

Stabiliteit primaire waterkering nabij Deikum en Klutenplas

Definitief

Grontmij Nederland B.V.
Groningen, 31 januari 2014

Verantwoording

Titel : Stabiliteit primaire waterkering nabij Deikum en Klutenplas
Subtitel :
Projectnummer : 333611
Referentienummer : 333611-01
Revisie : 01
Datum : 31 januari 2014

Auteur(s) : ing. H.M. Rinkel
E-mail adres : waterbouw@grontmij.nl

Gecontroleerd door : ing. Y. Houthuesen

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : drs. R.F.M. Onck

Paraaf goedgekeurd :

Contact : Grontmij Nederland B.V.
Rozenburglaan 11
9727 DL Groningen
Postbus 7057
9701 JB Groningen
T +31 88 811 51 11
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	6
2.1	Bronnen	6
2.2	Veiligheidsfactoren	6
2.3	Hydraulische randvoorwaarden	7
2.4	Geometrische, geotechnische en geohydrologische uitgangspunten	8
2.4.1	Geometrie	8
2.4.2	Bodemopbouw	8
2.4.3	Grondparameters	8
2.4.4	Geohydrologie	9
2.5	Overige randvoorwaarden	9
2.5.1	Computerprogrammatuur en modellering	9
2.5.2	Verkeersbelasting	9
2.5.3	Belastinggevallen	9
3	Berekeningen	10
3.1	Algemeen	10
3.2	Piping	10
3.3	Macrostabiliteit binnenwaarts	11
3.4	Microstabiliteit	11
4	Conclusies en aanbevelingen	12

Bijlage 1: Toekomstige inrichting Klutenplas en Deikum

Bijlage 2: Dwarsprofielen primaire kering

Bijlage 3: Resultaten beoordeling piping en heave (STPH)

Bijlage 4: Resultaten beoordeling binnenwaartse stabiliteit (STBI)

1 Inleiding

Stichting Het Groninger Landschap is voornemens om in het brakwater-natuurgebied Klutenplas een bestaande retentievijver dieper te ontgraven en deze vijver periodiek (kortstondig) droog te zetten teneinde de rest van het natuurgebied te kunnen inunderen. De retentievijver ligt op korte afstand van de Waddenzeedijk (primaire waterkering), ter hoogte van km 67. De voorgenomen verdieping van de bestaande vijver en het voorgenomen peilregime in deze vijver, zijn mogelijk van invloed op de stabiliteit van de primaire kering.

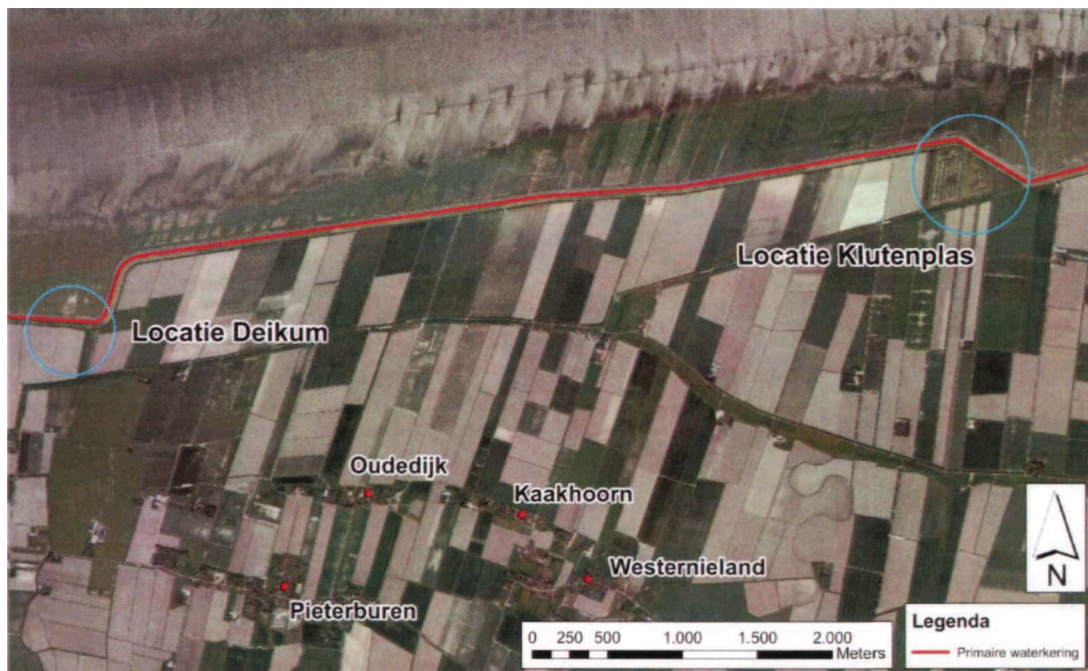
Naast de bovengenoemde maatregelen in het gebied Klutenplas, wordt door Stichting Het Groninger Landschap de inrichting van het nieuwe brakwater-natuurgebied Deikum voorbereid. De inrichting van dit gebied lijkt sterk op die van het gebied Klutenplas en omvat de ontgraving van een nieuwe retentievijver op korte afstand van de primaire kering ter hoogte van km 73. Hier bestaat eveneens de wens op de nieuw te graven vijver periodiek (kortstondig) droog te pompen voor de inundatie van de rest van het gebied en geldt dat de aanleg van de vijver alsmede het voorgenomen peilregime in deze vijver, de stabiliteit van de primaire kering negatief zouden kunnen beïnvloeden.

In deze notitie is de invloed van de ontgravingen en het nieuwe peilregime op de primaire waterkering beoordeeld. Deze beoordeling is uitgevoerd conform de regelgeving uit het VTV2006 [3] waarbij alleen de relevante binnenwaartse faalmechanismen zijn beoordeeld te weten:

- Binnenwaartse stabiliteit (STBI).
- Piping en Heave (STPH).
- Microstabiliteit (STMI).

De overige faalmechanismen zijn niet beoordeeld.

De primaire waterkering is onderdeel van dijkkring 6 Friesland en Groningen met een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar. In figuur 1-1 is een overzichtskaart van beide locaties weergegeven. In bijlage 1 zijn gedetailleerde overzichtkaarten van beide locaties opgenomen.



Figuur 1-1 Overzichtskaart locaties Deikum en Klutenplas

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van de door het Waterschap Noorderzijlvest en Stichting Het Groninger landschap aangeleverde gegevens.

De uitkomsten van deze notitie kunnen niet gezien worden als volwaardige toetsing maar geven inzicht in de consequenties van de herinrichting op de primaire waterkering.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de verschillende uitgangspunten beschreven welke in de beoordeling zijn gebruikt. De genoemde uitgangspunten gelden voor beide locaties tenzij anders vermeld.

2.1 Bronnen

Ten behoeve van advies zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

- [1] Stabiliteitsberekening 2G-64-bishop-binnen.sti, toetsing primaire waterkering Groninger zeedijk dijkvak 2G.
- [2] Excelsheet STPH Sellmeijer 2G.xls, toetsing primaire waterkering Groninger zeedijk dijkvak 2G.
- [3] Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen – derde toetsronden van primaire waterkeringen 2006 – 2010 (VTV), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, september 2007.
- [4] Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TRWG) + addendum, geotechnische aspecten van dijken, dammen en boezemdijk, Technische Adviescommissie voor de Waterkering (TAW), juni 2001, Den Haag
- [5] Dwarsprofielen DP66800 t/m DP74000, Primaire Keringen, Waterschap Noorderzijlvest, projectnummer 5718.
- [6] Geotechnisch lengteprofiel, Dijkvak 2G en 2H, blad 5, S0728-01-002, DHV, 29-11-2002.

2.2 Veiligheidsfactoren

Voor de stabiliteitsanalyse van de dijk is gebruik gemaakt van de partiële veiligheidsfactoren voorgeschreven in het Voorschrift Toetsen op Veiligheid 2006 (VTV2006) [3]. Deze worden toegepast om onzekerheden in rekenmodellen en materiaaleigenschappen en gevolgen van falen te verdisconteren.

De benodigde factoren zijn:

γ_d *Modelfactor of gevoeligheidsfactor: veiligheidsfactor verbandhoudend met het gebruikte rekenmodel;*

γ_m *Materiaalfactor: veiligheidsfactor verbandhoudend met materiaaleigenschappen;*

γ_n *Schadefactor: veiligheidsfactor verbandhoudend met de gevolgen van falen.*

- *Modelfactor of gevoeligheidsfactor*

In het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TRWG) [4] is per rekenmodel aangegeven welke modelfactor moet worden gehanteerd. De modelfactor is onafhankelijk van de methode die toegepast is. Voor de methode Bishop is de modelfactor 1,00.

- *Materiaalfactoren*

De materiaalfactoren zijn verdisconteerd in de rekenwaarde van de sterkteparameters welke zijn gehanteerd in de beoordeling. De sterkteparameters zijn beschreven in paragraaf 2.4.3.

- *Schadefactor*

De schadefactoren verschillen voor de bepaling van macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts ten gevolge van de correlatie van optreden van het mechanisme met hoogwater. Voor binnenwaartse macrostabiliteit is sprake van correlatie met hoogwater, voor buitenwaartse macrostabiliteit niet. De schadefactor voor binnenwaartse stabiliteit bij een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar bedraagt 1,18. De buitenwaartse stabiliteit wordt in deze rapportage niet beschouwd.

- *Overall veiligheid*

De overall-veiligheidsfactor γ_0 voor de binnenwaartse stabiliteit bedraagt 1,18 bij gebruik van het model Bishop.

2.3 Hydraulische randvoorwaarden

In de beoordeling is gebruik gemaakt van het maatgevend hoogwaterpeil van NAP +5,20 m zoals gehanteerd in de aangeleverde toetsberekeningen. Hierbij moet opgemerkt worden dat bij deze waterstand geen rekening is gehouden met eventuele toeslagen als gevolg van zeespiegelstijging, klimaatverandering, verandering in normering etc. Een verhoging van de buitenwaterstand zal naar verwachting een negatief effect hebben op de in deze notitie beoordeelde faalmechanismen.

Voor de locatie Klutenplas geldt dat tussen de binnenteen van de dijk en de bestaande retentievijver een sloot voor komt. Zowel in de sloot als in de retentievijver wordt een vast peil van NAP +0,30 m gehanteerd en zowel de bodem van de sloot als van de retentievijver snijdt in tot in de ondiepe zandlaag die onder de dijk aanwezig is. Dit betekent dat de potentiële kwelweg loopt tot in de bestaande sloot aan de binnenteen van de dijk en dat een verdieping van de bestaande vijver niet zal leiden tot een verhoogde kans op het optreden van piping, althans niet indien het peil in de vijver op NAP +0,30 m wordt gehandhaafd. Echter, de periodieke verlaging van het peil in de vijver tot NAP -1,40 m zou tot een verhoogde kans op het optreden van piping leiden wanneer deze verlaging zou leiden tot een verlaging van het peil in de teensloot (waardoor het maatgevend verval over de kering toe neemt). Verwacht wordt echter dat de kortstondige verlaging van het waterpeil in de vijver niet tot een verlaging van het peil in sloot zal leiden, mits een voldoende grote afstand tussen de teensloot en de vijver wordt gehanteerd. Sowieso zal deze afstand zodanig groot moeten worden genomen dat er geen risico bestaat op het optreden van piping vanuit de teensloot naar de vijver. Gezien het peilverschil tussen de teensloot en het verlaagde vijverpeil, zal deze afstand zodanig groot uitvallen, dat de kortstondige verlaging van het vijverpeil het peil in de sloot niet noemenswaardig zal beïnvloeden, wetende dat deze sloot wordt gevoed met water uit het agrarisch gebied. De onderzoeksvraag beperkt zich daarmee tot een analyse van de benodigde afstand tussen de teensloot en de te verdiepen vijven, zodanig dat de kans op het optreden van piping vanuit de sloot naar de retentievijver (bij maximale verlaging) wordt voorkomen.

Voor het gebied Deikum geldt feitelijk dezelfde vraagstelling. Ook hier zal de bestaande sloot aan de binnenteen van de dijk op het bestaande peil (NAP +0,02 m) worden gehandhaafd. De nieuw te graven vijver zal op hetzelfde peil worden gebracht, maar periodiek (kortstondig) worden verlaagd tot NAP -2,00 m. Tussen de teensloot en de vijver zal een zodanig afstand moeten worden gehanteerd dat het optreden van piping vanuit de sloot naar de retentievijver (bij maximale verlaging) wordt voorkomen. Het peil in de teensloot zal niet noemenswaardig door de periodieke verlaging in de vijver worden beïnvloed, gezien de relatief grote lengte (3 à 4 km) van deze watergang. Opgemerkt dient te worden dat het gebied Deikum thans in twee verschillende polders ligt. De retentievijver (aan de uiterste oostzijde) ligt in de Linthorst Homanpolder en wordt door een kade direct ten westen van de vijver gescheiden van het feitelijke natuurgebied dat in de Negenboerenpolder ligt. In het natuurgebied wordt de bestaande sloot aan de binnenteen van de dijk enkele meters landinwaarts verplaatst. Het peil in de betreffende sloot zal ter hoogte van het natuurgebied bovendien worden opgezet van thans NAP -0,93 m (winterstreefpeil) en NAP -0,30 m (zomerstreefpeil) tot NAP +0,60 m (jaarrond) in de toekomstige situatie. Zowel door de landinwaartse verplaatsing van de sloot als het opzetten van het peil wordt het risico op het optreden van piping gereduceerd.

2.4 Geometrische, geotechnische en geohydrologische uitgangspunten

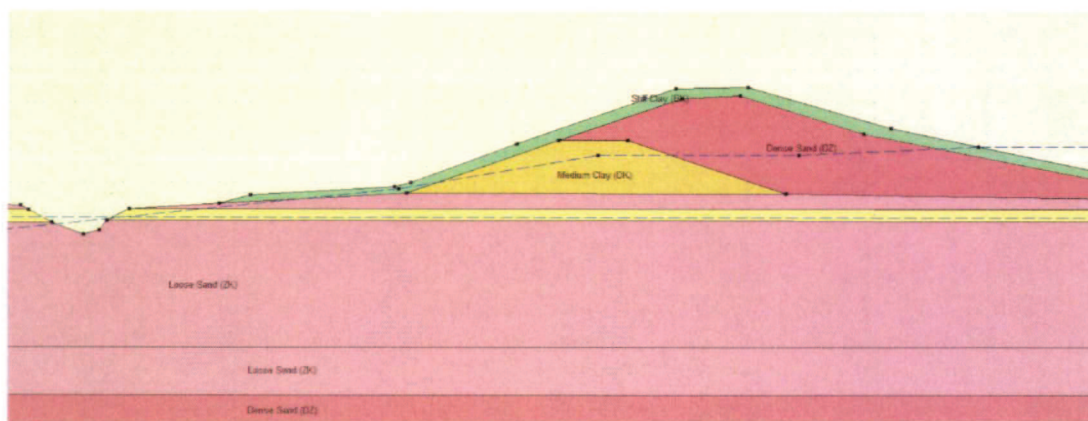
2.4.1 Geometrie

De geometrie van de waterkering is overgenomen uit de aangeleverde stabiliteitsberekening [1]. Deze berekening is afkomstig van de toetsing van de primaire waterkering ter plaatse van km 64, oftewel wat op circa 9 kilometer afstand is van locatie Deikum en op circa 3 kilometer van locatie Klutenplas. Beide locaties liggen dus relatief ver van de toetslocatie. Op aangeven van het Waterschap Noorderzijlvest is echter besloten de toetsom te hanteren voor de beoordeling van de binnenwaartse stabiliteit aangezien deze qua geometrie en bodemopbouw vergelijkbaar is. Dit is globaal gecontroleerd op basis van de aangeleverde dwarsprofielen [5] en geotechnische lengteprofiel [6]. Voor de beoordeling op het faalmechanisme Piping en Heave (STPH) is voor de bepaling van de kwelweglengte gebruik gemaakt van de door het Waterschap Noorderzijlvest aangeleverde dwarsprofielen ter plaatse van beide locaties, zie bijlage 2. Bij beide locaties is een kwelsloot aan binnendijkse zijde aanwezig die in de toekomst gehandhaafd blijft.

De geometrie van de huidige en toekomstige binnendijkse situatie is verkregen uit de door Stichting Het Groninger Landschap aangeleverde tekeningen, zie bijlage 1. Bij de locatie Deikum wordt de situatie beoordeeld waar de nieuwe voorraadvijver wordt gegraven. Bij de locatie Klutenplas wordt de bestaande vijver verdiept. Berekend is de benodigde afstand tussen de sloot en de (verdiepte) vijver om het optreden van piping vanuit de sloot naar de vijver (bij maximale verlaging van het waterpeil) te voorkomen.

2.4.2 Bodemopbouw

De in de beoordeling gehanteerde bodemopbouw van de waterkering en het achterland is overgenomen uit de aangeleverde stabiliteitsberekeningen. In figuur 2-1 is de bodemopbouw van de waterkering weergegeven.



Figuur 2-1 Bodemopbouw primaire waterkering en achterland

2.4.3 Grondparameters

De grondparameters van de aanwezige grondlagen zijn overgenomen uit de aangeleverde stabiliteitsberekeningen. In tabel 2-1 zijn de rekenwaarden van de volumegewichten en de sterkteparameters opgenomen.

Het is niet duidelijk op basis waarvan de in de toetsberekening gehanteerde grondparameters zijn bepaald. Opgemerkt wordt dat de volumegewichten niet overeenkomstig zijn met de gangbare praktijk waarin over het algemeen hogere waarden worden gehanteerd. Op basis van een gevoeligheidsberekening waarin voor de grondsoorten "Loose Sand (ZK)" en "Dense Sand (DZ)" hogere volumegewichten aangehouden zijn, blijkt dat het verschil in berekende stabiliteitsfactor verwaarloosbaar is.

Tabel 2-1 Volumegewicht en rekenwaarde van de sterkteparameters

Grondsoort	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c'_d [kN/m ²]	ϕ'_d [°]
Stiff Clay (BK)	13,6	15,9	3,3	14,6
Medium Clay (DK)	13,6	15,9	6,7	14,6
Soft Clay (OZK)	14,1	15,9	3,3	14,6
Loose Sand (ZK)	12,7	15,0	0,7	20,8
Dense Sand (DZ)	15,5	17,3	0,0	27,1

waarin:

- γ gemiddelde waarde van het veldvochtig volumegewicht (tevens rekenwaarde);
 γ_{sat} gemiddelde waarde van het verzadigd volumegewicht (tevens rekenwaarde);
 c'_d rekenwaarde van de effectieve cohesie;
 ϕ'_d rekenwaarde van de effectieve hoek van inwendige wrijving.

Ten behoeve van de beoordeling op het faalmechanisme Piping en Heave (STPH) zijn door het Waterschap Noorderzijlvest de pipingberekeningen uit de toetsing aangeleverd. Op basis van deze gegevens worden de volgende parameters voor de aanwezige zandlaag aangehouden:

- 70-percentielwaarde van de korrelverdeling $d_{70} = 110 \mu\text{m}$
- Doorlatendheid $k = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Dikte zandlaag = 15,0 m.

2.4.4 Geohydrologie

Het verloop van de freatische lijn in de waterkering is overgenomen uit de aangeleverde stabiliteitsberekeningen. Het verloop van de freatische lijn ter plaatse van het achterland wordt voor de verschillende fases aangepast op basis van het heersende polderpeil. Hierbij is de hoogte van de freatische lijn ter plaatse van de binnenteen als vaste waarden aangehouden. Tussen dit vaste punt en het polderpeil is de freatische lijn geschematiseerd op 0,30 m onder het maaiveld.

Op basis van de aangeleverde stabiliteitsberekeningen is rekening gehouden met een stijghoogte van NAP +0,80m in de diepgelegen zandlagen. Deze stijghoogte is in elke fase gelijk.

2.5 Overige randvoorwaarden

2.5.1 Computerprogrammatuur en modellering

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma D-Geo Stability, versie 10.1 en gebruikmakend van de methode Bishop.

2.5.2 Verkeersbelasting

In de stabiliteitsberekeningen is, in overeenstemming van het toetsberekeningen, geen rekening gehouden met een verkeersbelasting op de kruin van de waterkering.

2.5.3 Belastinggevallen

In de beoordeling wordt een vergelijking gemaakt tussen de huidige en de toekomstige situatie, waarbij in de toekomstige is gerekend met het stationaire peil in de retentievijvers, alsmede de situatie waarin deze worden drooggezet. In alle gevallen wordt uitgegaan van een MHW-situatie.

3 Berekeningen

3.1 Algemeen

Dit hoofdstuk bevat de beoordeling van de verschillende relevante faalmechanismen en de invloed van de herinrichting van de brakwatergebieden Deikum en Klutenplas. In de volgende paragrafen wordt per faalmechanisme de beoordeling beschreven.

3.2 Piping

De berekeningen voor het faalmechanisme piping zijn uitgevoerd conform het VTV2006 [3]. Allereerst is gestart met een analyse volgens de methode Bligh. De aanwezige kwelweglengte is bepaald op basis van de aangeleverde dwarsprofielen. Hierbij is de dijksloot aan buitendijkse zijde aangehouden als intredepunt en de aanwezige kwelsloot aan binnendijkse zijde als uitredepunt. In de binnendijkse teensloot zijn de huidige peilen gehanteerd. Deze zijn gelijk aan het toekomstige peil uitgezonderd locatie Deikum – west. Voor deze laatste locatie is de huidige en toekomstige situatie beschouwd, voor de overige locaties zijn de huidige en toekomstige situatie gelijk. Resultaten van de pipingberekening zijn vermeld in de tabel 3-1.

Tabel 3-1 Resultaten eenvoudige toets op piping volgens de methode Bligh

Locatie	Aanwezige kwelweglengte [m]	Benodigde kwelweglengte [m]	Beoordeling
Deikum - west (huidig)	79,8	110,3	Onvoldoende
Deikum - west (toekomstig)	79,8*	82,8	Onvoldoende
Deikum - oost	79,8	93,2	Onvoldoende
Klutenplas	84,0	88,2	Onvoldoende

* deze afstand neemt feitelijk nog met enkele meters toe door de voorgenomen verlegging van de teensloot

Uit de beoordeling middels de methode Bligh blijkt dat in alle gevallen in de huidige situatie niet voldaan wordt aan de vereiste veiligheid. Door het opzetten van het polderpeil in de teensloot van Deikum west wordt de benodigde kwelweglengte in de toekomst gereduceerd tot 82,8 m en kan door de voorgenomen verlegging van de teensloot mogelijk een situatie worden bereikt waarin het faalmechanisme piping als voldoende wordt beoordeeld. Deze mogelijkheid wordt onderstaand nader beschouwd.

De beoordeling is voortgezet met de gedetailleerde toets conform het VTV2006 [3]. De resultaten hiervan zijn vermeld in tabel 3-2.

Tabel 3-2 Resultaten gedetailleerde toets op piping volgens de methode Sellmeijer

Locatie	Aanwezig verval $\Delta H-0,3d$ [m]	Kritisch verval ΔH_c [m]	Beoordeling
Deikum – west (huidig)	6,13	4,27	Onvoldoende
Deikum – west (toekomstig)	4,60	4,27	Onvoldoende
Deikum – oost	5,18	4,27	Onvoldoende
Klutenplas	4,90	4,49	Onvoldoende

Uit de resultaten van de gedetailleerde toets blijkt dat voor beide locaties in de huidige en toekomstige situatie niet wordt voldaan aan de vereiste veiligheid. Voor de locatie Deikum – west betekent de voorgenomen peilaanpassing een aanzienlijke verbetering ten opzichte van

de huidige situatie, maar wordt de toekomstige situatie nog steeds beoordeeld als onvoldoende. Een berekening wijst uit dat de kwelweglengte met 7 m dient te worden verlengd om het faalmechanisme piping als voldoende te beoordelen. De thans voorgenomen verlegging van de teensloot voorziet niet in een dergelijke verlenging van de kwelweg; deze wordt circa 3 à 4 m verlengd.

Aansluitend op de bovenstaande berekening is volgens de methode Sellmeijer de minimaal benodigde afstand cq. kwelweglengte tussen de bestaande sloot en de vijver berekend. Daarbij is uitgegaan van het maximale peilverschil dat tussen beide kan ontstaan in de situatie waarin de retentievijver tijdelijk wordt drooggezet. Resultaten van deze analyse zijn vermeld in bijlage 3 en wijzen uit dat de benodigde afstand tussen sloot en vijver minimaal 28 m en 36 m dient te bedragen, respectievelijk ter plaatse van het gebied Klutenplas en Deikum.

3.3 Macrostabiliteit binnenwaarts

De invloed van de herinrichting van beide brakwatergebieden op de binnenwaartse stabiliteit is beoordeeld voor het gebied Deikum in de huidige en de toekomstige situatie. Resultaten van deze analyse zijn grafisch gepresenteerd in bijlage 4 en samengevat in tabel 3-3.

Tabel 3-3 Resultaten beoordeling binnenwaartse stabiliteit Deikum

<i>Belastinggeval</i>	<i>Vereiste veiligheid</i>	<i>Stabiliteitsfactor</i>
Huidig	1,18	1,13
Toekomstig	1,18	1,13

Uit de berekeningen bij locatie Deikum blijkt dat binnenwaartse stabiliteit van de waterkering in de huidige situatie niet voldoet. Er is sprake van een relatief ondiepe glijvlak dat uittreedt in de berm tussen de teen van de kering en de teensloot. De voorgenomen ontgraving van de vijver en/of het periodiek droogzetten van deze vijver is niet van invloed op de binnenwaartse stabiliteit. De ligging van de meest kritische glijcirkel en de berekende stabiliteitsfactor zijn in de huidige en toekomstige situatie gelijk.

Het polderpeil bij de locatie Klutenplas is in geen van de situaties hoger of lager dan de polderpeilen die aangehouden worden voor de huidige en toekomstige situatie bij de locatie Deikum. Op basis hiervan kan ook voor de locatie Klutenplas gesteld worden dat in geen van de gevallen de huidige binnenwaartse stabiliteit van de waterkering beïnvloed wordt door de herinrichting van het brakwatergebied.

Uit de beoordeling (en tevens uit de toetsing) blijkt dat de primaire waterkering in de huidige situatie niet voldoet aan de vereiste veiligheid. De voorgenomen ontgravingen en/of peilveranderingen ter plaatse van de gebieden Klutenplas en Deikum liggen buiten de invloedssfeer van de berekende glijvlakken en zijn daardoor niet van invloed op binnenwaartse stabiliteit van de kering.

3.4 Microstabiliteit

Voor beide locaties geldt dat de binnenteen van de dijk in voldoende mate gedraineerd wordt aangezien er een kwelsloot aanwezig is. Hierdoor is volgens het VTV2006 [3] de beoordeling op het faalmechanisme Microstabiliteit (STMI) voldoende. De aanwezige kwelsloot blijft gehandhaafd in de toekomstige situatie. Hierdoor zal het oordeel niet veranderen. De ingrepen ten behoeve van herinrichten van de brakwatergebieden Deikum en Klutenplas hebben geen invloed op het faalmechanisme STMI.

4 Conclusies en aanbevelingen

Ten behoeve van de nieuw in te richten brakwatergebieden Deikum (circa km 73) en Klutenplas (circa km 67) worden ontgravingen gedaan aan de binnenzijde van de primaire waterkering. Daarnaast wordt er een nieuw peilregime ingesteld waarbij de binnendijkse vijvers periodiek, doch kortstondig, nagenoeg droog komen te staan. De invloed van de ontgravingen en het nieuwe peilregime op de primaire waterkering is beoordeeld op de faalmechanismen Piping en Heave (STPH), Binnenwaartse Stabiliteit (STBI) en Microstabiliteit (STMI).

De uitkomsten van deze notitie kunnen niet gezien worden als volwaardige toetsing maar geven inzicht in de consequenties van de herinrichting op de primaire waterkering.

In de beoordeling is gerekend met een waterstand waarbij geen rekening is gehouden met eventuele toeslagen als gevolg van zeespiegelstijging, klimaatverandering, verandering in normering etc. Een verhoging van de buitenwaterstand zal naar verwachting een negatief effect hebben op de in deze notitie beoordeelde faalmechanismen.

De beoordeling op Piping en Heave (STPH) is zowel op eenvoudig (Bligh) als op gedetailleerd (Sellmeijer) niveau uitgevoerd. Uit deze beoordeling blijkt dat voor de locatie Deikum – west de situatie in de toekomst verbetert ten opzichte van de huidige situatie. Voor de locaties Deikum – oost en Klutenplas is er geen verschil tussen de toekomstige en huidige situatie. In de berekening is aangenomen dat door de voorgenomen (kortstondige) peilverlagingen in de retentievijvers het peil in de teensloot niet noemenswaardig wordt beïnvloed. De afstand tussen de sloot en de retentievijvers dient tenminste 36 m (locatie Deikum) en 28 m (locatie Klutenplas) te bedragen om te voorkomen dat piping tussen de sloot en de vijver kan ontstaan.

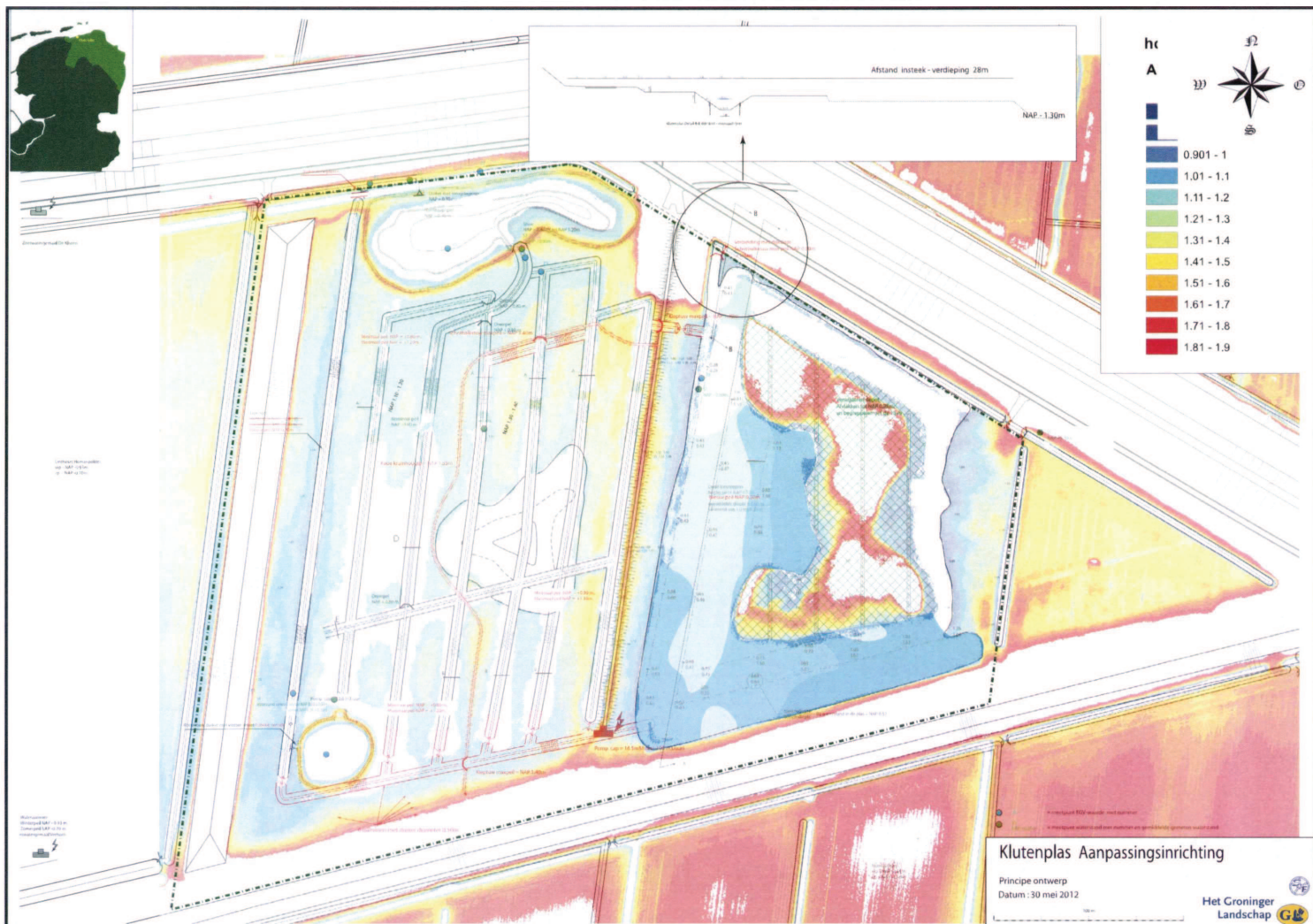
Aanbevolen wordt om aan de hand van praktijkmetingen na te gaan of de tijdelijke verlaging van invloed is op het slootpeil. Daarnaast wordt geadviseerd om het peil in de vijver niet te verlagen cq. de bemaling te beëindigen in situaties van een dreigende calamiteit cq. in geval van een hoogwater situatie.

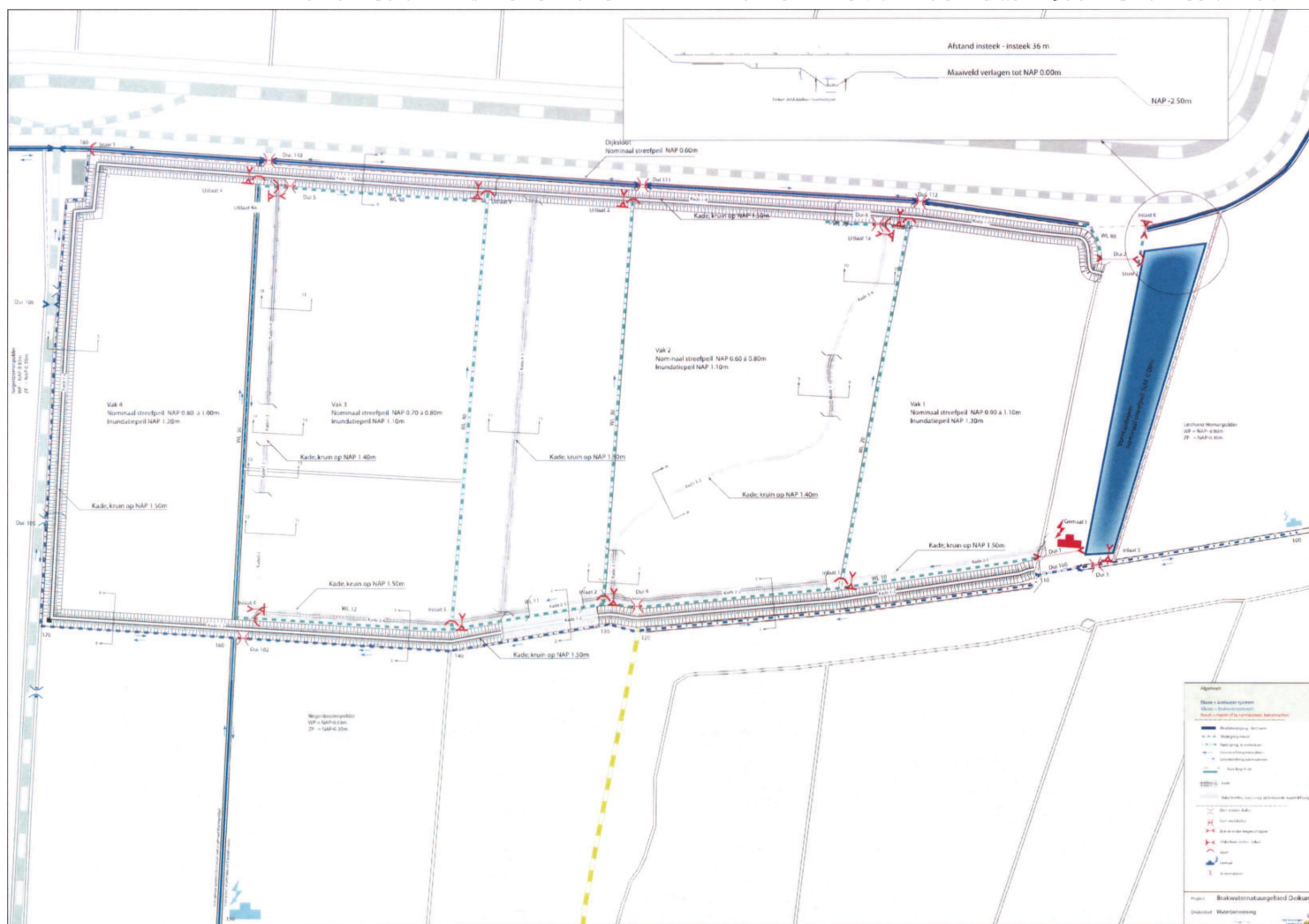
De aanwezige kwelsloot blijft gehandhaafd in de toekomstige situatie. Hierdoor zullen de ingrepen ten behoeve van herinrichten van de brakwatergebieden Deikum en Klutenplas geen invloed hebben op het faalmechanisme STMI.

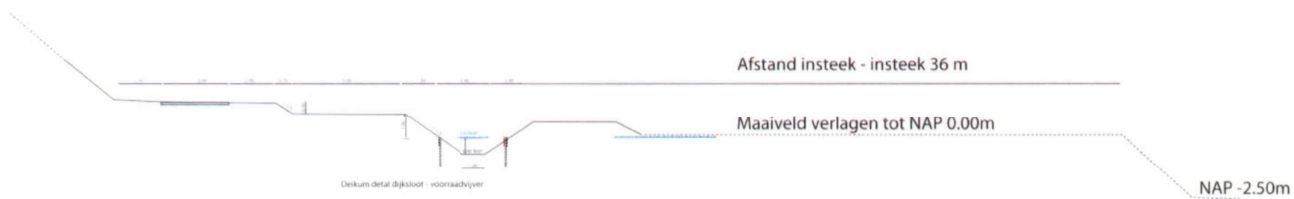
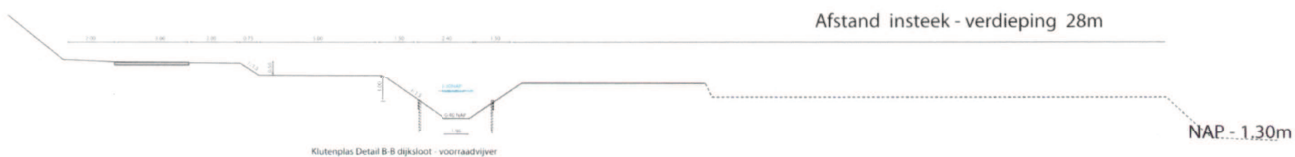
Uit de beoordeling blijkt dat de herinrichting van beide brakwatergebieden geen invloed heeft op de Binnenwaartse Stabiliteit (STBI) van de primaire waterkering. Dit komt voornamelijk doordat de herinrichting van de brakwatergebieden op enige afstand gerealiseerd worden. Daarnaast zorgt de ondiepe zandlaag ervoor dat er geen diepe glijcirkels op kunnen treden.

Bijlage 1

Toekomstige inrichting Klutenplas en Deikum







Bijlage 2

Dwarsprofielen primaire kering

Bijlage 3

Resultaten beoordeling piping en heave (STPH)

Deikum Klutenplas

Projectnummer:

333611

Onderdeel:

Gedetailleerde toets Piping / Heave met rekenregel van Sellmeyer situatie hoogwater

Opsteller:

ing. H.M. Rinkel

Situatie

Deikum Situatie A

Bepaling parameters

		gemeten	Vc	$t_{N-1}^{0,95}$	l.r.w.	h.r.w.
Dikte van de zandlaag	D	15,00 m	0,1	1,65		17,48 m
Lengte van de kwelweg (horizontaal gemeten)	L	79,80 m	0,1	1,65	66,63 m	
alpha	α	$= \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{0,28}{\left(\frac{D}{L} \right)^2 \cdot 8 - 1} \right)$				= 1,4679
coefficient van white (sleepkrachtfactor)	η	0,25				
70-percentielwaarde van de korrelverdeling	d_{70}	1,10E-04 m				
Doorlatendheid	k	5,40E-05 m/s				
kinematische viscositeit	ν	1,33E-06 m ² /s (voor grondwater met een temperatuur van circa 10°C)				
versnelling van de zwaartekracht	g	9,81 m/s ²				
intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag (kappa)	κ	$= \frac{\nu}{g} \cdot k$				= 7,32E-12 m
c	c	$= \eta \cdot d_{70} \cdot \left(\frac{1}{\kappa \cdot L} \right)^{\frac{1}{3}}$				= 3,49E-02
(schijnbaar) volumiek gewicht van zandkorrels onder water	γ_{zand}	17,00 kN/m ³				
volumiek gewicht van water	γ_{water}	10,00 kN/m ³				
rolweerstandshoek van de zandkorrels	θ	41,0 graden				

Berekening

kritieke toelaatbare verval	$\Delta h_{\text{kritiek;toel.}}$	[m]	$= \alpha \cdot c \cdot \frac{\gamma_p}{\gamma_w} \cdot \tan(\theta) \cdot (0,68 - 0,10 \cdot \ln(c)) \cdot L$	=	5,13 m
Maatgevend Hoog Water slootpeil / maaiveldniveau	MHW		5,20 m tov NAP 0,02 m tov NAP		
aanwezig verval	$\Delta h_{\text{aanw.}}$		5,18 m		
lengte opbarstkanaal	d		0,00 m		
veiligheidsfactor	γ_m		1,20 [-]		
Aanwezige optredend verval	$\Delta h_{\text{aanw;optr.}}$	-0,3d	=	5,18 m	} $\Delta h_{\text{aanw;optr.}} - 0,3d > \Delta h_{\text{kritiek;toel.}}$
Kritieke toelaatbare verval	$\Delta H_{\text{kritiek;toel.}}$	$= \frac{\Delta H_{\text{kritiek;toel.}}}{\gamma_m}$	=	4,27 m	
VOLDOET NIET					

Project:

Projectnummer:

Onderdeel:

Opsteller:

Situatie

Deikum Klutenplas

333611

Gedetailleerde toets Piping / Heave met rekenregel van Sellmeyer situatie hoogwater

ing. H.M. Rinkel

Deikum Situatie B

Bepaling parameters

		gemeten	Vc	$t_{N-1}^{0,95}$	l.r.w.	h.r.w.
Dikte van de zandlaag	D	15,00 m	0,1	1,65		17,48 m
Lengte van de kwelweg (horizontaal gemeten)	L	36,00 m	0,1	1,65	30,06 m	
alpha	α	$= \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{0,28}{\left(\frac{D}{L} \right)^{2,8} - 1} \right) = 1,2147$				
coefficient van white (sleepkrachtfactor)	η	0,25				
70-percentielwaarde van de korrelverdeling	d_{70}	1,10E-04 m				
Doorlatendheid	k	5,40E-05 m/s				
kinematische viscositeit	ν	1,33E-06 m ² /s				
versnelling van de zwaartekracht	g	9,81 m/s ²				
intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag (kappa)	κ	$= \frac{\nu}{g} \cdot k = 7,32E-12 \text{ m}$				
c	c	$= \eta \cdot d_{70} \cdot \left(\frac{1}{\kappa \cdot L} \right)^{\frac{1}{3}} = 4,55E-02$				
(schijnbaar) volumiek gewicht van zandkorrels onder water	γ_{zand}	17,00 kN/m ³				
volumiek gewicht van water	γ_{water}	10,00 kN/m ³				
rolweerstandshoek van de zandkorrels	θ	41,0 graden				

Berekening

kritieke toelaatbare verval	$\Delta h_{\text{kritiek;toel.}}$ [m]	$= \alpha \cdot c \cdot \frac{\gamma_p}{\gamma_w} \cdot \tan(\theta) \cdot (0,68 - 0,10 \cdot \ln(c)) \cdot L = 2,43 \text{ m}$				
Maatgevend Hoog Water slootpeil / maaiveldniveau	MHW	0,02 m tov NAP -2,00 m tov NAP				
aanwezig verval	$\Delta h_{\text{aanw.}}$	2,02 m				
lengte opbarstkanaal	d	0,00 m				
veiligheidsfactor	γ_m	1,20 [-]				
Aanwezige optredend verval	$\Delta h_{\text{aanw;optr. -0,3d}}$	= 2,02 m				
Kritieke toelaatbare verval	$\Delta H_{\text{kritiek;toel.}}$	$= \frac{\Delta h_{\text{kritiek;toel.}}}{\gamma_m} = 2,03 \text{ m}$				
$\Delta h_{\text{aanw;optr. -0,3d}} < \Delta H_{\text{kritiek;toel.}}$						VOLDOET

Project:**Deikum Klutenplas**

Projectnummer:

333611

Onderdeel:

Gedetailleerde toets Piping / Heave met rekenregel van Sellmeyer situatie hoogwater

Opsteller:

ing. H.M. Rinkel

Situatie

Klutenplas situatie A

Bepaling parameters

		gemeten	Vc	$t_{N-1}^{0,95}$	l.r.w.	h.r.w.
Dikte van de zandlaag	D	15,00 m	0,1	1,65		17,48 m
Lengte van de kwelweg (horizontaal gemeten)	L	84,00 m	0,1	1,65	70,14 m	
alpha	α	$= \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{0,28}{\left(\frac{D}{L} \right)^{2,8} - 1} \right) = 1,4877$				
coefficient van white (sleefkrachtfactor)	η	0,25				
70-percentielwaarde van de korrelverdeling	d_{70}	1,10E-04 m				
Doorlatendheid	k	5,40E-05 m/s				
kinematische viscositeit	ν	1,33E-06 m ² /s				
versnelling van de zwaartekracht	g	9,81 m/s ²				
intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag (kappa)	κ	$= \frac{\nu}{g} \cdot k = 7,32E-12 \text{ m}$				
c	c	$= \eta \cdot d_{70} \cdot \left(\frac{1}{\kappa \cdot L} \right)^{\frac{1}{2}} = 3,43E-02$				
(schijnbaar) volumiek gewicht van zandkorrels onder water	γ_{zand}	17,00 kN/m ³				
volumiek gewicht van water	γ_{water}	10,00 kN/m ³				
rolweerstandshoek van de zandkorrels	θ	41,0 graden				

Berekening

kritieke toelaatbare verval	$\Delta h_{\text{kritiek,toel.}}$ [m]	$= \alpha \cdot c \cdot \frac{\gamma_p}{\gamma_w} \cdot \tan(\theta) \cdot (0,68 - 0,10 \cdot \ln(c)) \cdot L = 5,39 \text{ m}$				
Maatgevend Hoog Water slootpeil / maaiveldniveau	MHW	5,20 m tov NAP 0,30 m tov NAP				
aanwezig verval	$\Delta h_{\text{aanw.}}$	4,90 m				
lengte opbarstkanaal	d	0,00 m				
veiligheidsfactor	γ_m	1,20 [-]				
Aanwezige optredend verval	$\Delta h_{\text{aanw.;optr.}}$	-0,3d = 4,90 m				
Kritieke toelaatbare verval	$\Delta H_{\text{kritiek,toel.}}$	$= \frac{\Delta H_{\text{kritiek,toel.}}}{\gamma_m} = 4,49 \text{ m}$				
						$\Delta H_{\text{aanw.;optr.}} - 0,3d > \Delta H_{\text{kritiek,toel.}}$ VOLDOET NIET

Project:**Deikum Klutenplas**

Projectnummer:

333611

Onderdeel:

Gedetailleerde toets Piping / Heave met rekenregel van Sellmeyer situatie hoogwater

Opsteller:

ing. H.M. Rinkel

Situatie

Klutenplas situatie B

Bepaling parameters

		gemeten	Vc	$t_{N-1}^{0,95}$	l.r.w.	h.r.w.
Dikte van de zandlaag	D	15,00 m	0,1	1,65		17,48 m
Lengte van de kwelweg (horizontaal gemeten)	L	28,00 m	0,1	1,65	23,38 m	
alpha	α	$= \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{0,28}{\left(\frac{D}{L} \right)^{2,8} - 1} \right)$				= 1,1575
coefficient van white (sleepkrachtfactor)	η	0,25				
70-percentielwaarde van de korrelverdeling	d_{70}	1,10E-04 m				
Doorlatendheid	k	5,40E-05 m/s				
kinematische viscositeit	ν	1,33E-06 m ² /s				
versnelling van de zwaartekracht	g	9,81 m/s ²				
intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag (kappa)	κ	$= \frac{\nu}{g} \cdot k$				= 7,32E-12 m
c	c	$= \eta \cdot d_{70} \cdot \left(\frac{1}{\kappa \cdot L} \right)^{\frac{1}{3}}$				= 4,95E-02
(schijnbaar) volumiek gewicht van zandkorrels onder water	γ_{zand}	17,00 kN/m ³				
volumiek gewicht van water	γ_{water}	10,00 kN/m ³				
rolweerstandshoek van de zandkorrels	θ	41,0 graden				

Berekening

kritieke toelaatbare verval	$\Delta h_{\text{kritiek;toel.}}$	[m]	$= \alpha \cdot c \cdot \frac{\gamma_p}{\gamma_w} \cdot \tan(\theta) \cdot (0,68 - 0,10 \cdot \ln(c)) \cdot L$	=	1,94 m
Maatgevend Hoog Water slootpeil / maaiveldniveau	MHW		0,30 m tov NAP -1,30 m tov NAP		
aanwezig verval	$\Delta h_{\text{aanw.}}$	1,60 m			
lengte opbarstkanaal	d	0,00 m			
veiligheidsfactor	γ_m	1,20 [-]			
Aanwezige optredend verval	$\Delta h_{\text{aanw;optr.}}$	-0,3d	=	1,60 m	} $\Delta H_{\text{aanw;optr.}} - 0,3d < \Delta H_{\text{kritiek;toel.}}$
Kritieke toelaatbare verval	$\Delta H_{\text{kritiek;toel.}}$	$= \frac{\Delta H_{\text{kritiek;toel.}}}{\gamma_m}$	=	1,62 m	
VOLDOET					

Bijlage 4

Resultaten beoordeling binnenwaartse stabiliteit (STBI)

