zone is een (deklaag)weerstand en het doorlaatvermogen opgegeven. De waarden hiervoor zijn bepaald aan de hand van REGIS en expert judgement (zie paragraaf "Ondergrond"). De verschillende zones, de gebruikte zonelengtes en parameterwaarden zijn in Tabel 4 weergegeven. In Figuur 10 zijn de zones schematisch weergegeven.

Tabel 4 Parameterwaarden per zone in het analytisch model

Zone	Breedte (m)	Doorlaatvermogen (m ² /d)	Verticale weerstand (dagen)
Waal (A)	400	2500	2
Voorland (B)	100	2500	60
Verticale constructie (C)	1	0,006	-
Kwelbos (D)	155	2500	150
Achterland (E)	279	2500	150



Figuur 10 Schematische weergave van de zones in het 2D meerlagenmodel; niet op schaal



15-04-2025

Versie D2

Projectnummer 51010964
Onderwerp TiWa Back-office realisatiefase

Figuur 11 schematisch bovenaanzicht van de locaties waar met het analytische model stijghoogten en tweedimensionale (laterale) kwelfluxen zijn berekend

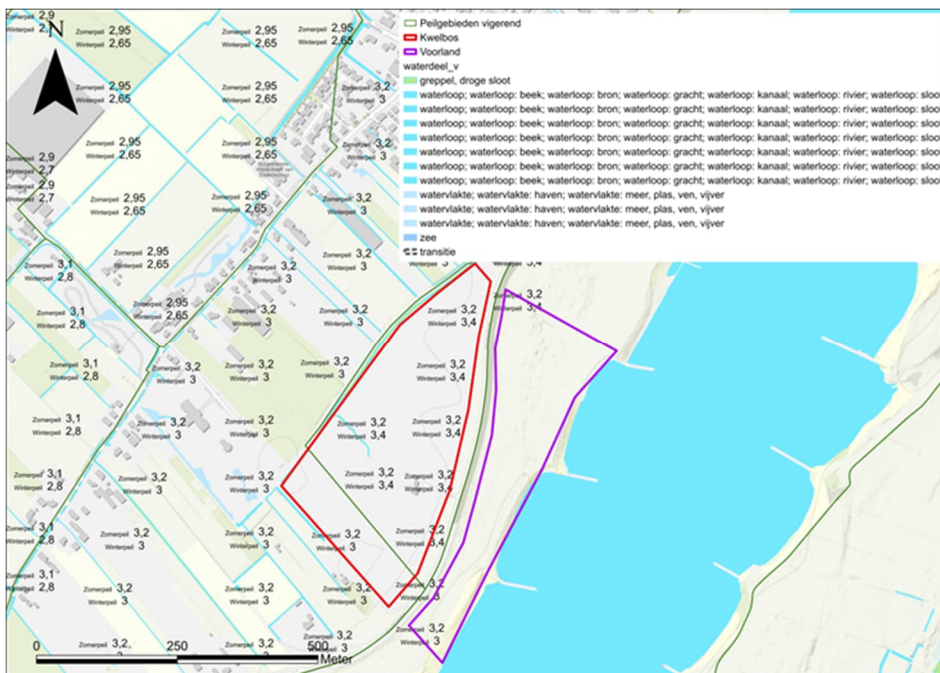
Het tweedimensionale analytische model rekent op verschillende locaties (zie Figuur 11) de laterale kwelflux en de stijghoogte uit. Het kwelbos heeft een gemiddelde lengte van 155 meter in het traject (Figuur 10). Het stijghoogte verschil wordt in kaart gebracht door het verschil tussen de stijghoogte berekeningen in de situatie met en zonder de soilmixwanden op de verschillende locaties te tonen. Zie formule 1.

$$1. \quad \text{stijghoogte effect}_{\text{locatie } x} = \text{stijghoogteberekening met wand}_{\text{locatie } x} - \text{stijghoogteberekening zonder wand}_{\text{locatie } x}$$

Met de stijghoogte effecten op locatie X in meters, net als de stijghoogteberekeningen van de soilmixwand- en referentiesituatie.

Het freatische grondwaterstandseffect is een afgeleide van het stijghoogte effect, namelijk het stijghoogte effect vermenigvuldigd met een factor. Deze factor is de verhouding tussen de drainageweerstand en de som van de drainageweerstand en de deklaagweerstand. De drainageweerstand is de weerstand van de waterlopen in het kwelbos.

In het kwelbos zijn nauwelijks waterlopen aanwezig (Figuur 12). Omdat de drainageweerstand in vergelijking met de deklaagweerstand naar verwachting relatief klein is worden de freatische grondwaterstandseffecten gelijkgesteld aan de stijghoogte effecten. Hierdoor worden de freatische grondwaterstandseffecten iets overschat, maar wordt van het worst-case effect uitgegaan.



Figuur 12 oppervlaktewatersysteem in en rondom het kwelbos

Het kwel effect wordt in kaart gebracht met behulp van de laterale kwel flux. De laterale kwel flux komt het kwel bos binnen bij de soil mix wanden en verlaat het kwel bos circa 155 meter verder. Door de netto laterale kwel flux te berekenen en te vermenigvuldigen met de gemiddelde kwel bos lengte (700 meter) wordt er een netto kwel debiet bepaald. Dit wordt gedaan volgens formule 2.

$$2. \quad \text{netto kwel flux} = (\text{kwel flux}_{\text{locatie soil mix wand}} - \text{kwel flux}_{\text{locatie einde kwel bos}}) * \text{kwel bos lengte}$$

Met de netto kwel flux in m³/d, de (laterale) kwel fluxen ter plekke van de soil mix wanden en het einde van het kwel bos in m²/d en de kwel bos lengte in meters.

De kwel verandering wordt vervolgens met formule 3 bepaald.

$$3. \quad \text{kwel verandering} = 100 * \frac{\text{netto kwel flux}_{\text{situatie met soil wand}} - \text{netto kwel flux}_{\text{referentiesituatie}}}{\text{netto kwel flux}_{\text{referentiesituatie}}}$$

Met de kwel verandering in % en de netto kwel fluxen in m³/d.

De stijghoogte effecten en de kwel verandering worden bepaald voor de T10 hoogwater- GHG- en GLG-situaties en getoetst op de door waterschap Rivierenland opgestelde "Richtlijn kwel en wegzijging versie 23 oktober 2012". Deze richtlijn toetst de geohydrologische veranderingen met als doel kwel neutrale ingrepen. Dit houdt in:

- Een maximale kwel verandering van 2%;
- Een grondwaterstandsverandering van maximaal 5 cm en voor veenweide gebieden maximaal 2 cm.

Het kwel bos ligt in rivierkleigebied (Figuur 2) en daarom wordt de grens van 5 cm aangehouden voor de grondwaterstandverandering.

De kwelverandering van 2% wordt getoetst als gemiddelde verandering over het kwelbos. Dit wordt gedaan omdat de kwelverandering over de totale kwelboslengte wordt berekend en omdat eventuele compensaties van normoverschrijdingen volgens de "Richtlijn kwel en wegzijging versie 23 oktober 2012" binnen het peilgebied moeten plaatsvinden en het kwelbos grofweg overeenkomt met het peilvak TLW305.

15-04-2025

Versie D2

Projectnummer 51010964
Onderwerp TiWa Back-office realisatiefase

Resultaten

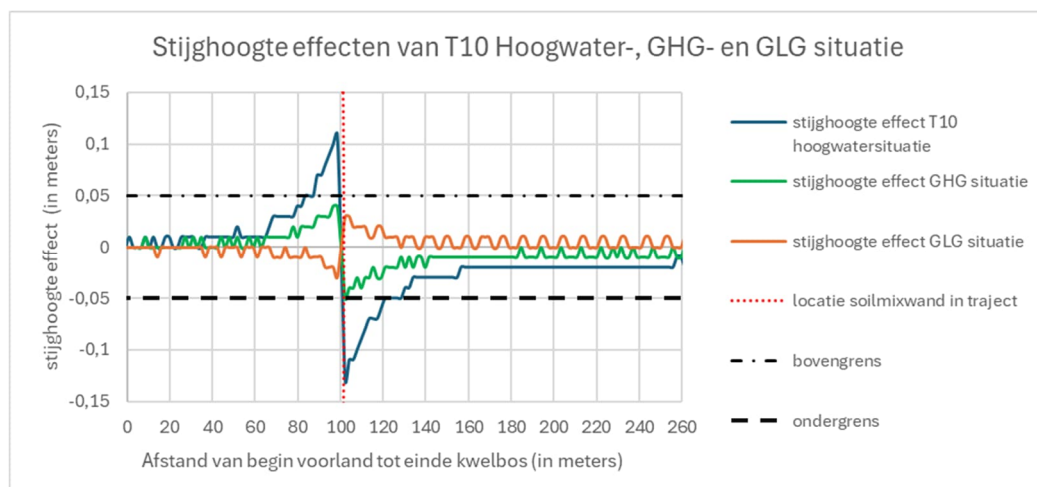
De berekende GHG en GLG van de referentiesituatie in het watervoerende pakket zijn gemiddeld over het lengtetract van het kwelbos en vergeleken met de gemeten waarden uit Tabel 2 om de modelprestaties te toetsen. De uitkomsten zijn te zien in Tabel 5. De GHG en GLG wijken respectievelijk slechts 9 en 1 centimeter af. Met deze geringe afwijkingen gaan we uit van een model dat voor deze memo voldoet.

Tabel 5 toetsing modelprestaties op GXG's

	GHG	GLG
Berekend	4,41 m+NAP	2,51 m+NAP
Gemeten	4,5 m+NAP	2,5 m+NAP

In Figuur 13 zijn de stijghoogte effecten van de T10 hoogwater-, GHG- en GLG-situatie te zien per trajecteenheid. De soilmixwanden zorgen bij de T10 hoogwater- en GHG-situatie voor vernattingen vóór de soilmixwanden (vanaf de Waal gezien) en voor verdrogingen na de soilmixwanden. Bij de GLG-situatie zorgen de soilmixwanden voor het omgekeerde effect: verdroging in het voorland en vernatting in het kwelbos.

De GHG- en GLG-effecten zijn niet significant en voldoen aan de toetsingscriteria van waterschap Rivierenland. De T10 hoogwatersituatie overschrijdt de 5 centimetergrenzen wel. 15 meter vóór de soilmixwanden (vanaf de Waal gezien) komt de vernatting boven de 5 centimeter uit. Het vernattingseffect bereikt het maximum circa 2 meter voor de soilmixwanden met een vernatting van 11 centimeter. Tot 20 meter achter de soilmixwanden is een significante verdroging zichtbaar. De maximale verdroging is 13 centimeter en zit vlak achter de soilmixwanden.



Figuur 13 stijghoogte effect voor een T10 hoogwater-, GHG- en GLG-situatie per trajecteenheid van het begin van het voorland tot het eind van het kwelbos. De stippellijnen geven de significante vernattings- en verdrogingsgrenzen aan.

In Tabel 6 is de kwelverandering weergegeven voor de T10 hoogwater-, GHG- en GLG-situatie. De kwelveranderingen die optreden tijdens deze stijghoogteregimes vallen binnen de 2% norm. Tijdens de GHG en T10 hoogwatersituatie zorgen de soilmixwanden in een kwelperiode voor minder kwel en tijdens de GLG-situatie zorgen de soilmixwanden in een wegzijgingsperiode voor minder wegzijging.

15-04-2025

Versie D2

Projectnummer 51010964
Onderwerp TiWa Back-office realisatiefase

Tabel 6 kwelverandering als gevolg van plaatsen soilmixwanden voor een T10 hoogwater-, GHG- en GLG-situatie. De relatieve kwelveranderingen vallen voor alle drie de situaties binnen de 2% norm van het Waterschap

Situatie	Zonder soilmixwanden		Met soilmixwanden		Verschil		
	(m ³ /d)	(mm/dag)	(m ³ /d)	(mm/dag)	(m ³ /d)	(mm/dag)	(%)
T10 hoogwater situatie	2.180	20,09	2.145	19,76	-35	-0,32	-1,6%
GHG-situatie	727	6,70	714	6,58	-13	-0,12	-1,8%
GLG-situatie	-499	-4,60	-492	-4,53	7	0,07	-1,5%

Conclusie

De kwelverandering blijft voor alle (geo)hydrologische situaties binnen de norm. De stijghoogte effecten blijven voor de GHG en GLG-situaties binnen de norm, maar voor de extreem hoogwatersituatie wordt de 5 centimetergrens overschreden.

Deze overschrijding levert naar verwachting echter geen problemen op: het voorland wordt vernat in de extreemhoogwater situatie, maar het voorland bestaat uit uiterwaarden en er zijn geen woningen of natuur- en/of landbouwkundige percelen zichtbaar.

Het kwelbos verdroogt significant tot 20 meter achter de soilmixwanden. De maximale verdroging ligt direct achter de soilmixwand met een stijghoogteverlaging van 13 centimeter. De verdroging wordt kleiner verder van de soilmixwand af. Een verdroging tijdens de T10 hoogwater situatie zal geen problemen vormen voor het kwelbos, omdat deze situatie eens in de 10 jaar voorkomt en een uitzonderlijk natte situatie voorstelt. Een lokale verdroging in deze uitzonderlijk natte situatie zal geen negatieve gevolgen hebben voor het kwelbos. De GHG-verdroging achter de soilmixwanden blijft al binnen de door waterschap Rivierenland opgestelde norm en de plaatsing van Soilmixwanden zal naar verwachting geen negatieve impact hebben op de vegetatie in het kwelbos.