

Stabiliteitsonderzoek Lomm

Controle stabiliteit van de te verleggen kade bij nevengeul Lomm

Definitief

In opdracht van:
DCM Exploitatie Lomm BV
Postbus 90
6590 AB GENNEP

Grontmij Nederland B.V.
De Bilt, 31 mei 2011

Verantwoording

Titel : Stabiliteitsonderzoek Lomm

Subtitel : Controle stabiliteit van de te verleggen kade bij nevengeul Lomm

Projectnummer : 308928

Referentienummer : GM-0018168

Revisie : D03

Datum : 31 mei 2011

Auteur(s) : K. van Korlaar Bc

E-mail adres : waterbouw@grontmij.nl

Gecontroleerd door : ir. J. Kuipers

Paraaf gecontroleerd : 

Goedgekeurd door : ir. J. Steenbergen-Kajabova

Paraaf goedgekeurd : 

Contact : Grontmij Nederland B.V.
De Holle Bilt 22
3732 HM De Bilt
Postbus 203
3730 AE De Bilt
T +31 30 220 74 44
F +31 30 220 02 94
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Algemeen.....	5
1.2	Analyse.....	5
1.3	Locatie.....	5
1.4	Leeswijzer.....	5
2	Uitgangspunten en Randvoorwaarden.....	6
2.1	Algemeen.....	6
2.2	Dwarsprofiel.....	6
2.3	Grondopbouw.....	6
2.3.1	Intredepunt en uittredepunt.....	7
2.4	Grondparameters.....	7
2.4.1	Korrelgrootte en piping.....	8
2.5	Hydraulische randvoorwaarden.....	8
2.5.1	Ontwerpwaterstand.....	8
2.5.2	Golfbelasting.....	9
2.5.3	Stijghoogte.....	9
2.5.4	Ligging Freatisch lijn.....	9
2.5.5	Peil na val.....	9
2.5.6	Waterpeil in de teensloot.....	10
2.6	Bovenbelasting.....	10
2.7	Rekenmethode.....	10
3	Geotechnische beoordeling.....	11
3.1	Inleiding.....	11
3.2	Opbarsten.....	11
3.3	Piping.....	11
3.3.1	Waterkeringen in grond.....	11
3.3.2	Duiker Litsveldlossing.....	12
3.4	Macrostabiliteit.....	13
3.4.1	Ontwerppeil.....	13
3.4.2	Peil na val.....	13
3.5	Aanpassing.....	13
4	Conclusies.....	15
5	Literatuurlijst.....	16

Bijlage 1:	Situatie en dwarsprofielen
Bijlage 2:	Grondonderzoek
Bijlage 3:	Piping berekeningen
Bijlage 4:	Stabiliteitsberekeningen hoogwater
Bijlage 5:	Stabiliteitsberekeningen na val buitenwater
Bijlage 6:	Stabiliteit na aanpassingen waterkering

1 Inleiding

1.1 Algemeen

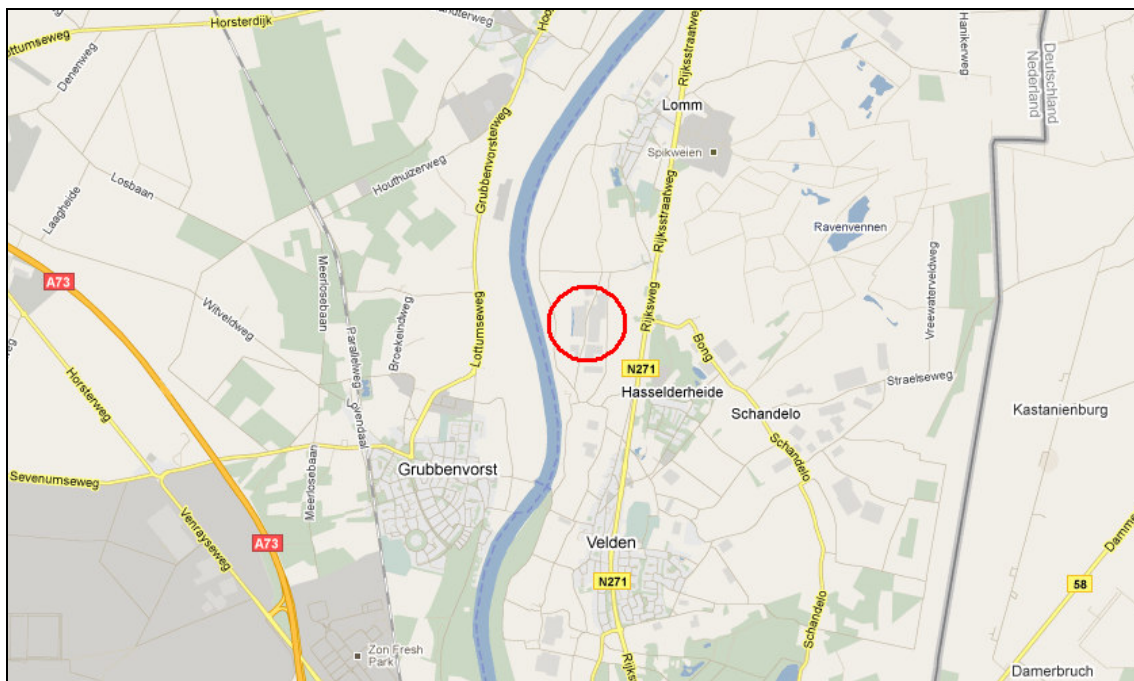
In opdracht van DCM Exploitatie Lomm BV, heeft Grontmij Nederland BV een stabiliteitsonderzoek uitgevoerd voor de te verleggen kade bij nevengeul Lomm. De verlegging is nodig om, na het graven van de nevengeul, de dijkkring ten zuiden van Lomm (dijkkring 68) weer te sluiten.

1.2 Analyse

Het stabiliteitsonderzoek is uitgevoerd op basis van twee, door DCM Exploitatie Lomm BV, aangeleverde profielen. Voor de twee profielen is de Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts beoordeeld en is een controle op voorkomen van Piping uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd conform de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel 1- Bovenrivierengebied [1] en het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [2] en het Addendum TRWG [6]. De Piping controle is ook voor een geprojecteerde duiker uitgevoerd.

1.3 Locatie

De te onderzoeken locatie is gelegen in de provincie Limburg, circa 6 km ten noorden van Venlo aan de oostoever van de Maas. In figuur 1.1 is een locatiekaart weergegeven.



Figuur 1.1 Locatiekaart Nevengeul Lomm (bron: Google earth pro)

1.4 Leeswijzer

De randvoorwaarden en uitgangspunten treft u aan in hoofdstuk 2. De geotechnische beoordelingen en de berekeningen zijn opgenomen in hoofdstuk 3. Tot slot zijn in hoofdstuk 4 de conclusies opgesomd.

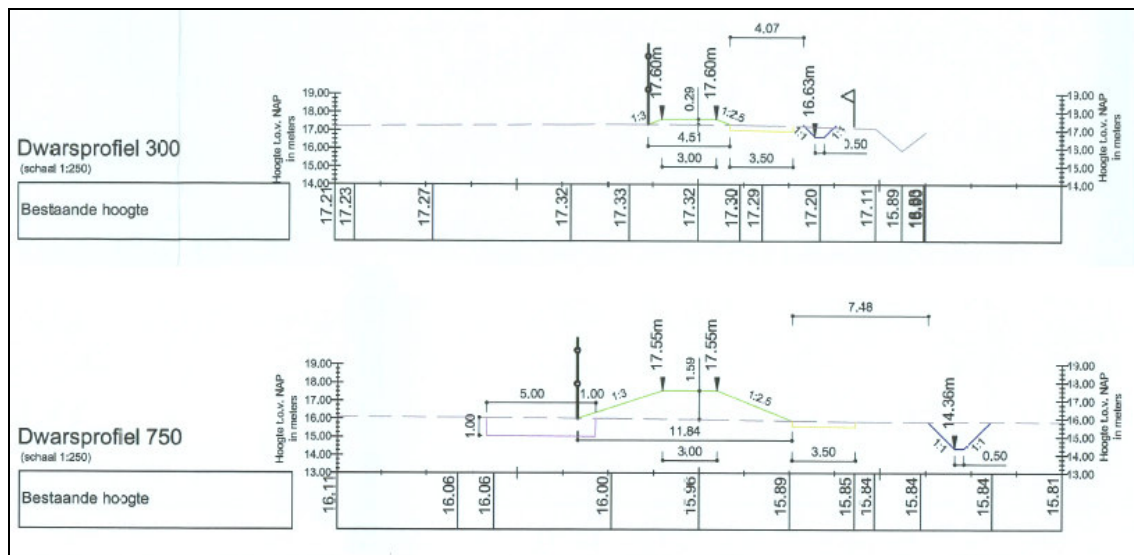
2 Uitgangspunten en Randvoorwaarden

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn alle randvoorwaarden en uitgangspunten opgenomen waarop het onderzoek is gebaseerd.

2.2 Dwarsprofiel

Het onderzoek is uitgevoerd op basis van twee, door DCM aangeleverde, dwarsprofielen. De dwarsprofielen zijn weergegeven in figuur 2.1 en in bijlage 1. Dwarsprofiel 300 en 750 zijn in dit onderzoek op verzoek van het waterschap beoordeeld. Het buitentalud is in de dwarsprofielen geprojecteerd onder een helling van 1:3 en het binnentalud onder 1:2,5.



Figuur 2.1 Dwarsprofielen 300 en 750

2.3 Grondopbouw

De grondopbouw is geschematiseerd op basis van grondonderzoek dat door de opdrachtgever is aangeleverd. Het grondonderzoek is uitgevoerd door Meet BV in 2010. De resultaten van het grondonderzoek zijn opgenomen in bijlage 2. Het onderzoek van de firma Meet geeft inzicht in de eerste 30 cm tot 150 cm minus maaiveld. Voor de diepere grondlagen is gebruikgemaakt van de bodemschematisatie uit het rapport Hoogwatergeul Lomm van Royal Haskoning [4]. In tabel 2.1 en in tabel 2.2 is respectievelijk de grondopbouw van dwarsprofiel 300 en 750 weer-gegeven.

Tabel 2.1 Grondopbouw dwarsprofiel 300

Grondsoort	Binnentalud B25 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]	Buitentalud B26 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]
Klei zwak zandig (dek- laag)	17,30 / 15,80	1,50	17,33 / 16,23	1,10
Zand, schoon, matig vast	15,80 / 7,00	8,80	16,23 / 7,00	9,23
Zand, schoon, vast	10,00 / -5,00	15,00	7,00 / -5,00	12,00

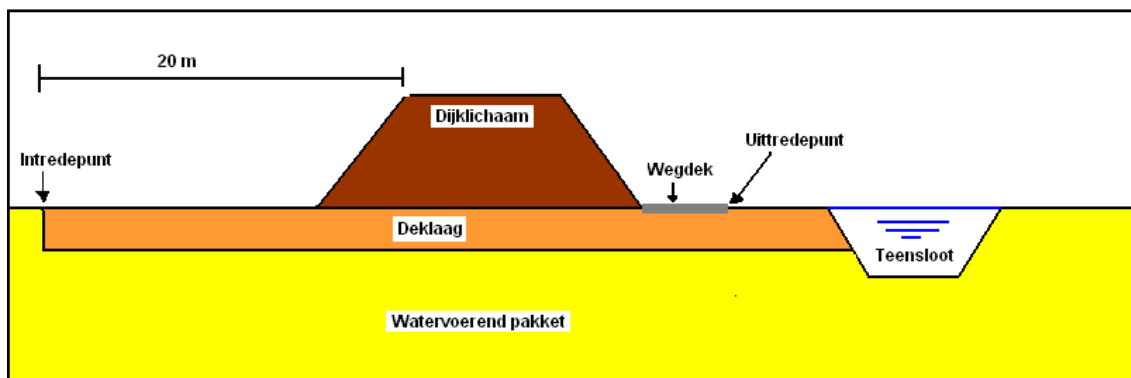
Grondsoort	Binnentalud B25 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]	Buitentalud B26 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]
Venlo Klei	-5,00 / -10,00	5,00	-5,00 / -10,00	5,00

Tabel 2.2 Grondopbouw dwarsprofiel 750

Grondsoort	Binnentalud B61 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]	Buitentalud B62 [in m t.o.v. NAP]	Laag dikte [in m]
Klei zwak zandig (deklaag)	15,89 / 15,49	0,40	16,06 / 15,51	0,55
Zand, schoon, matig vast	15,49 / 7,00	8,49	15,51 / 7,00	8,51
Zand, schoon, vast	10,00 / -5,00	15,00	7,00 / -5,00	12,00
Venlo Klei	-5,00 / -10,00	5,00	-5,00 / -10,00	5,00

2.3.1 Intredepunt en uittredepunt

Op basis van het door Meet BV uitgevoerde grondonderzoek is in de schematisatie de deklaag tot 20 m richting de Maas doorgetrokken, tot de insteek van de door de deklaag snijdende nevengeul in de eindsituatie. Tijdens de zandwinning is tijdelijk een situatie aanwezig waarin die afstand 10 m is. Aan de binnenzijde van de dijk is de deklaag tot aan de door de deklaag snijdende teensloot geschematiseerd. In figuur 2.2 is het intrrede- en uittredepunt van het water naar / uit de ondergrond weergegeven. Indien opbarsten van de dunne deklaag achter de kade op zou treden verschuift het uittredepunt naar de rand van de binnendijkse weg.

**Figuur 2.2** Intrede- en uittredepunt

2.4 Grondparameters

De representatieve grondparameters zijn deels overgenomen uit de rapportage Hoogwatergeul Lomm [4] en voor de deklaag van klei en het kleiige kademateriaal overgenomen van de door Maaswerken aangehouden parameters. Deze laatste parameters accepteert het waterschap Peel en Maasvallei en de resultaten zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Representatieve grondparameters

Omschrijving	Volumiek gewicht		Sterkte-eigenschappen	
	Droog [kN/m ³]	Verzadigd [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Klei zwak zandig (deklaag)	18,5	18,5	27,0	3,0
Zand, schoon, matig vast	18,0	20,0	32,5	-
Zand, schoon, vast	19,0	21,0	35,0	-
Venlo Klei (klei schoon vast)	19,0	19,0	25,0	5,0
Kademateriaal	18,5	18,5	27,0	3,0

Conform tabel 5.3.1 van het Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies [6] zijn de aan te houden materiaalfactoren weergegeven in tabel 2.4. Alleen voor de Venlo klei zijn de parameters conform NEN 6740 [5] afgeleid en is voor de cohesie de materiaalfactor van 1,5 uit die norm aangehouden.

Tabel 2.4 **Materiaalfactoren**

Materiaal	Parameter	Materiaalfactor
Klei	Volumieke massa (γ)	1,00
Zand	„	1,00
Klei	Tangens hoek inwendige wrijving ($\text{tg } \phi'$)	1,20
Zand	„	1,20
Klei	Cohesie (c)	1,25
Zand	„	n.v.t.

De afgeleide rekenwaarden van de grondparameters zijn opgenomen in tabel 2.5.

Tabel 2.5 **Rekenwaarden grondparameters**

Omschrijving	Volumiek gewicht		Sterkte-eigenschappen	
	Droog [kN/m ³]	Verzadigd [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Klei zwak zandig (deklaag)	18,5	18,5	23,0	2,4
Zand, schoon, matig vast	18,0	20,0	28,0	-
Zand, schoon, vast	19,0	21,0	30,3	-
Venlo Klei (klei schoon vast)	19,0	19,0	21,2	3,3
Kademateriaal	18,5	18,5	23,0	2,4

2.4.1 *Korrelgrootte en piping*

Op basis van het beperkte grondonderzoek werd voor de beschouwingen met betrekking tot pipinggevaar in het rapport Hoogwatergeul Lomm [4] uitgegaan van $C_{creep}=18$ (geldig voor fijn zand).

Op basis van extra onderzoek en 11 bepaalde zeefkrommen op materiaal uit de zandondergrond is in het briefrapport Advies dimensionering kwelscherm Hoogwatergeul Lomm van bureau LBP/Sight [8] afgeleid, dat een $C_{creep}=12$ (geldig voor grof zand) mag worden aangehouden voor het zand met een gemiddelde korrelafmeting van 365 μm .

Omdat de gemiddelde korrelafmeting slechts weinig ligt boven de grens tussen de waarde voor matig grof en uiterst grof zand (300 μm) uit het Technisch rapport Zandmeevoerende wellen [9], is conform dat rapport tussen de klassemiddens geïnterpoleerd. Daarbij kan voor een karakteristieke korrelafmeting van 345 μm (5% onderschrijdingskans) een $C_{creep}=14,8$ worden bepaald.

Deze berekening is in bijlage 3 bijgevoegd en de laatstgenoemde C_{creep} -waarde is verder aangehouden. Dit sluit ook beter aan bij de te verwachten ontwikkelingen in de controle op piping, waarbij grotere benodigde kwelweglengten zullen worden aangehouden.

2.5 **Hydraulische randvoorwaarden**

2.5.1 *Ontwerpwaterstand*

De ontwerpwaterstand voor de profielen 300 en 750 is overgenomen uit de Hydraulische randvoorwaarden 2006 [3] en weergegeven in tabel 2.6. Volgens het addendum I bij de leidraad rivieren [7] zijn de toetspeilen tevens de ontwerpwaterstanden voor de maaskaden, omdat een robuustheidstoets daarvoor niet wordt toegepast.

Tabel 2.6 **Ontwerpwaterstanden**

Profiel	Kilometerraai Maas	Toetspeil [in m t.o.v. NAP]
300	118 (Lomm)	17,60
750	Tussen 118 - 119	17,55

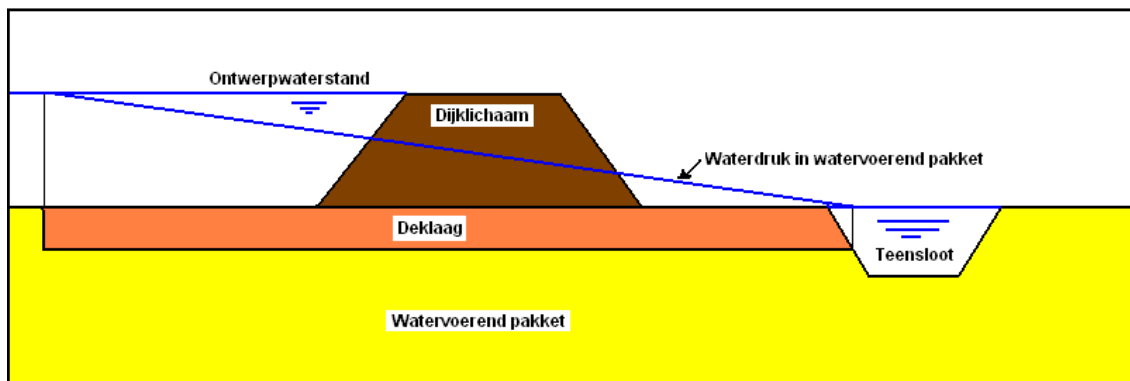
Deze waterpeilen komen overeen met de door DCM aangeleverde kruinhoogten in de dwars-profielen, die gebaseerd zijn op de in 2005 verstrekte vergunning. De kade ligt tussen km 115 en 116 langs de Maas en daarvoor gelden volgens de HR 2006 [3] een toetspeilhoogte van resp. NAP +17,9 en +17,8 m. Hoewel deze peilen iets hoger liggen, is in overleg met DCM de vergunde hoogte aangehouden.

2.5.2 *Golfbelasting*

Golfbelastingen door scheepvaart en wind zijn niet meegenomen in de berekeningen, omdat bij de maaskaden wordt gerekend met een waterstand op kruinhoogte (moment direct voor inunderen van de dijkkring).

2.5.3 *Stijghoogte*

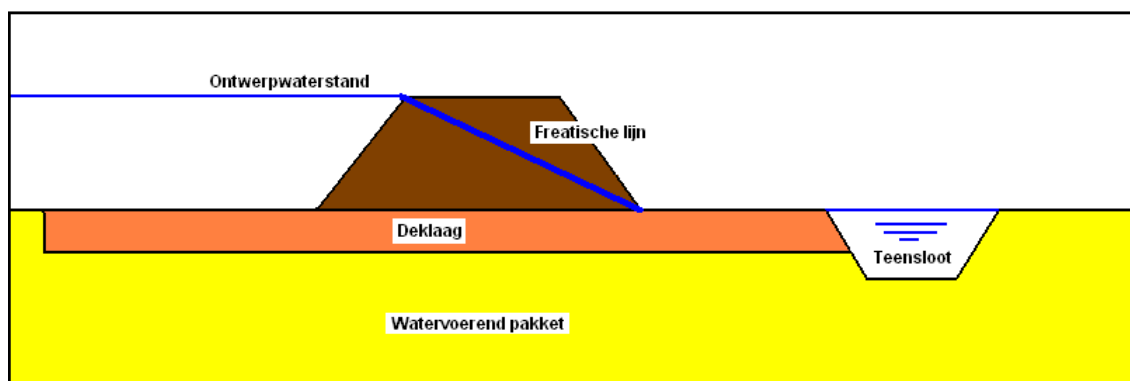
De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is geschematiseerd zoals in figuur 2.3 is aangegeven en loopt van toetspeil in het intredepunt tot slootpeil bij het uittredepunt.



Figuur 2.3 *Waterdruk in het eerste watervoerend pakket*

2.5.4 *Ligging Freatisch lijn*

Omdat het kade materiaal bestaat uit homogene grond (kleiig) is de freatische lijn lineair van de ontwerpwaterstand op het buitentalud (kruinhoogte) naar de teen van de dijk geschematiseerd. In figuur 2.4 is de schematisatie van de freatische lijn weergegeven.



Figuur 2.4 *Schematisatie freatische lijn*

2.5.5 *Peil na val*

Voor de situatie peil na val is de waterstand in het voorland gelijk getrokken met het maaiveld, dus de maximaal mogelijke val tot de buitenteen is in de stabiliteitsberekeningen aangehouden.

De freatische lijn in de dijk blijft daarbij geschematiseerd zoals in paragraaf 2.5.4 staat beschreven. Dit is bij een kade opgebouwd uit niet goed doorlatend materiaal een conservatief en veilig uitgangspunt.

2.5.6 *Waterpeil in de teensloot*

Voor het waterpeil wordt in de teensloot van een dijk op een doorlatende ondergrond onder maatgevende omstandigheden veelal uitgegaan van een waterstand tot maaiveldniveau, de maximaal mogelijke stand in het achterland van de kade. In dit geval zou dat bij profiel 750 een waterhoogte in de sloot van NAP +15,85 m betekenen en bij profiel 300 van NAP +17,20 m. Gezien het relatief grote verschil tussen deze hoogten is voor het slootpeil binnen de dijkring de laagste maaiveldhoogte in het achterland aangehouden. Dit is hydrologisch ook de te verwachten maximale waterstand binnen de dijkring. Deze laagste hoogte ligt bij profiel 750 en bedraagt NAP +15,85 m.

2.6 Bovenbelasting

Ten behoeve van de stabiliteitsberekeningen wordt op de kruin uitgegaan van een bovenbelasting van 5 kN/m² over een breedte van 2,5 m met een consolidatiepercentage van 20% en een spreidingshoek van 45°. Hierin is afgeweken van de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel 1- Bovenrivierengebied [1] omdat de weg binnendijks naast de dijk ligt. Op deze weg kan het zwaardere materieel dat nodig is voor het beheer en onderhoud rijden en op de 3 m brede kruin slechts kleiner materieel.

2.7 Rekenmethode

Conform het addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies deel a [6], is er met de volgende partiële factoren gerekend:

- Schematisatiefactor: 1,30,
- Modelfactor: 1,00,
- Schadefactor: 1,08.

De schematisatiefactor bedraagt 1,30 omdat er relatief weinig grondonderzoek is gedaan en de waterspanningen berekend zijn en niet tijdens een hoogwater gemeten met peilbuizen. Voor de berekeningen met de methode Bishop mag een modelfactor van 1,00 worden aangehouden. Voor het bovenrivierengebied is voor het binnentalud een schadefactor 1,08 gegeven in het Addendum bij het TRWG [6]. Hoewel langs de maaskaden een lagere overschrijdingsfrequentie van 1/250 wordt aangehouden, is toch de in [6] gegeven schadefactor aangehouden.

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het softwareprogramma M-Stab 9,2 waarbij voor het binnentalud de uitkomst getoetst is aan 1,4 (vermenigvuldiging van de genoemde partiële factoren). Voor het buitentalud (schadefactor 1,00) is getoetst aan 1,3.

De controle op Piping is berekend met de methode Bligh, waarbij de genoemde $C_{creep} = 14,8$ wordt toegepast.

3 Geotechnische beoordeling

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn alle geotechnische beoordelingen opgenomen, te weten controle op piping-gevaar en stabiliteit binnen- en buitenwaarts.

3.2 Opbarsten

Voor de twee dwarsprofielen is onderzocht of opbarsten voor kan komen aan de binnenteen, omdat dit invloed heeft op pipinggevaar en stabiliteit binnenwaarts. In tabel 3.1 zijn de resultaten weergegeven. Het verloop van de stijghoogte is in figuur 2.3 weergegeven. Bij profiel 750 ligt een weg op de locatie waar opbarsten / opdrijven kan worden berekend. De weg is gefundeerd en bestaat uit relatief zwaar materiaal, daarom is er een volumiek gewicht voor de deklaag in de teen van profiel 750 van 20 kN/m³ aangehouden en treedt net geen opbarsten op.

Tabel 3.1 Opbarsten /opdrijven

Profiel	Hydraulische kortsluiting	Neerwaartse druk (gewicht deklaag) [kN/m ²]	Opwaartse druk (stijghoogte) [kN/m ²]	Beoordeling: eis veiligheid n > 1,0
300	Ja	27,7	15,0	Voldoet (1,2)
750	Ja	8,0	7,8	Voldoet (1,0)

Opbarsten van de deklaag kan voor beide profielen uitgesloten worden.

3.3 Piping

3.3.1 Waterkeringen in grond

Om piping uit te kunnen sluiten moet de aanwezige kwelweglengte voldoende zijn. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het intreepunt 20 m vanuit de buitenkruinlijn ligt bij de insteek van de nevengeul. De dikte van de deklaag in de teen is bepaald op basis van het uitgevoerde grondonderzoek en wordt in dit geval voldoende dik geacht. Hoewel opbarsten niet echt optreedt in de beschouwde profielen, is de binnendijkse kwelweglengte tot de sloot niet helemaal meegenomen, omdat de dikte van de deklaag daar nogal kan variëren (zie bijlage 2, resultaten grondonderzoek). Het uittredepunt is geschematiseerd naast de weg aan de kant van de teensloot. Dit is gedaan omdat de verharding van de weg het uittreden van water zal tegengaan en de wegconstructie ter plekke opbarsten voorkomt. In figuur 2.2 zijn het intrede- en uittredepunt weergegeven. Uitgaande van de pipingregel van Bligh, zoals gegeven in het Technisch rapport Zandmeevoerende wellen [9], moet gelden:

$$L > C_{creep} (\Delta H - 0,3d)$$

Hierin is:

- L aanwezige kwelweglengte [m];
 ΔH : verschil ontwerppeil / waterstand achterland [m];
 C_{creep} creepfactor [-];
 d dikte deklaag in binnenteen [m].

De resultaten van de piping berekening zijn weergegeven in tabel 3.2. In bijlage 3 is de uitwerking van de berekening opgenomen.

Tabel 3.2 **Piping / Heave Bligh**

Dwarsprofiel	Teensloot		Beoordeling
	Aanwezige kwelweg-lengte	Benodigde kwelweg-lengte	
300	23,9 m	19,2 m	Voldoet
750	30,8 m	23,4 m	Voldoet

Piping kan voor beide profielen uitgesloten worden in de eindsituatie.

Tijdens het zand winnen is bij profiel 750 m minder kwelweg aanwezig en is ruim 11,9H aan kwelweglengte beschikbaar. Dit wordt voor een tijdelijke situatie acceptabel geacht. Omdat de deklaag in dit profiel met circa 0,5 m erg dun is, wordt aanbevolen bij de afwerking na de zand winning te zorgen voor minimaal 1 m weerstandbiedend materiaal aan de oppervlakte, zodat daaruit voldoende kwelweg kan worden gegenereerd. Voor profiel 300 is ook tijdens de winning minder kwelweg aanwezig. Maar daar ligt het maaiveld binnendijs ter plekke zoveel hoger, dat opbarsten daar ook bij dunnere deklaagdikten niet hoeft te worden gevreesd en daarmee piping nooit op kan treden.

3.3.2 Duiker Litsveldlossing

De kwelwegcontrole in verband met mogelijk pipinggevaar onder de constructie van de duiker vindt plaats conform de methode van Lane (Technisch rapport Zandmeevoerende wellen [9]). In bijlage 3 is berekend met interpolatie tussen de klassemiddens, dat voor het zand met de karakteristieke korrelafmetingen van 345 µm een criterium van $C_{w-creep} = 6,6$ voor de methode Lane kan worden aangehouden. Uitgaande van de pipingregel van Lane zoals gegeven in [9], moet gelden:

$$1/3 * L_h + L_v > C_{w-creep} * \Delta H$$

Hierin is:

L aanwezige kwelweglengte, h is horizontaal en v is verticaal, waarbij een damwand dubbel telt (tweezijdig) [m];

ΔH : verschil ontwerppeil / waterstand achterland [m];

$C_{w-creep}$ creepfactor [-].

Voor het waterpeil buiten moet een waterstand van NAP +18,15 m worden aangehouden (overschrijdingsfrequentie 1/1250 per jaar), zodat volgens het waterschap voor de constructie voldoende mogelijkheden voor aanpassingen aanwezig zijn, mochten de buitenwaterstanden hoger worden. Voor de binnen waterstand wordt de stand van NAP +15,85 m (laagste maaiveld bij profiel 750) weer aangehouden, zodat een waterstandsverschil ΔH van 2,30 m kan worden berekend.

Uit tekening DO-2740P1-01 van Grontmij/ Groenplanning van wijzigingsdatum 13 april 2011 is af te leiden dat onder de duiker tussen de uitstroombak buitendijs en binnendijs 25 m afstand aanwezig is, dit is de horizontale kwelweglengte L_h . De beste plek van een verticaal kwelweg-scherp in verband met onderloopsheid, mocht de horizontale kwelweg niet lang genoeg zijn, is onder de put midden in de waterkering. De lengte van een damwandscherp onder de put is x , zodat de verticale kwelweglengte $L_v = 2x$ wordt.

Met bovengenoemde formule kan dan worden berekend dat $2x = 6,85$ m moet zijn. Een praktische damwandlengte onder de put bedraagt daarmee afgerond 3,5 m.

In verband met achterloopsheid moet de damwand ook aan weerszijden van de koker worden doorgezet. Deze afstand kan worden berekend met de methode Bligh (paragraaf 3.3.1), waarbij voor 0,3d nul meter wordt aangehouden (uitstroom steekt tot onder deklaag).

De formule is dan $L_h = 25,0 \text{ m} \geq C_{\text{creep}} * \Delta H = 14,8 * 2,3 = 34,0 \text{ m}$. Het tekort bedraagt 9 m, dat voor een danwandscherm dubbel mag worden meegenomen. Het scherm moet dus 4,5 m aan weerszijden van de koker uitsteken.

3.4 Macrostabiliteit

3.4.1 Ontwerppeil

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen onder hoogwater omstandigheden zijn opgenomen in tabel 3.3. In bijlage 4 treft u een uitdraai van de berekeningen aan.

Tabel 3.3 Resultaten stabiliteitsberekening ontwerpwaterstand

Profiel	Stabiliteit binnenwaarts	Vereiste veiligheid	Oordeel
300	2,12	1,40	Voldoet
750	1,26	1,40	Onvoldoende

Profiel 300 is nog berekend met lagere sterkteparameters voor de klei van de deklaag en in de kade ($\phi = 22,5^\circ$ en $c = 2 \text{ kN/m}^2$, zoals in [4] was aangehouden). Omdat de parameters van de Maaswerken aanzienlijk hoger zijn en zelfs bij de lage waarden al hoge stabiliteitsfactoren worden berekend, is voor profiel 300 van een herberekening afgezien.

3.4.2 Peil na val

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen voor de situatie peil na val tot de buitenteen zijn weergegeven in tabel 3.4. In bijlage 5 treft u een uitdraai van de berekeningen aan.

Tabel 3.4 Resultaten stabiliteitsberekening peil na val

Profiel	Stabiliteit buitenwaarts	Vereiste veiligheid	Oordeel
300	2,05	1,30	Voldoet
750	1,45	1,30	Voldoet

Profiel 300 is nog berekend met lagere sterkteparameters voor de klei van de deklaag en in de kade ($\phi = 22,5^\circ$ en $c = 2 \text{ kN/m}^2$, zoals in [4] was aangehouden). Omdat de parameters van de Maaswerken aanzienlijk hoger zijn en zelfs bij de lage waarden al hoge stabiliteitsfactoren worden berekend, is voor profiel 300 van een herberekening afgezien.

3.5 Aanpassing

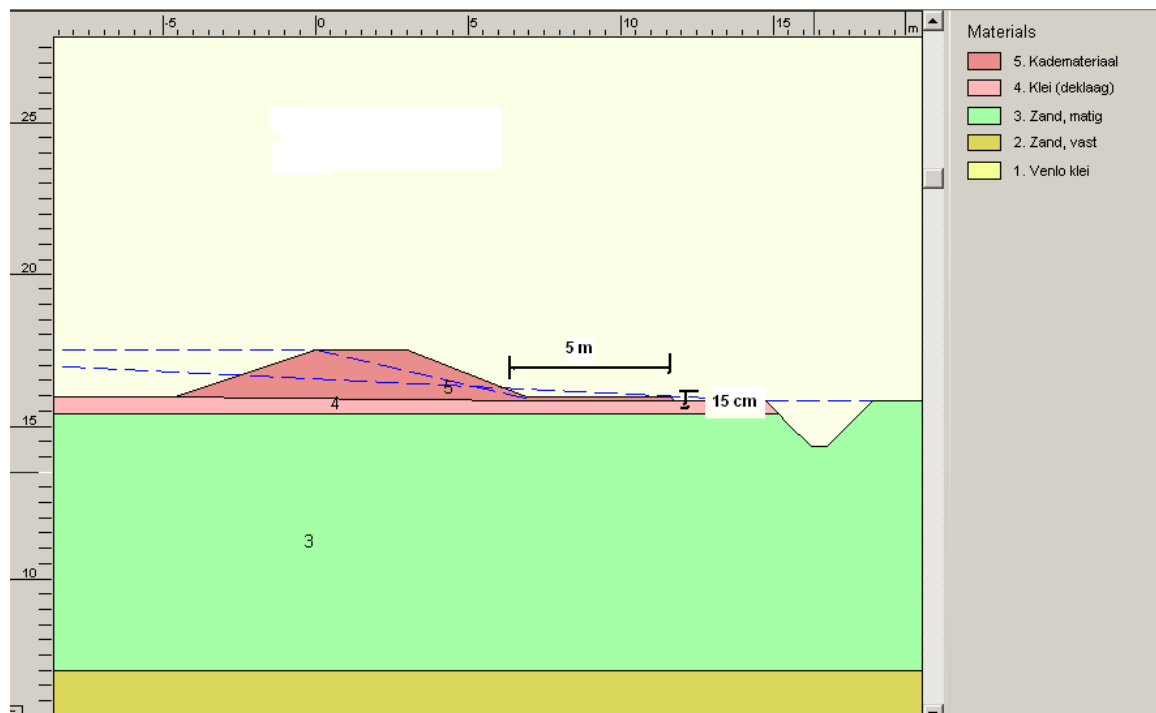
De stabiliteitsberekeningen in paragraaf 3.4 laten zien dat het binnentalud van dwarsprofiel 750 onvoldoende stabiel zijn. In deze paragraaf is onderzocht wat er aan de kade aangepast kan worden om voldoende stabiliteit te creëren.

Om meer stabiliteit te creëren voor het binnentalud is er gerekend met een binnenberm van 5,00 m breed, zodat daar de geprojecteerde weg op kan worden aangelegd om een te groot ruimtebeslag te voorkomen. Een bermhoogte van 0,15 m blijkt dan te volstaan, dit kan in het wegcunet eenvoudig worden verwerkt. De resultaten van de berekening met de aangepaste schematisatie zijn weergegeven in tabel 3.2. De resultaten van de M-Stab berekeningen zijn opgenomen in bijlage 6.

Tabel 3.2 Resultaten stabiliteitsberekeningen met binnentalud van 1 op 3 en buitenberm

Situatie	Stabiliteit	Vereiste veiligheid	Oordeel
Ontwerp waterstand	1,41	1,40	Voldoet
Stabiliteit binnenwaarts			

In figuur 3.1 zijn de aanbevolen aanpassingen aan de waterkering aangegeven.



Figuur 3.1 Aanbevolen aanpassingen aan kade

4 Conclusies

In opdracht van DCM Exploitatie Lomm BV, zijn er twee dwarsprofielen beoordeeld op macro stabiliteit binnen- en buitenwaarts en piping conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [2]. Ook een geprojecteerde koker van een duiker is op piping gecontroleerd.

Uit de resultaten van de berekeningen kan geconcludeerd worden dat dwarsprofiel 300 ruim voldoende stabiel is en dat piping altijd kan worden uitgesloten.

Piping kan ook voor profiel 750 worden uitgesloten, waarbij aanbevolen wordt in de afwerking buitendijks voldoende weerstandbiedend materiaal (1 m dikte onder de bovengrond) aan te brengen. Dwarsprofiel 750 voldoet volgens de gemaakte berekeningen niet aan de gestelde eisen voor macrostabiliteit binnenwaarts en wel aan de eisen buitenwaarts.

Voor dwarsprofiel 750 zijn aanpassingsmaatregelen ontworpen om het profiel aan de gestelde eisen te laten voldoen. De aanpassing bestaat uit het aanbrengen van een binnenberm van 5,00 m breed en slechts 0,15 m hoog, zodat hierop de geprojecteerde binnendijkse weg kan worden aangelegd.

De duiker van de Litsveldlossing moet onder de put in de waterkering worden voorzien van een damwandscherm in verband met onderloopsheid van 3,5 m lengte. Dit scherm moet in verband met achterloopsheid aan weersijden van de koker worden doorgezet tot 4,5 m uit de koker.

5 Literatuurlijst

- [1] Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel 1- Bovenriviereengebied, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), september 1985
- [2] Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TRWG), geotechnische aspecten van dijken, dammen en boezemkaden, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), juni 2001, Den Haag
- [3] Hydraulische Randvoorwaarden, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006
- [4] Hoogwatergeul Lomm, stabiliteits- en kwelonderzoek, Royal Haskoning, 25 februari 2005
- [5] NEN 6740, TGB1990, Basiseisen en belastingen, Geotechniek, Nederlands Normalisatie Instituut, 2^e druk, september 2006, Delft
- [6] Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007
- [7] Addendum I bij de leidraad rivieren, Expertise Netwerk Waterkeringen, 2009
- [8] Advies dimensionering kwelscherm Hoogwatergeul Lomm, LBP/Sight, 18 maart 2011
- [9] Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen, TAW, maart 1999

Bijlage 1

Situatie en dwarsprofielen

Bijlage 2

Grondonderzoek

①

Datum: november 2010
Opdrachtgever: DCM Exploitatie Lomm B.V.
Locatie: Lomm
Rapportage: 2010-001
Betreft: **handboringen Hoogwatergeul Lomm**

vraag

Op verzoek van DCM Exploitatie Lomm B.V. is aan Meet bv verzocht met de hand boringen te verrichten. Deze boringen zijn gepositioneerd op de toekomstige locatie van een aan te leggen kade. Het doel is te bepalen hoe dik het pakket klei is dat op deze locatie aanwezig is. Hiermee kan worden beoordeeld of er voldoende klei aanwezig is voor de aanleg van een kade langs de nieuw aan te leggen hoogwatergeul.

uitgangspunten

Van de opdrachtgever is een lijst met coördinaten ontvangen waarmee is aangegeven waar de boringen geplaatst moeten worden. Op basis van het ontwerp van DO-2740C14-01 A2 2010-10-20.pdf van Groenplanning, zie bijlage.

Metingen

27 oktober 2010 uitzetten boorpunten, handboringen
28 oktober 2010 uitzetten boorpunten, handboringen

Tekeningen

DO-2740C14-01 A2 2010-10-20.pdf Groenplanning.

werkwijze

Met behulp van GPS zijn de boorpunten, zoals die zijn ontvangen, uitgezet. Vervolgens is met behulp van guts en edelmanboor per punt een boring verricht.

Per boring is bepaald de dikte van het kleipakket in cm.

Na de kleilaag is doorgeboord in de onderliggende zandlaag. Deze is niet doorgeboord tot einde zandpakket, maar tot "stuit".

De cijfers van het zandpakket in de bijlage is dus niet de onderkant van het zandpakket.

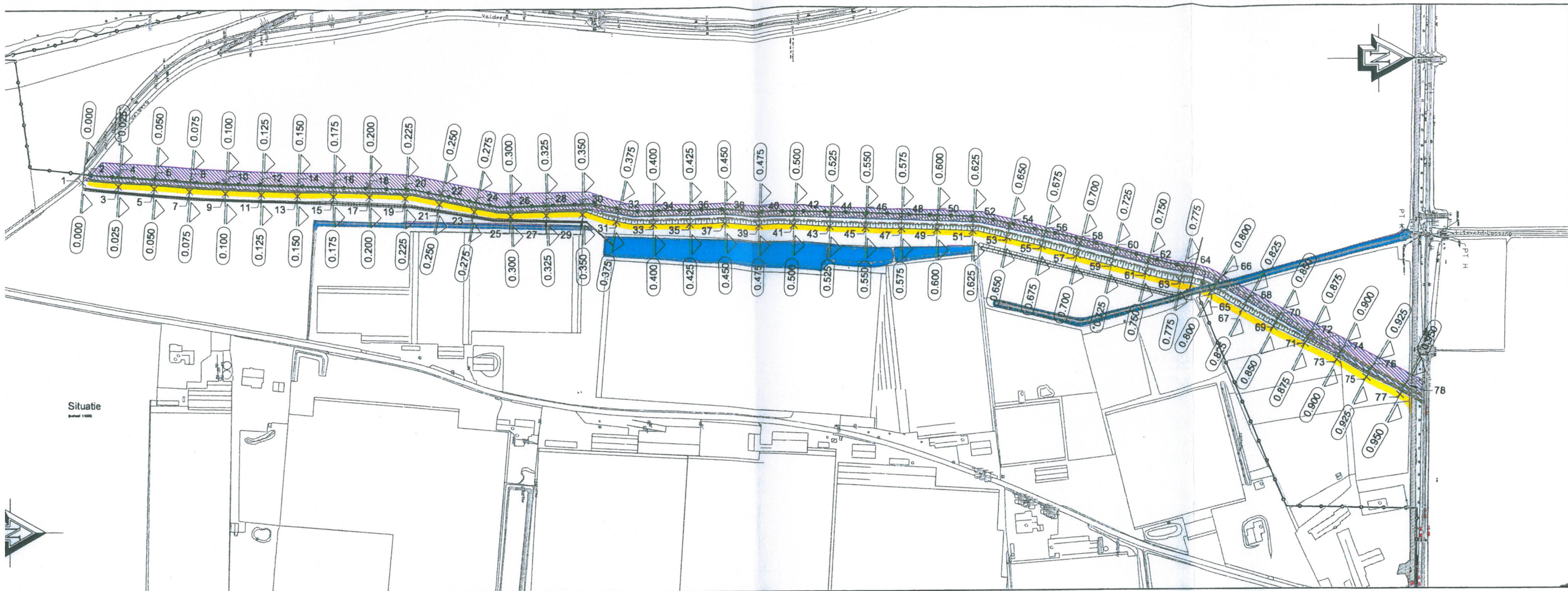
De boorgegevens zijn verwerkt in een tabel. Per boorpunt vermeld met boornummer, mv op hoogte 0, kleilaag (1^e laag) in cm, zand (voor zover doorgeboord) in cm, positie x-coördinaat in RD, positie y-coördinaat in RD.

resultaat

Uit bijgaande tabel (zie bijlage) blijkt dat het kleipakket op basis van 78 boringen varieert tussen 30cm en 150cm minus maaiveld. Gemiddeld is het kleipakket 80 cm dik.

Bijlagen:

- DO-2740C14-01 A2 2010-10-20.pdf Groenplanning.
- 1489rapp001e.xlsx



Coördinatentabel		
	X	Y
1	208740,22	382377,02
2	208733,25	382382,67
3	208743,22	382401,94
4	208735,24	382402,46
5	208744,91	382426,83
6	208736,94	382427,46
7	208746,89	382451,75
8	208738,91	382452,38
9	208748,23	382476,85
10	208740,24	382477,20
11	208749,33	382501,83
12	208741,34	382502,18
13	208750,25	382526,84
14	208742,26	382527,13
15	208750,90	382551,90
16	208742,90	382552,05
17	208751,39	382576,89
18	208743,40	382577,05

Coördinatentabel		
Nr	X	Y
21	208756,57	382625,72
22	208748,73	382627,34
23	208761,64	382650,20
24	208753,81	382651,82
25	208764,67	382675,81
26	208756,67	382675,60
27	208763,99	382700,80
28	208757,06	382700,62
29	208763,46	382725,73
30	208755,46	382725,64
31	208768,69	382749,12
32	208760,86	382750,77
33	208770,98	382774,72
34	208762,98	382774,71
35	208770,93	382799,72
36	208762,93	382799,71
37	208770,61	382824,75
38	208762,60	382824,68

Coördinatentabel		
Nr	X	Y
41	208772,12	382874,50
42	208764,13	382874,87
43	208773,31	382899,47
44	208765,32	382899,85
45	208774,00	382924,54
46	208766,00	382924,75
47	208774,65	382949,53
48	208766,66	382949,74
49	208775,62	382974,46
50	208767,63	382974,78
51	208776,62	382999,44
52	208768,62	382999,76
53	208781,43	383023,17
54	208773,64	383024,96
55	208787,02	383047,54
56	208779,22	383049,33
57	208793,30	383071,60
58	208785,57	383073,64

Coördinatentabel		
Nr	X	Y
61	208805,65	383120,11
62	208797,89	383122,03
63	208811,65	383144,39
64	208803,88	383146,30
65	208818,80	383167,00
66	208811,88	383171,00
67	208831,28	383188,70
68	208824,31	383192,63
69	208843,57	383210,47
70	208836,60	383214,41
71	208855,26	383232,73
72	208848,16	383236,41
73	208866,73	383254,83
74	208859,73	383258,69
75	208878,81	383276,71
76	208871,81	383280,58
77	208890,97	383298,65
78	208883,88	383302,37

		datum van aanmaak (1e versie)
Wijziging	Datum	Omschrijving

Project Hoogwatergeul Lomm - Gemeente Arcen en Velden
Opdrachtgever D.C.M. Exploitatie Lomm bv
Onderdeel Verlegging kade en Litsveldlossing conform vergunning
Voorstel locaties handboringen

CONCEPT

Projectnr 2740 Tekeningnr. DO-2740C14-01 Datum 30-09-2010 Schaal Diverse Getekend EVA Projectleider RvA

boornummer	mv	cm 1e laag (klei)	cm doorgeboord in zandpakket	x-coördinaat	y-coördinaat
1	0	100	150	208.740	382.377
2	0	100	145	208.733	382.383
3	0	100	150	208.743	382.402
4	0	100	140	208.735	382.402
5	0	90	145	208.745	382.427
6	0	80	125	208.737	382.427
7	0	65	110	208.747	382.452
8	0	70	120	208.739	382.452
9	0	50	90	208.748	382.477
10	0	50	90	208.740	382.477
11	0	40	90	208.749	382.502
12	0	40	90	208.741	382.502
13	0	60	100	208.750	382.527
14	0	50	95	208.742	382.527
15	0	50	100	208.751	382.552
16	0	40	80	208.743	382.552
17	0	50	90	208.751	382.577
18	0	75	120	208.743	382.577
19	0	85	120	208.752	382.602
20	0	75	110	208.744	382.602
21	0	140	175	208.757	382.626
22	0	100	135	208.749	382.627
23	0	150	180	208.762	382.650
24	0	130	160	208.754	382.652
25	0	150	180	208.765	382.676
26	0	110	150	208.757	382.676
27	0	120	150	208.764	382.701
28	0	100	140	208.757	382.701
29	0	90	140	208.763	382.726
30	0	150	180	208.755	382.726
31	0	90	120	208.769	382.749
32	0	80	110	208.761	382.751
33	0	80	110	208.771	382.775
34	0	70	100	208.763	382.775
35	0	150	180	208.771	382.800
36	0	120	160	208.763	382.800
37	0	90	120	208.771	382.825
38	0	80	110	208.763	382.825
39	0	80	110	208.771	382.850
40	0	85	135	208.763	382.850
41	0	105	135	208.772	382.874
42	0	105	145	208.764	382.875
43	0	80	110	208.773	382.899
44	0	75	100	208.765	382.900
45	0	100	130	208.774	382.925
46	0	80	125	208.766	382.925
47	0	120	150	208.775	382.950
48	0	80	140	208.767	382.950
49	0	110	150	208.776	382.974

300 { 25 0 bi.
26 0 bii.

50	0	70	120	208.768	382.975
51	0	80	110	208.777	382.999
52	0	75	125	208.769	383.000
53	0	60	90	208.781	383.023
54	0	80	110	208.774	383.025
55	0	90	120	208.787	383.048
56	0	80	140	208.779	383.049
57	0	100	140	208.793	383.072
58	0	65	120	208.786	383.074
59	0	70	130	208.800	383.096
60	0	65	95	208.792	383.098
61	0	40	70	208.806	383.120
62	0	55	90	208.798	383.122
63	0	40	70	208.812	383.144
64	0	40	70	208.804	383.146
65	0	110	150	208.819	383.167
66	0	75	110	208.812	383.171
67	0	60	90	208.831	383.189
68	0	55	75	208.824	383.193
69	0	75	110	208.844	383.210
70	0	30	65	208.837	383.214
71	0	70	110	208.855	383.233
72	0	60	100	208.848	383.236
73	0	50	100	208.867	383.255
74	0	50	100	208.860	383.259
75	0	40	100	208.879	383.277
76	0	40	95	208.872	383.281
77	0	65	100	208.891	383.299
78	0	60	100	208.884	383.302

750 f
 61 0 bi.
 62 0 bui.

Bijlage 3

Piping berekeningen

Tabel: *Bepaling gemiddelde en karakteristieke D50*

Project	Kade Lomm	P.n.:	308928	
aantal proeven	11			
nummer	boring + monster	diepte (m -mv)	D50 (mu)	log D50 (-)
1	63 *	0	379	-3,42
2	70 *	0	353	-3,45
3	78 *	0	368	-3,43
4	3 *	0	327	-3,49
5	10 *	0	361	-3,44
6	18 *	0	331	-3,48
7	25 *	0	350	-3,46
8	33 *	0	352	-3,45
9	40 *	0	344	-3,46
10	48 *	0	462	-3,34
11	55 *	0	387	-3,41
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
sigma				-37,84
Lane:				
t-factor 0.05	1,812	criterium:	6,6 *H	
D50 kar	345 mu	criterium:	6,5 *H	
D50 gem	363 mu			
Bligh:				
		criterium:	14,8 *H	
		criterium:	14,6 *H	
criterium bepaald bij logaritmische schaal van de korrel- verdeling d.m.v. lineaire interpolatie				

* = lab bepaling

Hoogwatergeul Lomm

Piping Bligh

Dwarsprofiel	max stijghoogte is gelijk aan toetspeil	slootpeil/freatisch peil is gelijk aan streefpeil (winter)	verschil peil boezem/teen delta H	dikte deklaag in teen d	C_{creep}	kwelweglengte L	$(\Delta H - 0,3d) * C_{creep}$	Voldoet aan Bligh? $L > C_{creep} * (\Delta H - 0,3d)$
	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m]	[m]		[m]		
300	17,60	15,85	1,75	1,50	14,80	23,9	19,24	Voldoet
750	17,55	15,85	1,70	0,40	14,80	30,8	23,38	Voldoet

Hoogwatergeul Lomm

Onderdeel: Eenvoudige toets op Piping / Heave door middel van rekenregel van Bligh in situatie droogte
Stap 5.1 van de toetsing

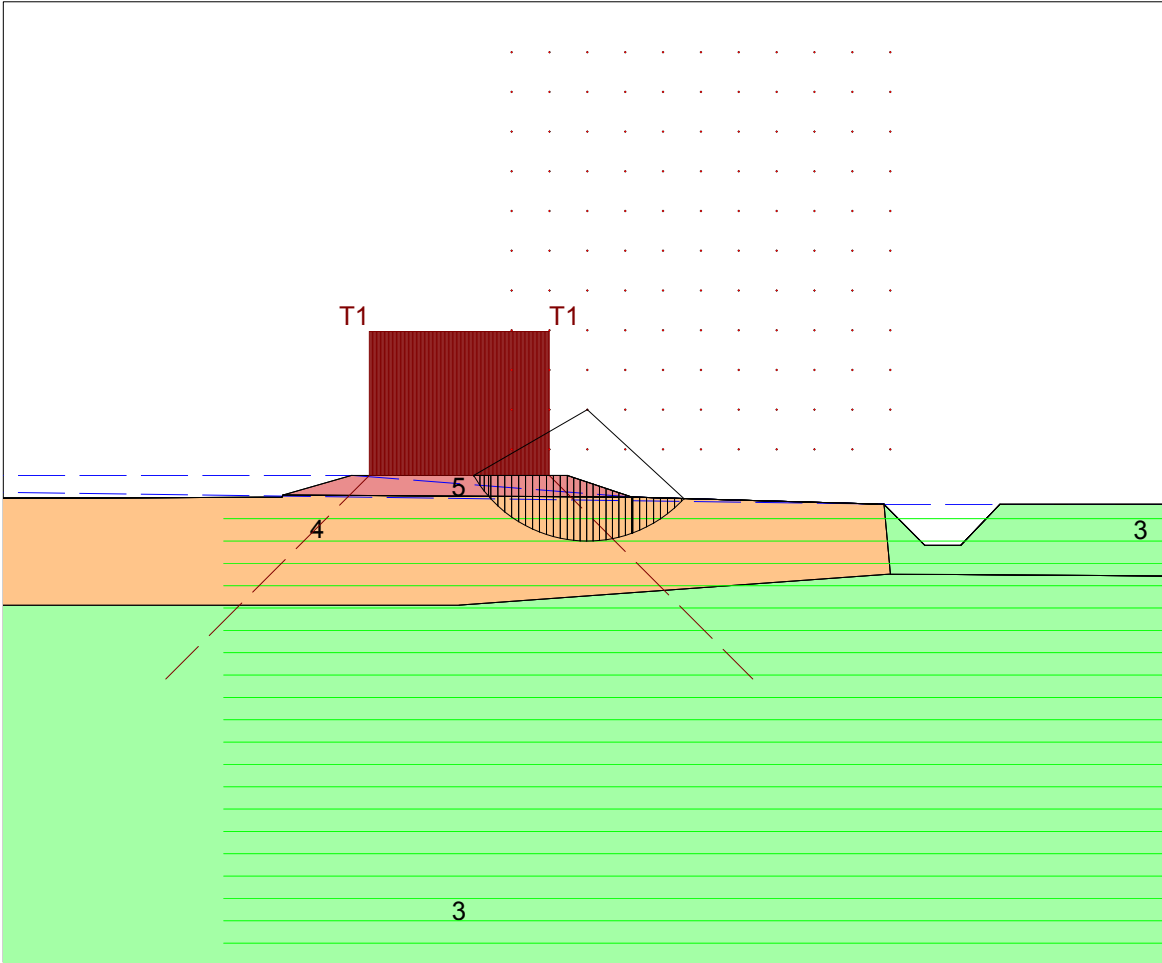
Kadevak	Dwarsprofiel	max stijghoogte is gelijk aan HBP	slootpeil/freatisch peil is gelijk aan zomerpeil	verschil peil boezem/teen delta H	dikte deklaag in teen d	C _{creep}	kwelweglengte L	(deltaH-0,3d)*C _{creep}	Voldoet aan Bligh? L > C _{creep} *(dH-0,3d)
		[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m]	[m]		[m]		
01d	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	1,81	15,00	24,6	45,11	Voldoet niet
01e	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	1,81	15,00	135,0	45,11	Voldoet
01e	binnenteen	-2,15	-5,70	3,55	4,35	15,00	90,0	33,68	Voldoet
01f	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	1,12	15,00	28,0	48,21	Voldoet niet
01g-l	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	1,12	15,00	35,0	48,21	Voldoet niet
03c	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	4,06	15,00	31,5	34,98	Voldoet niet
04a+b deel I	binnenteen	-2,12	-3,21	1,09	6,37	15,00	3,2	-12,32	Voldoet
04a+b deel I	teensloot	-2,12	-4,25	2,13	5,75	15,00	47,0	6,08	Voldoet
04a+b deel II	teensloot *1	-2,12	-5,70	3,58	2,72	15,00	73,0	41,46	Voldoet
04c	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	3,88	15,00	42,9	36,24	Voldoet
04c	binnenteen	-2,12	-5,70	3,58	5,96	15,00	25,7	26,88	Voldoet niet
04d	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	3,65	15,00	42,5	37,28	Voldoet
04d	binnenteen	-2,12	-5,70	3,58	5,14	15,00	34,1	30,57	Voldoet
05a	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	3,56	15,00	43,5	37,68	Voldoet
05a	binnenteen	-2,12	-5,70	3,58	5,02	15,00	33,7	31,11	Voldoet
05b+c	teensloot *1	-2,12	-5,70	3,58	3,60	15,00	38,0	37,50	Voldoet
05d	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	2,37	15,00	40,3	43,04	Voldoet niet
06a	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	0,68	15,00	38,9	50,64	Voldoet niet
06b+c	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	1,49	15,00	38,0	47,00	Voldoet niet
07	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	2,47	15,00	39,5	42,59	Voldoet niet
08	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	1,59	15,00	47,0	46,55	Voldoet
08	binnenteen	-2,12	-5,70	3,58	3,09	15,00	35,0	39,80	Voldoet niet
09a	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	1,17	15,00	37,0	48,44	Voldoet niet
09c	teensloot	-2,12	-5,70	3,58	3,83	15,00	80,0	36,47	Voldoet
09c	binnenteen	-2,12	-5,70	3,58	4,74	15,00	43,2	32,37	Voldoet
09d	teensloot	-2,32	-5,70	3,38	3,83	15,00	62,0	33,47	Voldoet
09d	binnenteen	-2,32	-5,70	3,38	5,88	15,00	29,9	24,24	Voldoet
09e	teensloot	-2,32	-5,70	3,38	3,83	15,00	66,0	33,47	Voldoet
09e	binnenteen	-2,32	-5,70	3,38	5,09	15,00	54,0	27,80	Voldoet
10	teensloot	-2,15	-5,70	3,55	5,00	15,00	32,0	30,75	Voldoet
10	binnenteen	-2,15	-5,70	3,55	6,90	15,00	22,5	22,20	Voldoet

*1 teensloot direct in binnenberm dus hier geen toets ter plaatse van de binnenteen

Bijlage 4

Stabiliteitsberekeningen hoogwater

Critical Circle Bishop



Materials

-  5. Kademateriaal
-  4. Klei (deklaag)
-  3. Zand, matig
-  2. Zand, vast
-  1. Venlo klei

Xm : 3,28 [m]
Ym : 18,52 [m]

Radius : 1,83 [m]
Safety : 2,12

Grontmij NV

Phone
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DWP 300.st

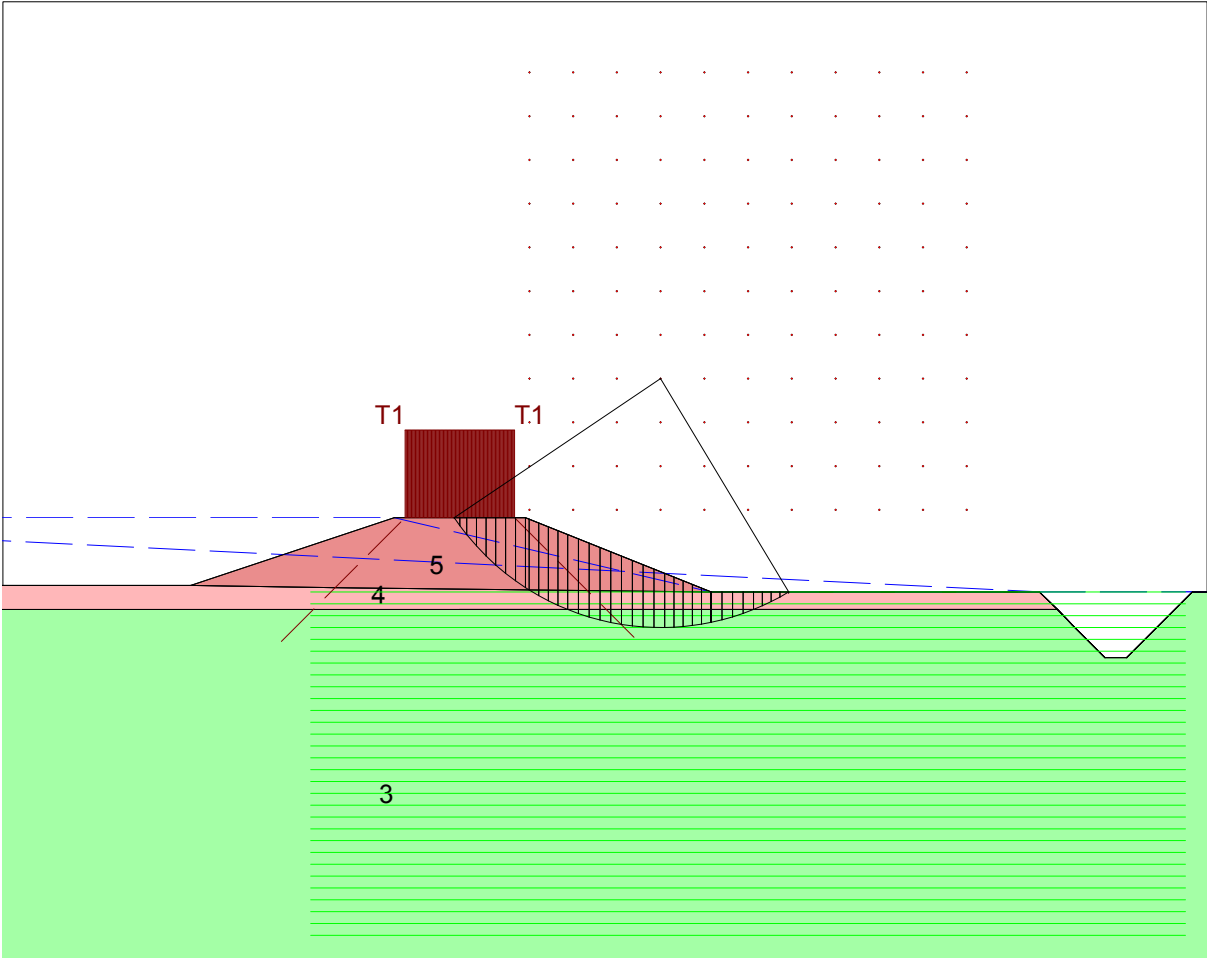
drw.
KKC

DWP 300 STBI
ontwerpwaterstand

Annex

A4

Critical Circle Bishop



Xm : 6,09 [m]
Ym : 20,73 [m]

Radius : 5,69 [m]
Safety : 1,26

Materials

-  5. Kademateriaal
-  4. Klei (deklaag)
-  3. Zand, matig
-  2. Zand, vast
-  1. Venlo klei

Grontmij NV

Phone
Fax

D-Geo Stability 10.1 : DWP 750 STBI Ontwerpwaterstand.sti

date
17-5-2011

drw.
KKC

DWP 750 STBI

Ontwerpwaterstand

date	01
------	----

drw.
KKC

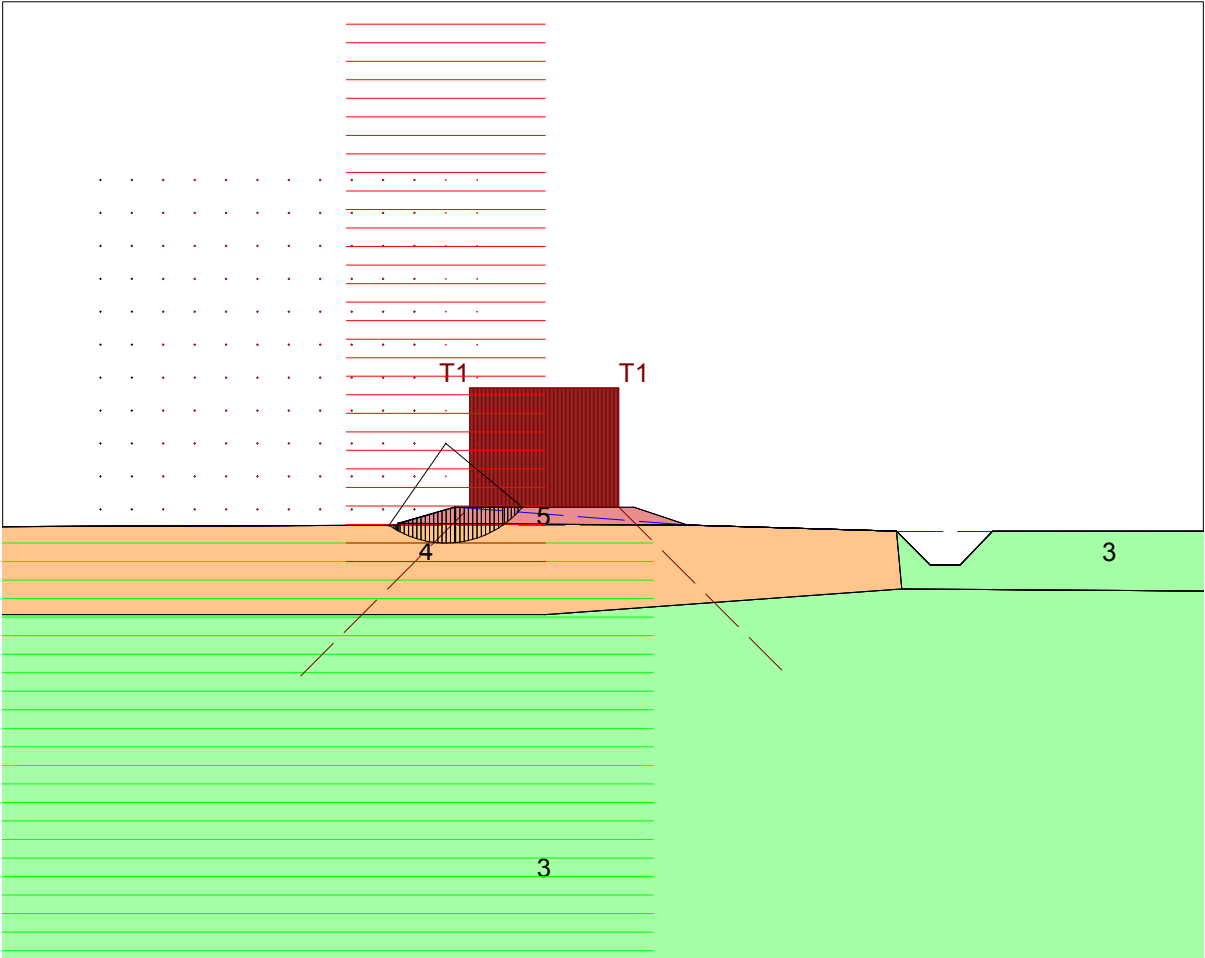
Annex

A4

Bijlage 5

Stabiliteitsberekeningen na val buitenwater

Critical Circle Bishop



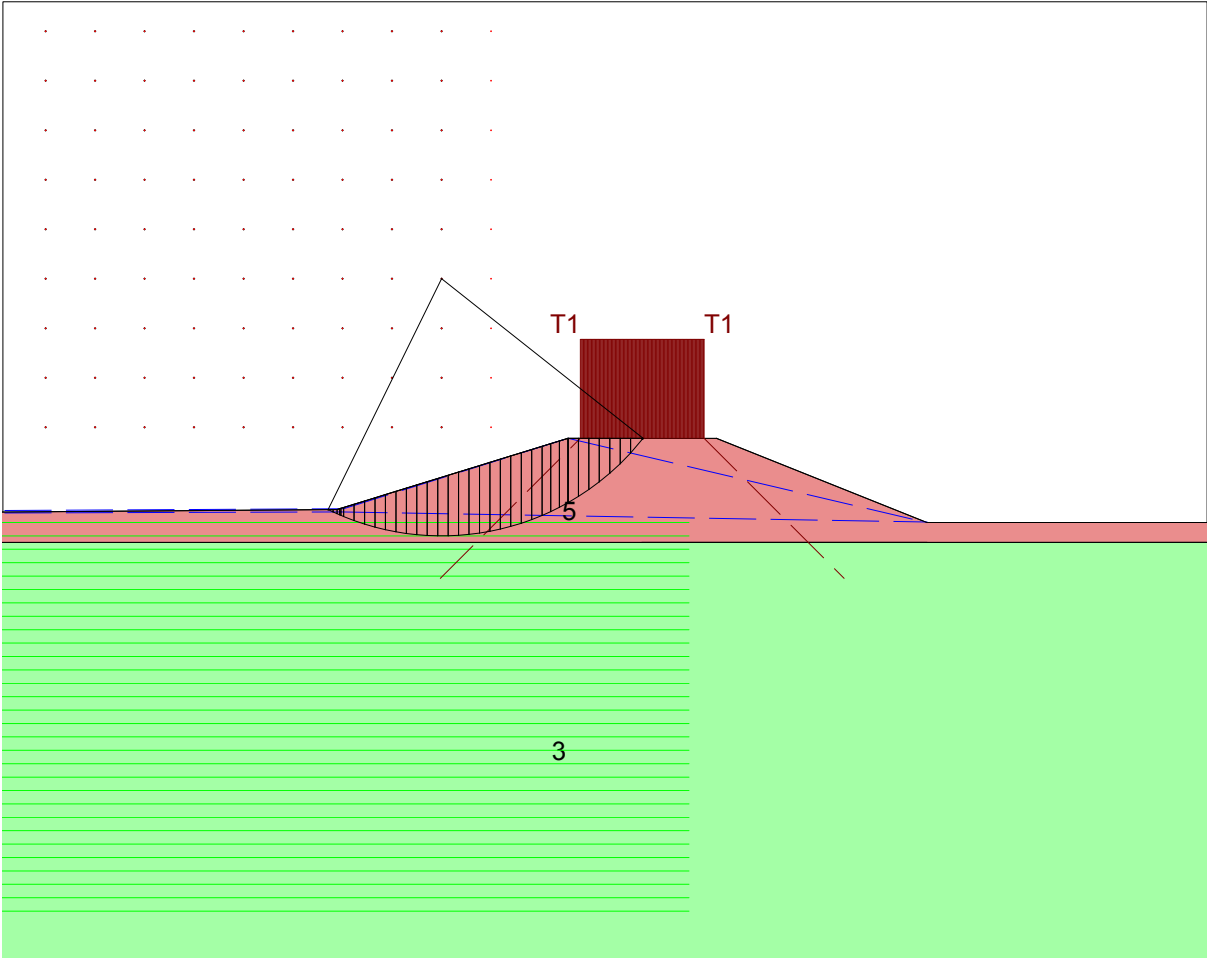
Materials

- 5. Kademateriaal
- 4. Klei (deklaag)
- 3. Zand, matig
- 2. Zand, vast
- 1. Venlo klei

Xm : -0,15 [m]
Ym : 18,67 [m]
Radius : 1,67 [m]
Safety : 2,05

Grontmij NV		DWP 300 STBU	
Phone		Peil na val	
Fax			
date		Annex	
21-4-2011		A4	
D-Geo Stability 10.1 : DWP 300 peil na val STBU.sil		form.	
drv.		ctf.	
KKO			

Critical Circle Bishop



Xm : -2,55 [m]
Ym : 20,77 [m]

Radius : 5,19 [m]
Safety : 1,45

Materials

-  5. Kademateriaal
-  3. Zand, matig
-  2. Zand, vast
-  1. Venlo klei

Grontmij NV

Phone
Fax

date
17-5-2011

drw.
KKO

D-Geo Stability 10.1 : DWP 750 peil na val STBU.sti

DWP 750 STBU

Peil na val Aanpassing

date

KKK

Annex

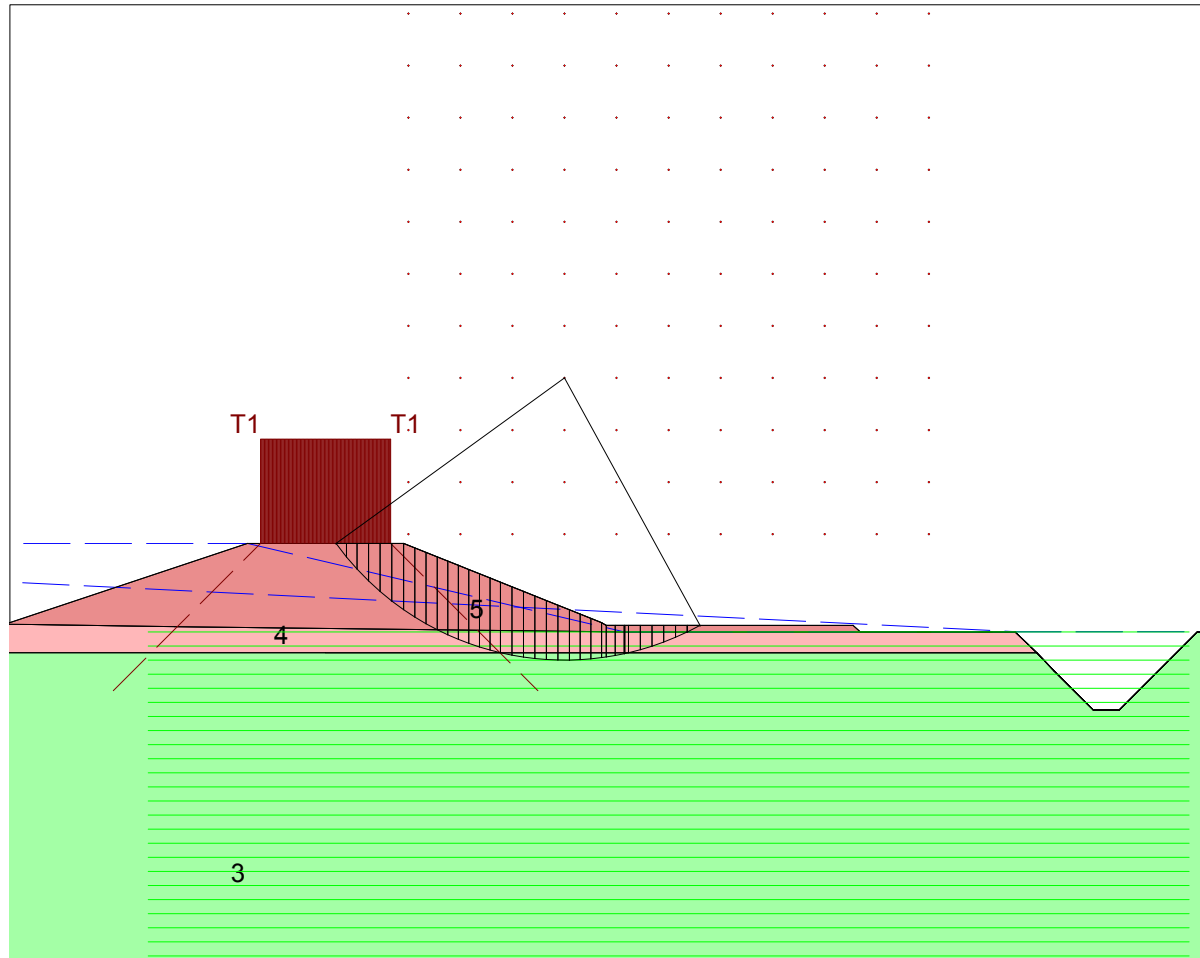
A2

form

Bijlage 6

Stabiliteit na aanpassingen waterkering

Critical Circle Bishop



Xm : 6,09 [m]
Ym : 20,73 [m]

Radius : 5,42 [m]
Safety : 1,41

Materials

-  5. Kademateriaal
-  4. Klei (deklaag)
-  3. Zand, matig
-  2. Zand, vast
-  1. Venlo klei

D-Geo Stability 10.1 : DWP 750 STBI aangepast.sit

Grontmij NV

Phone
Fax

date	17-5-2011
------	-----------

drw.
KKO

DWP 750 STBI
Ontwerpwaterstand

Annex

form.
A4

MEMO

Aan	: Twan Reintjes	
Van	: Geert Liesting	
Controle	: Jos Tromp	
Kopie	: Jurgen Cools, Joost Geraerts	
Dossier	: BC4642	
Project	: Hoogwatergeul Lomm	
Betreft	: Stabiliteit kade in verband met ontgraving en herinrichting talud Hoogwatergeul	
Ons kenmerk	: MW-AF20130116 DEFINITIEF1.1	
Datum	: 2 augustus 2013	
Classificatie	: Klant vertrouwelijk	

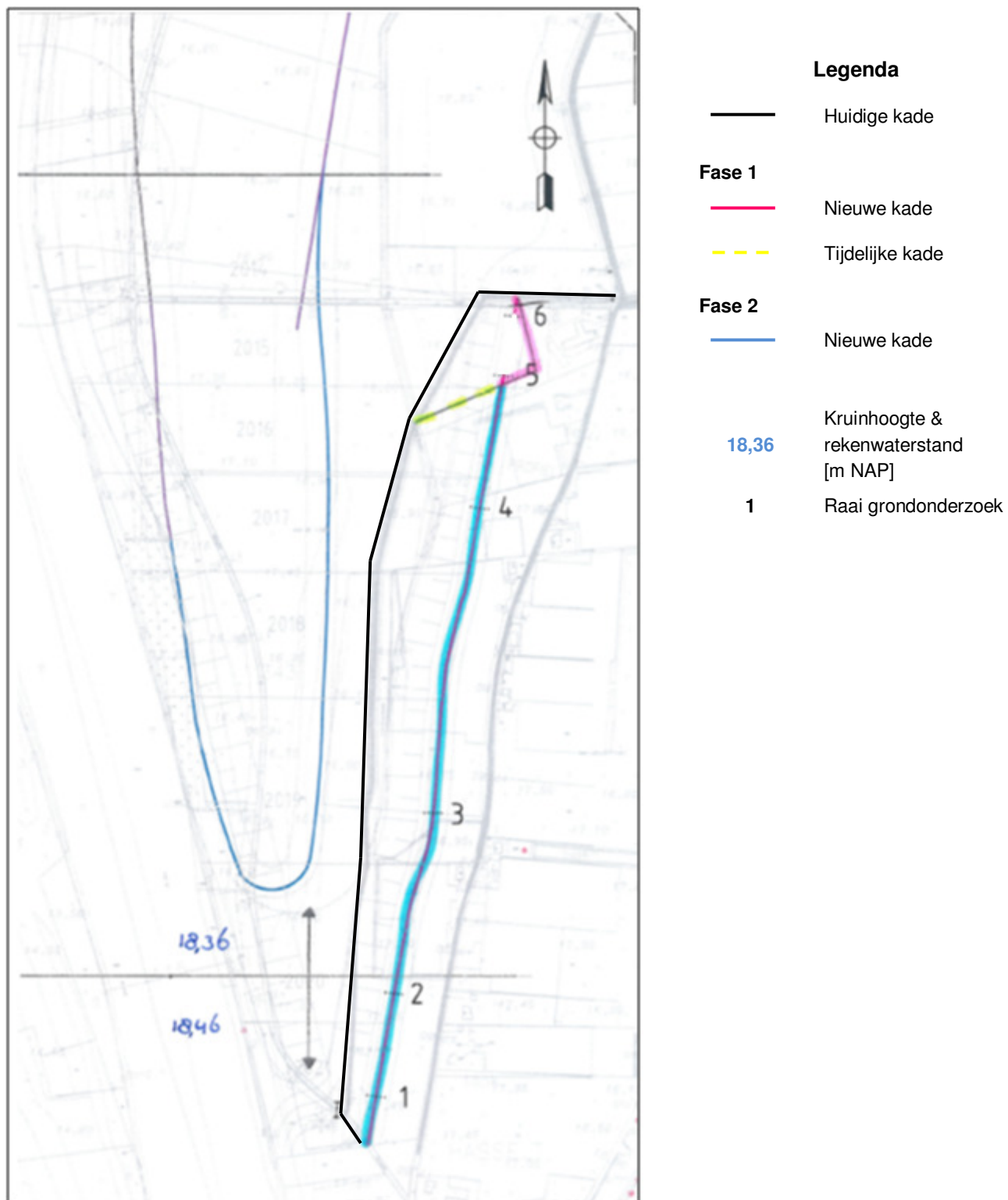
1 INLEIDING

Ten behoeve van de realisatie van de hoogwatergeul Lomm heeft DCM Exploitatie Lomm BV een ontwerp laten opstellen voor een te verleggen waterkering. Het betreft een primaire waterkering die onderdeel uitmaakt van dijkkring 68. In het oorspronkelijke ontwerp is voor zowel het dijkontwerp als de ontgraving nabij de waterkering uitgegaan van een overschrijdingsfrequentie van 1/50 (1/jaar). Volgens het Waterschap dient het nieuwe ontwerp te voldoen aan een norm van 1/250 jaar. Daarnaast dient de hoogwatergeul te worden ontgraven buiten het profiel van vrije ruimte, behorend bij een overschrijdingsfrequentie van 1/1250 jaar. Op verzoek van het waterschap heeft DCM Exploitatie Lomm BV aan Royal HaskoningDHV gevraagd om het geotechnisch ontwerp te beoordelen. Deze memo betreft de beoordeling van het herziene geotechnisch ontwerp.

De verlegging van de kade gaat in twee fasen uitgevoerd worden. Deze memo beschrijft beide fasen:

- Fase 1: Bestaat uit het omleggen van de kade aan de noordzijde van het project gebied van HM 0.775 tot HM 1.025, waarvan circa 125 m definitieve kade en circa 95 m tijdelijke kade.
- Fase 2: Bestaat uit het omleggen van de kade van HM0.000 tot HM0.775, dit volledige traject wordt in definitieve kade uitgevoerd. De tijdelijke kade van Fase 1 zal hierbij ook worden omgelegd.

Zie Figuur 1 voor een schets van het plan.



Figuur 1 – Schetsmatige weergave plangebied

2 BESCHIKBARE INFORMATIE

Door DCM Exploitatie Lomm BV beschikbaar gestelde stukken:

- [WKV] Waterschap Peel en Maasvallei, ontvangen per mail d.d. 12-07-2013 (Twan Reintjes).
 [EHV] Grontmij, Aanpassing ontgronding t.p.v. de Voort, 15-05-2013.
 Tekeningnummer: 305850-EEHV-316-T15
 [MEET] Meet, Handboringen Hoogwatergeul Lomm, 21 maart 2013
 [GM] Grontmij, stabiliteitsonderzoek Lomm. Projectnummer 308928.
 Referentienummer GM-0018168. De Bilt. 31 mei 2011
 [RH] Royal Haskoning, Hoogwatergeul Lomm. Stabiliteits- en kwelonderzoek.
 Projectnummer 9P4046.A0. Nijmegen, 25 februari 2005

3 UITGANGSPUNTEN VAN HET ONTWERP

De gehanteerde randvoorwaarden zijn aangehouden zoals in [GM].
 De belangrijkste onderdelen zijn hieronder nogmaals weergegeven.

Ontwerputgangspunten

Sommige uitgangspunten van het ontwerp zijn gewijzigd ten opzichte van [GM] op aanwijzing van het waterschap:

- Breedte kruin: 4,5 m (voorheen 3,0m [GM])
 Binnentalud: 1:2,5 (voorheen 1:3, offerte per mail d.d.: 13 mei 2013)
 Buitentalud: 1:3,0 (ongewijzigd)

Grondparameters

In Tabel 1 zijn de rekenwaarden van de schuifsterkteparameters weergegeven, voor de bijbehorende representatieve waarden en materiaal factoren zie [GM].

Tabel 1 - Rekenwaarden schuifsterkteparameters

Materiaal	Volume gewicht Droog / Verzadigd	ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
Kademateriaal (klei)	18,5 / 18,5	23,0	2,4
Klei, zwak zandig (DL)	18,5 / 18,5	23,0	2,4
Zand, schoon, matig vast	18,0 / 20,0	28,0	-
Zand, schoon, vast	19,0 / 21,0	30,3	-
Venlo Klei; klei, schoon vast	19,0 / 19,0	21,1	3,3

Voor de bijbehorende bodemopbouw zie [GM].

Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden hebben betrekking op het rivier- en (grond-) waterpeil achterland, in Tabel 2 zijn deze weergegeven per beschouwd dwarsprofiel. De toetspeilen betreffen rekenwaterstanden conform tekening [WKV].

Tabel 2 - Hydraulische randvoorwaarden

Metrering ²	Toetspeil 1:250 [m NAP] ¹	Toetspeil 1:1250 [m NAP]	Waterpeil achterland [m NAP]
HM 0.000 – HM 0.160	+18,46	+18,83	+15,85
HM 0.160 – HM 0.775	+18,36	+18,72	+15,85
1. De gehanteerde peilen zijn rekenpeilen. Deze peilen liggen ruim 0,5 m boven het ontwerp peil, conform "Ontwerp kader nog aan te leggen Maaskaden", dit is conservatief en leidt tot een zeer robuust ontwerp, met een groter ruimte beslag. 2. Exacte metrerings kan afwijken, waterstandsverschil bij rivier kilometer 115			

Verkeersbelasting

Voor de verkeersbelasting is rekening gehouden met kleine onderhoudsvoertuigen (5 kN/m²) ter plaatse van de kruin. Zwaarder materieel maakt gebruik van de weg binnendijs.

4 FASE 1

Voor Fase 1 wordt de definitieve kade (norm 1:250) aangelegd op basis van ontwerp uitgangspunten en de hydraulische randvoorwaarden. De tijdelijke kade zal aan de noordzijde worden aangesloten op de huidige te handhaven kade (norm 1:50). De geometrie van de kade in Fase 1 is gebaseerd op profiel 2 [EHV] zie Figuur 5, ter plaatse van de definitieve kade. Voor de aansluiting op de huidige kade kan worden uitgegaan van een verloop in de geometrie van de kade. Voor deze overgangszone worden geen berekeningen gemaakt. De aan te leggen tijdelijke kade zal te allen tijde minimaal het profiel van de huidige kade bezitten.

Het ontwerp voldoet aan de eisen betreffende de *pipings* en *macrostabiliteit binnenwaarts* en *macrostabiliteit buitenwaarts*. Zie paragraaf 4.1 en 4.2 voor de onderbouwing.

4.1 Piping

Op basis van het grondonderzoek [MEET] blijkt dat de deklaag enigszins varieert, de dikte van de deklaag is circa 1,10 m. De afstand insteek zandwinning tot aan de kade bedraagt minimaal 10,0 m, deze zone kan op basis van het grondonderzoek als voorland worden aangemerkt.

De gebieden zijn vanwege de eigenschappen watervoerende laag gevoelig voor kwel. Gezien de bodemopbouw wordt voor het waterpeil in het achterland het maaiveld niveau (+17,0 m NAP) aangehouden.

Voorland: 10,00 m

Dijkzate: 11,98 m

Achterland: 1,80 m (binnentoe tot insteek kwelsloot)

De invoer en resultaten van de *piping* berekening (methode Bligh) zijn opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3 - Resultaten piping Profiel 2, norm 1:250

C_{creep}	14,8	-
Ontwerppeil	18,36	m NAP
Waterpeil achterland	17,00	m NAP
delta H	1,36	M
Dikte deklaag	0,00	M
L_{benodigd}	20,13	M
L_{aanwezig}	23,78	M
Score	Voldoende kwelweglengte aanwezig	
Tekort	-	M

Lokaal is de deklaag zeer dun. In de definitieve situatie (na zandwinning) wordt de hoogwatergeul aangevuld en ingericht. Het aanvullen gebeurt met gebiedseigen, ondoorlatend, materiaal. Dit betekent dat in de definitieve situatie de veiligheid betreffende *piping* sterk zal toenemen.

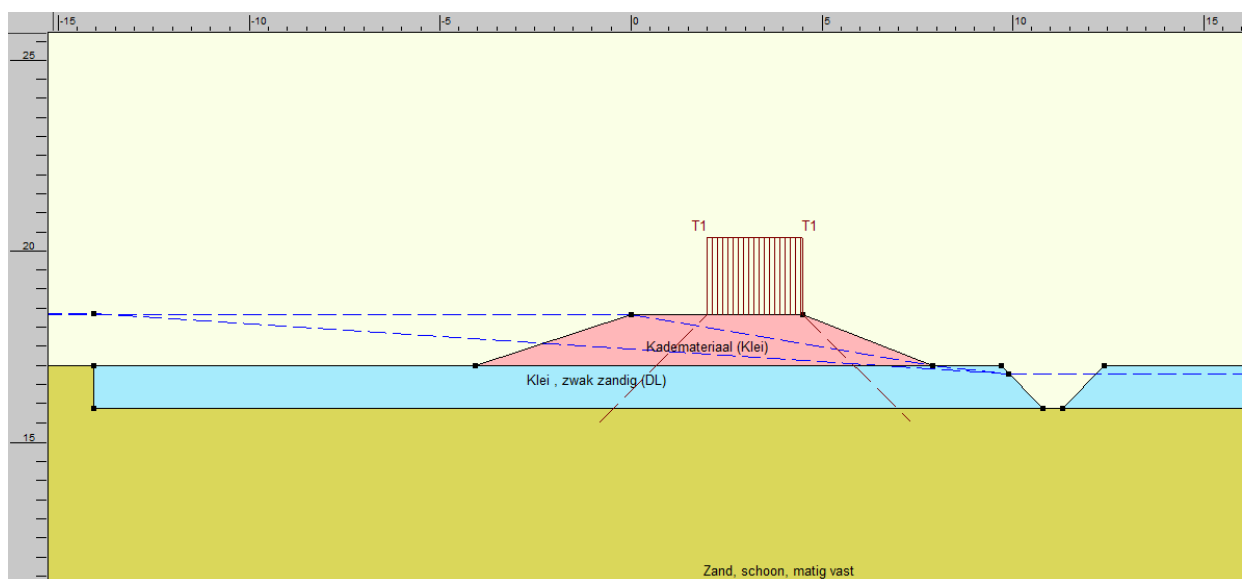
4.2 Macrostabieliteit

Bij het toetsen van de *macrostabieliteit* moet worden voldaan aan een minimaal vereiste stabiliteitsfactor. De stabiliteitsfactor is een vermenigvuldiging van de schematiseringsfactor (1,30) en schadefactor (1,08 binnenwaarts en 1,00 buitenwaarts). De modelfactor is verdisconteerd in de berekende stabiliteitsfactor.

- *Macrostabieliteit binnenwaarts:* 1,40 [-]
- *Macrostabieliteit buitenwaarts:* 1,30 [-]

De freatische lijn in de dijk is gemodelleerd [GM]. De stijghoogte verloopt lineair van het intredepunt naar het slootpeil. Zie Figuur 2 voor de invoer van het model en de schematisatie van de freatische lijnen. Voor de situatie "val buitenwater" wordt uitgegaan van de freatische lijn in de dijk gelijk aan de situatie behorend bij het rekenpeil. Vanaf de buitenteen wordt niet het talud gevolgd maar gaat de freatische lijn lineair naar het intredepunt.

Voor de analyse is zowel een Bishop als een Uplift Van analyse uitgevoerd. Dit om de maatgevende glijcirkel beter te benaderen.

**Figuur 2 – Schematisering profiel 2**

Tabel 4 - Resultaten stabiliteitsanalyse Profiel 2 [norm 1:250]

Macrostabiliteit	Berekende stabiliteitsfactor	Vereiste stabiliteitsfactor
Binnenwaarts (Bishop)	1,45	1,40
Binnenwaarts (Uplift Van)	1,43	1,40
Buitenwaarts	2,12	1,30

De minimale afstand tussen de binnenteen en insteek kwelsloot dient 1,8 m te bedragen. Indien de sloot dichterbij de binnenteen wordt aangelegd voldoet de kade niet aan de eis betreffende stabiliteit. Een kwelsloot is benodigd om de stijghoogte in onder de dijk te verminderen. Zonder kwelsloot voldoet de kade niet aan de eis betreffende stabiliteit, opbarsten vind dan plaats.

5 FASE 2

De uitwerkingen in dit hoofdstuk betreft een voorstudie en kan onderhevig zijn aan wijzigingen. In het geval van wijzigingen zullen deze betrekking hebben op benodigde maatregelen om te voldoen aan de eisen betreffende *piping* en *macro stabiliteit*. De randvoorwaarden en uitgangspunten zijn conform hoofdstuk 3. Het ontwerpprofiel is gelijk aan profiel 2 [EHV]. Voor HM0.000 – HM0.160 geldt dat de kruin 0,1 m hoger komt te liggen, de taludhellingen blijven ongewijzigd.

5.1 Herzien ontwerp [norm 1:250]

5.1.1 Piping

Voor het gehele traject, geldt dat ze aangemerkt dienen te worden als pipinggevoelig vanwege het gebruik van een kleilichaam op een zand ondergrond. Beide deelsecties zijn daarom beoordeeld of er voldoende kwelweglengte aanwezig is. De analyse is uitgevoerd conform de pipingregel van Bligh. De aangehouden Creepfactor is 14,8 overeenkomstig [GM].

HM0.000 – HM0.160

In het grondonderzoek van [MEET] vallen in dit traject twee meet raaien:

Raai 1: dikte deklaag 1,10 m (geldig als voorland voor *piping*)

Raai 2: dikte deklaag 0,70 m (ongeldig als voorland voor *piping*)

In Tabel 5 is de invoer en het resultaat betreffende *piping* weergegeven voor traject HM0.000 – HM0.160.

Tabel 5 - Resultaten piping HM0.000 – HM0.160, norm 1:250

Raai	1	2	eenheid
C _{creep}	14,8	14,8	-
Ontwerppeil	18,46	18,46	m NAP
Waterpeil achterland	17,45	17,45	m NAP
delta H	1,01	1,01	m
Dikte deklaag achterland	0,00	0,00	m
L _{benodigd}	14,95	14,95	m
L _{aanwezig}	22,08	12,08	m
Score	Voldoende	Tekort	-
Tekort	-	2,60	m

Ter plaatse van raai 2 is onvoldoende kwelweglengte aanwezig het tekort kan hier worden opgelost door het ingraven van een kleikist in het voorland of het verplaatsen van de kwelsloot.

HM0.160 – HM0.775

In het grondonderzoek van [MEET] vallen in dit traject twee meet raaien:

Raai 3: dikte deklaag 0 m (ongeldig als voorland voor *piping*)

Raai 4: dikte deklaag 1,0 m (geldig als voorland voor *piping*)

Zie Tabel 6 voor de invoer en het resultaat betreffende *piping* voor traject HM0.160 – HM0.775

Tabel 6 - Resultaten piping HM0.160 – HM0.775, norm 1:250

Raai	3	4	eenheid
C _{creep}	14,8	14,8	-
Ontwerppeil	18,36	18,36	m NAP
Waterpeil achterland	16,95	16,70	m NAP
delta H	1,41	1,66	m
Dikte deklaag achterland	0,00	0,00	m
L _{benodigd}	20,87	24,57	m
L _{aanwezig}	14,03	25,44	m
Score	Tekort	Voldoende	-
Tekort	6,84	-	m

Ter plaatse van raai 3 is onvoldoende kwelweglengte aanwezig. Het tekort aan kwelweglengte kan worden opgelost door het ingraven van een kleikist in het voorland of het verplaatsen van de kwelsloot.

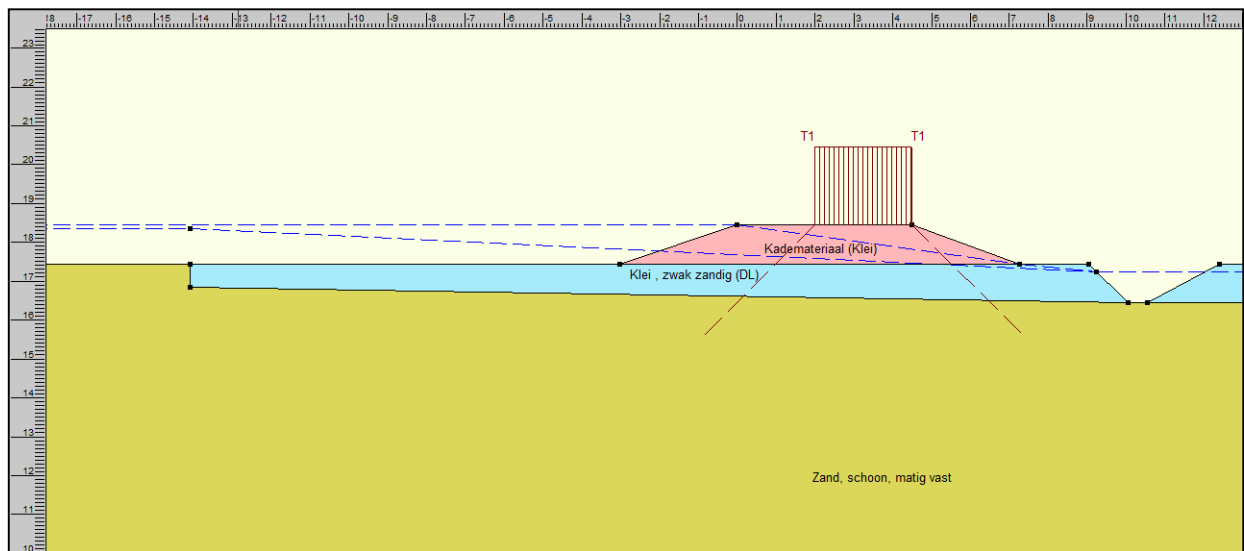
5.1.2 Macrostabiliteit

Bij het toetsen is geen rekening gehouden met maatregelen welke toegepast dienen te worden voor het spoor *piping*. Een kleikist in het voorland heeft een positief effect op de stabiliteit. En leidt tot hogere veiligheden dan hieronder gepresenteerd.

De freatische lijn in de dijk is gemodelleerd volgens het TR Waterspanningen bij dijken, figuur b1.1. De stijghoogte verloopt lineair van het intredepunt naar het slootpeil. Voor de situatie val buitenwater wordt uitgegaan van de freatische lijn in de dijk gelijk aan de situatie behorend bij het rekenpeil. Vanaf de buitenteen word niet het talud gevolgd maar gaat de freatische lijn lineair naar het intredepunt.

HM0.000 – HM0.160

Voor het traject HM0.000 – HM0.160 geldt dat het maaiveldniveau gelijk is. Aangezien de dijkgeometrie hetzelfde is en de bodemopbouw vrijwel gelijk is slechts 1 doorsnede geanalyseerd voor het spoor *macrostabiliteit*.



Figuur 3 - Geometrie en freatische lijnen HM0.000 – HM0.160 norm 1:250

Voor de beoordeling van *macrostabiliteit* binnenwaarts is alleen een analyse met het Bishop model benodigd (geen Uplift Van model voor de situatie met opbarsten/opdrijven). In Tabel 7 zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyse weergegeven.

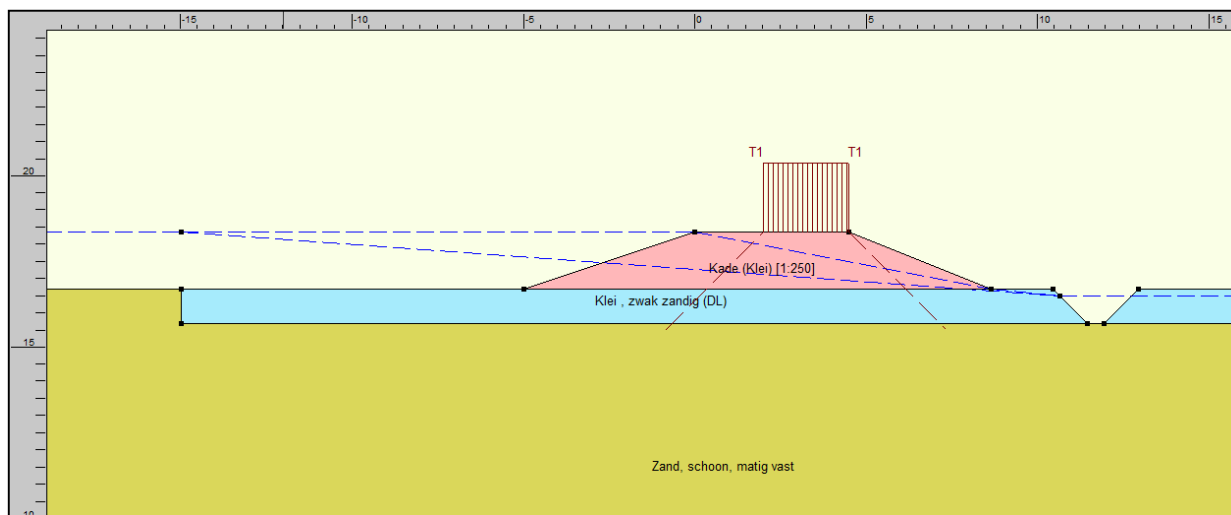
Tabel 7 - Resultaten stabiliteitsanalyse HM0.000 – HM0.160 bij een norm van 1:250

Macrostabiliteit	Berekende stabiliteitsfactor	Vereiste stabiliteitsfactor
Binnenwaarts (Bishop)	1,65	1,40
Binnenwaarts (Uplift Van)	1,60	1,40
Buitenwaarts	2,56	1,30

Het ontwerp voor HM0.000-HM0.160 op basis van de ontwerputgangspunten voldoet aan de eisen voor *macrostabiliteit*.

HM0.160 – HM0.775

Voor het traject HM0.160 – HM0.775 geldt dat het maaiveld verloopt. De maatgevende doorsnede is daar waar de aan te leggen kade op het laagste maaiveld ligt, dit is ter plaatse van raai 4.



Figuur 4 - Geometrie en freatische lijnen HM0.160 – HM0.775, norm 1:250

Voor de beoordeling van *macrostabiliteit* binnenwaarts is een Bishop analyse voldoende. In Tabel 8 zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyse opgenomen.

Tabel 8 - Resultaten stabiliteitsanalyse HM0.160 – HM0.775 bij een norm van 1:250

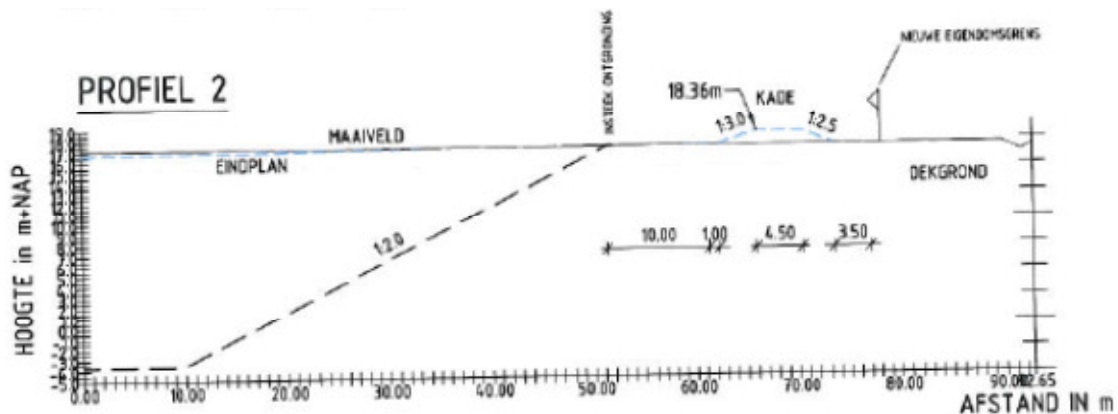
Macrostabiliteit	Berekende stabiliteitsfactor	Vereiste stabiliteitsfactor
Binnenwaarts (Bishop)	1,40	1,40
Binnenwaarts (Uplift Van)	1,38*	1,40
Buitenwaarts	2,16	1,30
* Opbarsten vind niet plaats Uplift Van is niet vereist. Marginale onderschrijving van de stabiliteitsfactor is toegestaan.		

De stabiliteit van het ontwerp op basis van de uitgangspunten voldoet aan de eisen voor *macrostabiliteit*.

6 TIJDELIJKE SITUATIE (ZANDWINNING) [NORM 1:250]

Ten tijde van de zandwinning in het voorland is de situatie tijdelijk anders dan in het ontwerp. Als gevolg van de zandwinning is een geul in het voorland aanwezig op 10,0 m uit de buitenteen. Deze geul doorsnijdt de eventueel aanwezige deklaag waardoor de hydraulische belastingen op de kade kunnen veranderen ten opzichte van de ontwerpsituatie. De stabiliteit tijdens deze korte periode zijn volgens de norm getoetst. Echter is niet te verwachten dat de normwaterstand tijdens de zandwinning zal optreden. DCM Exploitatie Lomm BV voert de werkzaamheden uit met protocollen die rekening houden met hoge waterstanden.

Dezelfde randvoorwaarden en geometrie zijn aangehouden als in hoofdstuk 4, afgezien van het intredepunt. Deze bevindt zich ten tijde van de zandwinning op 10,0 m uit de buitenteen. Een principe doorsnede is opgenomen in Figuur 5.



Figuur 5 – Principe doorsnede zandwinning

6.1 Macrostabiliteit

Door de zandwinning worden de hydraulische belastingen op de kade niet anders dan in de definitieve situatie is opgenomen. Voor het gehele traject gelden de conclusies uit het voorgaande hoofdstuk.

6.2 Piping

Voor de definitieve situatie voldoen raai 1 en 4 aan de eisen betreffende *piping*. Voor raai 2 en 3 geldt dat het ontwerp onvoldoende veilig is, indien de maatregelen (kleikist ingraven of verleggen kwelsloot) worden meegenomen in het ontwerp voldoet ook tijdens de zandwinning de kade aan de eisen betreffende *piping*.

7 TOEKOMSTIG PROFIEL (PROFIEL VAN VRIJE RUIMTE) [NORM 1:1250]

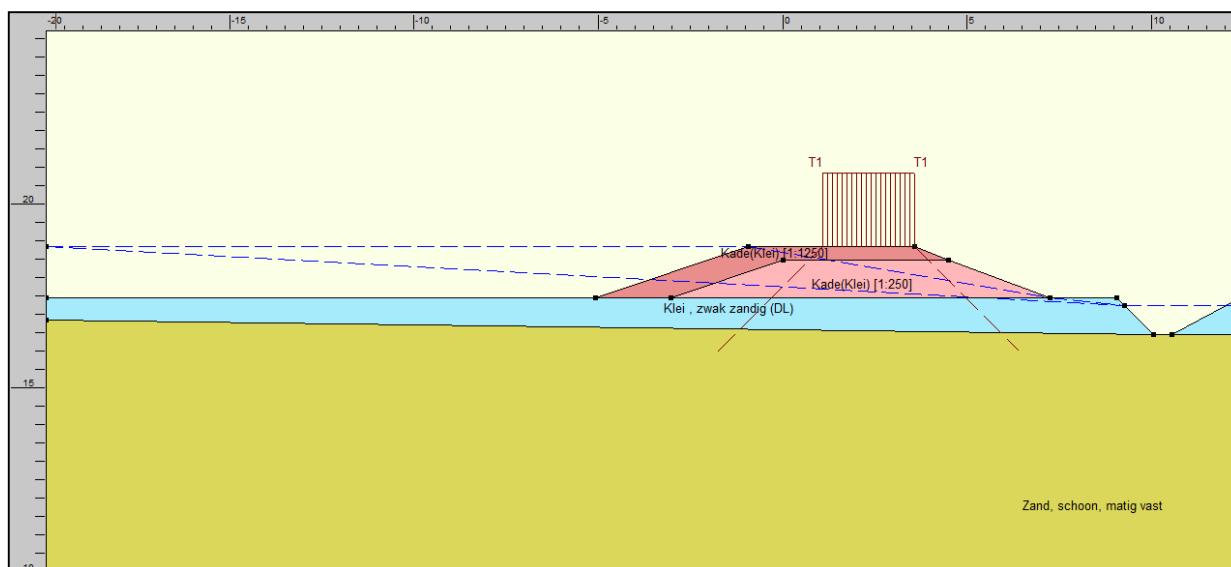
In het kader van mogelijke toekomstige ontwikkelingen heeft het waterschap aangegeven dat de hoogwatergeul/zandwinning dient te worden gerealiseerd buiten het profiel van vrije ruimte van de kade bij een overschrijdingsnorm van 1:1250. Een verhoging van de norm heeft als gevolg dat er een hoger ontwerppeil gehanteerd dient te worden. Zie tabel 2 voor de ontwerppeilen volgens de HR2006.

Bij het toekomstige profiel is de grondopbouw ter plaatse van het voorland veranderd. Na de zandwinning wordt de hoogwatergeul ingericht als blijvend natuurgebied. Het afwerken van de toplaag gebeurt met slecht doorlatend materiaal uit de omgeving. Door DCM Exploitatie Lomm BV is aangegeven deze grond minimaal over 25,0 m vanaf de buitenteen aan te leggen.

7.1 Macrostabieleit

HM0.000 – HM0.160

Door de aanwezigheid van de kwelsloot in het achterland treedt opbarsten niet op. De freatische lijnen zijn hetzelfde gemodelleerd als in voorgaande hoofdstukken. De input van de stabiliteitsanalyse is in Figuur 6 opgenomen.



Figuur 6 - Geometrie en freatische lijnen HM0.000 – HM0.160, norm 1:1250

Voor de beoordeling van *macrostabieleit* binnenwaarts is alleen een Bishop analyse benodigd. In Tabel 9 zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyse weergegeven.

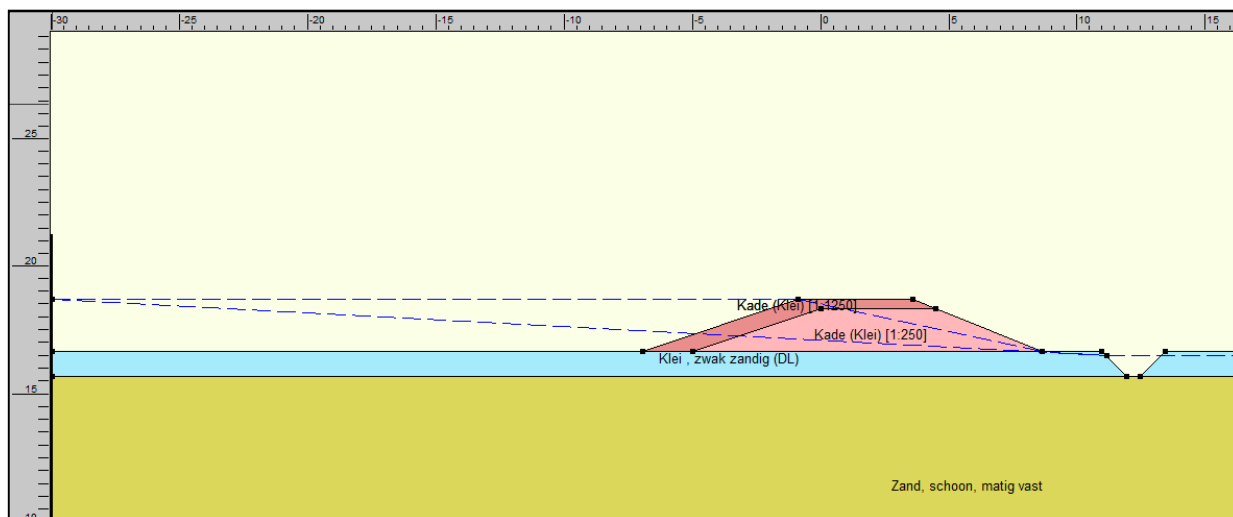
Tabel 9 - Resultaten stabiliteitsanalyse DP300 bij een norm van 1:1250

Macrostabieleit	Berekende stabiliteitsfactor	Vereiste stabiliteitsfactor
Binnenwaarts	1,52	1,40
Buitenwaarts	1,78	1,30

Op basis van de uitgevoerde analyse is de kade voldoende stabiel betreffende het spoor *macrostabieleit* indien de kade buitenwaarts word versterkt voor een normfrequentie van 1:1250.

HM0.160 – HM0.755

Door de aanwezigheid van de kwelsloot in het achterland treedt opbarsten niet op. De freatische lijnen zijn hetzelfde gemodelleerd als in voorgaande hoofdstukken. De input van de stabiliteitsanalyse is in Figuur 7 opgenomen.



Figuur 7 - Geometrie en freatische lijnen HM0.160 – HM0.755, norm 1:1250

Voor de beoordeling van *macrostabiliteit* binnenwaarts is een Bishop analyse voldoende. In Tabel 10 zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyse opgenomen.

Tabel 10 - Resultaten stabiliteitsanalyse DP750 bij een norm van 1:1250

Macrostabiliteit	Berekende stabiliteitsfactor	Vereiste stabiliteitsfactor
Binnenwaarts (Bishop)	1,43	1,40
Buitenwaarts	1,37	1,30

Op basis van de uitgevoerde analyse is de kade voldoende stabiel betreffende het spoor *macrostabiliteit* indien de kade buitenwaarts word versterkt voor een normfrequentie van 1:1250.

7.2 Piping

HM0.000 – HM0.160

De kwelweglengte voor HM0.000 – HM0.160 is opgebouwd uit:

Voorland: 25,0 m

Dijkzate: 12,3 m

Achterland: 1,8 m (tot insteek sloot)

In Tabel 11 is de invoer en het resultaat betreffende *piping* weergegeven.

Tabel 11 - Resultaten piping DP300, norm 1:1250

Raai	1	2	eenheid
C_{creep}	14,8	14,8	-
Ontwerppeil	18,83	18,83	m NAP
Waterpeil achterland	17,25	17,25	m NAP
delta H	1,01	1,01	m
Dikte deklaag achterland	0,00	0,00	m
L_{benodigd}	23,38	23,38	m
L_{aanwezig}	39,1	39,1	m
Score	Voldoende	Voldoende	-
Tekort	-	-	m

In de toekomstige situatie zal de kwelweglengte verlengd moeten worden ten opzichte van het huidige ontwerp. Aangezien door DCM Exploitatie Lomm BV na de zandwinning het voorland volledig wordt aangevuld, de aanwezige kwelweglengte wordt daardoor met 25,0 m verlengd. Indien alle aanvul werkzaamheden worden uitgevoerd is er in de toekomstige situatie geen *piping* maatregel benodigd.

HM0.160 – HM0.755

De kwelweglengte voor HM0.160 – HM0.755 is opgebouwd uit:

Voorland: 25,0 m

Dijkzate: 15,6 m

Achterland: 1,8 m (conform [GM] figuur 2.1)

In Tabel 12 is de invoer en het resultaat betreffende *piping* weergegeven.

Tabel 12 - Resultaten piping DP750, norm 1:1250

Raai	3	4	eenheid
C_{creep}	14,8	14,8	-
Ontwerppeil	18,72	18,72	m NAP
Waterpeil achterland	16,95	16,70	m NAP
delta H	1,41	1,66	m
Dikte deklaag achterland	0,00	0,00	m
L_{benodigd}	26,20	29,90	m
L_{aanwezig}	42,4	42,4	m
Score	Voldoende	Voldoende	-
Tekort	-	-	m

In de toekomstige situatie zal de kwelweglengte verlengd moeten worden ten opzichte van het huidige ontwerp.

Aangezien door DCM Exploitatie Lomm BV na de zandwinning het voorland volledig word aangevuld, de aanwezige kwelweglengte wordt daardoor met circa 25,0 m verlengd. Indien alle aanvul werkzaamheden worden uitgevoerd is er in de toekomstige situatie geen *piping* maatregel benodigd.

Indien de kade buitenwaarts wordt versterkt zal deze te allen tijde buiten het profiel van de hoogwatergeul blijven, zoals verzocht door het waterschap.

8 STABILITEIT TALUD HOOGWATERGEUL/ZANDWINING

In het eerder opgestelde onderzoeksrapport [RH] blijkt dat er niet kan worden uitgesloten dat het gebied zettingsvloeiing gevoelig is. Vanwege dit risico dient het talud te allen tijde stabiel te zijn om uit te sluiten dat een voortschrijdende afschuiving de functie van de kade ondermijnt. De voorgestelde helling varieert in het bovengenoemde rapport.

Op basis van [EHV] kan een talud van 1:2 (taludhelling conform basisdoc. 11-11-2004) worden aangehouden, of een variërende helling van 1:2 tot 1:3 (o.b.v. potentiële faalmechanismen).

Na de zandwinning zal de hoogwatergeul worden aangevuld en afgewerkt met slecht doorlatend en gebiedseigen materiaal. Door het aanbrengen van dit slecht doorlatende materiaal zal de veiligheid betreffende *piping* en indirect *macrostabiliteit* sterk toenemen en ruim aan de gestelde eisen voor waterveiligheid voldoen.

9 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Fase 1

Het ontwerp voor de definitieve kade aan te leggen tijdens Fase 1 voldoet aan de eisen voor *piping* en *macrostabiliteit*. De kade kan worden uitgevoerd zoals ontworpen. Er dient echter wel een kwelsloot aangelegd te worden ter voorkoming van opbarsten, en het garanderen van de stabiliteit. In verband met de stabiliteit van de kade is de minimale afstand tussen kade en insteek sloot 1,8 m.

Fase 2

Overschrijdingsfrequentie 1:250 Herzien ontwerp

Het ontwerp met een overschrijdingfrequentie 1:250 (1/jaar) op basis van de ontwerpuitgangspunten voldoet aan de eisen betreffende *macrostabiliteit*. De kade heeft een buitentalud van 1:3 een binnentalud van 1:2,5 en een kruinbreedte van 4,5 m, de kwelsloot dient minimaal op 1,8 m uit de binnenteen ontgraven te worden.

Voor het spoor *piping* is voor raai 2 en raai 3 onvoldoende kwelweglengte aanwezig. Voor beide raaien wordt geadviseerd om buitenwaarts een kleikist, bestaande uit gebiedseigen klei, van minimaal 1,0 m in te graven over de lengte dat er een kwelweglengte tekort bestaat.

Opmerking bij het toepassen van een kleikist:

Een kleidek dient minimaal 1,5 m ten opzichte van maaiveld te bedragen. 0,5 m marge ivm frees en graafwerkzaamheden en 1,0 m gegarandeerde deklaag. Het voorland maakt hier echter deel uit van een ecologische zone waardoor verstoringen van de deklaag niet worden verwacht. De marge van 0,5 m wordt daarom achterwege gelaten.

Overschrijdingsfrequentie 1:250 Tijdelijke situatie (zandwinning)

Het ontwerp met een overschrijdingfrequentie 1:250 (1/jaar) op basis van de ontwerpuitgangspunten voldoet aan de eisen betreffende *macrostabiliteit* en *piping* in het geval van een tijdelijke zandwinning, indien de maatregelen voor het herzien ontwerp zijn getroffen.

Overschrijdingsfrequentie 1:1250 Toekomstig profiel

Het ontwerp met een overschrijdingfrequentie 1:1250 (1/jaar) op basis van de ontwerpuitgangspunten voldoet aan de eisen betreffende *macrostabiliteit*. Voor *piping* wordt voldaan indien de aanvulling van de hoogwatergeul met ondoorlatend materiaal wordt uitgevoerd, DCM Exploitatie Lomm BV brengt minimaal 25,0 m slecht doorlatend materiaal aan. De kade heeft een buitentalud van 1:3 een binnentalud van 1:2,5 en een kruinbreedte van 4,5 m.

Het ruimte beslag van de kade blijft te allen tijde buiten de ontgravingzone van de hoogwatergeul, zoals vereist bij het waterschap.

Stabiliteit hoogwatergeul/zandwinning

Het gebied is potentieel zettingsvloeiing gevoelig. Indien in de berekeningen, die ten grondslag ligt aan [EHV], hiermee rekening is gehouden kan de helling worden uitgevoerd zoals beschreven in de rapportage betreffende de ontgraving [RH]