



# Stabiliteit Lekdijk nabij 't Waal

Berekeningen ten behoeve van keurvergunning

projectnr. 234722  
revisie 02  
15 november 2010

## Opdrachtgever

Gemeente Houten  
t.a.v. dhr. P. de Moed  
Postbus 30  
3990 DA HOUTEN

datum vrijgave 15 november 2010	beschrijving revisie 02 definitief	goedkeuring J.C. Bossenbroek 	vrijgave M.J.M. Berk 
------------------------------------	---------------------------------------	--	--

	Inhoud	Blz.
1	Inleiding	2
1.1	Kader	2
1.2	Situatie	2
1.3	Berekeningen	3
2	Randvoorwaarden en uitgangspunten	4
2.1	Bodemopbouw	4
2.2	Dwarsprofiel	5
2.3	Waterstanden	7
2.4	Waterspanningen	7
2.5	Belastingen	8
3	Controle stabiliteit	9
3.1	Nieuwbouw fase 1	9
3.2	Nieuwbouw fase 2	10
3.3	Vergelijking toetsing	11
3.4	Conclusie stabiliteit	12
4	Controle piping	13
4.1	Nieuwbouw fase 1	13
4.2	Nieuwbouw fase 2	14
4.3	Conclusie piping	14
5	Conclusie	15
6	Literatuur	16

# 1 Inleiding

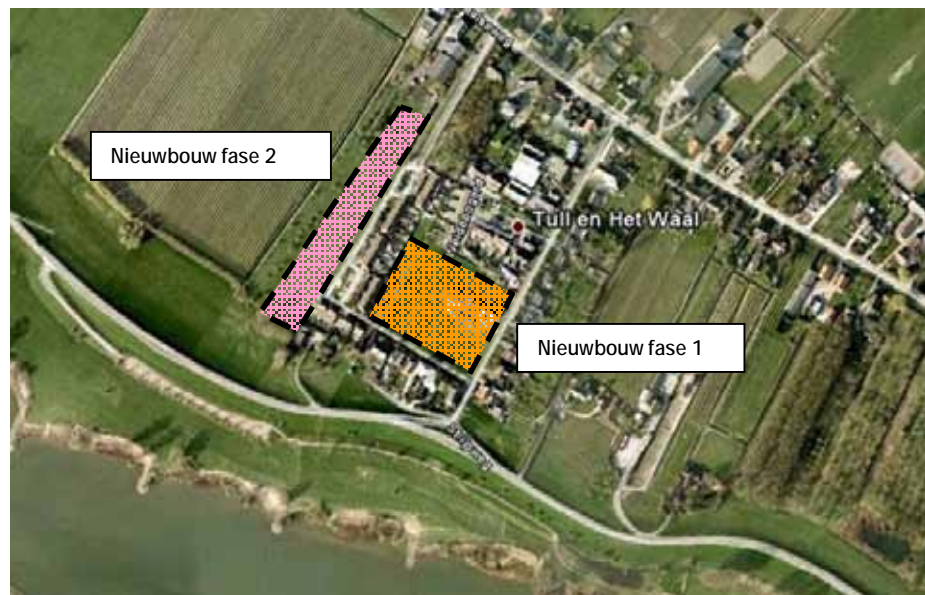
## 1.1 Kader

Voor het project 'Nieuwbouw Tull en 't Waal' vinden er werkzaamheden plaats in de beschermingszone van de primaire waterkering langs de Lek. Een deel van de werkzaamheden is reeds uitgevoerd (in deze rapportage aangeduid met fase 1) en een deel van de werkzaamheden moet nog plaatsvinden (in deze rapportage aangeduid met fase 2).

Voor het verstrekken van een keurvergunning dient het effect van de werkzaamheden op de waterkering te worden getoetst. Hiervoor zijn controles van de binnenwaartse stabiliteit en piping onder het dijklichaam door uitgevoerd.

## 1.2 Situatie

In Figuur 1 is de situatie van de bouwlocaties ten opzichte van de waterkering weergegeven. Dit is van dijkpaal 279 tot dijkpaal 281 van de primaire waterkering.



Figuur 1: Projectlocatie Tull en 't Waal

In Figuur 2 zijn de verschillende beschermingszones volgens de legger van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden weergegeven. Beide projectlocaties bevinden zich voor een deel binnen de beschermingszone, zodat een keurvergunning nodig is om de werkzaamheden te mogen uitvoeren.



Figuur 2: Leggerzones ter plaatse van de projectlocatie

### 1.3 Berekeningen

Voor het verkrijgen van de vergunning dient te worden aangetoond dat de veiligheid van de waterkering niet in gevaar komt ten gevolge van de werkzaamheden. Hierbij zijn de volgende situaties van belang:

- Stabiliteit binnenwaarts in de huidige situatie;
- Stabiliteit binnenwaarts in de situatie wanneer een ontgraving heeft plaatsgevonden.

De berekeningen zijn uitgevoerd conform het VTV2006 en de HR2006.

## 2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

### 2.1 Bodemopbouw

De schematisatie van de bodemopbouw is gebeurd op basis van boringen en sonderingen en op basis van bestekstekeningen van het ontwerp uit 1983. Deze sonderingen en boringen zijn opgevraagd bij het DINO-loket. Een overzicht van deze gegevens is opgenomen in Tabel 1. De maatgevende bodemopbouw wordt gekozen op het meest conservatieve profiel in relatie met de afstand tot het dijkprofiel. De coördinaten van de verschillende bodemgegevens zijn gegeven in Tabel 1.

Ter hoogte van de waterkering is de bodem voornamelijk opgebouwd uit zandlagen met relatief dunne veen-, klei- en grindlagen. Landinwaarts neemt het kleigehalte toe. Gekozen wordt om de bodemopbouw te baseren op sondering S38F01609. Deze sondering naast de waterkering ligt het dichtst bij de locatie en vertoont relatief veel zwakke grondlagen (klei en veen).

Tabel 1: Beschikbare boringen en sonderingen

Naam	x-coördinaten	y-coördinaten
<b>Sonderingen</b>		
S38F00031	137433	445664
S38F00351	137433	445664
S38F01549	137433	445664
S38F01609	137433	445664
<b>Boringen</b>		
B38F0424	137037	445979
B38F0574	136948	445847
B38F0586	137316	445720
B38F1360	138616	444928
B38F1361	138310	444959
B38F1396	137575	445800
B38F1400	138071	445435
B38F1438	136894	446100

De bodemopbouw is weergegeven in Tabel 2 samen met de representatieve waarden van de grondparameters, die bepaald zijn aan de hand van tabel 1 uit de NEN6740. Om de rekenwaardes van de grondparameters te bepalen, is gebruik gemaakt van partiële materiaalfactoren uit de VTV 2006, zie Tabel 3. Het resultaat is weergegeven in Tabel 4. Deze bodemopbouw geldt voor beide projectlocaties.

Tabel 2: Bodemopbouw met representatieve grondparameters

Niveau o.k. [m NAP]	Grondsoort	$\gamma_{rep}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{nat; rep}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi'_{rep}$ [°]	$C'_{rep}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
+8,10	Maaiveld				
+7,10	Klei, schoon matig.	17	17	17,5	5
+2,00	Zand, schoon matig.	18	20	32,5	0
+1,20	Veen, m. voorbelast.	11	11	15	0
-0,20	Klei, zandig	17	17	17,5	5

Niveau o.k. [m NAP]	Grondsoort	$\gamma_{rep}$ [kN /m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{nat; rep}$ [kN /m <sup>3</sup> ]	$\Phi'_{rep}$ [°]	$C'_{rep}$ [kN /m <sup>2</sup> ]
-2,20	Klei, siltig	14	14	17,5	2,5
-8,20	Zand, schoon matig	18	20	32,5	0
-8,80	Klei, siltig	14	14	17,5	2,5
-18,00	Zand, schoon matig	18	20	32,5	0

Tabel 3: Partiële materiaalfactoren

Grondsoort	$\gamma$	$\gamma_{nat}$	$\Phi$	c
Zand, schoon matig.	1,0	1,0	1,2	1,5
Klei, schoon matig.	1,0	1,0	1,2	1,5
Klei zandig	1,0	1,0	1,2	1,5
Klei, siltig	1,0	1,0	1,2	1,5
Veen, m. voorbelast.	1,0	1,0	1,2	1,5

Tabel 4: Bodemopbouw met rekenwaardes grondparameters

Niveau o.k. [m NAP]	Grondsoort	$\gamma_{rep}$ [kN /m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{nat; rep}$ [kN /m <sup>3</sup> ]	$\Phi'_{rep}$ [°]	$C'_{rep}$ [kN /m <sup>2</sup> ]
+8,10	Maaiveld				
+7,10	Klei, schoon matig.	17	17	14,6	3,3
+2,00	Zand, schoon matig.	18	20	27,1	0
+1,20	Veen, m. voorbelast.	11	11	12,5	0
-0,20	Klei, zandig	17	17	14,6	3,3
-2,20	Klei, siltig	14	14	14,6	1,67
-8,20	Zand, schoon matig	18	20	27,1	0
-8,80	Klei, siltig	14	14	14,6	1,67
-18,00	Zand, schoon matig	18	20	27,1	0

De grondopbouw van de dijk zelf is onbekend. Er is geen grondonderzoek aanwezig ter plaatse van de waterkering. Op basis van de toetsrapportage [Arcadis 2010] is gekozen voor een Type 2A dijk (zandkern op samendrukbare ondergrond).

## 2.2 Dwarsprofiel

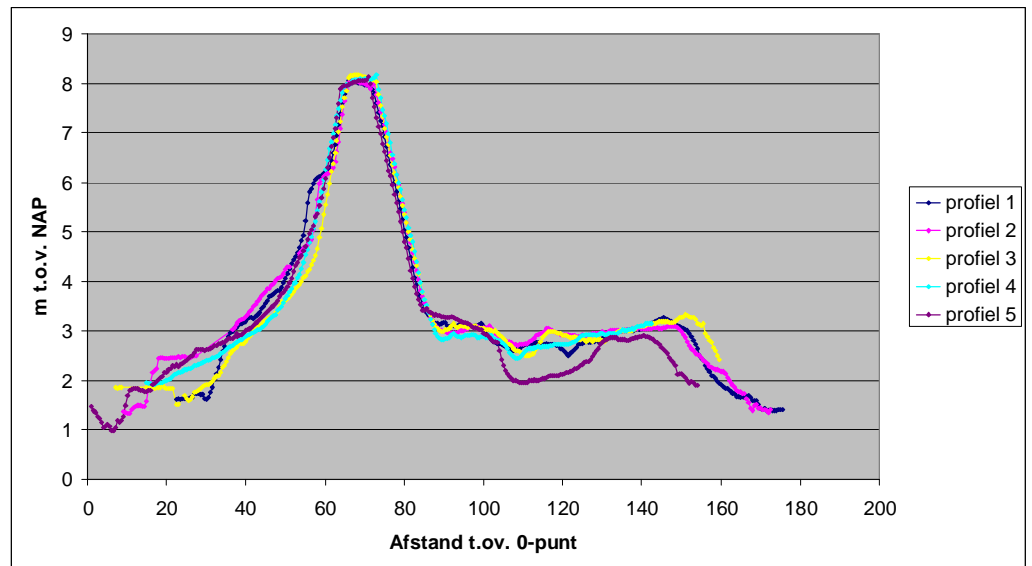
Het hoogheemraadschap heeft verschillende dwarsprofielen geleverd van de huidige waterkering nabij de onderzoekslocaties (zie Figuur 3). De onderlinge verschillen van de profielen zijn relatief klein (zie Figuur 4).

Voor de projectlocatie fase 1 is dwarsprofiel 2 als maatgevend geselecteerd (zie Figuur 5). De nieuwbouw wordt op een afstand van circa 60 m vanaf de binnenkruin aangelegd. Voor fase 2 wordt dwarsprofiel 5 geselecteerd als het maatgevende profiel (zie Figuur 6). Naast het binnentalud vertoont het profiel een daling, dat niet terug te vinden is in de andere profielen.

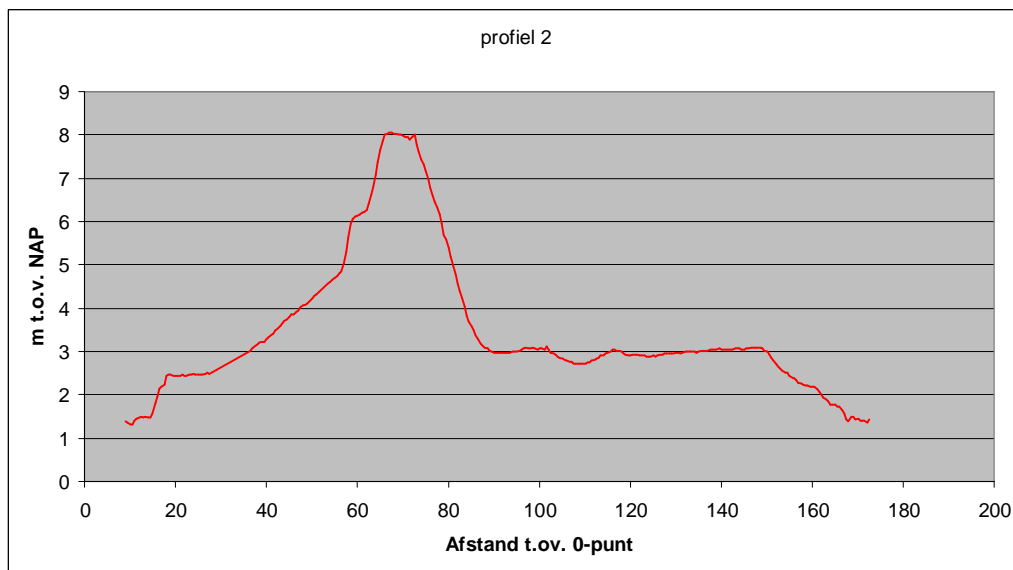
Het project wordt op een afstand van circa 80 m vanaf de binnenkruin uitgevoerd.



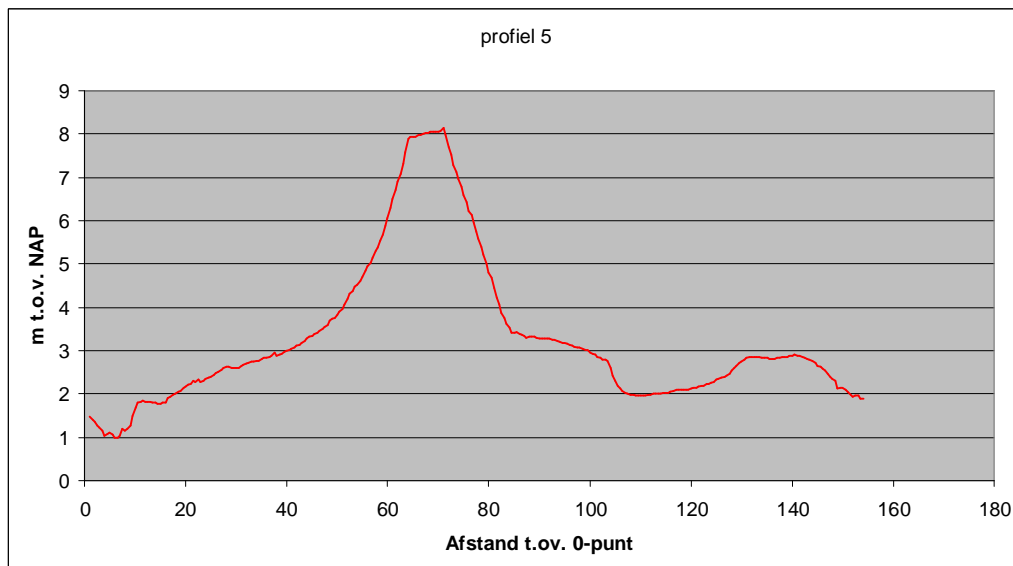
Figuur 3: Locatie van dwarsprofielen waterkering



Figuur 4: Dwarsprofielen 1 tot en met 5



Figuur 5: Geometrie dwarsprofiel 2



Figuur 6: Geometrie dwarsprofiel 5

### 2.3 Waterstanden

Het toetspeil op de Lek ter plaatse van Tull en 't Waal (km 948) bedraagt bij een normfrequentie van 1/1250 jaar NAP +6,5 m [HR2006]. Het vigerende zomer/winterpeil is NAP +0,75/+0,60 m. Hoe het polderpeil zich tijdens maatgevende omstandigheden gedraagt, is echter onbekend. Voor de berekening is daarom een peil aangehouden van dat gelijk is aan het maaiveld (circa 2 m +NAP). Dit is een veilige aanname.

### 2.4 Waterspanningen

Het waterspanningsverloop in de dijk is gebaseerd op veilige schattingen van waterspanningen aan de hand van het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [TAW2004]. Het waterspanningsverloop in het dijklichaam tijdens hoogwater is onbekend. Er wordt conservatief aangenomen dat deze gelijk is aan MHW tot de



binnenkruin van de dijk. Vanaf de binnenkruin verloopt het waterpeil tot het gemiddeld polderpeil.

## 2.5 Belastingen

Het voorschrift toetsen op veiligheid [VTV2006] geeft aan dat er gerekend moet worden met een verkeersbelasting op de kruin van de dijk van  $15 \text{ kN/m}^2$  over een strookbreedte van 2,50 m. De belasting op de dijk is een tijdelijke belasting afkomstig van de verkeersweg die zich op de kruin van de dijk bevindt.

### 3 Controle stabiliteit

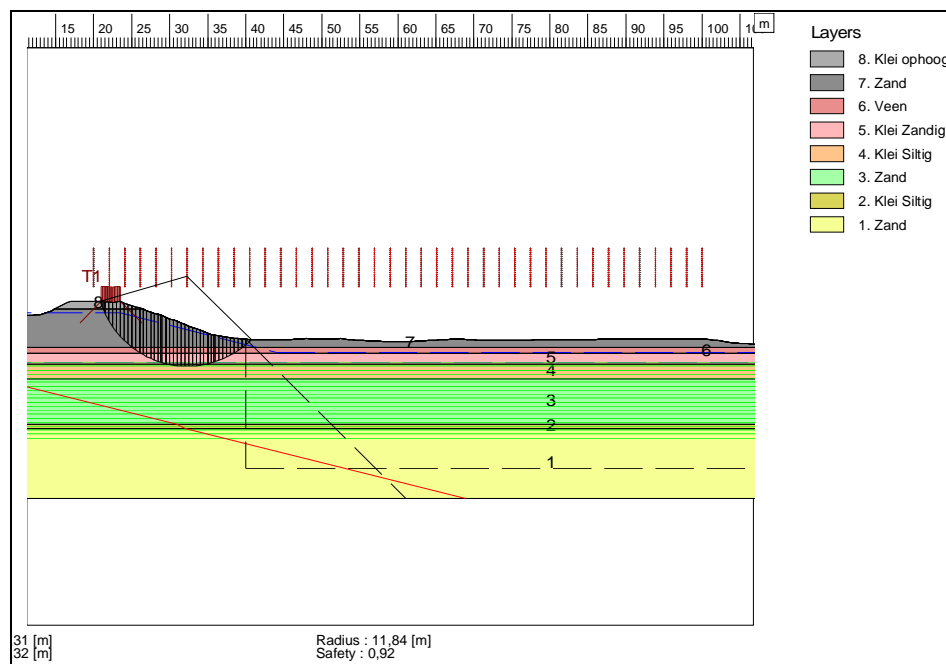
Voor de toetsing van de macrostabiliteit geldt dat tijdens en na werkzaamheden in het achterland de veiligheid van de waterkering niet achteruit mag zijn gegaan. Werkzaamheden mogen dus geen nadelig effect hebben op de waterkerende functie van de dijk.

Mogelijke werkzaamheden worden geschematiseerd als een ontgraving van 2,0 m diep op de projectlocaties. Het niveauverschil wordt aangelegd middels een 1:2 talud. De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma MStab.

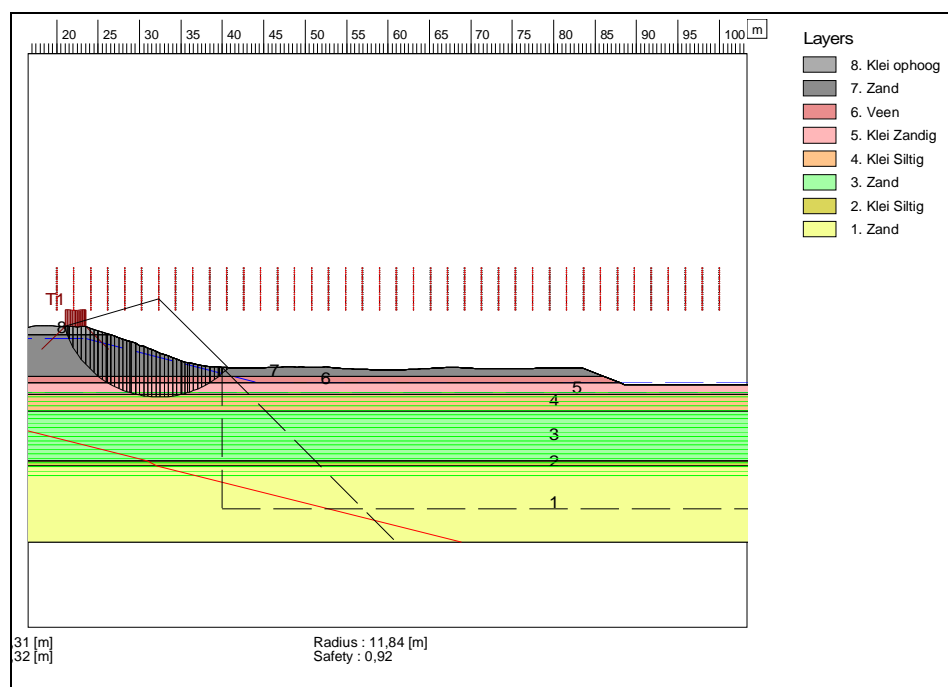
#### 3.1 Nieuwbouw fase 1

In Figuur 7 en Figuur 8 zijn de berekeningen weergegeven van de stabiliteit van de waterkering ter plaatse van de reeds uitgevoerde bebouwing (fase 1).

In Figuur 7 is de stabiliteit in de oorspronkelijke situatie weergegeven en in Figuur 8 is de stabiliteit van de nieuwe situatie weergegeven



Figuur 7: Nieuwbouw fase 1: Stabiliteit huidige situatie

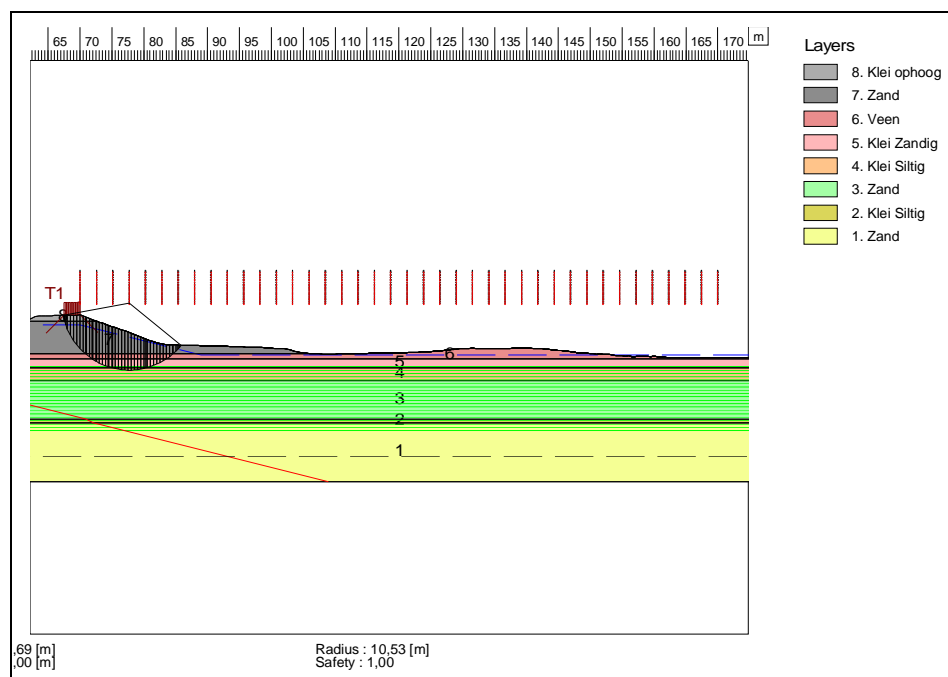


Figuur 8: Nieuwbouw fase 1: Stabiliteit na ontgraven

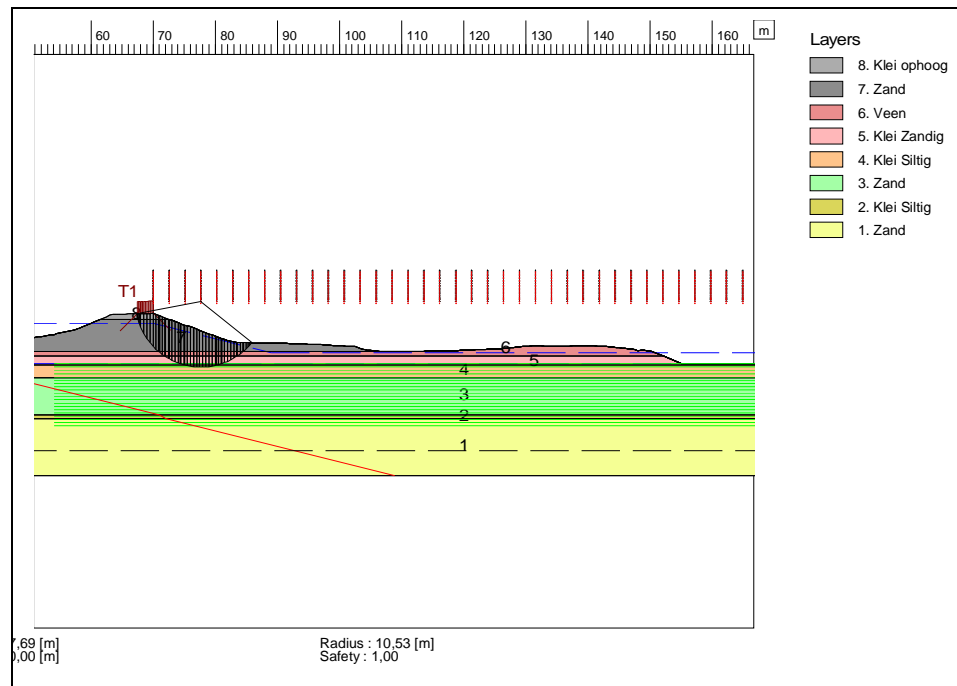
### 3.2 Nieuwbouw fase 2

In Figuur 9 en Figuur 10 zijn de berekeningen weergegeven van de stabiliteit van de waterkering ter plaatse van de reeds uitgevoerde bebouwing (fase 1).

In Figuur 9 is de stabiliteit in de oorspronkelijke situatie weergegeven en in Figuur 10 is de stabiliteit van de nieuwe situatie weergegeven



Figuur 9: Nieuwbouw fase 2: Stabiliteit huidige situatie



Figuur 10: Nieuwbouw fase 2: Stabiliteit na ontgraven

### 3.3 Vergelijking toetsing

De berekende stabiliteitsfactoren zijn lager dan de volgens het VTV vereiste stabiliteitsfactor van 1,1 [VTV2006]. In de recent uitgevoerde toetsing [Arcadis2006] is een hogere stabiliteitsfactor berekend (1,3) en heeft dit dijkvak het oordeel 'voldoende' gekregen.

De verschillen zijn te verklaren doordat voor de berekeningen ten behoeve van de keurvergunning een aantal conservatieve aannamen zijn gedaan, waardoor de berekende stabiliteitsfactor relatief laag uitkomt. Dit betreft met name de sterkte parameters die gekozen zijn volgens de NEN6740 [NEN6740] en de freatische lijn waarvoor een conservatieve inschatting is gemaakt. Daarnaast is in de toetsing een ander dwarsprofiel doorgerekend (namelijk ter plaatse van hm 60) en kan de interpretatie van de bodemopbouw eveneens tot een ander resultaat leiden. Bovendien blijkt uit de toetsing dat het toetsoordeel van het aanliggende vak wel overeenkomt met de berekeningen ten behoeve van de keurvergunning. Voor dit vak is het toetsresultaat is "onvoldoende". De berekende stabiliteitsfactoren zijn hier 1,09 (toetsing 1998) en 0,82 (toetsing 2006). Voor dit vak is het profiel ter plaatste van hm 283 (200 meter verder dan gekozen dwarsprofiel 5) gebruikt.

Voor de berekening van de relatieve verandering van de stabiliteit is de gekozen benadering een veilige benadering. Deze sommen zijn namelijk niet bedoeld om de absolute veiligheid te berekenen maar om aan te tonen dat de stabiliteit niet verslechtert ten gevolge van werkzaamheden nabij de waterkering. Voor de beoordeling van de absolute veiligheid van de waterkering is daarom het toetsoordeel leidend.

### 3.4 Conclusie stabiliteit

Voor beide projectlocaties wordt geconcludeerd dat werkzaamheden geen effect hebben op de waterkerende functie. In beide berekeningen blijft de veiligheidsfactor onveranderd (zie Tabel 5). Dit is te verklaren door de afstand tot de waterkering; de locaties bevinden zich op een dermate grote afstand dat afgraven niet leidt tot verminderde veiligheid.

Tabel 5: Berekende stabiliteitsfactoren

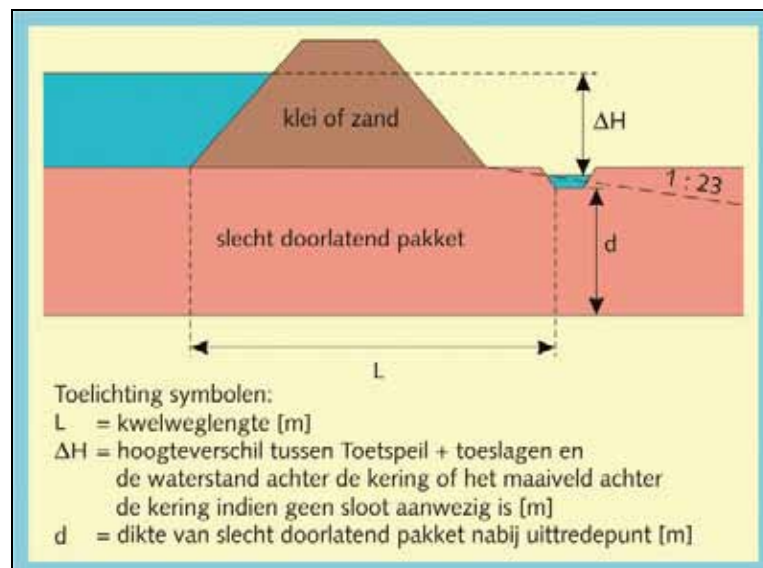
	Stabiliteitsfactor oorspronkelijk situatie	Stabiliteitsfactor nieuwe situatie
Fase 1	0,92	0,92
Fase 2	1,00	1,00

## 4 Controle piping

De dijkprofielen worden eerst eenvoudig getoetst. Wanneer blijkt dat deze niet wordt doorstaan, volgt een gedetailleerde toetsing.

Voor de eenvoudige toetsing geldt voor Type 1A en 2A (zie Figuur 11) dat deze dienen te voorzien in voldoende opdrukveiligheid en kwelengte.

- opdrukveiligheid:  $\frac{S^g}{S^w} \geq 1.0$
- kwelengte:  $\frac{L}{18} \geq \Delta H - 0.3d$



Figuur 11: Schematisatie dijkprofiel Type 1A en 2A [VTV2006]

waarin:

- $S^g$  = waarde van de gronddruk aan de onderzijde van het afdekkend pakket van de slecht doorlatende lagen (klei/veen);
- $S^w$  = opwaartse waterdruk onder het afdekkend pakket slecht doorlatende lagen.

Het dwarsprofiel dient aan één van bovenstaande criteria te voldoen. Het uittreepunt wordt geselecteerd op de locatie van de ontgraving.

### 4.1 Nieuwbouw fase 1

De kwelweglengte op locatie van uitgraven is circa 95 m. De dikte van het slecht doorlatende pakket is 4,20 m en bevat een veenlaag en twee kleilagen (zandig en siltig). Met een polderpeil op maaiveldniveau (NAP +1,80 m) en het maatgevend rivierpeil ontstaat een waterstandverschil van 3,6 m.

Dit resulteert in een kritische kwelweglengte van 62 m. De aanwezige kwelweglengte is groter en wordt dus als veilig beoordeeld.

#### 4.2 Nieuwbouw fase 2

De kwelweglengte op locatie van uitgraven is circa 75 m. De bodemopbouw ter plaatse is gelijk aan de locatie 'Nieuwbouw Tull en 't Waal', zodat ook hier een kritische kwelweglengte geldt van 62 m. De aanwezige kwelweglengte is groter en wordt dus als veilig vastgesteld.

#### 4.3 Conclusie piping

Voor beide projectlocaties geldt dat na de werkzaamheden de aanwezige kwelweglengte groter is dan de benodigde kwelweglengte waardoor er geen gevaar voor piping ontstaat ten gevolge van deze werkzaamheden.

## 5 Conclusie

Uit de recent uitgevoerde veiligheidstoetsing [Arcadis2006] blijkt dat het beschouwde dijktraject voldoet aan de norm voor zowel stabiliteit als piping.

Voor beide projectlocaties geldt dat de aanwezige kwelweglengte groter is dan de benodigde kwelweglengte waardoor er geen gevaar voor piping ontstaat ten gevolge van de werkzaamheden.

Voor beide projectlocaties geldt dat de werkzaamheden geen negatief effect hebben op de stabiliteit van de waterkering. De berekende stabiliteitsfactoren gaan namelijk niet achteruit ten gevolge van de werkzaamheden. De berekende stabiliteitsfactoren zijn lager dan de in de toetsing berekenen stabiliteitsfactoren doordat er een aantal conservatieve aannamen zijn gedaan, maar komen overeen met de resultaten van het naburige dijkvak met het gekozen profiel ter plaatse van hm 283. De uitgevoerde berekeningen zijn bedoeld om aan te tonen dat de stabiliteit niet verslechterd ten gevolge van de werkzaamheden. Voor het absolute oordeel van de veiligheid van de waterkering is daarom het toetsoordeel leidend.

Geconcludeerd kan worden dat de veiligheid van de waterkering voldoet aan de huidige norm. Bovendien blijkt uit de berekeningen dat de werkzaamheden geen negatief effect hebben op de veiligheid van de waterkering.



## 6 Literatuur

- [Arcadis2010] Arcadis. *Derde toetsronde dijkkringgebied 44 Lekdijk Amerongen-Lekkanaal*. Juni 2010.
- [VTV2006] Ministerie voor Verkeer en Waterstaat. *Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen 2006*. September 2007.
- [HR2006] Ministerie voor Verkeer en Waterstaat. *Hydraulische randvoorwaarden 2006*. September 2007.
- [TAW2004] Technische Adviescommissie Water. *Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken*. September 2004.
- [NEN6740] NEN 6740:2006 nl. *Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen*. September 2006.