

---

# Geohydrologische effecten dijkversterking Buggenum

Naar: Dijkzone Alliantie

Van: Fugro

Datum: 23 April 2024

Ref no.: 6423-238895-M02

Betreft: Memo geohydrologische effecten dijkversterking Buggenum

## 1. Inleiding

Deze rapportage heeft als hoofddoel de invloed van heaveschermen op horizontale grondwaterstroming te beoordelen, specifiek gericht op dijkvakken (DV) 1 tot 6 binnen het project Dijkversterking 75-1 Buggenum. Dit project bevindt zich momenteel in de DO-fase. In het voorgaande ontwerptraject is geconstateerd dat een aanzienlijk deel van DV1 tot DV6 is afgekeurd op het faalmechanisme piping, wat heeft geleid tot het ontwerp van kleischermen en heaveschermen als oplossing.

De invloed op de horizontale grondwaterstroming in het watervoerende pakket hangt voornamelijk af van de lengte van de heaveschermen, die bepaalt in welke mate het watervoerende pakket wordt afgesloten. Voor dijkvakken DV1 tot DV5 variëren de berekende lengtes van de heaveschermen/kleischermen tussen 1,7 en 4,2 meter. Echter, voor DV6 zijn aanzienlijk grotere lengtes berekend, variërend van 3,4 meter tot 9,8 meter. De situatie waarin de berekende lengte van de heaveschermen 9,8 meter bedraagt, wordt beschouwd als de maatgevende situatie.

In deze rapportage wordt voor de maatgevende situatie bij DV6 berekend wat de invloed op de horizontale grondwaterstroming is. Hierbij wordt beoordeeld of dit effect binnen aanvaardbare grenzen blijft. Indien de effecten beperkt en/of acceptabel zijn, is een nadere analyse niet noodzakelijk. Aangenomen wordt dat als het berekende effect voor DV6 verwaarloosbaar is, dit ook het geval is voor DV1 tot DV5.

De rapportage is als volgt opgebouwd:

- Geohydrologische beschrijving van DV6 (hoofdstuk 2);
- PlaxFlow schematisering en resultaten analyse (hoofdstuk 3);
- Conclusie en advies vervolgonderzoek (hoofdstuk 4).

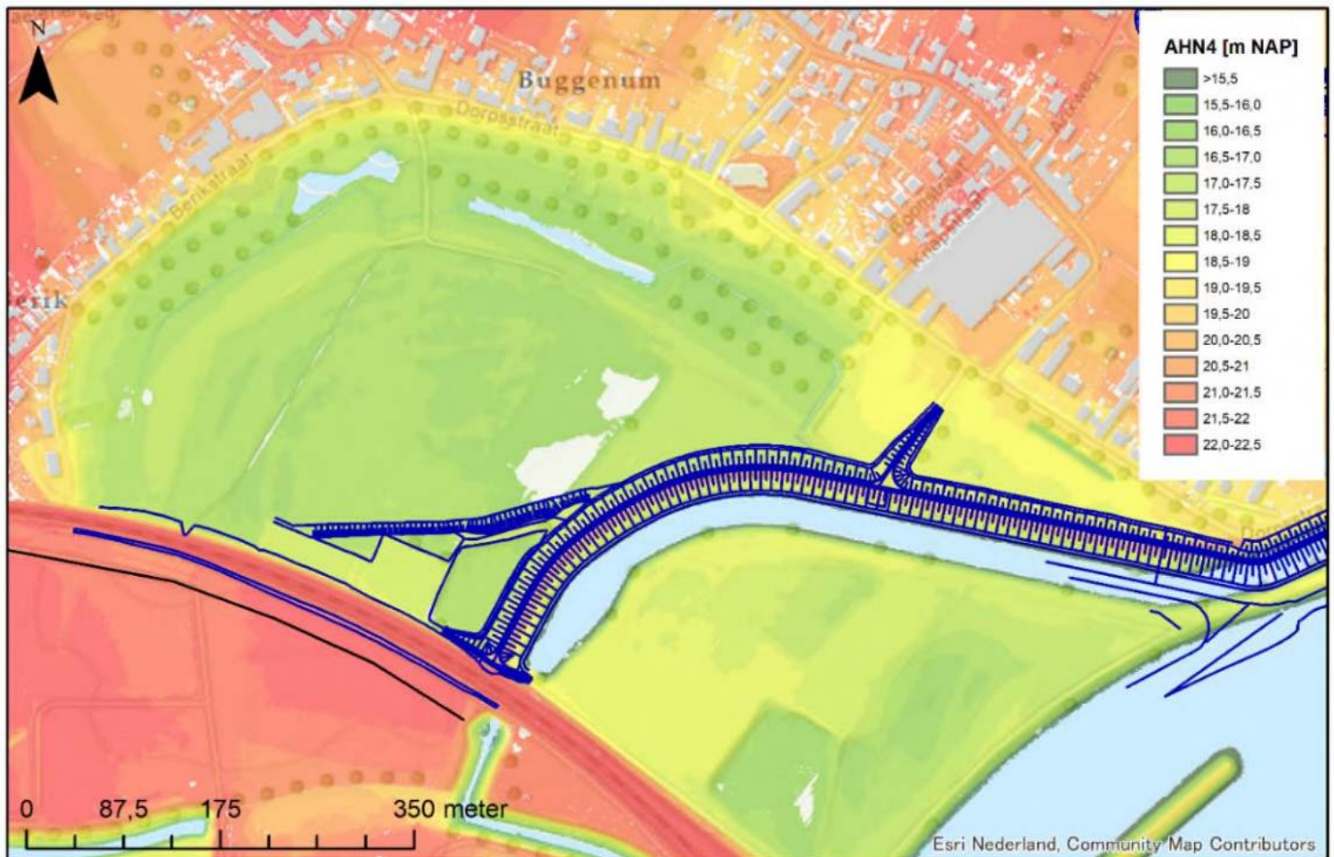
### Gebruikte gegevens

1. Technische uitgangspunten notitie Dijkversterking 75-1 Buggenum, versie 1.0, 8-12-2023.
2. Rapportage waterbouw OL4 Dijkversterking 75-1 Buggenum, versie 1.0, 15-3-2024.
3. Onderzoeksproject Anisotropie, versie 1.0, 6-11-2020

## 2. Geohydrologische beschrijving DV6

### 2.1 Maaiveldniveau

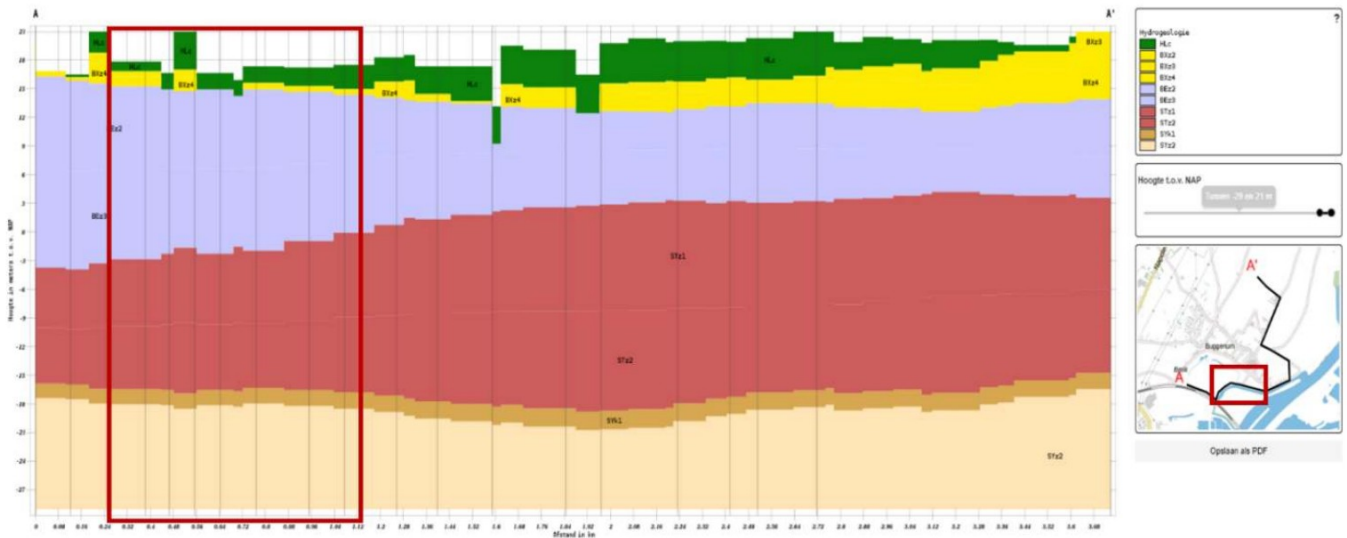
Een bovenaanzicht van DV6 is gegeven in figuur 1, met de maaiveldhoogtes uit het AHN4 als achtergrond. DV6 heeft een totale lengte van 713 m. De kruinhoogte van de huidige dijk varieert tussen NAP +20,5 m à +20,8 m. Binnendijks is het uitloopgebied Buggenummerbroek gelegen, dat een maaiveldhoogte heeft van ca. NAP +16,5 m à +17,8 m.



Figuur 1: Overzicht DV6 met het AHN4 als achtergrond.

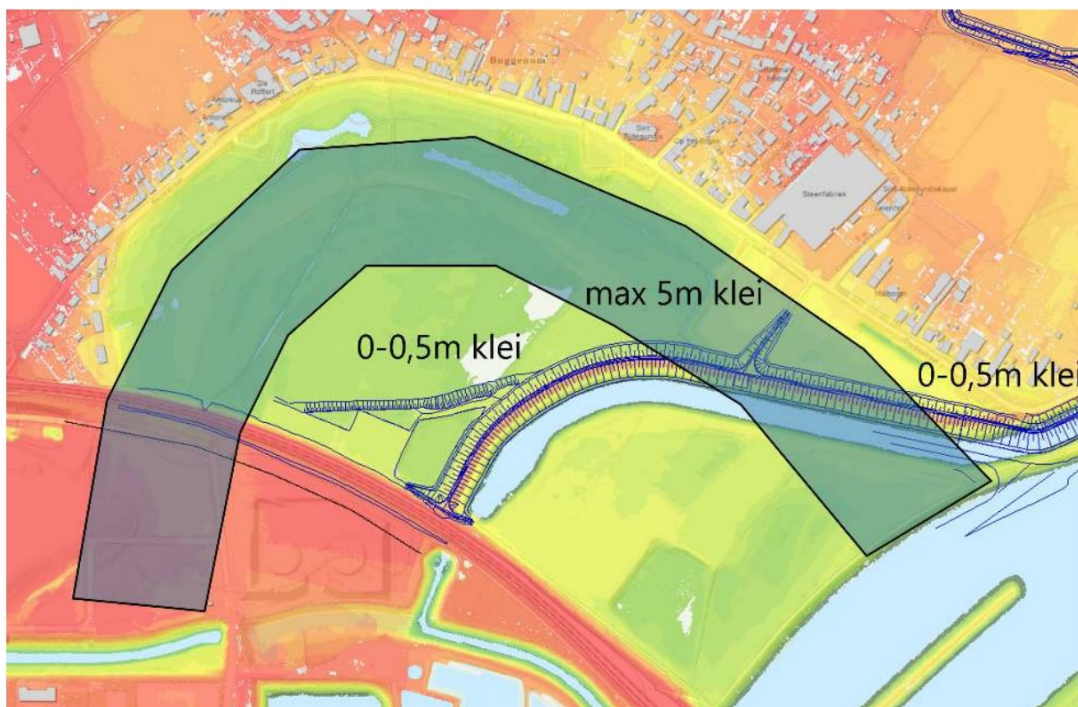
### 2.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw ter plaatse van DV6 op basis van REGIS II v2.2 is rood omkaderd in figuur 2. Te zien is dat de eerste 2 à 3 m vanaf maaiveld bestaat uit de Holocene deklaag en het Boxtel pakket (respectievelijk groen en geel in de figuur). Daaronder bevindt zich de formatie van Beegden (lichtpaars), met een dikte van ca. 15 tot 20 m. Deze formatie bestaat uit twee laagpakketten, die beide zandig/grindig zijn. Onder de formatie van Beegden ligt de zandige formatie van Sterksel (rood), met een dikte van ca. 11 tot 16 m. De formatie van Stamproy (bruin in figuur 2) wordt voor deze analyse beschouwd als de geohydrologische basis.



Figuur 2: Bodemopbouw DV6 (rood omkaderd) op basis van REGIS II v2.2.

Opmerkelijk is de variërende dikte van de Holocene deklaag in de polder, het Buggenummerbroek. Het westelijke gedeelte (DWP-13 tot DWP-19) heeft vrijwel geen deklaag, hoewel het oostelijke deel (vanaf DWP-20 naar het oosten toe) de oude riviergeul kruist. Hier is de maximale dikte van de deklaag ca. 5 m. De ligging van de oude riviergeul is indicatief weergegeven in figuur 2.



Figuur 3: Ligging van de oude riviergeul Buggenummerbroek.

Een overzicht van de horizontale doorlatendheid van de watervoerende lagen op basis van REGIS en de uitgevoerde pompproeven is gegeven in tabel 1.

De formatie van Sterksel, die onder de Beegden formatie ligt, is relatief gezien minder doorlatend dan de onderste Beegden laag. Om deze reden wordt in de TUN benoemd dat de onderkant van de tweede Beegden laag als onderkant van het watervoerende pakket wordt gezien. Daarom is in de analyse om

de invloed van de heaveschermen te bepalen, de formatie van Sterksel ook niet in de PlaxFlow schematisering opgenomen.

Tabel 1: Gemiddelde en gemeten doorlatendheden zandlagen Buggenum.

Naam	Omschrijving	Onderzijde laag [m NAP]	Gemiddelde dikte laag [m]	Doorlatendheid REGIS [m/d]	Doorlatendheid pompproef [m/d]
Holoceen/ Boxtel	Deklaag	15	2,5	5-15	--
Beegden	Fijn tot grof zand	7,5	7,5	50-150	75
	Grindig grof zand	0	7,5	100-250	110-190
Sterksel	Grof zand	-16	16	50-150	65
Stramproy	Geohydrologische basis	-18	2	--	--

### 2.3 Hydraulische randvoorwaarden

Op basis van Waterinfo RWS varieert de normale waterhoogte van de Maas ter plaatse van meetpunt Buggenum tussen NAP +13,75 m en NAP +15,25 m. Voor de analyse wordt een gemiddelde waterhoogte van NAP +14,5 m aangehouden. De waterstand bij norm (WBN) ter hoogte van DV6 bij zichtjaar 2075 is NAP +21,8 m.

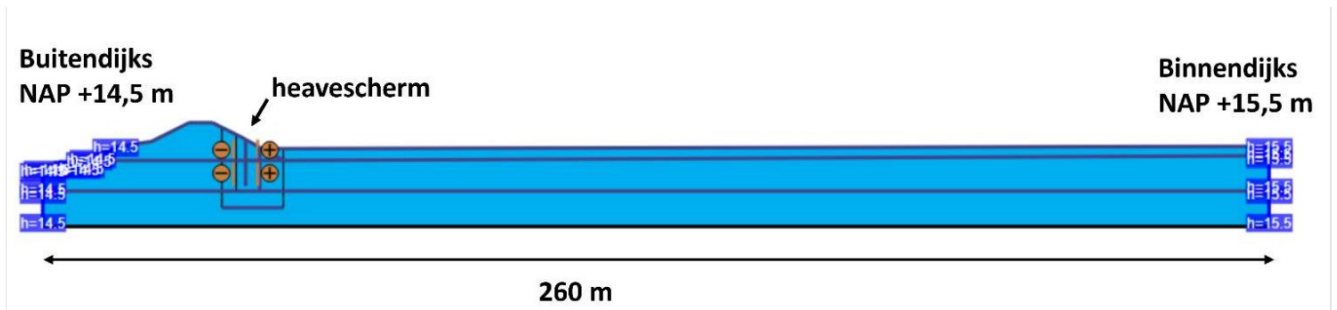
Ongeveer 400 meter binnendijks bevindt zich peilbuis B58D0010, met een filterafstelling tussen NAP +4,94 en -5,06 m. Tussen 1952 en 2000 zijn tweewekelijkse metingen van de stijghoogte beschikbaar in DINOloket voor deze peilbuis. De gemiddelde stijghoogte in deze periode bedraagt NAP +17,0 m. Het waterschap heeft op deze locatie stijghoogtemetingen beschikbaar gesteld die zijn uitgevoerd tussen 2020 en 2023. De gemiddelde stijghoogte in deze meetperiode is NAP +16,5 m. De maaiveldhoogte bij deze peilbuis is ca. NAP +18,3 m.

Om de gemiddelde stijghoogte te bepalen ter plaatse van Buggenummerbroek is lineair geïnterpoleerd tussen de gemiddelde stijghoogte peilbuis B58D0010 en de gemiddelde waterstand in de Maas. Hieruit volgt een gemiddelde stijghoogte van ca. NAP +15,5 m. In een hoogwatersituatie wordt verondersteld dat de bodem tot aan het maaiveld verzadigd is, waardoor de binnendijkse stijghoogte minimaal NAP +16,5 meter bedraagt (omdat de binnendijkse maaiveldhoogte ook minstens NAP +16,5 m is).



1. Gemiddelde situatie zonder heavescherm;
2. Gemiddelde situatie met heavescherm;
3. WBN-waterstand zichtjaar 2125 zonder heavescherm;
4. WBN-waterstand zichtjaar 2125 met heavescherm.

Een voorbeeld van de hydraulische randvoorwaarden voor rekensituatie 2 is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Overzicht hydraulische randvoorwaarden bij rekensituatie 2 (gemiddelde situatie met heavescherm).

### 3.3 Resultaat PlaxFlow berekeningen

In tabel 2 is de binnendijkse stijghoogte aan de bovenkant van de eerste Beegden-laag bij toenemende afstand tot het heavescherm gepresenteerd.

De reden dat de bovenkant van de eerste Beegden-laag is gekozen, is dat de bovenste dunne laag in de schematisering (het Boxtel pakket) relatief slecht doorlatend is. Hierdoor is aan maaiveld nauwelijks invloed te merken van het heavescherm, terwijl dit effect er wel kan zijn in het watervoerende pakket daaronder. De eerste Beegden-laag is de watervoerende laag die grotendeels wordt afgesloten, is goed doorlatend en ligt relatief dicht aan maaiveld. Daarom is de invloed van het heavescherm aan de bovenzijde van deze laag interessant.

Tabel 2: Binnendijkse stijghoogte bovenkant eerste Beegden-laag t.o.v. NAP op X m afstand van het heavescherm.

Rekensituatie	0 m	5 m	10 m	25 m	40 m	50 m
1. Gemiddelde situatie zonder heavescherm	+14,66	+14,68	+14,70	+14,76	+14,82	+14,86
2. Gemiddelde situatie met heavescherm	+14,71	+14,71	+14,73	+14,78	+14,83	+14,87
<i>Vershil gemiddelde situatie [m]</i>	<i>0,05</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>&lt;0,05</i>	<i>&lt;0,05</i>
3. WBN-waterstand zichtjaar 2125 zonder heavescherm	+19,19	+18,89	+18,60	+18,01	+17,63	+17,44
4. WBN-waterstand zichtjaar 2125 met heavescherm	+18,54	+18,47	+18,34	+17,91	+17,57	+17,39
<i>Vershil WBN-2125 situatie [m]</i>	<i>-0,65</i>	<i>-0,42</i>	<i>-0,26</i>	<i>-0,1</i>	<i>-0,06</i>	<i>-0,05</i>

Uit tabel 2 is af te leiden dat in een gemiddelde situatie een lichte opstuwning van de stijghoogte plaatsvindt aan de binnendijkse zijde van het scherm. Deze stijging is maximaal 5 cm en wordt daarom als niet significant beschouwd. Bij een WBN-waterstand (zichtjaar 2125) wordt ter plaatse van het

heavescherm (0 m) een daling van de stijghoogte van ca. 0,65 m berekend. Dit effect neemt met toenemende afstand tot het heavescherm sterk af en is op ca. 50 m van het heavescherm 5 cm.

Het visuele verloop van de stijghoogte voor de vier rekensituaties is weergegeven in Appendix A. Wanneer de situaties met en zonder heavescherm visueel worden vergeleken, blijkt dat de invloed van het heavescherm op de stijghoogte zeer lokaal is.

## 4. Conclusie en advies

In deze memo is de uitgevoerde analyse beschreven om de invloed van heaveschermen op de binnendijkse grondwaterstand ter hoogte van DV6 bij Buggenummerbroek te bepalen. De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het softwareprogramma PlaxFlow, gericht op een maatgevende situatie, namelijk die met het langste heavescherm. Daarbij geldt dat omdat het effect op de grondwaterstand in een maatgevende situatie beperkt is, voor locaties met de kortere verticale grondschermen. (DV1, 3 en 4) significante effecten ook zeker uitgesloten kunnen worden.

Het effect van de maatgevende heaveschermen is berekend voor een gemiddelde situatie en voor de WBN-waterstand bij zichtjaar 2125. De binnendijkse stijghoogte aan de bovenkant van de eerste Beegden-laag is vergeleken voor deze situaties, met en zonder heavescherm.

In de gemiddelde situatie wordt een zeer lichte opstuwing (maximaal 5 cm) berekend aan de binnendijkse zijde van het heavescherm, wat als niet significant wordt beschouwd. Voor de WBN-waterstand bij zichtjaar 2125 is ten opzichte van de situatie zonder heavescherm de stijghoogte bij het heavescherm ca. 0,65 m lager. De verlaging van de stijghoogte neemt echter bij toenemende afstand tot het heavescherm sterk af. Op ca. 50 m afstand is de berekende daling van de stijghoogte ongeveer 5 cm. Ook in deze hoogwatersituatie is het effect van het heavescherm op de stijghoogte zeer lokaal.

Aangezien het berekende effect van het heavescherm op de binnendijkse grondwaterstand bij DV6 zeer beperkt en lokaal is, wordt vervolgonderzoek naar het binnendijkse effect van de heaveschermen niet noodzakelijk geacht. Ook voor DV1, 3 en 4 is geen nadere analyse noodzakelijk.

# Appendix A

PlaxFlow output