

Datum:

11 juni 2020

Auteur:

W. Wilbrink (geohydroloog Fugro),
M. Hinborch (geotechnicus Fugro)

Referentie:

1218-0041-001.R48b_v2.0

Controle:

B. Berbee (geohydroloog Fugro); A. Esmeijer-Liu
(ecoloog Witteveen en Bos), L. Van Broekhuizen
(geohydroloog Fugro)

Bestemd voor:

Ontwerpteam de Betuwse Waard

Analyse barrièrewerking Wolferen Sprok

1 Inleiding

Het dijktraject Wolferen-Sprok (normtraject 43-4 en 43-5, zie figuur 1) voldoet niet aan de wettelijke normen van hoogwaterveiligheid. De beheerder van de waterkering, Waterschap Rivierenland, heeft opdracht van het HWBP gekregen om de dijk te versterken. Als onderdeel van Ontwerp Loop 2 zijn voor het dijktraject de nodige damwanden (macrostabiliteitsfunctie) en schermen ('heave' schermen tegen piping) ontworpen. De keuze is gevallen op damwanden vanwege de hogere mate van betrouwbaarheid van aansluitingen tussen onderdelen en lange termijn functioneren (dichtslibbingsrisico geotextiel).

Deze damwanden en heaveschermen kunnen binnendijks leiden tot grondwaterstandwijzigingen. Dit effect heet barrièrewerking. De (mogelijke) effecten van barrièrewerking binnen- en buitendijks zijn hieronder uiteengezet:

Binnendijks: schermen leiden tot een kwelafname (hoog water) of een wegzijgingsafname (laag water). Dit resulteert effectief in een demping van de stijghoogtedynamiek. Dit is in principe gunstig voor WSRL. Aandacht geldt voor binnendijkse natuurgebieden, waar een afname van de kwel in principe ongunstig kan doorwerken indien deze van hoge kwelfluxen afhankelijk zijn. De kwelfluxen treden hoofdzakelijk op wanneer er water op het voorland staat.

In de zomer zal de grondwaterstand binnendijks als gevolg van de aanwezige schermen minder diep uitzakken. Dit is in basis voor alle functies (agrarisch, natuur) gunstig en daarom niet nader onderzocht.

Buitendijks: In de laagwatersituatie is in het gebied sprake van grondwaterstroming vanaf de polder naar de rivier. Schermen leiden dan tot een afname van de stijghoogte en grondwaterstand in de uiterwaarden. Dit betekent dat deze in principe onder de huidige GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) kan zakken. Effecten zijn mogelijk verdroging van uiterwaarden en mogelijk funderingsschade van, met name op staal gefundeerde, buitendijkse bebouwing.

Tijdens hoog water is de grondwaterstand buitendijks geen onderwerp van discussie. De grondwaterstand is dan gelijk aan de buitenwaterstand, wat de natuurlijke functie van een uiterwaard is.

In voorliggende memo worden de resultaten van een onderzoek naar barrièrewerking in het gebied als gevolg van de aan te brengen damwanden en heaveschermen gepresenteerd.

De opbouw van de rapportage is als volgt:

- Stappenplan voor invulling van de Richtlijn Kwel Wegzijing binnen WOS (hoofdstuk 2);
- Eerste stap: bepalen geohydrologische effecten (hoofdstuk 3);
- Analyse effect geohydrologisch wijzigingen op omgeving (hoofdstuk 4);
- Conclusie (hoofdstuk 5).

2 Stappenplan Richtlijn Kwel-Wegzijing

Door Waterschap Rivierenland wordt de Richtlijn Kwel/Wegzijing gehanteerd voor het beoordelen van ingrepen in het beheersgebied die een effect op de grondwaterstanden en kwel/wegzijing in de omgeving kunnen hebben. Deze richtlijn is gericht op ingrepen in het voorland of het achterland, en niet specifiek opgesteld voor werkzaamheden aan de dijk zelf. Om deze reden is in overleg met een geohydroloog van WSRL (R. Van der Veen) tot een projectspecifieke aanpak voor de beoordeling van grondwatereffecten besloten.

- 1) Kwantitatieve analyse, ter bepaling verwacht effect op grondwaterstand/stijghoogte:
 - i) indien $>0,05$ m rekenkundige verlaging grondwater op 25 m vanuit de nieuwe buitenteen (uiterwaard, situatie laag water $T=10$, kenmerkend jaar 2003) **OF**
 - ii) $>2\%$ kwelafname op 25 m vanuit de nieuwe binnenteen (natuur, situatie hoog water, $T=10$, kenmerkend jaar 2003), **DAN**
- 2) Nagaan daadwerkelijke gevoeligheid natuur of bebouwing, indien knelpunt **DAN**
- 3) Mitigerende maatregel ontwerpen.

3 Kwantitatieve geohydrologische analyse (stap 1)

3.1 Methode geohydrologische analyse

Ten behoeve van Stap 1, kwantitatieve geohydrologische analyse, zijn geohydrologische modelberekeningen uitgevoerd. De berekeningen zijn stationair uitgevoerd in Plaxis, een 2D verticaal dwarsdoorsnedemodel dat gebruik maakt van de eindige-elementenmethode. Dit is hetzelfde model dat ook voor het ontwerp van alle te plaatsen damwanden en heaveschermen is gebruikt. Voor dit model is gekozen, aangezien deze snelheid (deel sommen reeds aanwezig) combineert met een goede modellering van de ondergrond in de verticaal. Er is overwogen een volwaardige 3D modelanalyse uit te voeren, echter de tijdsbesteding hiervoor is wezenlijk groter, terwijl de meerwaarde beperkt is. Het toepassen van een 2D verticaal model leidt tot een overschatting van de effecten, en is dus in basis een conservatieve keuze voor voorliggend onderzoek.

Voor het gehele traject zijn in totaal 63 damwanden en heaveschermen ontworpen. Voor de modelanalyse is hierin een selectie gemaakt waarbij vergelijkbare dijkprofielen zijn samengevoegd tot één representatief dwarsprofiel. De dwarsprofielen zijn opgesteld op basis van dijkgeometrie met een vergelijkbare bodemopbouw en/of percentage doorsnijding van het watervoerend pakket (WVP) door de damwand of heavescherm. Hierbij is het worst-case-dijkprofiel doorgerekend zodat de effecten van een wijziging in kwel of wegzijing voor de andere dijkprofielen veelal lager uit zullen vallen. Alle dijkprofielen met een kleinere doorsnijding van het WVP dan 20% zijn niet doorgerekend: de verwachting was dat de effecten van barrièrewerking hier verwaarloosbaar zijn. Zoals later in dit rapport zal blijken is dit inderdaad het geval.

In totaal zijn er 16 resulterende dwarsprofielen die gezamenlijk representatief kunnen worden beschouwd zijn voor het gehele traject Wolferen-Sprok, zie tabel 1 op de volgende pagina. In bijlage 2 zijn alle dijkprofielen en de samenvoeging van dijkprofielen tot casussen weergegeven met onderscheidende kleuren.

In de PlaxFlow-modelanalyse zijn per representatieve dwarsprofielcasus de volgende situaties doorgerekend:

- **Basissom huidige dijkgeometrie hoog- en laagwater zonder damwand of heavescherm.**
- **Som toekomstige dijkgeometrie met damwand of heavescherm in dijktafud hoog- en laagwater.**

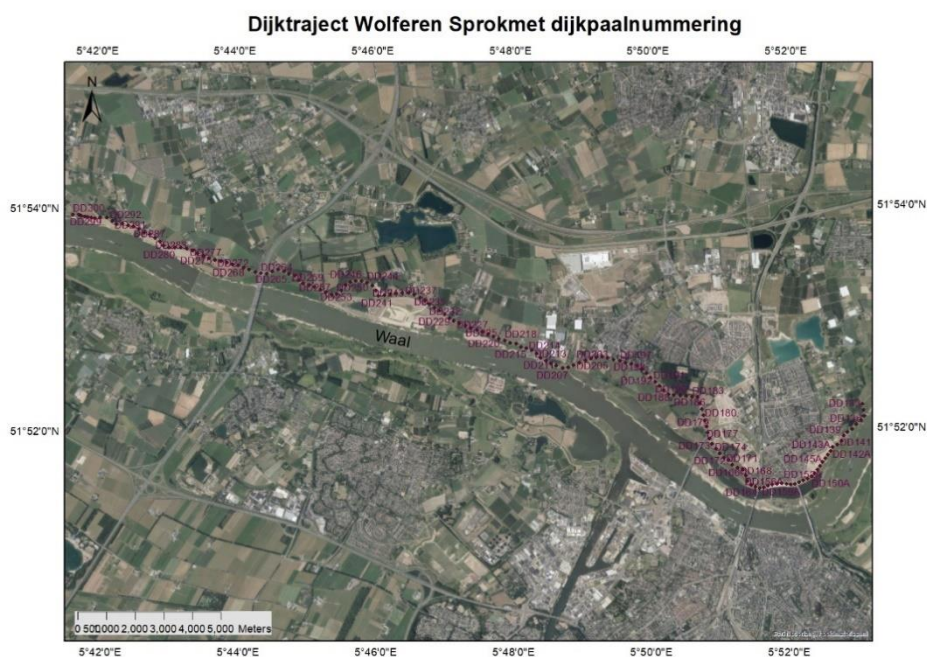
De wijziging in de grondwaterstand/stijghoogte binnen- en buitendijks op de volgende wijze gekwantificeerd:

- i) Buitendijks: de verlaging van de grondwaterstand op 25 m vanuit de buitenteen (zomer).
- ii) Binnendijks: de verlaging van de grondwaterstand en de wijziging van kweldebiet op 25 m vanuit de nieuwe binnenteen (winter).

Tabel 1: Geselecteerde dwarsprofielen voor PlaxFlow model analyse barrière werking

Casus	Dijkprofiel	Somnaam	Dijkpaalnr [van]	Dijkpaalnr [naar]	Lengte	Afsluiting WVP door scherm
I	D2	2_ontwerp_STBI_hdl	137.7	139.5	180	28.2%
II	D6	D6_ontwerp	167	169.45	245	26.8%
III	D7	7_ontwerp_STBI_hdl	169.7	172	230	24.2%
IV	D11a	11a_ontwerp_STBI_hdl	184	185.5	150	35.9%
V	D14a	14a_ontwerp_STBI_hdl	194	196.5	250	21.3%
VI	D15b	15b_ontwerp_STBI_hdl	209.1	210	90	31.1%
VII	D16b	16b_ontwerp_STBI_hdl	223	224.2	120	27.8%
VIII	D17b	17b_ontwerp_STBI_hdl	229	230	100	39.5%
IX	D18	18_ontwerp_STBI_234_hdl	234	236.5	250	40.9%
X	D21	21_ontwerp_hdl	248.8	248.9	10	29.7%
XI	D21	21_ontwerp_STBI_252-70_hdl	252.4	252.8	40	47.6%
XII	D23	D23_Case15_257	256.7	258	130	47.3%
XIII	D25	D25_Case18	264.4	266.1	170	25.9%
XIV	D26a	26a_ontwerp_STBI_hdl	270	271.3	170	78.0%
XV	D26b	26b_ontwerp_277-5_hdl	277.5	279	150	28.0%
XVI	D28	28_ontwerp_STBI_285-8_hdl	285.8	286.4	60	36.7%

* Casus XIV (78% doorsnijding WVP) is een lokale uitzondering als gevolg van een lokaal hoog gelegen stoorlaag in het watervoerend pakket.



Figuur 1: Dijktraject Wolferen-Sprok, normtraject 43-4 en 43-5

3.2 Uitgangspunten geohydrologische analyse

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe de geometrie, bodemopbouw, geotechnische en hydraulische parameters zijn bepaald. Deze zijn vervolgens als input gebruikt voor de PlaxFlow sommen.

Geometrie

Voor het dijktraject Wolferen-Sprok is per dijkvak een representatief profiel afgeleid. De schematisaties zijn op basis van het DTM WOS en AHN3 metingen (verschillende hoogtemodellen) gegenereerd. Voor de schematisatie van de te analyseren dwarsprofielen is gebruik gemaakt van de maatgevende piping-sommen gemaakt in loop 2, *1218-0024-001.R03 - memo pipinganalyses loop 2*. Voor de piping analyse zijn al veel modellen van dijkdwarsprofielen met bijbehorende dijschematisaties opgezet die voor de analyse barrierewerking (deels) opnieuw gebruikt zijn. Aan de binnenzijde van de dijk is de berm lengte toegepast die berekend is in ontwerploop 2 (*Dijkversterking WOS Macrostabieliteit binnenwaarts, Ontwerploop 2, v1*).

Bodemopbouw

Per dijkvak is een maatgevende ondergrond bepaald. In de rapportage *1218-0024-001.R41b Ontwerp Heaveschermen* wordt per dijkvak de desbetreffende schematisering, bodemopbouw en gekozen geotechnische parameter uitgebreid toegelicht. De keuze voor het schematiseren van een voorland is afhankelijk van de daadwerkelijk aanwezige deklaagdikte welke volgt uit handboringen en het elektromagnetisch onderzoek (een geofysische techniek om deklaagdiktes vlakdekkend in kaart te brengen, zie *Technisch Uitgangspunten Notitie Wolferen-Sprok v7*). Hierbij is de keuze gemaakt om geen deklaag te schematiseren als het EM-onderzoek een deklaag toont van minder dan 0,5 m of als er geen handboringen en/of EM-onderzoek beschikbaar zijn. Dit is een conservatief uitgangspunt. De onderkant van de deklaag in de dijk en achterland is afgeleid uit het geotechnisch lengteprofiel.

Hydraulische randvoorwaarden

Voor de analyse stijghoogte- en kwelwijziging bij hoogwater binnendijks is een hoogwatersituatie T=10 (WBN T10 2015) gebruikt. Voor laagwater is een laagwater situatie T=10 (kenmerkend jaar 2003) toegepast. Tussen de dijkvakken zijn de waterstanden lineair geïnterpoleerd. Er is gerekend met het jaar 2003 om aan te sluiten bij de WSRL richtlijn Kwel-Wegzijing. In de recente (zeer droge) jaren is de waterstand lager geweest. Het is echter de vraag of dit een T=10 situatie betrof. Zodoende is in deze analyse het jaar 2003 aangehouden.

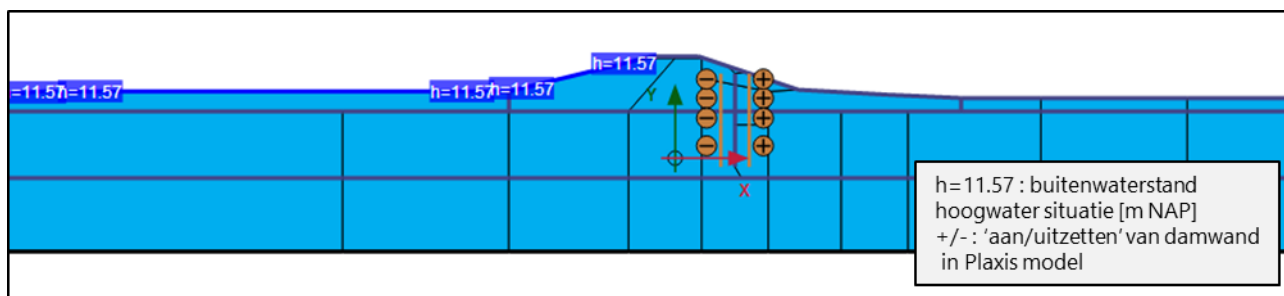
Tabel 2: Maatgevende waterhoogten hoog- en laagwater voor nabijgelegen meetlocaties

Waterhoogte meetlocatie Nijmegen Haven (bovenstrooms) <i>hoogwater</i>	NAP + 12,98 m
Waterhoogte meetlocatie nabij Dodewaard (benedenstrooms) <i>hoogwater</i>	NAP + 11,02 m
Waterhoogte meetlocatie Nijmegen Haven (bovenstrooms) <i>laagwater</i>	NAP + 5,15 m
Waterhoogte meetlocatie Dodewaard (benedenstrooms) <i>laagwater</i>	NAP + 3,50 m

Bij het bepalen van de binnenwaterstand is gebruik gemaakt van het peilbesluit voor de verschillende peilgebieden variërend van NAP +6,4 m tot NAP +7,2 m.

Schematisatie randvoorwaarden hoogwater situatie

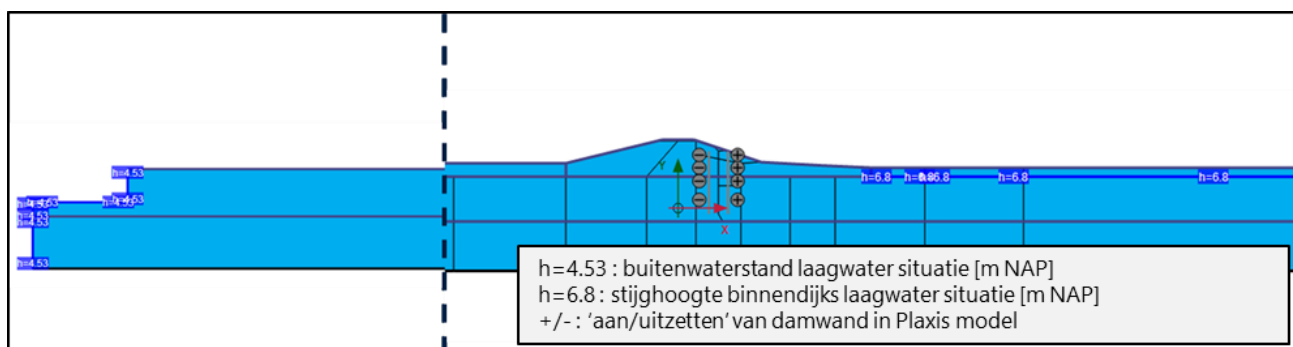
Bij een hoogwatersituatie is buitendijks de buitenwaterstand hoogwater T=10 opgelegd. Aangenomen wordt dat in situaties met een hoge buitenwaterstand in de praktijk op grote schaal plasvorming voorkomt. Er is in het model geen polderpeil vastgezet aangezien de beperkende factor bij plasvorming met name de maaiveldhoogte is. Het polderpeil vastzetten als randvoorwaarde in het model zou veronderstellen dat er standaard een teensloot voorkomt in het gebied die ook met hoog water op peil wordt gehouden. Dit blijkt niet uit observaties. Een weergave van de schematisatie van de randvoorwaarden voor dijkprofiel 17b is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Hydraulische randvoorwaarden PlaxFlow hoogwater situatie

Schematisatie randvoorwaarden laagwater situatie

Bij een laagwatersituatie is buitendijks de buitenwaterstand laagwater T=10 opgelegd. In deze situatie wordt aangenomen dat het polderpeil/streefpeil wel degelijk wordt gehanteerd. De sloten hebben in dat geval een infiltrerende werking. Het polderpeil is op de onderkant deklaag vastgezet. Er is dus geen rekening gehouden met weerstand die aanwezig is tussen de sloot en het watervoerend pakket of het feit dat er bijna geen sloten zijn. Dit is voor dit onderzoek een (zeer) conservatieve keuze. De schematisatie van de randvoorwaarden voor dijkprofiel 17b is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Hydraulische randvoorwaarden PlaxFlow laagwater situatie

Doorlatendheden

Langs het dijktraject Wolferen-Sprok is grondonderzoek uitgevoerd waarmee geotechnische parameters relevant voor barrièrewerking analyse zijn afgeleid. De totstandkoming van het grondonderzoek en de afgeleide geotechnische parameters zijn gedocumenteerd in het Technisch Uitgangspunten Rapport. Tabel 3 geeft een overzicht van de afgeleide geotechnische parameters en veiligheidsfactoren.

Tabel 3: Geotechnische parameters en veiligheidsfactoren

Parameter	Waarde	Bron
Voorlandlengte en dikte deklaag	Var.	Elektromagnetisch-onderzoek, handboringen en archiefonderzoek
Doorlatendheid voorland	0,4 m/d (gemiddeld)	Memo doorlatendheden WSRL
Doorlatendheid dijklichaam en achterland	0,4 m/d (gemiddeld)	Memo doorlatendheden WSRL
Weerstand plassen	0 tot 30 dagen weerstand	Peilbuisanalyse en weerstand plassen
Doorlatendheid zand K	Kreftenheye: 58 m/d (DD130-266) gemiddeld	HPT-(A)MPT sonderingen

	80 m/d (DD266-288) gemiddeld	
	Waalre: 21 m/d	
Anisotropie	3,7 Kh/Kv	HPT-(A)MPT sonderingen
Dikte watervoerend zandpakket	Var.	HPT-(A)MPT sonderingen
Meerlaagsheid	Var. Circa. 5-14 m Kreftenheye 3-14 m Waalre	HPT-(A)MPT sonderingen

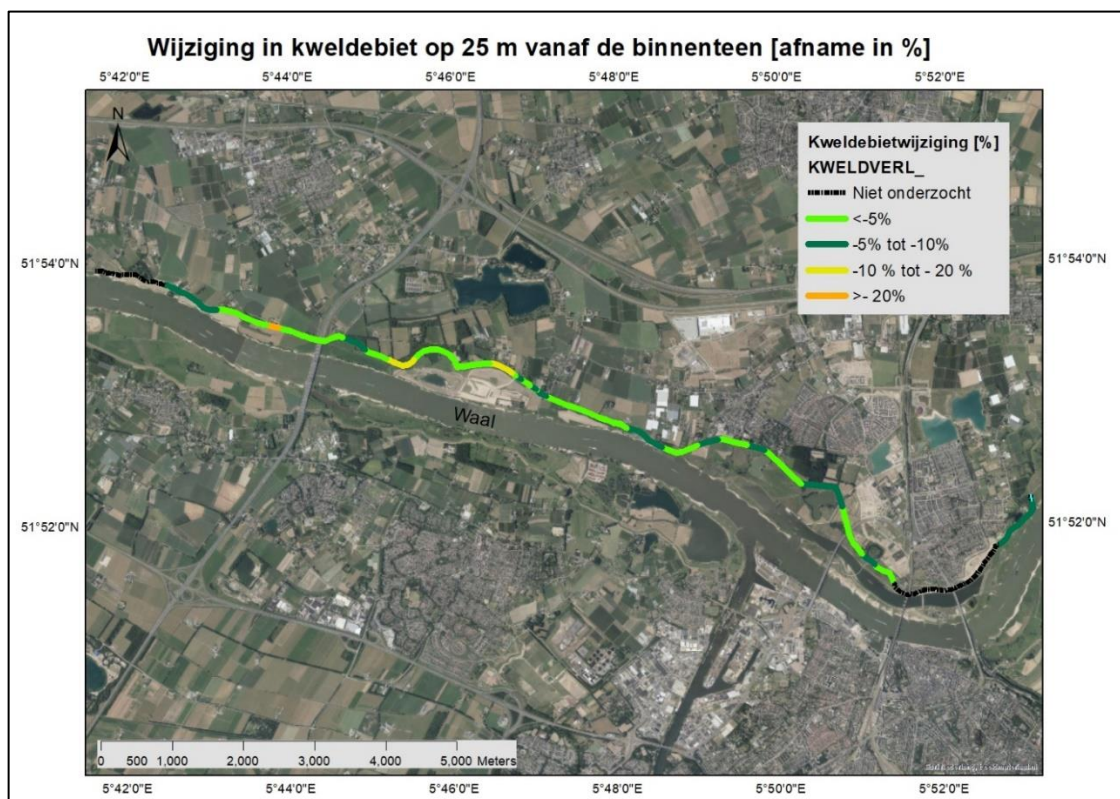
3.3 Resultaten geohydrologische analyse

In deze paragraaf zijn de resultaten van de PlaxFlow analyse uitgewerkt. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4. De casussen zijn representatief voor het gehele dijktraject. De resultaten van casussen zijn daarom toegekend aan representatieve dijkvakken met vergelijkbare dijkgeometrie, ondergrond en percentage doorsnijding WVP. Op basis van de representatieve dwarsprofielen is een gebiedsdekkend inzicht verkregen. De dijkprofielen met een kleinere doorsnijding van het WVP dan 20% zijn niet getoetst op barrièrewerking. Uit de resultaten blijkt dat een doorsnijding van het WVP van minder dan 20% de kwel/stijghoogte wijziging zeer gering is. Voor deze locaties is aangegeven in dat de kwel- en grondwaterstandwijziging respectievelijk kleiner is dan 5% en 0,05 m (zie tabel II.1. in Bijlage 2 en Figuren 4-6). In Bijlage 2 is de doorvertaling naar alle dijkvakken verder toegelicht en zijn voor alle dijkvakken de wijzigingen in grondwaterstand en kweldebiet binnen- en buitendijks gekwantificeerd.

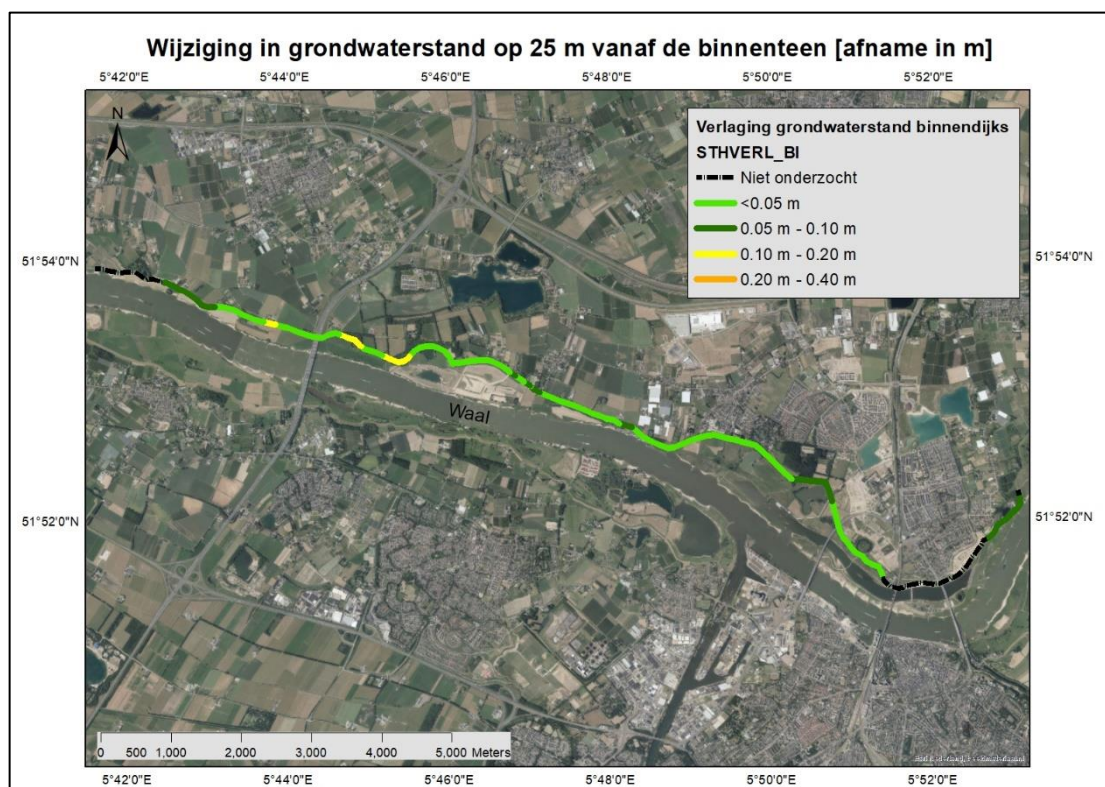
Tabel 4: Resultaten barrièrewerking analyse: verlaging grondwaterstand/stijghoogte en wijziging in kweldebiet 25 m vanaf binnenteen en verlaging grondwaterstand/stijghoogte buitenteen.

Casus	Dijkpaalnr [van]	Lengte	Afsluiting WVP door scherm	Grondwater-verlaging 25 m vanaf binnenteen [m]	Afname kweldebiet 25 m vanaf binnenteen [%]	Grondwater-verlaging 25 m vanaf buitenteen [m]
I	137.7	180	28%	0.06	5.9%	0.07
II	167	245	27%	0.03	2.5%	0.02
III	169.7	230	24%	0.05	5.2%	0.06
IV	184	150	36%	0.08	7.6%	0.05
V	194	250	21%	0.05	5.1%	0.06
VI	209.1	90	31%	0.04	6.3%	0.06
VII	223	120	28%	0.03	2.5%	0.03
VIII	229	100	40%	0.06	8.5%	0.06
IX	234	250	41%	0.05	10.8%	0.04
X	248.8	10	30%	0.04	4.1%	0.01
XI	252.4	40	48%	0.14	12.1%	0.04
XII	256.7	130	47%	0.12	9.6%	0.10
XIII	264.4	170	26%	0.03	3.2%	0.03
XIV	270	170	78%	0.19	79.0%	0.28
XV	277.5	150	28%	0.01	2.8%	0.02
XVI	285.8	60	37%	0.06	5.4%	0.02

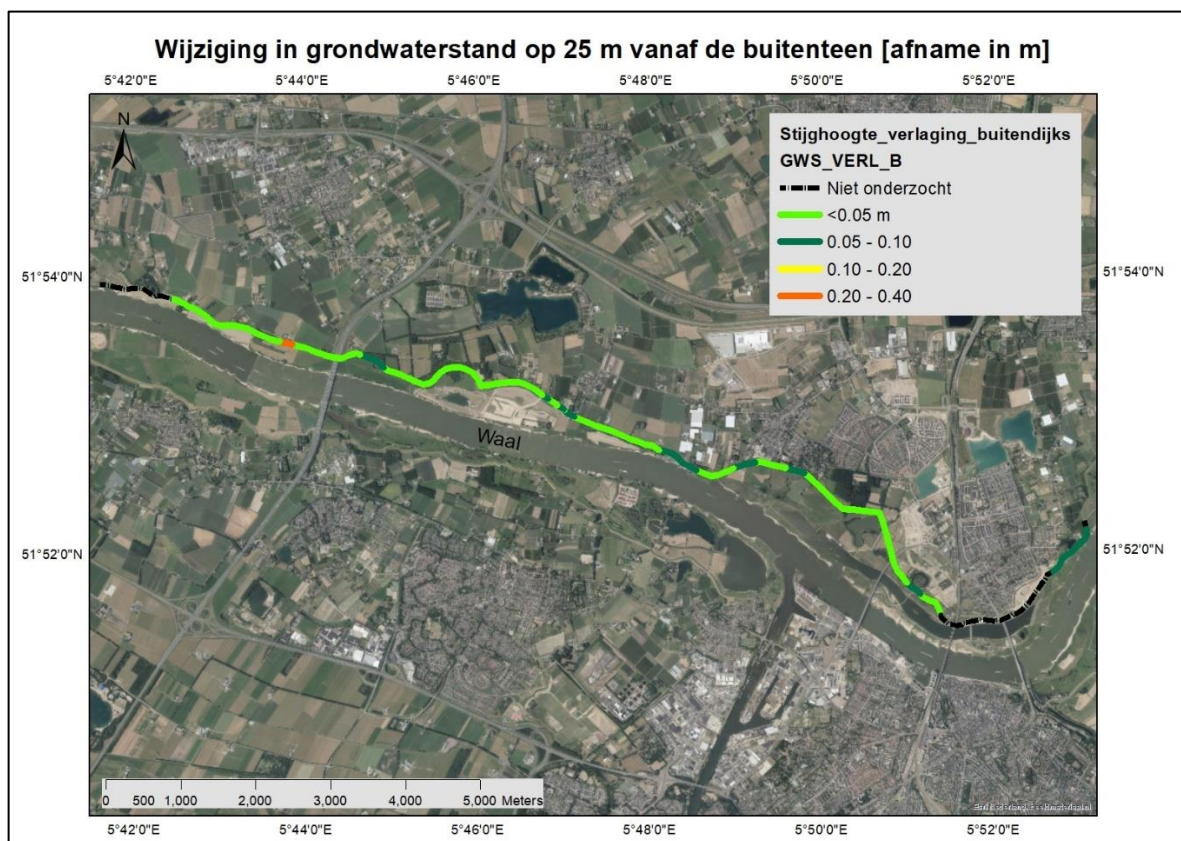
De effecten voor de wijziging in grondwaterstand en kweldebiet zijn ruimtelijk gevisualiseerd langs het dijktraject in de onderstaande figuren 4-6. In Figuur 4 is de wijziging in kweldebiet binnendijks langs het dijktraject weergegeven, Figuur 5 geeft de wijziging in grondwaterstand binnendijks langs het dijktraject aan en Figuur 6 de wijziging in grondwaterstand buitendijks langs het dijktraject.



Figuur 4: Berekende wijziging in kweldebiet [%] binnendijs 25 m vanaf de binnenteen langs het dijktraject voor Hoogwatersituatie (T=10).



Figuur 5: Berekende wijziging in grondwaterstand [m] binnendijs 25 m vanaf de binnenteen langs het dijktraject voor HOOGwatersituatie (T=10).



Figuur 6: Berekende wijziging in grondwaterstand [m] buitendijks 25 m vanaf de buitenteen langs het dijktraject voor LAAGwatersituatie (T=10).

3.4 Interpretatie resultaten binnendijkse wijziging – hoog water

Uit de berekeningen volgt dat als gevolg van de te plaatsen damwanden en/of heaveschermen de stijghoogte binnendijks in de winter tijdens T=10 hoogwater gemiddeld circa 6 cm lager zal zijn. De grondwaterstand zal echter niet wijzigen: als gevolg van de sterke kwel staat het grondwater namelijk zowel in de huidige situatie als in de toekomstige situatie aan maaiveld. Er wordt derhalve voldaan aan criterium 1.i (< 5 cm grondwaterstandswijzigingen) vanuit de Richtlijn Kwel-Wegzijinging.

De afname in kweldebiet binnendijks tijdens een hoogwater situatie door een damwand of heavescherm is gemiddeld circa 6 %. Er wordt derhalve niet aan criterium 1.ii (< 2% kwelwijziging) vanuit de Richtlijn Kwel-Wegzijinging. De effecten dienen daarom overall nader beschouwd te worden. De resultaten van deze beschouwing zijn in het volgende hoofdstuk beschreven. Opgemerkt wordt dat de kwel wijzigt van heel erg veel naar net iets minder veel: in beide gevallen staat de grondwaterstand aan maaiveld en zal er netto veel water uit de peilvakken tot afstroming komen.

3.5 Interpretatie resultaten buitendijkse wijziging – laag water

De verlaging van de grondwaterstand in de zomer tijdens een laagwatersituatie zal gemiddeld circa 5 cm bedragen. Opgemerkt wordt dat dit een conservatieve schatting betreft die de bovengrens aangeeft. De conservativiteit zit hem erin dat geen rekening is gehouden met intreeweerstand of radiale weerstand vanuit de sloten, en geen 3D model is toegepast. De verwachting is dat de werkelijke stijghoogteverlaging voor T=10 laagwater in de orde van hooguit één tot enkele centimeters gelegen is. Deze wijzigingen zullen in de praktijk niet meetbaar zijn binnen de normale variaties in grondwaterstanden.

3.6 Interpretatie resultaten DD270-271.3 (Wolferen)

De modelresultaten van casus 14 (XIV, DD270-271.3; zie figuur 4) geven een beduidend grotere wijziging in grondwaterstand en kweldebiet binnen- en buitendijks. Dit komt doordat het stabiliteitsscherm op deze locatie zorgt voor een zeer grote doorsnijding van het watervoerend pakket (78%). De berekende grondwaterstandsverlaging buitendijks (T=10) is 0,3 m. De berekende kwelafname in de winter bedraagt ca. 80%. De verwachting is dat de werkelijke wijziging in de uiterwaarde en het achterland minder groot is dan berekend doordat de lengte van dit scherm langs de dijk niet groot is (170 m; DD270-271.7; water kan deels om dit lange scherm heen stromen) én door de conservatieve schematiseringskeuze t.a.v. binnenwaterstand. De werkelijke wijzigingen zullen daarom wezenlijk kleiner zijn dan berekend, waarbij gedacht kan worden aan een wijziging in de orde van 10 cm.



Figuur 7: Locatie 270-271.7 (doorsnijding WVP: 78%) waar barrière-werking leidt tot relatief grote wijziging in grondwaterstand en kweldebiet binnen- en buitendijks.

4 Inventarisatie knelpunten omgeving (stap 2)

Op basis van de verwachte wijzigingen in grondwaterstand en kweldebiet is een inventarisatie en beoordeling uitgevoerd van de effect die dit heeft op de omgeving. Er is onderscheid gemaakt in: agrarisch gebruik, ecologie en bouwkundige effecten.

4.1 Agrarisch gebruik

De wijzigingen buitendijks liggen in de orde van één tot enkele centimeters, op 1 locatie (D270-271.3) in de orde van 1 dm. De verlagingen zijn naar verwachting niet meetbaar ten opzichte van normale grondwaterfluctuaties. Er worden dan ook geen negatieve effecten verwacht.

4.2 Ecologie

De wijziging liggen in de orde van één tot enkele centimeters, op 1 locatie (D270-271.3) in de orde van 1 dm. Qua ecologie zijn er een aantal aandachtspunten gesignaleerd, behorende bij de berekende orde van grootte van wijzigingen in het grondwatersysteem. De damwanden leiden tot een vermindering van kwel in de winter, echter, belangrijker is dat ze leiden tot een vermindering van afstroming naar de rivier in de zomer. Dit houdt de grondwaterstand in de zomer hoger, wat gunstig werkt. Immers, de damwand houdt naast binnengestroomd kwel ook geïnfiltreerde neerslag en vanuit sloten in de omgeving geïnfiltreerd (grond)water tegen.

Buitendijkse en binnendijkse graslanden:

Deze gebieden zijn niet gevoelig voor geringe wijzigingen in grondwaterstanden. Hier wordt bij de genoemde geringe variaties geen wezenlijk knelpunt voorzien.

Binnendijkse waterpartijen/wielen/rabatten:

Deze krijgen minder kwel bij hoog water. Groot risico voor ecologie en landgebruik is echter gelegen in verdroging, en dat gaan de schermen juist tegen. Ecologisch wordt hier geen wezenlijk knelpunt voorzien.

Binnendijkse haagbeuk- en essenbossen:

Aandacht is nadrukkelijk besteed aan haagbeuk- en essenbossen (N14.04 GNN, arcgis kaart natuurbeheer Gelderland). Deze krijgen minder kwel. De huidige hoeveelheid kwel is in de huidige situatie dusdanig groot dat dit niet het lokale gebied geborgen kan worden (of opgenomen: in de winter zijn de bomen in rust) waardoor het grotendeels afstroomt naar het achtergelegen poldersysteem. In de nieuwe situatie is dit gezien de geringe afname in kweldebiet niet anders. De voor dit natuurstype belangrijke voeding van deze bossen met basen blijft behouden. Ecologisch wordt hier geen wezenlijk knelpunt voorzien.

Buitendijkse waterpartijen (buiten rivier):

Aandacht is nadrukkelijk besteed aan nu bijna droogvallende poelen/strangen/wielen. De verwachte effecten zijn orde centimeters verlaging van de stijghoogte, en daarmee niet meetbaar. Onder veel poelen en strangen is ook nog een sliblaag aanwezig, waardoor de netto verlaging nog kleiner wordt. Het is twijfelachtig of deze verlaging enig effect heeft op de lokale ecologie. Er kan echter niet uitgesloten worden dat gebieden die nu net niet droogvallen in de situatie met schermen wel droog gaan vallen.

Ondanks dat geen wezenlijke wijziging wordt voorzien, is voor de volledigheid een inventarisatie uitgevoerd van poelen/strangen/wielen die nu bijna droog vallen. De volledige inventarisatie is opgenomen in bijlage 3. De belangrijkste mogelijke knelpunten worden in tabel 5 toegelicht.

Tabel 5: inventarisatie plassen met kans op droogval

Traject met nu reeds enige kans op droogval	Opmerking	Aandacht t.a.v. ecologische effecten
DD176	>200 m van kering	Nee, zo ver van kering is effect verwaarloosbaar.
DD199	>300 m van kering, Een van meerdere plassen in strang.	Nee, zo ver van kering is effect verwaarloosbaar.
DD225	Een van meerdere plassen in strang	Nee, aquatische fauna kan migreren binnen lokale natuurwaarde strang.
DD263 (direct oostelijk A50)	Diepste deel op 80 m uit kering. Lijk wellicht al droog te vallen.	Nee, geen observaties van waardevolle soorten.
DD265 (direct westelijk A50)	Direct langs kering. Lijkt wellicht al droog te vallen.	Ja, 5 observaties van kleine watersalamander

Detailanalyse waterpartij D265

De betreffende locatie licht direct langs de waterkering. Er zijn op 18 april 2019 5 observaties gedaan van de kleine watersalamander. Uit satellietbeelden (27 juli 2018) blijkt dat deze waarschijnlijk reeds droog valt: overal is begroeiing te zien. Ook uit AHN3 (hoogtemodel) opnames blijkt dat er geen wateroppervlak is gedetecteerd ten tijde van de AHN3 meting. Het lijkt erop dat deze strang dus nu al regelmatig droog valt.

De berekende verlaging betreft hier ca. 3 cm. Vanwege de conservativiteit in de berekeningsmethode bedraagt de verwachte verlaging van de grondwaterstand veeleer orde 1 cm of minder. Onder de strang is een vrij dikke kleilaag aanwezig (ca. 3 a 4 m). Dit leidt ertoe dat water vanuit de strang maar minimaal kan wegzijgen naar het diepere zand. Het gevolg hiervan is dat de verwachte wijziging van een (eventuele) waterstand in deze strang is uit te drukken in millimeters. Dit is niet meetbaar.

Op de locatie waar effecten als verdroging/vernatting door de aanwezigheid van damwanden voor kan komen, is alleen buitendijks GO aanwezig. Hier zijn geen beheertypen aangewezen. Binnendijks ligt wel een beheertype (N16.03 droog bos met productie), maar dit gebied is niet aangewezen als GNN of GO

Buitendijks, in het GO-gebied, zijn twee strangen aanwezig. Hoewel deze niet is aangewezen als beheertype, kan deze wel hoge natuurwaarde bevatten doordat er veel bijzondere planten kunnen voorkomen en dieren er dekking en voedsel vinden. Het zijn vaak voortplantingsplaatsen van amfibieën en insecten. In de betreffende strangen zijn echter geen beschermde dier- of plantensoorten aanwezig.

Een damwand kan verdroging van de strang veroorzaken door beperking van de drainerende werking van de Waal bij normale waterstanden (paragraaf 4.5). Het is onduidelijk of de strangen in de zomer nog water bevatten. Als dit zo is, is het veel minder dan in de rest van het jaar. Uit modellering blijkt dat de aanwezigheid van damwanden in de zomer tot een waterstandsval van 7cm kan leiden op 5 meter uit de teen van de dijk. Hierdoor kunnen de strangen in droge zomers wellicht droog komen te staan. Echter, omdat de strangen niet zijn aangewezen als beheertype, en er ook geen beschermde dier- of plantensoorten aanwezig zijn, wordt geconcludeerd dat een eventuele verdroging van deze strangen niet leidt tot een aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van dit deel van het GO-gebied.

Gezien de geconstateerde regelmatige droogval in de huidige situatie, en de minimale effecten van de schermen op de strang alsmede het gebrek aan aangewezen beheertypen of beschermde soorten, wordt hier geen wezenlijk knelpunt voorzien.



Figuur 8: ligging GNN/GO ter plaatse van de A50



Figuur 9: ligging beheertype ter plaatse van de A50 (buiten GNN-/GO-gebied)

4.3 Bouwkundige effecten - zettingen

Een verlaging van de grondwaterstand onder een in het verleden opgetreden waterstand kan leiden tot zettingen van met name op staal gefundeerde bebouwing. Deze verlaging treedt buitendijks van de voorziene schermen op. Er is her en der op de dijk bebouwing aanwezig. Daadwerkelijk buitendijks (in een zone van orde 25 m vanuit de buitenteen) is nauwelijks permanente bebouwing aanwezig. De panden die buitendijks aanwezig zijn en waar invloed van de waterstandsverlaging mogelijk is zijn opgenomen in tabel 6. Hierin zijn ook de gegevens opgenomen uit de risico-inventarisatie van de panden die door BouwRisk is uitgevoerd.

Tabel 6: Gegevens buitendijkse woningen

Adres	Bouwjaar	Dijkpaal	SBR-CAT	Monument	Bouwkundige staat	Fundering
Waaldijk 7/9	1946	134+000	2	Gemeentelijk	Scheuren aangetroffen	Op staal
Waaldijk 39	1985	209+070	2	Nee	Goed	Niet bekend
Waaldijk 37	1890	214+050	2	Nee	Matig	2 steens, min. 60 cm diep
Waaldijk 28	1731	224+040	2	Gemeentelijk	Scheuren aangetroffen	Niet bekend
Waaldijk 27	1849	224+080	2	Nee	Matig	Niet bekend

DD134 – Waaldijk 7/9 (Restaurant Sprok)

Dit gebouw is erg dicht op de rivier gelegen. De laagste waterstand onder het restaurant wordt derhalve in de huidige situatie primair bepaald door de rivierwaterstand. Eventuele schermen hebben hier een verwaarloosbare invloed op.

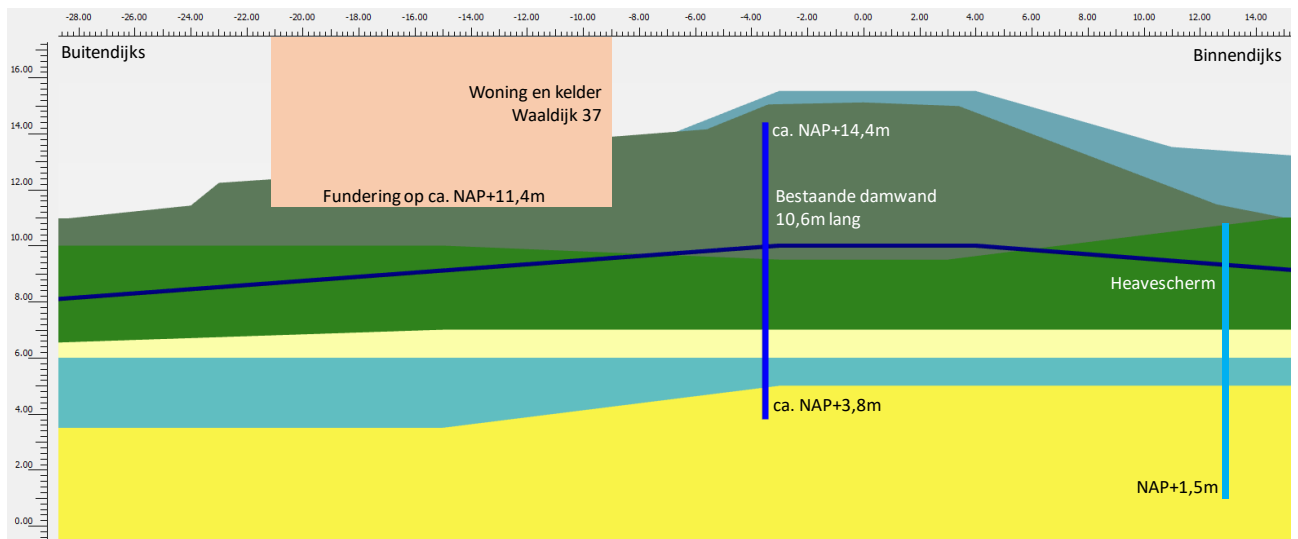
DD210 – Waaldijk 39 (Restaurant De Altena)

Dit gebouw is erg dicht op de rivier gelegen. De laagste waterstand onder het restaurant wordt derhalve in de huidige situatie primair bepaald door de rivierwaterstand. Eventuele schermen hebben hier een verwaarloosbare invloed op.

DD215 – Waaldijk 37

Dit gebouw kan een verlaging van de grondwaterstand ondervinden ten gevolge van barrièrewerking door het heavescherm. De verlaging bedraagt ca. 6 cm op 25 m uit de buitenteen en ca. 10 cm ter plaatse van de woning. Het gebouw staat aan de voorzijde tegen de dijk aan en eronder bevindt zich een souterrain, dat aan de achterzijde van de woning op maaiveldniveau ligt. Van de fundering is bekend dat deze 2 steens breed en minimaal 60 cm diep is. Er is geen kruipruimte aanwezig. Het pand is gebouwd in 1890 en is dus 130 jaar oud. Bij de vorige dijkversterking in 1990 is op ca. 5,5 m uit de woning in de buitenkruin van de dijk een erosiescherm geplaatst in de vorm van een stalen damwand met een lengte van ca. 11 m. De situatie ter plaatse van de Waaldijk 37 is geschetst in Figuur 10

Het nieuwe heavescherm komt binnendijks in de berm op ca. 27 m uit de voorgevel van de woning te staan. Het funderingsniveau van de woning is ca. NAP +11,4 m en de onderkant deklaag ligt op ca. NAP +4,0 m, zodat er ca. 7 m deklaag aanwezig is onder de woning tot aan het watervoerend pakket. Bij laag water op de rivier daalt de stijghoogte en aannemelijker wijs ook de grondwaterstand tot ca. NAP +5,5 m a NAP +6 m (peilbuis Oosterhout DP202 najaar 2016) , zodat ca. 5 m van de deklaag onder de fundering al droog staat. Door de geringe korrelspanningstoename die een grondwaterstandswijziging op deze diepte met zich meebrengt, zal de verwachte zetting van de grondlagen bij deze mate van grondwaterstandswijziging verwaarloosbaar zijn. Er worden daarom geen nadelige effecten verwacht voor de woning als gevolg van de barrièrewerking.



Figuur 10: Situatie bij Waaldijk 37 met damwand en heavescherm

DD224 – Waaldijk 27 en 28

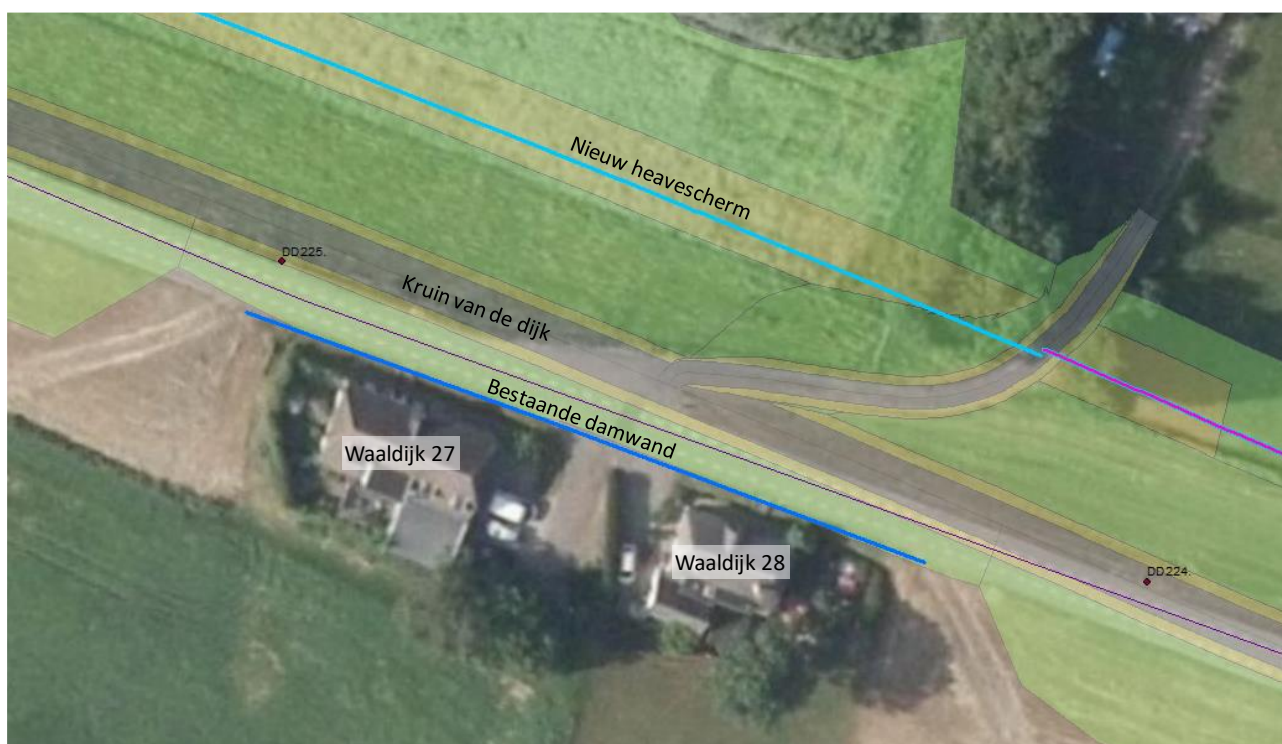
Onder deze twee gebouwen kan een verlaging van de grondwaterstand optreden. De verlaging bedraagt ca. 3 cm op 25 m uit de buitenteen en ca. 5 cm ter plaatse van de woningen.

De woning Waaldijk 27 staat met de voorgevel op ca. 3 m uit de buitenkruin van de dijk. Het dorpelniveau van de woning ligt ca. 1,3 m lager dan de kruin van de dijk. Aan de achterzijde van de woning is een kleine kelder aanwezig met een afmeting van ca. 6,0x2,3 m en een diepte van ca. 1,8 m. De funderingswijze is niet bekend, maar gezien het bouwjaar van 1731 is het niet aannemelijk dat het gebouw op palen staat.

De woning Waaldijk 28 staat met de voorgevel op ca. 3 m uit de buitenkruin van de dijk. Het dorpelniveau van de woning ligt ca. 1,2 m lager dan de kruin van de dijk. De kleine kelder die onder de woning aanwezig was, is dichtgestort met beton vanwege wateroverlast bij hoogwater. De funderingswijze is niet bekend, maar gezien het bouwjaar van 1849 is het niet aannemelijk dat het gebouw op palen staat.

Ook bij deze twee woningen is tijdens de dijkversterking in 1990 een erosiescherm in de vorm van een stalen damwanden met een lengte van ca. 9 m geplaatst (Figuur 11).

De damwand staat op ca. 3 m uit de voorgevels van de woningen in de buitenkruin van de dijk. De damwand komt tot ongeveer de onderkant van de deklaag, maar staat net niet tot in het watervoerend pakket.



Figuur 11: Situatie ter plaatse van Waldijk 27 en 28

Het nieuwe heavescherm komt binnendijs in de berm op ca. 30 m uit de voorgevel van de woning te staan. Het funderingsniveau van Waldijk 27 en 28 is gezien de bouwwijze ca. NAP +13 m en de onderkant deklaag ligt op ca. NAP +2,0 m, zodat er ca. 11 m deklaag aanwezig is onder de woning tot aan het watervoerend pakket. Bij laag water ligt de grondwaterstand op NAP +6 m (peilbuis DP202 en DP266 najaar 2016; situatie is vergelijkbaar met vorige casus) zodat ca. 7 m van de deklaag onder de fundering al droog staat. Door de geringe korrelspanningstoename die een grondwaterstandswijziging op deze diepte met zich meebrengt, zal de verwachte zetting van de grondlagen bij deze mate van grondwaterstandswijziging verwaarloosbaar zijn. Er worden daarom geen nadelige effecten verwacht voor de woning als gevolg van de barrièrewerking.

Eventuele verschilzettingen bebouwing

Doordat de diepte van de damwand langs het dijktraject op enkele plekken 'sprongen' van maximaal enkele meters maakt kan er ook een sprong optreden in het effect op de grondwaterstanden. Er zouden eventueel enige verschilzettingen kunnen optreden op de overgangen van diepere insnijding naar ondiepere insnijding van damwanden in het watervoerend pakket. Hiervoor is onderzocht op welke afstand er bebouwing aanwezig ten opzichte van een 'sprong' in damwand diepte (zie tabel 7). Hieruit blijkt dat de sprong in damwanddiepte maximaal 4,5 meter en bebouwing hier minimaal 50 meter vanaf ligt. De gevolgen van eventuele verschilzettingen zullen verwaarloosbaar zijn.

Tabel 7: Buitendijkse bebouwing, de afstand en verschil in damwanddiepte bij 'sprong'.

Adres	Bouwjaar	Dijkpaal	Fundering	Afstand tot 'sprong' in wanddiepte [m]	Sprong in damwanddiepte [m]
Waldijk 7/9	1946	134+000	Op staal	50	0,3
Waldijk 39	1985	209+070	Niet bekend	30	0,5
Waldijk 37	1890	214+050	2 steens, min. 60 cm diep	50	4,5
Waldijk 28	1731	224+040	Niet bekend	90	2
Waldijk 27	1849	224+080	Niet bekend	50	2

4.4 Geïsoleerde watersystemen Lent-Waalsprong

In de omgeving van Lent zijn enkele geïsoleerde watersystemen aanwezig. Dit zijn systemen die in principe geen directe externe toevoer van oppervlaktewater kennen, en voor hun waterbalans afhankelijk zijn van lokale neerslag, kwel, wegzijging en evapotranspiratie. Dit betreft onder meer de volgende systemen:

- Kolk van Elferen
- Watersysteem woonwijk Waalsprong
- Fort Beneden Lent

Het gebied rond Lent ontvangt water door kwelwater uit het eerste watervoerend pakket gedurende de winterperiode. In hoog zomer, met een lagere rivierstand, zakken de oppervlaktewaterpeilen als gevolg van verdamping en wegzijging naar het eerste watervoerend pakket.

Kolk van Elveren

De Kolk van Elveren betreft een naar schatting ca. 500 jaar oud binnengedijkt wiel. De kolk bestaat voor ca. 50% uit verlandende delen in het noorden en zuidwesten, terwijl de centrale en oostelijk hoek permanent nat zijn met een bodemdpte van ca. NAP +3 a +4 m.

Op dit moment zijn geen damwanden aanwezig. In het ontwerp is een heave scherm voorzien. Het effect van het scherm is een afname van de kwel in de winter van ca. 5%, wat als vrij gering kan worden beschouwd. De effecten zijn een bovengrens, aangezien de scheidende laag onder het watervoerend pakket als waterdicht is beschouwd en het tweede watervoerend pakket geen deel neemt in de grondwaterstroming. En werkelijkheid is de kwelwijziging dus kleiner.

In principe kan dit leiden tot een geringe afname van de kwel in de winter. Omgekeerd zal het scherm er in de zomer toe leiden dat het grondwater minder makkelijk het gebied uit kan stromen, wat gunstig is voor het vasthouden van water in het gebied. Bij zowel de kwelafname als bij het vasthouden van water geldt als kanttekening dat het dus gaat om wijzigingen van omvang in zowel negatieve als positieve zin. Om deze reden wordt het netto effect neutraal veronderstelt.

Opgemerkt wordt dat droogstand van de kolk vooralsnog niet te verwachten is, ook niet als gevolg van drogere zomers. De waterstand van de Kolk wordt begrenst door wegzijging richting de Waal, die bij droge zomers een waterstand van ca. NAP +5 m heeft op dit traject.

Waalsprong systeem

Het watersysteem van de woonwijk Waalsprong is zelfvoorzienend. In het winterseizoen wordt kwelwater en neerslag geborgen in een 3tal zandwinputten ten noorden van de nieuwbouwwijk die over de volledige hoogte van het 1^e watervoerend pakket insnijden. Het waterpeil stijgt tot ca. NAP +8,7 m. Rond deze waterstand, afhankelijk van neerslag en hoogwaterverwachting, begint WSRL met het afdalen van water richting het Linge systeem.

In de zomer wordt er water vanuit de plassen ingelaten in het singelsysteem van de Waalsprong. Dit is een brede watergang die op >100 m vanuit de waterkering gelegen is. De watergang kent een bodemhoogte van NAP +6,60 m en is tot NAP +7,60 in klei gezet. Dit laatste om wegzijging van kwel in de zomer tegen te gaan. Wegzijging blijft echter wel een aandachtspunt, zeker in relatie tot recentere droge zomers. De singel wordt gevuld vanuit de plassen middels stuwen en gemalen. De plassen werken vrijwel altijd drainerend op de omgeving, wat zichtbaar is uit de (overigens vrij beperkt aanwezige) monitoringsbuizen die in de DINO databank zijn opgenomen.

De toestroom van de plassen vindt met name vanuit het noorden plaats (mondeling communicatie n.a.v. modelstudie "Stijghoogte bij hoogwater – de Stelt. Royal HaskoningDHV 2020, in concept").

Ten aanzien van wegzijging richting de rivier wordt opgemerkt dat aan de zuidzijde van de Waalsprong langs een groot deel van het traject een diepwand aanwezig is die het watervoerend pakket volledig doorsnijdt. Uit geohydrologische analyses die destijds zijn uitgevoerd (Ruimte voor de Waal – Nijmegen Achtergrondrapport Geohydrologie, 21 oktober 2010) komt naar voren dat deze wand in de zomer ervoor zorgt dat de grondwaterstanden achter de wand hoger zijn dan op locaties waar geen wand is: deze wand houdt in de zomer water in het gebied vast.

In het kader de ontwikkeling van de wijk De Stelt is een geohydrologische modelstudie uitgevoerd. Hierbij is onder meer de genoemde diepwand meegemodelleerd en een oostelijk daarvan tot aan Fort Lent gelegen heavescherm wat in het kader van de dijkverlegging Ruimte voor de Waal is geïnstalleerd. Dit heavescherm reikt tot NAP +2 m. Uit het geohydrologisch model “Stijghoogte bij hoogwater – de Stelt. Royal HaskoningDHV 2020, in concept” bleek dat het stijghoogtepatroon bij hoog water ter plaatse van het heavescherm niet noemenswaardig verschilde van het stijghoogtepatroon oostelijk hiervan, waar geen heavescherm aanwezig is. Geen noemenswaardig verschil in stijghoogte betekent geen noemenswaardig verschil in kweldebiet in het achterland en geen noemenswaardig effect op de regionale grondwaterstroming. De schermen die in het gebied van de Waalsprong zijn voorzien (ten westen en ten oosten van de diepwand) reiken tot NAP +1 a +3 m en zijn dus vergelijkbaar met het reeds aanwezige heavescherm.

Op dit moment zijn geen damwanden aanwezig. In het ontwerp is een heave scherm voorzien. Het effect van het scherm is een afname van de stijghoogte in de winter van ca. 5%. Dit betreft een bovengrensschatting met het oog op een waterdicht gemodelleerde 1^e scheidende laag. In principe kan dit leiden tot een minimale afname van de kwel in de winter. Omgekeerd zal het scherm er in de zomer toe leiden dat het grondwater een heel klein beetje minder makkelijk het gebied uit kan stromen, wat weer gunstig is voor het vasthouden van water in het gebied. Het minimale effect van de wanden blijkt dus ook uit een parallelle studie ten aanzien de wijk De Stelt. Bij zowel de kwelafname als bij het vasthouden van water geldt als kanttekening dat het gaat om wijzigingen van verwaarloosbare omvang in zowel negatieve als positieve zin. Om deze reden wordt het netto effect neutraal veronderstelt.

Fort Beneden Lent

In de winter loopt de fortgracht vol met kwelwater, terwijl in de zomer, bij lage rivierstand, het water weer uit de fortgracht verdamppt en wegzijgt richting het eerste watervoerend pakket en uiteindelijk de Waal. De schermen leiden hier tot een verlaging van het kweldebiet in de winter van ca. 5% (diepte NAP +3 m). Dit betreft een bovengrensschatting met het oog op een waterdicht gemodelleerde 1^e scheidende laag. In principe kan dit leiden tot een geringe afname van de kwel in de winter. Omgekeerd zal het scherm er in de zomer toe leiden dat het grondwater minder makkelijk het gebied uit kan stromen, wat gunstig is voor het vasthouden van water in het gebied. Bij zowel de kwelafname als bij het vasthouden van water geldt als kanttekening dat het gaat om wijzigingen van geringe omvang in zowel negatieve als positieve zin. Het Fort Beneden Lent heeft in de huidige situatie te maken met droogstand tijdens de recente droge zomers. De impact van de voorziene schermen is dusdanig dat deze de droogstand in de toekomst niet zullen gaan verhelpen.

5 Conclusie

Binnen het project Wolferen Sprok worden diverse damwanden en heaveschermen aangebracht. Deze kunnen een effect hebben op de grondwaterstanden in de omgeving. Waterschap Rivierenland heeft de omgang met dit soort effecten verwoord in de Richtlijn Kwel – Wegzijging. Voor de dijkverbetering Wolferen-Sprok is dit ingevuld middels een stappenplan:

- Stap 1: kwantitatieve analyse grondwatereffecten.
- Stap 2: analyse omgevingseffect als gevolg van grondwaterwijzigingen.
- Stap 3: ontwerp van mitigerende of corrigerende maatregelen.

In het onderzoek is geconcludeerd dat de omgevingseffecten klein en overwegend niet meetbaar zijn. Om deze reden is Stap 3 niet uitgevoerd.

5.1 Effect op waterstanden en kweldebiet (stap 1)

Middels geohydrologische berekeningen is voor een T=10 situatie hoog water en laag water onderzocht hoe groot dit effect is, en is in beeld gebracht wat het effect is op onder meer landbouw, ecologie en bouwkundige staat van dijkwoningen. De uitgangspunten van de berekeningen zijn zeer conservatief.

De schermen leiden ertoe dat met **hoog water** de stijghoogte binnendijks afneemt (orde centimeters op 25 m van de binnenteen; de effecten zijn naar verwachting niet meetbaar). De afname van de stijghoogte leidt er tevens toe dat de hoeveelheid kwel afneemt (orde 10%). Aangezien de hoeveelheid kwel echter wijzigt van heel veel naar ietsje minder veel, is het resultaat dat de grondwaterstand bij hoog water niet veranderd. Tevens zal veel kwelwater tot afstroming blijven komen, wat niet anders is dan in de huidige situatie.

De schermen leiden ertoe dat met **laag water** de stijghoogte en grondwaterstand binnendijks minimaal toeneemt (orde centimeters op 25 m van de binnenteen; de effecten zijn naar verwachting niet meetbaar). Buitendijks neemt de stijghoogte en grondwaterstand af (orde centimeters op 25 m van de buitenteen; de effecten zijn naar verwachting niet meetbaar).

5.2 Omgevingseffecten (stap 2)

Beschouwd is wat het effect is van de waterstanden en kweldebiet wijzigingen op de omgeving. Ten aanzien van landbouw en ecologie worden geen negatieve effecten op deze functies verwacht.

Ten aanzien van bebouwing vallen Waaldijk 27, 28 en 37 op. Dit zijn oudere woningen, die vanuit hun funderings- en constructiewijze gevoeliger zijn. De deklaag is op deze locaties erg dik, waardoor een grondwaterstandsverlaging nog wel enige zettingen kan veroorzaken. Echter, de grondwaterstand staat in de huidige situatie al erg diep onder de fundering, waardoor de relatieve korrelspanningstoename minimaal is. Verwacht wordt dan ook dat er een minimaal effect is.

Wel wordt aanbevolen in de uitvoering deze woningen uit voorzorg te voorzien van meetbouten en deze vooraf en tot minstens 3 jaar na aanbrengen van de schermen in te meten.

5.3 Nauwkeurigheid en detaillering

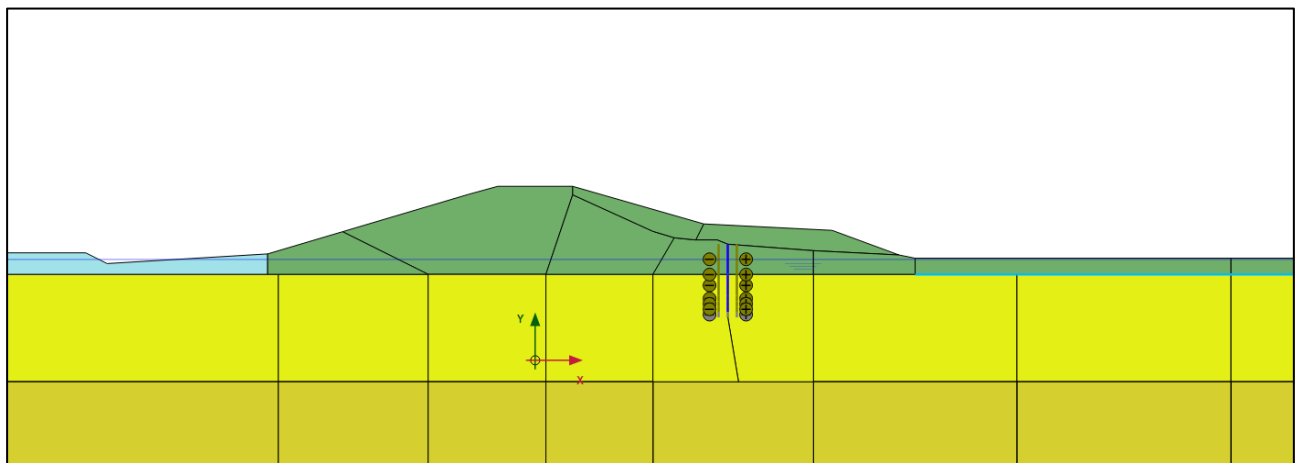
De berekeningen zijn overwegend conservatief ingestoken, in zoverre dat de berekende effect overwegend groter zijn dan de te verwachten effecten. Bij de interpretatie van de berekeningsresultaten die tot deze conclusies leiden is hier rekening mee gehouden. Dit conservatisme kan ondervangen worden door gedetailleerdere (evt. instationaire) 3D modelberekening uit te voeren. Ook de zettingseffecten kunnen gedetailleerder worden uitgerekend. Gezien de omvang van de verwachte impact is deze stap nog niet uitgevoerd.

Bijlage 1: Opzet PlaxFlow-model

In dit hoofdstuk zijn de instellingen van het gebruikte PlaxFlow-model beschreven. PlaxFlow is de module in Plaxis 2D waarmee grondwaterstroming kan worden berekend. Plaxis 2D is een 2D eindige-elementenmodel voor het berekenen van de vervorming en stabiliteit van geotechnische maatregelen. Alvorens een berekening kan worden uitgevoerd moeten de randvoorwaarden en fijnheid/grofheid van het raster worden bepaald.

Geometrie

Een typische geometrie bestaat uit een deklaag met voorland, dijk en achterland en een watervoerend pakket bestaande uit Kreftenheye en Waalre, zie figuur 0-1. Het heavescherm is gemodelleerd in de dijk en het watervoerende pakket. Dit scherm is doorgerekend met een stalen damwand, voor de PlaxFlow-berekeningen maakt het niet uit van welk materiaal dit scherm gemaakt is, mits het geen water doorlaat.



Figuur 0-1: Schematisering geometrie

Voor een geohydrologisch model is het gewenst om de modelgrenzen ruim op te zetten, zodat de stijghoogte in het te beschouwen gebied niet beïnvloed wordt door de grensconditie (boundary). In het model is gekozen om het achterland door te laten lopen tot 500 meter uit de kruin van de kering. Met deze achterlandlengte wordt de stijghoogte in de omgeving van het scherm niet beïnvloed door de grensconditie in het achterland.

Randvoorwaarden

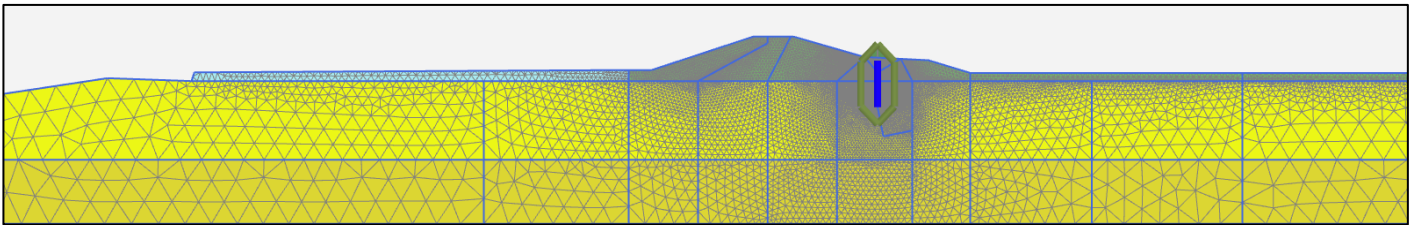
In het model zijn drie typen randvoorwaarden gebruikt. De onderzijde van het model is gesloten (*closed*), waardoor er geen water in- of uitstroomt. De onderkant van het model is op de onderkant van het Watervoerend pakket (zandlaag) gezet. De laag eronder fungeert effectief als waterremmende, ondoorlatende laag. Dit is gangbaar bij geohydrologische modellen. De keuze is conservatief ingestoken: er is een relatief hoog niveau gekozen. De modelrand van het achterland, 500 meter uit de kering is ook gesloten. Aan het maaiveld van het achterland en de binnenzijde en bovenzijdekant van de kering is de randvoorwaarde op open (*seepage*) gezet. Deze randen zijn lek, waardoor water kan uitstromen. Op de randvoorwaarde op de buitenzijde van de kering, het voorland en het watervoerende pakket aan de rivierzijde is een vaste stijghoogte (*head*) geplaatst met de waterstand bij de norm (WBN) voor het desbetreffende traject.

Het model rekent stationair.

Fijnheid/grofheid van het raster

De nauwkeurigheid van het model hangt deels af van modelinstellingen als rastergrootte. Hoe fijner een raster, hoe nauwkeuriger de uitkomsten van het model. Een fijn raster heeft als nadeel dat de rekentijd sterk toeneemt. In Plaxis 2D wordt gebruik gemaakt van een absolute en een relatieve waarde voor het produceren van een raster. De absolute waarde wordt opgegeven bij het genereren van het raster. Elke polygoon in het model krijgt relatieve waarde, deze kan groter of kleiner gemaakt worden om het raster respectievelijk grover of fijner te maken voor de betreffende polygoon.

Een efficiënt Plaxis-model bestaat uit een raster dat fijn is in de omgeving van de objecten waar die ertoe doen en is grover richting de delen van het model die minder belangrijk zijn. In dit model is het raster rondom het scherm sterk verfijnd en heeft het achterland en voorland een grof raster gekregen. Een weergave van een van de gebruikte modellen is weergegeven in figuur 0-2.



Figuur 0-2: Fijnheid/grofheid van een raster

Bijlage 2: Resultaten barrièrewerking alle dijkvakken normtraject 43-4 en 43-5

Voor het gehele normtraject 43-4 en 43-5 zijn in totaal 63 damwanden en heaveschermen ontworpen. Voor de model-analyse naar barrièrewerking is hierin een selectie gemaakt waarbij vergelijkbare dijkprofielen zijn samengevoegd tot één representatief dwarsprofiel (casus). Casussen zijn opgesteld op basis van dijkprofielen met een vergelijkbare dijkgeometrie, bodemopbouw en/of percentage doorsnijding van het watervoerend pakket (WVP) door de damwand of heavescherm. Hierbij is het worst-case-dijkprofiel doorgerekend zodat de effecten van kwel/ wegzijging wijziging voor de andere dijkprofielen veelal lager uit zullen vallen. In onderstaande tabel 2.1. zijn alle dijkprofielen weergegeven evenals de samenvoeging van dijkprofielen tot casussen, aangeduid met onderscheidende kleuren. Verder zijn per casus de resultaten van de grondwaterstandsverlaging buitendijks (25 meter vanaf de buitenteen naar rivierzijde), binnendijks (25 meter vanaf de binnenteen richting het achterland) en de procentuele wijziging in kweldebiet binnendijks (ca. 25 meter vanaf de binnenteen richting het achterland) weergegeven ten opzichte van de huidige situatie zonder damwanden of heaveschermen. De dikgedrukte onderstreepte dijkvakken zijn de locaties waarvoor een modelanalyse is uitgevoerd, de overige dijkvakken van dezelfde kleur zijn vergelijkbare dijkvakken waarvoor het onderzochte dijkvak representatief is. Alle dijkprofielen met een kleinere doorsnijding van het WVP dan 20% zijn niet getoetst op barrièrewerking. Uit de resultaten blijkt dat een doorsnijding van het WVP van minder dan 20% de kwel/stijghoogte wijziging zeer gering is.

Casus	Vanaf dijkp	Lengte	Type	Afsluiting WVP [%]	Verlaging grondwaterstand 25 m vanaf binnenteen [m]	Afname kweldebiet 25 m vanaf binnenteen [%]	Verlaging grondwaterstand 25 m vanaf buitenteen [m]
I	132.8	170	AZ18-700	27%	0.06	5.9%	0.07
I	134.5	320	AZ18-700	26%	0.06	5.9%	0.07
I	137.7	180	AZ18-700	28%	0.06	5.9%	0.07
I	139.5	200		32%	0.06	5.9%	0.07
II	165.5	150		21%	0.03	2.5%	0.02
II	167	245	Kunststof	27%	0.03	2.5%	0.02
III	169.45	25	AZ18-700	24%	0.05	5.2%	0.06
III	169.7	230	AZ18-700	24%	0.05	5.2%	0.06
-	172	300	Kunststof	14%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	175	200	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	177	230	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
IV	179.3	470	Kunststof	29%	0.08	7.6%	0.05
IV	184	150	AZ28-700	36%	0.08	7.6%	0.05
IV	185.5	50	AZ28-700	36%	0.08	7.6%	0.05
IV	186	100	Kunststof	21%	0.08	7.6%	0.05
-	187	340	Kunststof	15%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	190.4	110	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	191.5	250	AZ18-700	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
V	194	250	AZ18-700	21%	0.05	5.1%	0.06
-	196.5	290	Kunststof	17%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	199.4	130	Kunststof	17%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
V	200.7	100	AZ28-700	24%	0.05	5.1%	0.06
V	201.7	130	AZ18-700	23%	0.05	5.1%	0.06
V	203	70	AZ28-700	24%	0.05	5.1%	0.06
-	203.7	100	Kunststof	17%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	204.7	230	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	207	210	Kunststof	18%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
VI	209.1	90	AZ28-700	31%	0.04	6.3%	0.06
VI	210	300	Kunststof	30%	0.04	6.3%	0.06
VIII	215	70	AZ28-700	44%	0.06	8.5%	0.06
-	215.7	130	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	215.7	130	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
VII	217	630	Kunststof	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	223	120	AZ28-700	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	224.2	110	Kunststof	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	225.3	190	Kunststof	20%	0.03	2.5%	0.03
VIII	227.2	160	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	228.8	20	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
VIII	229	100	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	230	140		17%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
VIII	231.4	100	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	232.4	70	Kunststof	19%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
IX	233.1	90	AZ28-700	41%	0.05	10.8%	0.04
IX	234	250	AZ28-700	41%	0.05	10.8%	0.04
-	236.5	240	Kunststof	12%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	238.9	60	AZ18-700	15%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	239.5	100	Kunststof	14%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
-	240.5	90	Kunststof	14%	< 0.03 m	< 3%	< 0.03 m
X	241.4	150	Kunststof	23%	0.04	4.1%	0.01
X	242.9	570	AZ18-700	25%	0.04	4.1%	0.01
X	248.6	20	Kunststof	30%	0.04	4.1%	0.01
X	248.8	10	Kunststof	30%	0.04	4.1%	0.01
XI	248.9	350	AZ18-700	35%	0.14	12.1%	0.04
XI	252.4	40	AZ28-700	48%	0.14	12.1%	0.04
XI	252.8	65	AZ28-700	48%	0.14	12.1%	0.04
XII	253.45	325	Kunststof	20%	0.03	3.2%	0.03
XIII	256.7	130	AZ28-700	47%	0.12	9.6%	0.10
XIII	258	240	AZ28-700	47%	0.12	9.6%	0.10
XII	260.4	260	Kunststof	21%	0.03	3.2%	0.03
XII	263	140	Kunststof	21%	0.03	3.2%	0.03
XII	264.4	170	AZ18-700	26%	0.03	3.2%	0.03
XIV	266.1	390	Kunststof	25%	0.01	2.8%	0.02
XIV	270	170	AZ28-700	78%	0.19	79.0%	0.28
XIV	271.7	60	Kunststof	25%	0.01	2.8%	0.02
XIV	272.3	520	Kunststof	24%	0.01	2.8%	0.02
XIV	277.5	150	Kunststof	28%	0.01	2.8%	0.02
XVI	279	300	Kunststof	26%	0.06	5.4%	0.02
XVI	282	250	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02
XVI	284.5	60	AZ18-700	31%	0.06	5.4%	0.02
XVI	285.1	70	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02
XVI	285.8	60	AZ18-700	37%	0.06	5.4%	0.02
XVI	286.4	90	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02

Figuur 2.1: Overzichtstabel met resultaten barrièrewerking analyse voor de 16 onderzochte casussen (zie nummering I-XVI en kleurcodes). De resultaten zijn uitgedrukt als wijziging in grondwaterstand buitendijks (25 meter vanaf de buitenteen naar rivierzijde) en - binnendijks (25 meter vanaf de binnenteen richting het achterland) evenals de procentuele wijziging in kweldebiet binnendijks (ca. 25 meter vanaf de binnenteen richting het achterland) weergegeven ten opzichte van de huidige situatie zonder damwanden of heaveschermen. De casussen zijn representatieve dwarsprofielen voor verschillende dijkvakken. De dikgedrukte onderstreepte dijkvakken zijn de locaties waarvoor een modelanalyse is uitgevoerd, de overige dijkvakken van dezelfde kleur zijn vergelijkbare dijkvakken waarvoor het onderzochte dijkvak representatief is.

Casus	Vanaf dijkb	Lengte	Type	Afsluiting WVP [%]	Verlaging grondwaterstand 25 m vanaf binnenteen [m]	Afname kweldebiet 25 m vanaf binnenteen [%]	Verlaging grondwaterstand 25 m vanaf buitenteen [m]
I	132.8	170	AZ18-700	27%	0.06	5.9%	0.07
I	134.5	320	AZ18-700	26%	0.06	5.9%	0.07
I	137.7	180	AZ18-700	28%	0.06	5.9%	0.07
I	139.5	200		32%	0.06	5.9%	0.07
II	165.5	150		21%	0.03	2.5%	0.02
II	167	245	Kunststof	27%	0.03	2.5%	0.02
III	169.45	25	AZ18-700	24%	0.05	5.2%	0.06
III	169.7	230	AZ18-700	24%	0.05	5.2%	0.06
-	172	300	Kunststof	14%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	175	200	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	177	230	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
IV	179.3	470	Kunststof	29%	0.08	7.6%	0.05
IV	184	150	AZ28-700	36%	0.08	7.6%	0.05
IV	185.5	50	AZ28-700	36%	0.08	7.6%	0.05
IV	186	100	Kunststof	21%	0.08	7.6%	0.05
-	187	340	Kunststof	15%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	190.4	110	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	191.5	250	AZ18-700	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
V	194	250	AZ18-700	21%	0.05	5.1%	0.06
-	196.5	290	Kunststof	17%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	199.4	130	Kunststof	17%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
V	200.7	100	AZ28-700	24%	0.05	5.1%	0.06
V	201.7	130	AZ18-700	23%	0.05	5.1%	0.06
V	203	70	AZ28-700	24%	0.05	5.1%	0.06
-	203.7	100	Kunststof	17%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	204.7	230	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	207	210	Kunststof	18%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
VI	209.1	90	AZ28-700	31%	0.04	6.3%	0.06
VI	210	300	Kunststof	30%	0.04	6.3%	0.06
VIII	215	70	AZ28-700	44%	0.06	8.5%	0.06
-	215.7	130	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	215.7	130	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
VII	217	630	Kunststof	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	223	120	AZ28-700	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	224.2	110	Kunststof	28%	0.03	2.5%	0.03
VII	225.3	190	Kunststof	20%	0.03	2.5%	0.03
VIII	227.2	160	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	228.8	20	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
VIII	229	100	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	230	140		17%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
VIII	231.4	100	AZ28-700	40%	0.06	8.5%	0.06
-	232.4	70	Kunststof	19%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
IX	233.1	90	AZ28-700	41%	0.05	10.8%	0.04
IX	234	250	AZ28-700	41%	0.05	10.8%	0.04
-	236.5	240	Kunststof	12%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	238.9	60	AZ18-700	15%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	239.5	100	Kunststof	14%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
-	240.5	90	Kunststof	14%	<0.03 m	< 3 %	<0.03 m
X	241.4	150	Kunststof	23%	0.04	4.1%	0.01
X	242.9	570	AZ18-700	25%	0.04	4.1%	0.01
X	248.6	20	Kunststof	30%	0.04	4.1%	0.01
X	248.8	10	Kunststof	30%	0.04	4.1%	0.01
XI	248.9	350	AZ18-700	35%	0.14	12.1%	0.04
XI	252.4	40	AZ28-700	48%	0.14	12.1%	0.04
XI	252.8	65	AZ28-700	48%	0.14	12.1%	0.04
XII	253.45	325	Kunststof	20%	0.03	3.2%	0.03
XIII	256.7	130	AZ28-700	47%	0.12	9.6%	0.10
XIII	258	240	AZ28-700	47%	0.12	9.6%	0.10
XII	260.4	260	Kunststof	21%	0.03	3.2%	0.03
XII	263	140	Kunststof	21%	0.03	3.2%	0.03
XII	264.4	170	AZ18-700	26%	0.03	3.2%	0.03
XIV	266.1	390	Kunststof	25%	0.01	2.8%	0.02
XV	270	170	AZ28-700	78%	0.19	79.0%	0.28
XIV	271.7	60	Kunststof	25%	0.01	2.8%	0.02
XIV	272.3	520	Kunststof	24%	0.01	2.8%	0.02
XIV	277.5	150	Kunststof	28%	0.01	2.8%	0.02
XVI	279	300	Kunststof	26%	0.06	5.4%	0.02
XVI	282	250	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02
XVI	284.5	60	AZ18-700	31%	0.06	5.4%	0.02
XVI	285.1	70	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02
XVI	285.8	60	AZ18-700	37%	0.06	5.4%	0.02
XVI	286.4	90	Kunststof	33%	0.06	5.4%	0.02

Bijlage 3 Inventarisatie zomerdroge plassen

Datum:

6 maart 2020

Auteur:

M. Zoutendijk

Bestemd voor:

Ontwerpteam de Betuwse Waard

Referentie:

1218-0024-001.R48c

Controle:

B. Berbee

Inventarisatie droogtegevoelige natte natuur

1 Inleiding

Voor het project Wolferen-Sprok (WOS) is in OL3 (ontwerploop 3) een inventarisatie uitgevoerd naar het droogvallen van buitendijkse natte natuur. In het ontwerp voor de dijkversterking zijn damwanden voorzien, ten behoeve van de pipingopgave en voor de locaties waar een stabiliteitswand benodigd is. Door barrièrewerking van deze schermen kunnen de kwel- en wegzijgingsstroom veranderen. Als gevolg van barrièrewerking kan de kwelstroom naar het buitendijkse gebied in de zomer afnemen, waardoor de kans op droogvallen van deze plassen en strangen toeneemt.

In een T=10 laagwatersituatie bestaat het risico dat plassen en strangen in het buitendijkse gebied die nu net niet droogvallen in de zomer, dat in de toekomst wel doen. Dit heeft mogelijk nadelige effecten op de aquatische ecologie.

Het doel van deze memo is het inventariseren van de buitendijkse natte natuur die als gevolg van barrièrewerking droogvalt.

1.1 Kwantificering verlaging

Er zijn analyses uitgevoerd van de verwachte mate van barrierewerking. De verwachte grondwaterstands daling ligt op 25 m van de buitenteen van de dijk op maximaal 5 cm. Dit is nadrukkelijk een maximum vanwege enkele conservatieve uitgangspunten. Aannemelijker is een grondwaterstanddaling in de orde van millimeters tot hooguit een paar centimeter. De daling van de waterstand in de div. plassen is nog eens een factor kleiner. Er is dus sprake van een verlaging van hooguit enkel centimeters. Hiermee zijn plassen die nu net niet droogvallen (waterstand ca. 0,1 m) gevoelig voor een daling van de waterstand.

2 Methodiek

De inventarisatie is uitgevoerd met behulp van kaartmateriaal en luchtfoto's. Er is gebruik gemaakt van Google Earth, Google Maps en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). De hoogtekaart van het AHN is gebruikt om verlagingen in het maaiveld op te merken. De luchtfoto's en streetview beelden van Google Earth en Google Maps zijn gebruikt om optisch te bepalen of een plas of strang droogvalt of niet.

In Google Earth bestaat de mogelijkheid om luchtfoto's van verschillende perioden te bekijken. Hierbij is onder ander gebruik gemaakt van beelden uit juli en augustus 2018 en juli 2019. De beelden uit 2019 zijn recent gemaakt en laten in een aantal gevallen zien dat er in het buitendijkse gebied natuurgebieden worden gerealiseerd. De beelden uit de zomer van 2018 laten goed de droogval zien. Deze zomer was bijzonder droog: als een plas of strang in deze periode nat blijft dan is dit ook het geval met een T=10 laagwater situatie.

Het traject Wolferen – Sprok is in verschillende gebieden opgedeeld en per plas of strang in het gebied is een inschatting gedaan van de kans op droogval bij een beperkte verlaging van de grondwaterstand. Deze inschatting bestaat uit vier categorieën, zie Tabel 1.

Droogval is hier gedefinieerd als een plas die in de zomer van 2018 (eind juli; Google Earth beelden) nog maar minimaal water bevatte (<50 m²) en waarvan op basis van geometrie en begroeiing te verwachten is dat de waterstand zeer ondiep was (orde decimeters). Het betreft een inschatting: er zijn helaas geen metingen gedaan.

Tabel 1 Categorieën inschatting droogval

Beoordeling	Geen droogval
	Verwaarloosbare kans op droogval
	Grote kans op droogval
	Valt al droog

3 Resultaten

Het buitendijkse gebied is opgedeeld in een aantal gebieden. Per gebied is geïnventariseerd welke plassen en strangen wel of niet droogvallen. De resultaten per gebied zijn gepresenteerd in Bijlage 1: Overzichtskarten. De gebruikte ondergrond voor de karten in de bijlage is ofwel die van de zomer van 2018 of de zomer van 2019.

Het algemene beeld is dat plassen niet droogvallen of dat de kans hierop verwaarloosbaar klein is. Bij smalle strangen en sloten is de kans groot dat deze droogvallen. Plassen en strangen die altijd al droogvallen zijn ook meegenomen in het overzicht.

4 Conclusie

Uit de inventarisatie van natte natuur blijkt dat er op een aantal plekken natuurgebieden worden ontwikkeld. Een aantal van deze gebieden zijn groot, zoals de Loenense Buitenpolder en naastgelegen buitendijks gebied bij Slijk-Ewijk (dijkpaalnummers van het gehele traject DD231 tot DD252). Verwacht wordt dat de waterretentie in deze gebieden hoger is dan dat het was in eerste instantie, maar het is niet bekend welke effecten dit allemaal heeft. Deze gebieden zijn buiten beschouwing gelaten.

Aaneengesloten natuurgebieden zorgen voor een grotere verbinding tussen verschillende buitendijkse waterpartijen, waardoor amfibieën in de natte natuur in het buitendijkse gebied in droge perioden makkelijker kunnen migreren naar naastgelegen natte natuur die niet droogvalt. Deze situatie speelt bij Oosterhout op het traject DD191 tot DD207, tussen Slijk-Ewijk en Altena op het traject DD217 tot DD226 en bij de Kolk bij de Hulk op het traject DD255 tot DD263.

De belangrijkste knelpunten zijn hieronder weergegeven. Geconcludeerd wordt dat voor 2 locaties ten oosten respectievelijk ten westen van de A50 een mogelijk knelpunt aanwezig is.

Traject met grote kans droogval	Opmerking
DD176	>200 m van kering
DD199	>300 m van kering, Een van meerdere plassen in strang.
DD225	Een van meerdere plassen in strang
DD263 (direct oostelijk A50)	Diepste deel op 80 m uit kering. Lijk wellicht al droog te vallen?
DD265	Direct langs kering. Lijkt wellicht al droog te vallen?

Bijlage 1: Overzichtskaarten



Deelgebied Kans op droogval

A Valt al droog



Deelgebied Kans op droogval

A	Verwaarloosbare kans op droogval
B	Geen droogval
C	Geen droogval
D	Grote kans op droogval



Deelgebied	Kans op droogval
A	Valt al droog
B	Geen droogval
C	Geen droogval
D	Grote kans op droogval
E	Geen droogval



Deelgebied Kans op droogval

A **Geen droogval**



Deelgebied

A

B

Kans op droogval

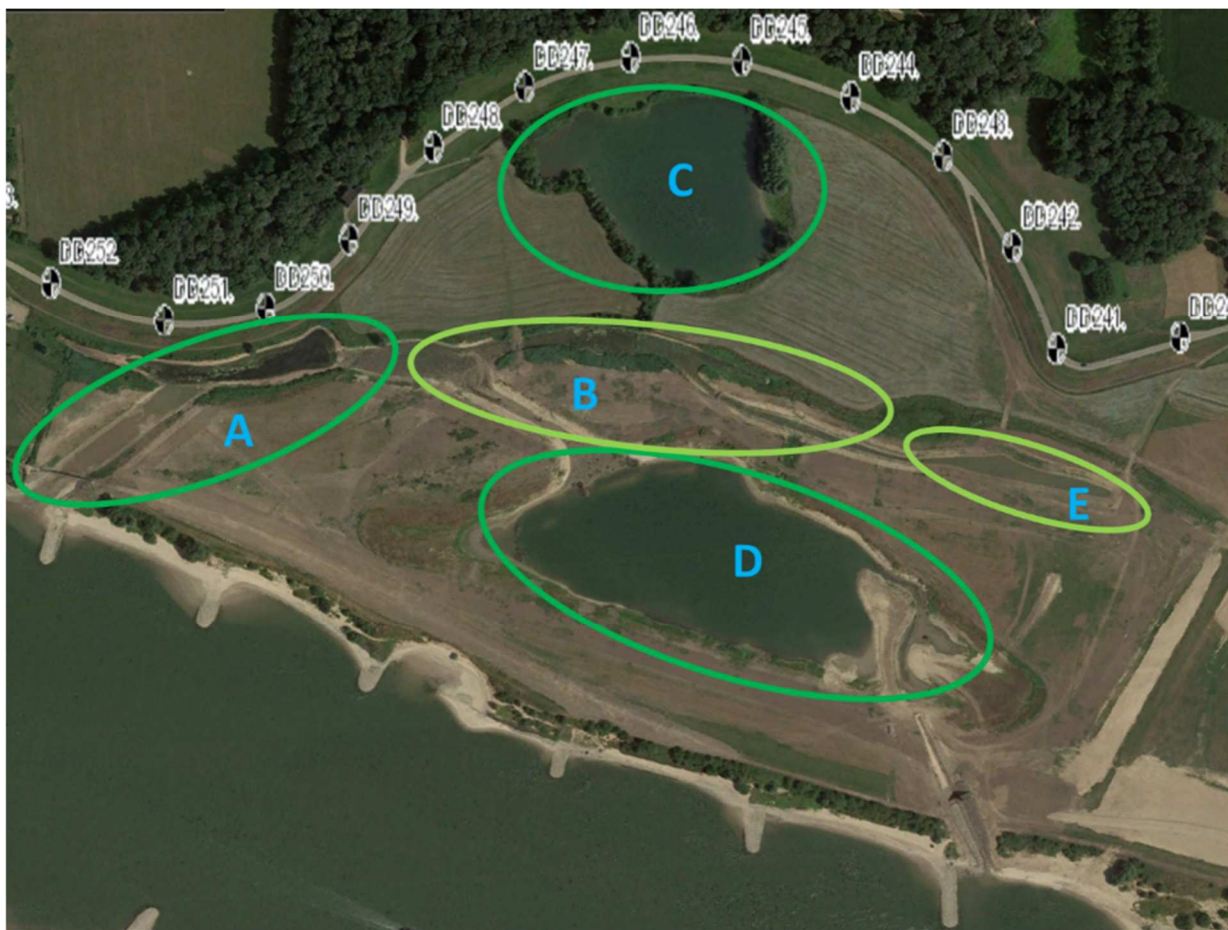
Grote kans op droogval

Geen droogval

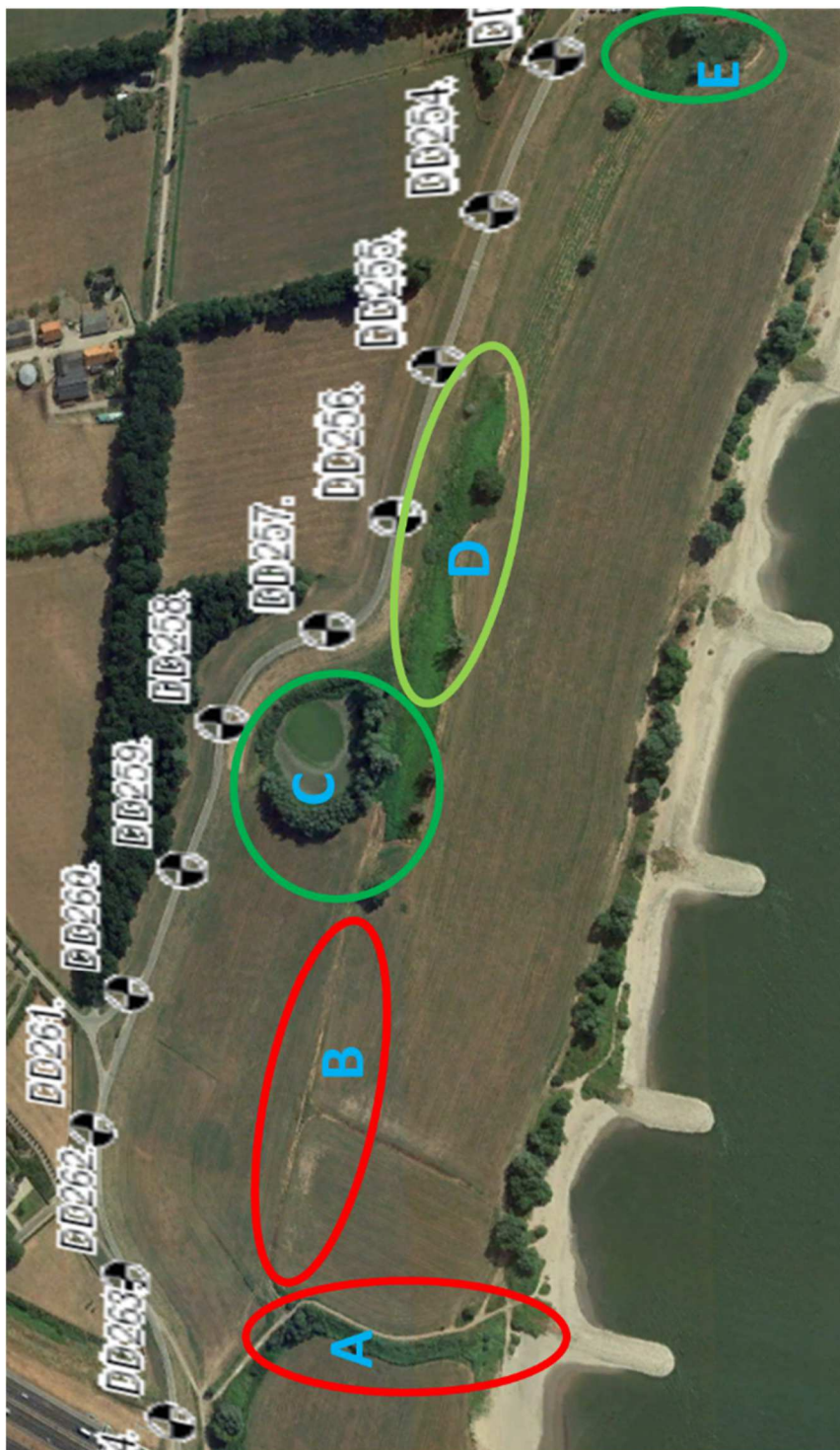


Deelgebied Kans op droogval

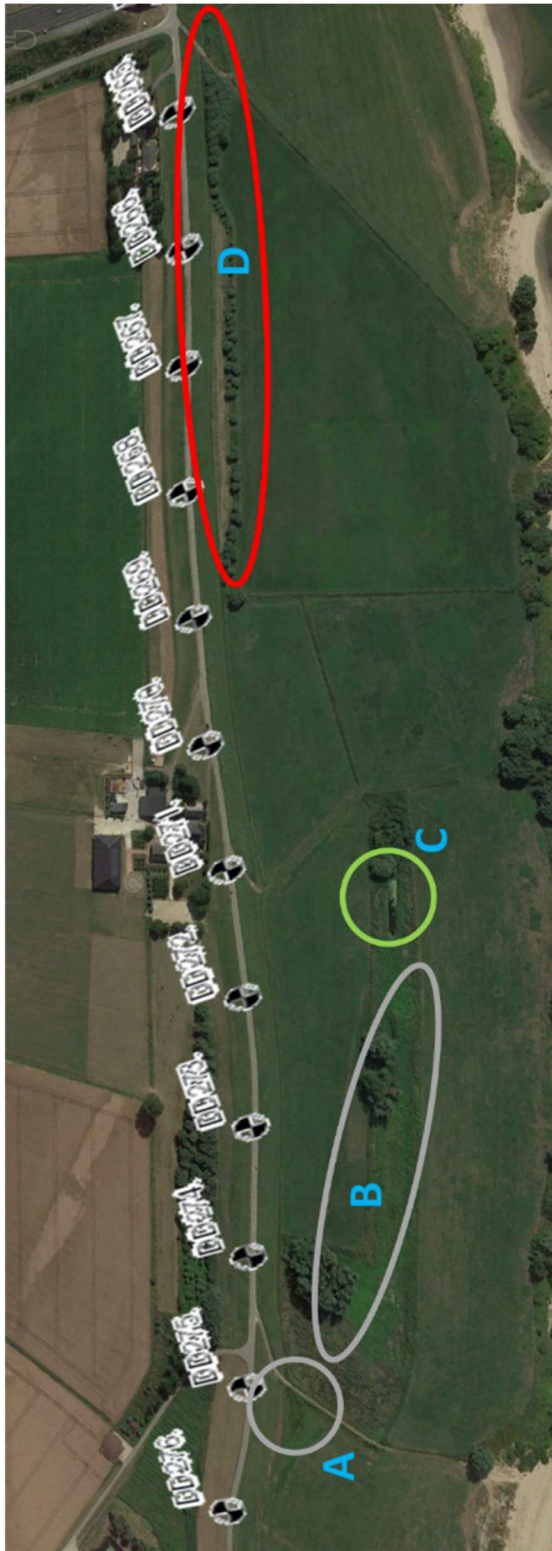
A	Verwaarloosbare kans op droogval
B	Verwaarloosbare kans op droogval
C	Valt al droog
D	Valt al droog



Deelgebied	Kans op droogval
A	Geen droogval
B	Verwaarloosbare kans op droogval
C	Geen droogval
D	Geen droogval
E	Verwaarloosbare kans op droogval



Deelgebied	Kans op droogval
A	Grote kans op droogval
B	Grote kans op droogval
C	Geen droogval
D	Verwaarloosbare kans op droogval
E	Geen droogval



Deelgebied Kans op droogval

A	Valt al droog
B	Valt al droog
C	Verwaarloosbare kans op droogval
D	Grote kans op droogval