

RAPPORT

Dijkversterking Westknollendam

Definitief Ontwerp

Klant: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Referentie: M&ABF2356JROR001F1.5

Versie: 1.5/Finale versie

Datum: 26 juli 2017

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Maritime & Aviation
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Dijkversterking Westknollendam

Ondertitel: Definitief Ontwerp
Referentie: M&ABF2356JROR001F1.5
Versie: 1.5/Finale versie
Datum: 26 juli 2017
Projectnaam: Dijkversterking Westknollendam
Projectnummer: BF2356-102-100
Auteur(s): Jeroen Rolvink

Opgesteld door: Jeroen Rolvink

Gecontroleerd door: Andries van Houwelingen

Datum/Initialen: 16-07-2017

Goedgekeurd door: Dave Groot

Datum/Initialen: 26-07-2017 

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Vraag	1
2	Leeswijzer	2
3	Uitgangspunten	3
3.1	Normering	3
3.2	Geometrie	3
3.3	Ontwerpperiode	4
3.4	Bodemopbouw	4
3.5	Waterstanden	5
3.6	Maaiveld belasting	6
3.7	Uitvoeringstabiliteit	6
3.8	Restzetting	6
3.9	Duiker	Error! Bookmark not defined.
3.10	Rekenprogramma's	6
4	Samenvatting schetsontwerp HHNK	7
5	Voorontwerp (kwalitatief)	8
5.1	Voorontwerp Gebied A	8
5.1.1	Binnenwaartse stabiliteit gebied A	8
5.1.2	Buitenwaartse stabiliteit gebied A	10
5.2	Voorontwerp Gebied B1	11
5.2.1	Binnenwaartse stabiliteit gebied B1	11
5.2.2	Buitenwaartse stabiliteit gebied B1	14
5.3	Voorontwerp Gebied B2	14
5.3.1	Binnenwaartse stabiliteit gebied B2	14
5.3.2	Buitenwaartse stabiliteit gebied b2	16
6	Definitief ontwerp	18
6.1	Berekening stabiliteit	18
6.1.1	DO deelgebied A	19
6.1.2	DO deelgebied B1	20
6.1.3	DO deelgebied B2	21
6.1.4	Gebied tussen B1 en B2 ter plaatse van grote openwater gedeelte	23
6.2	Zettingsanalyse	25
6.2.1	Zetting deelgebied A	25

6.2.2	Zetting deelgebied B1	26
6.2.3	Zetting deelgebied B2	27
6.3	Uitvoeringsstabiliteit	28
6.3.1	Uitvoeringsstabiliteit deelgebied A	29
6.3.2	Uitvoeringsstabiliteit deelgebied B1	30
6.3.3	Uitvoeringsstabiliteit deelgebied B2	30
6.4	Duiker	Error! Bookmark not defined.
6.5	Kistdamtoegangsweg	32
7	Conclusie en aanbevelingen	34
7.1	Stabiliteit	34
7.2	Zettingen	34
7.3	Uitvoering	34

Tabellen

Tabel 2-1 Bepalen benodigde veiligheidsfactor	3
Tabel 2-2 Model factor voor macrostabiliteit	3
Tabel 2-3 ontwerphoogte regionale kering West-knollendam	3
Tabel 2-4 rekenwaarde van de geotechnische sterkte parameters	4

Figuren

Figuur 1 Deelgebieden voor de versterkingsopgave van de regionale kering te Westknollendam	1
Figuur 2 Schetsontwerp Gebied A	7
Figuur 3 Schetsontwerp Gebied B	7
Figuur 4 Dijkversterking optie 1 gebied A	9
Figuur 5 Dijkversterking optie 2 gebied A	9
Figuur 6 Dijkversterking optie 3 gebied A	10
Figuur 7 Dijkversterking buitenwaartse stabiliteit gebied A	11
Figuur 8 Dijkversterking optie 1 gebied B1	12
Figuur 9 Dijkversterking optie 2 gebied B1	12
Figuur 10 Dijkversterking Optie 3 gebied B1	13
Figuur 11 Dijkversterking buitenwaartse stabiliteit gebied B1	14
Figuur 12 mogelijkheid verplaatsen sloot, groenlijn sloot verplaatsen mogelijk, oranje sloot verplaatsen niet mogelijk ivm perceel grens	15
Figuur 13 Dijkverbetering optie 1 gebied B2	15

Figuur 14 Dijkverbetering optie 2 gebied B2	16
Figuur 15 Dijkversterking buitenwaarts optie 1 gebied B2	16
Figuur 16 Dijkversterking buitenwaarts optie 2 gebied B2	17
Figuur 17 DO STBI deelgebied A	19
Figuur 18 DO STBU deelgebied A	20
Figuur 19 DO STBI deelgebied B1	21
Figuur 20 DO STBU deelgebied B1	21
Figuur 21 DO STBI deelgebied B2	22
Figuur 22 DO STBI deelgebied B2 (steiler binnen talud)	23
Figuur 23 DO STBU deelgebied B2	23
Figuur 24 DO STBI deelgebied B1 tpv waterpartij	24
Figuur 25 DO STBI deelgebied B2 tpv waterpartij	24
Figuur 26 Input zettingsberekening	26

Referentielijst

- [1] Toetsing West-knollendam 4 augustus 2016 registratienummer: 16.0177953
- [2] Regionale proeven verzameling HHNK v6.0

Bijlagen

Bijlage 1 Geotechnische grondonderzoek

Bijlage 2 Rapport D-sheet pilling

Bijlage 3 Berekening Gording en Ankerstang

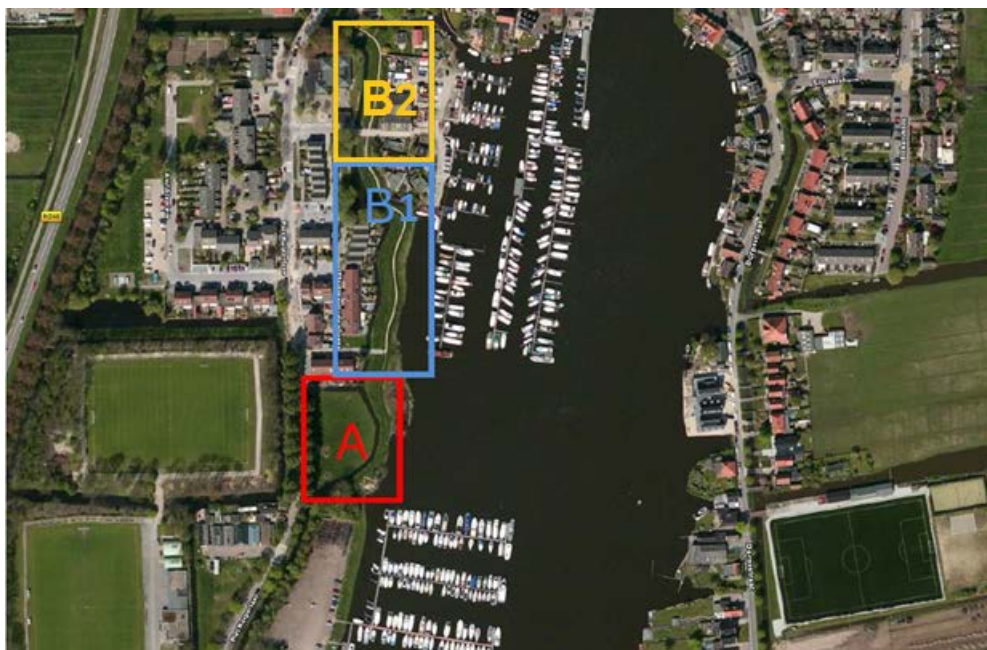
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is een hoogtetoets uitgevoerd van de regionale kering te Westknollendam. Hieruit is geconcludeerd dat op sommige plekken de regionale kering niet op hoogte is. Tijdens een veldbezoek door HHNK zijn twijfels ontstaan aan veiligheid van de binnenwaartse macrostabiliteit. HHNK heeft besloten de regionale kering te verhogen en te versterken. Voor de versterking en verhoging van de regionale kering heeft HHNK een schets ontwerp opgesteld. Dit schetsontwerp is vastgelegd in een memo d.d. 4 augustus 2016, kenmerk 16.0177953 ref 1^[1]

1.2 Vraag

De regionale kering is opgedeeld in drie deelgebieden zie Figuur 1. HHNK heeft RHDHV gevraagd het schets ontwerp (SO) te toetsen en hier een oplegnotitie voor te schrijven. Op basis van de oplegnotitie wordt samen met HHNK een voorkeursalternatief gekozen. Deze wordt uitgewerkt tot een definitief ontwerp (DO). Dit rapport is geschreven als een werkdocument. In eerste instantie worden in dit document de uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven, vervolgens wordt een oplegnotitie opgesteld waarna het DO is uitgewerkt.



Figuur 1 Deelgebieden voor de versterkingsopgave van de regionale kering te Westknollendam

2 Leeswijzer

Dit rapport heeft de ontwikkeling doorgemaakt van uitgangspuntendocument naar oplegnotitie naar definitief ontwerp. Gezien de omvang van het project is er voor gekozen om niet iedere keer een afzonderlijk document op te leveren maar om het document te laten groeien met de status van het ontwerp. De oplegnotitie is gebaseerd op het schetsontwerp van HHNK. In de oplegnotitie zijn meer varianten toegevoegd om daarna gezamenlijk tot een voorkeursalternatief te komen.

Omwille van de tijd is gekozen om tijdens de oplegnotitie het Bishop model te gebruiken. Voor het bepalen van het voorkeursalternatief is gerekend met Bishop en een schematiseringsfactor van 1,15. Het Bishopmodel is een grovere benadering maar gaat wel aanzienlijk sneller dan de andere modellen. Omdat het Bishopmodel wat grover is, is er gekozen om tijdens het oplegnotitie een schematiseringsfactor te hanteren van 1,15.

In overleg het HHNK is op basis van de oplegnotitie de voorkeursvariant gekozen. Voordat verder is gegaan met het definitieve ontwerp is de schematiseringsfactor berekend. Voor het berekenen van de schematiseringsfactor zijn verschillende scenario's doorgerekend volgens het technisch rapport grondmechanisch schematiseren bij dijken. De berekende schematiseringsfactor bedraagt 1,1. Op basis van de berekeningen is gebleken dat het Uplift Van model maatgevend is. Met het Uplift Van model en een schematiseringsfactor van 1,1 zijn de definitieve afmetingen van de dijkversterking berekend.

3 Uitgangspunten

3.1 Normering

De regionale kering is ingedeeld in IPO-Klasse 5. Hierbij hoort conform de norm een schadefactor van 1,0. Voor de toetsing van de regionale kering hanteert HHNK een schematiseringsfactor van 1,05. Daarmee dient de kade getoetst te worden aan een veiligheidsfactor van 1,05. In verband met de conservatieve aannamen voor de bodemopbouw wordt er in het voorontwerp een schematiseringsfactor van 1,1 aangehouden. Het ontwerp moet daarmee worden getoetst aan een veiligheidsfactor van 1,1. In het DO wordt deze schematiseringsfactor verder onderbouwd zie paragraaf 6.1.

Tabel 3-1 Bepalen benodigde veiligheidsfactor

Macro stabiliteit	Schade factor	Schematiserings factor	Modelfactor	Resulterende SF _{vereist}
Binnenwaarts	1,0	1,1	Tabel 3-2	1,1
Buitenwaarts	1,0	1,1	Tabel 3-2	1,1

Tabel 3-2 Model factor voor macrostabiliteit

Opdrukken [ja/nee]	Rekenmodel	Modelfactor γ_d
Nee	Bishop	1,00
	LiftVan, Spencer	0,95
Ja	Bishop	1,10
	LiftVan, Spencer	1,05

3.2 Geometrie

Beschikbare gegevens

Voor de geometrie zijn 4 dwarsprofielen beschikbaar gesteld door Wiertsema en Partners. Deze dwarsprofielen zijn ingemeten met GPS en geleverd als AutoCad bestand en PDF.

Eisen

In Tabel 3-3 zijn de minimale ontwerphoogtes weergegeven. De taluds moeten minimaal onder helling van 1 op 3 aangelegd worden. Voor de berm moet er een maximale helling worden toegepast van 1 op 20. HHNK heeft aangegeven dat de kruinbreedte minimaal 2,5 m moet bedragen.

Tabel 3-3 ontwerphoogte regionale kering West-knollendam

	Damwand, vast	“grijze” kades (met verharding)	“groene” kades (met grasbekleding)
Streefpeil, “dagelijks peil”	NAP -0,50 m		
Maatgevend boezempeil	NAP +0,00 m		
Waakhoogte	0,10 m	0,10 m	0,20 m
Minimale hoogte (“afkeurhoogte”)	NAP +0,10 m	NAP +0,10 m	NAP +0,20 m

	Damwand, vast	"grijze" kades (met verharding)	"groene" kades (met grasbekleding)
Autonome bodemdaling 30 jaar	0,10 m	0,10 m	0,10 m
marge	0,00 m	0,10 m	0,10 m
ontwerp hoogte	NAP +0,20 m	NAP +0,30 m	NAP +0,40 m

3.3 Ontwerpperiode

De regionale kering moet ontworpen worden voor een levensduur van 30 jaar. De stabiliteitseisen omtrent waterveiligheid moeten direct na oplevering worden gehaald.

3.4 Bodemopbouw

Ter bepaling van de grondopbouw zijn door Wiertsema en Partners vier raaien onderzocht, elk met drie handboringen tot MV -7 m. Deze boorbeschrijvingen zijn toegevoegd in Bijlage 1.

Op maximaal verkende diepte is een kleilaag aanwezig onder het hollandveen. Voor de berekeningen zijn ook de onderliggende lagen van belang. Om deze in beeld te krijgen is gebruik gemaakt van het beschikbare stochastische ondergrondmodel. Dit model is in 2011 opgesteld voor de toetsing van regionale waterkeringen. Het beschouwde gebied valt binnen ondergrond segment 267 van het stochastische ondergrondmodel.

HHNK heeft op basis van de beschikbare proevenverzameling de geotechnische sterkteparameters afgeleid. Voor het bepalen van de benodigde dijkversteking is gebruik gemaakt van de gedraineerde sterkteparameters. Deze zijn weergegeven in Tabel 3-4. De zettingsparameters zijn gebaseerd op NEN9997-1 tabel 2b.

Tabel 3-4 rekenwaarde van de geotechnische sterkte parameters

Grondsoort	$\gamma_{\text{onverzadigd}}$ [kN/m ³]	$\gamma_{\text{verzadigd}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	Φ [°]	POP [kPa]	OCR [-]	CR	RR	C_{α}	C_v [m ² /s]
Klei dijksmateriaal h	13,9	13,9	0,9	24,3	10	-	0,1150	0,0383	0,0046	1E-7
Klei dijksmateriaal z s	16,7	16,7	0,0	32,4	10	-	0,0767	0,0256	0,0031	1E-7
Veen kleilig (Gytta)	11,5	11,5	2,1	18,7	10	-	0,3067	0,1022	0,0153	2E-7
Klei toplaag achterland	13,9	13,9	0,9	24,3	5	-	0,2300	0,0767	0,0092	1E-7
Hollandveen (onder)	10,0	10,0	1,3	18,5	10	-	0,3067	0,1022	0,0192	2E-7
Hollandveen (naast)	10,0	10,0	0,4	20,7	5	-	0,4600	0,1533	0,0230	2E-7
Klei onder Hollandveen (naast)	15,3	15,3	1,4	24,8	5	-	0,2300	0,0767	0,0092	1E-7
Klei onder Hollandveen (onder)	15,4	15,4	2,4	27,3	10	-	0,1150	0,0383	0,0046	1E-7

Klei Wadzand	16,3	16,3	0,0	23,1	-	1,1	0,0115	0,0038	0,0	Drained
Basisveen	11,0	11,0	1,0	13,0	-	1,3	0,2300	0,0767	0,0153	2E-7
Pleistoceen	19,0	20,0	0,0	34,0	-	1,3	0,0115	0,0038	0,0	Drained
Opvulmateriaal zand	19,0	20,0	0,0	32,0	-	1,0	0,0115	0,0038	0,0	drained

Voor de Klei wadzandlaag is een doorlatendheid k aangehouden van $9,74E-3$ m/s en een korrelgrootte D_{70} van $1,1E-4$ m welke is overgenomen uit ref1^[2].

3.5 Waterstanden

Boezempeil

Conform SO is een maatgevend boezempeil aangehouden van NAP +0,0 m. Dit is het maalstoppeil. Tijdens de bouwfase kan dit peil optreden daarom dient de uitvoeringsstabiliteit ook te worden getoetst met het maalstop peil.

Polderpeil

Het polderpeil is beschikbaar in het GIS van HHNK. In de polder wordt een vast peil gehanteerd van NAP -1,25 m conform peilgebied 04390-01.

Stijghoogte

De stijghoogte in het Pleistoceen is overgenomen van de stijghoogte isohypsen uit het GIS van HHNK en bedraagt NAP -2,0 m.

Uit [ref 1] is stijghoogte response van 100% in de klei wadzandlaag is overgenomen. De stijghoogte wordt begrenst door de opbarstpotentiaal ter plaatse van de sloot.

Freatische lijn

Ter plaatse van de kering zijn geen peilbuismetingen beschikbaar. Voor de ligging van het freatische vlak zijn de aannames uit [ref 1] overgenomen. In het ontwerp zijn de volgende uitgangspunten aangehouden omtrent de ligging van het freatische vlak tijdens maatgevende omstandigheden:

Ligging freatisch vlak gebied A

Buitenkruin	= ontwerpwaterstand
Binnenkruin	= streefpeil
Insteek binnenberm	= 0,1 m - maaiveld
Kruin binnenberm	= 0,1 m - maaiveld
Binnenteen	= 0,1 m - maaiveld

Ligging freatisch vlak gebied B

Buitenkruin	= ontwerpwaterstand
Binnenkruin	= streefpeil
Binnenteen	= polderpeil

Freatische lijn Buitenwaarts

Voor de buitenwaartse stabiliteit is een val meegenomen van Maalstoppeil NAP 0,0 m naar streefpeil NAP -0,5 m. De gemodelleerde freatische lijn ligt ca 0,3 m onder het buitentalud. Voor de stijghoogte in de ondergrond is gerekend met het streefpeil NAP -0,5 m.

3.6 Maaiveld belasting

De te beschouwen kering is een groene kade met een geringe breedte. Daarom is voor de verkeersbelasting 5 kPa over een breedte van 2,5 m aangehouden en een belasting spreiding van 45° conform SO^[1]. In de cohesieve lage is een consolidatiepercentage aangehouden van 30% en in de niet cohesieve lagen is een consolidatie percentage van 100% aangehouden conform SO^[1].

3.7 Uitvoeringstabiliteit

De uitvoeringstabiliteit is berekend volgens het rapport "Ontwerp, monitoring en uitvoeringsvoorwaarden regionale waterkeringen". Dit rapport is op 3 december 2015 opgesteld door J.Kames van HHNK; het registratienummer dan dit rapport is 15.0064828.

Tijdens de uitvoering moet de ophoging minimaal een gelijke stabiliteitsfactor als de huidige kering onder maatgevende omstandigheden. In de onderstaande tabel is de stabiliteit van de huidige situatie weergegeven

Tabel 3-5 Benodigde veiligheidsfactor voor de waterveiligheid tijdens de uitvoering

Deelgebied	Veiligheidsfactor huidige situatie
Gebied A	0,52
Gebied B1	0,83
Gebied B2	0,65

In overleg met HHNK is besloten dat tijdens de dijkversterking gestuurd wordt aan de hand van monitoring. Op basis van de monitoring wordt bepaald wanneer de volgende ophoogslag kan worden aangebracht zie paragraaf 6.3.

3.8 Restzetting

Er zijn geen aanvullende eisen gesteld aan de restzetting anders dan dat de dijk binnen de levensduur van 30 jaar voldoende hoog moet zijn.

3.9 Inlaat

De inlaatconstructie moet ontworpen worden door de aannemer.

3.10 Rekenprogramma's

De stabiliteit van de regionale waterkering is berekend met D-Geo Stability 16.2. In de stabiliteitsanalyses is gebruik gemaakt van het Spencer model. Met behulp van de modellen Bishop en Uplift Van zijn de resultaten gecontroleerd en vergeleken.

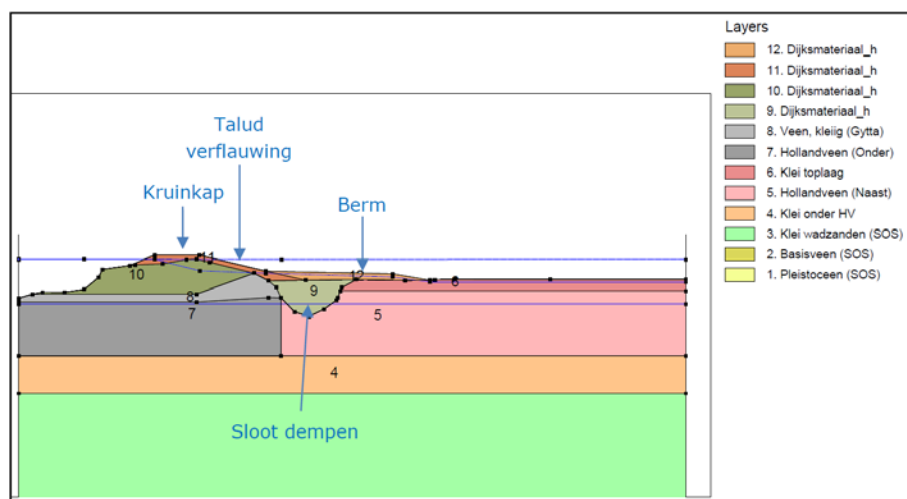
De zettingen vanuit de ophoging is berekend met D-Settlement versie 16.1. In de zettingsanalyse is gebruik gemaakt van het NEN Bjerrum zettingsmodel en het consolidatie model van Darcy.

4 Samenvatting schetsontwerp HHNK

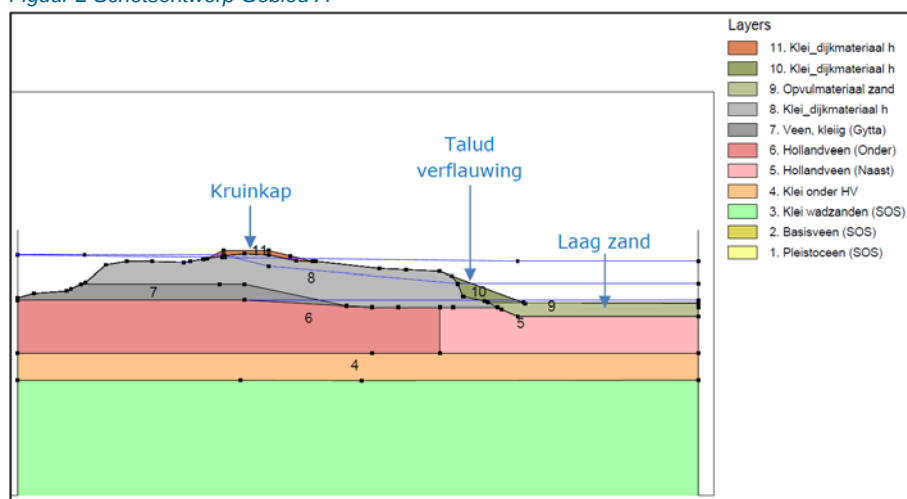
Door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is op 4 augustus 2016 een memo (kenmerk 16.0177953) opgesteld met daarin een schetsontwerp van de dijkversterking te Westknollendam.

De kering is in de toetsing afgekeurd op de faalmechanismen hoogte (HT) en binnenwaartse macrostabiliteit (STBI). Uit de toetsing volgt dat de regionale kering ruim voldoet ten aanzien van het faalmechanisme piping (STPH). Dit faalmechanisme is derhalve buiten beschouwing gelaten in het ontwerp.

Het SO bestaat uit een versterking in grond. In gebied A is een ophoging van de kruin voorzien ten behoeve van de hoogte en het dempen van de sloot in combinatie met een binnenberm ten behoeve van de binnenwaartse macrostabiliteit. In gebied B is gekozen voor een soortgelijke aanpak waarbij de kruin wordt verhoogd en een zandlaag in de sloot wordt aangebracht in combinatie met een taludverflauwing.



Figuur 2 Schetsontwerp Gebied A



Figuur 3 Schetsontwerp Gebied B

5 Voorontwerp (kwalitatief)

Voor het voorontwerp is in overleg met HHNK als uitgangspunt aangehouden dat alleen gekeken wordt naar een oplossing in grond. Voor het bepalen van de afmetingen van de dijkversterking zijn 3 doorsneden beschouwd. Er is 1 doorsnede bekeken in gebied A en er zijn 2 doorsneden bekeken in gebied B.

Voor een ontwerp in grond moet de dijkversterking ca 20 cm hoger worden dan dat in het SO is aangehouden (zie Tabel 3-3). De kruin wordt 2,5 m breed in plaats van 2,0 m zoals eerder aangehouden in het SO. Dit betekent dat de ophogingen ter plaatse van de taluds zwaarder uitvallen dan waar in het SO rekening mee is gehouden.

Verder is het SO geverifieerd met het aanvullende grond onderzoek. Op basis van het aanvullende onderzoek volgen er geen significante wijzigingen van de bodemopbouw.

In het VO is gerekend met het Bishop model. Dit is geverifieerd met het Spencer model. Uit het Spencer model komen iets hogere veiligheidsfactor dan dat er met Bishop wordt berekend. Dit komt omdat het Spencer model vrij gevoelig is voor het definiëren van de lijnen voor het berekenen van het maatgevende glijvlak. Om nog wat ruimte te laten in het ontwerp is in het VO uitgegaan van een schematiseringsfactor van 1,15. Aangezien de modelfactor en de schadefactor gelijk zijn aan 1,0 betekent dit een minimale vereiste veiligheidsfactor van 1,15.

In alle drie de dijkvakken moet de kruin worden opgehoogd naar NAP +0.4 m. Aanvullend op de gestelde eisen aan de hoogte moeten ook maatregelen genomen worden voor de macrostabiliteit. De maatregelen voor het verhogen van de stabiliteit zijn in de onderstaande paragrafen uitgewerkt. De verschillende varianten zijn gebaseerd op het SO en afgestemd met HHNK.

5.1 Voorontwerp Gebied A

Om de dijkversterking uit te kunnen voeren moet als eerste de sloot worden opgevuld. Naast het opvullen van de sloot moeten aanvullende maatregelen aan het talud genomen worden. In het VO zijn 3 mogelijkheden beschouwd:

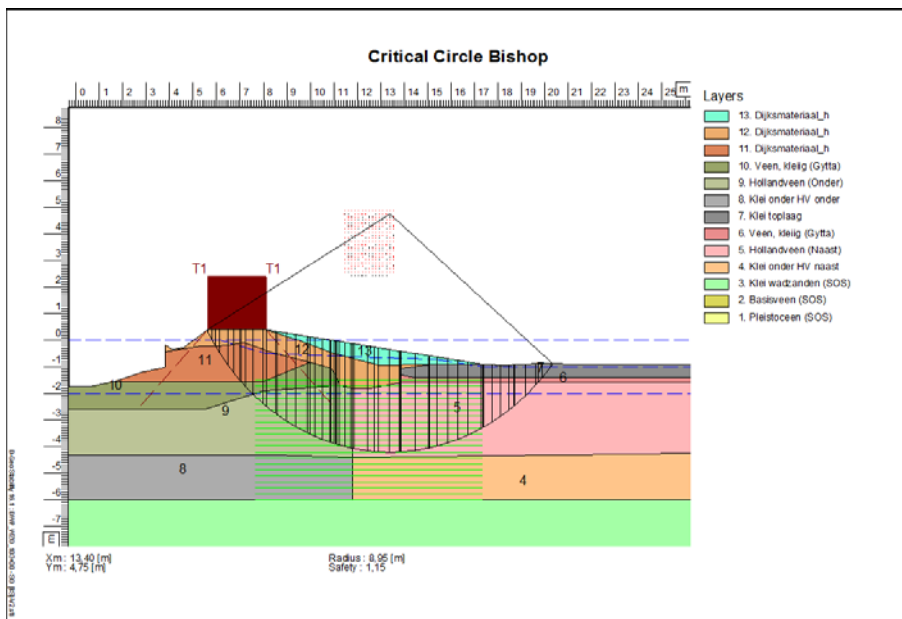
- optie 1) een talud verflauwing, naar 1:7 met kleiig materiaal;
- optie 2) een berm bestaande uit kleiig materiaal met een breedte van ca 5 m en een hoogte van 0,4 m.
- optie 3) een berm bestaande uit aanvul zand met een breedte van ca 4 m en een hoogte van 0,4 m

Voor de buitenwaartse stabiliteit is één optie kwantitatief beschouwd en één optie kwalitatief. Het verflauwen van het buitentalud is berekend en het aanbrengen van een berm is beschouwd op basis van de resultaten van de buitenwaartse stabiliteit van deelgebied B1.

5.1.1 Binnenwaartse stabiliteit gebied A

Optie 1

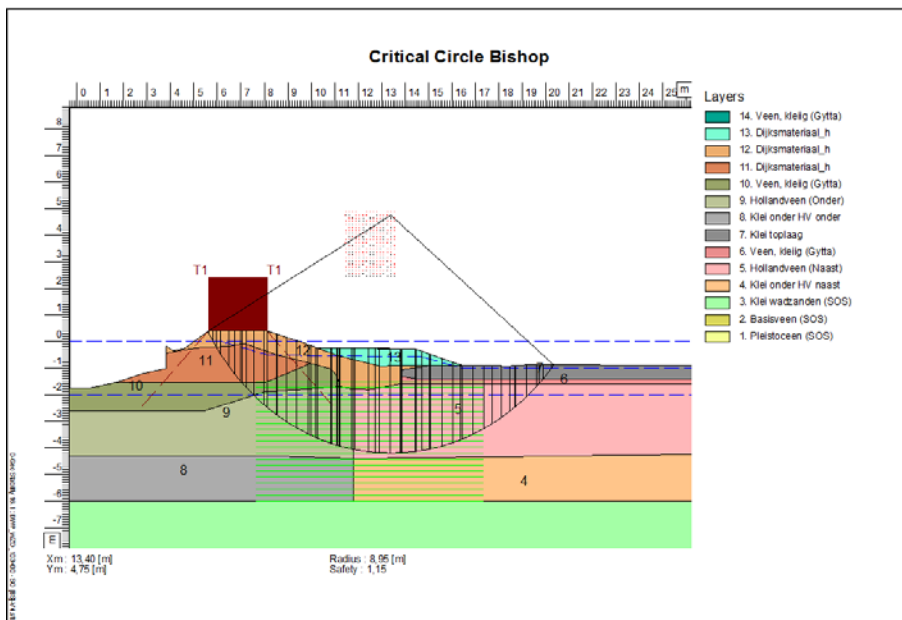
Om door middel van taludverflauwing aan de stabiliteitseis te kunnen voldoen is een talud van 1:7 (v:h) benodigd. In de onderstaande afbeelding is de omvang van de dijkverbetering weergegeven. Laag 12 en laag 13 betreffen de grond die aangebracht moet worden om aan de vereiste hoogte en de stabiliteitsfactor van 1,15 te voldoen. De aanvulling bestaat uit vergelijkbaar materiaal als de huidige dijk.



Figuur 4 Dijkversterking optie 1 gebied A

Optie 2

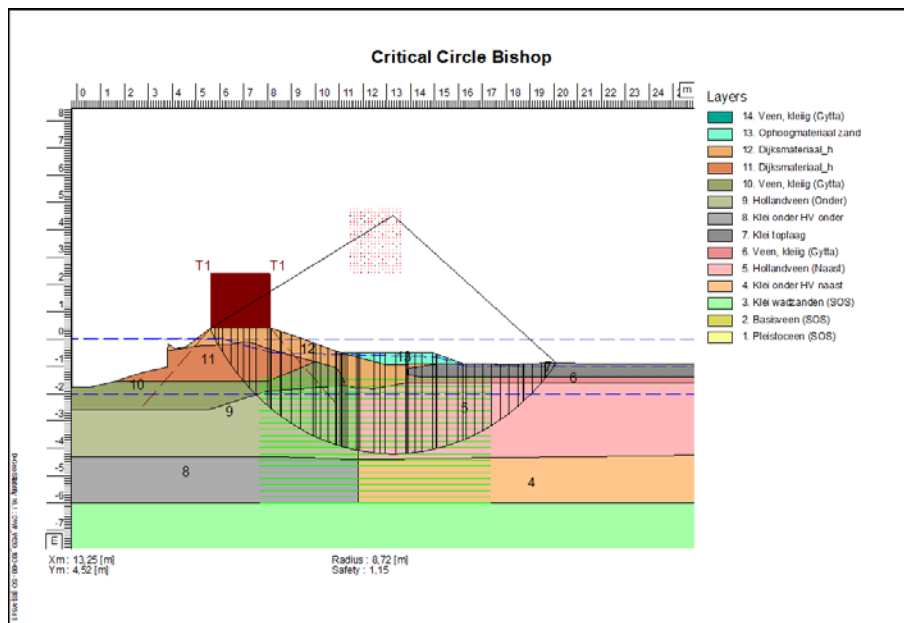
Uitgaande van een kleiberm is een berm lengte van 5 meter en een hoogte 0,4 m nodig. De berm is opgebouwd uit de zelfde grond als de dijk. Dit heeft een volumegewicht van $13,9 \text{ kN/m}^3$. Laag 12 en laag 13 betreffen de grond die aangebracht moet worden om aan de vereiste hoogte en de stabiliteitsfactor van 1,15 te voldoen.



Figuur 5 Dijkversterking optie 2 gebied A

Optie 3

De lengte van de berm kan geoptimaliseerd worden door zwaarder aanvulmateriaal te gebruiken. Uitgaande van zand met een volumegewicht van 17 kN/m^3 is een berm van 4 m lang en 0,4 m hoog voldoende. Laag 12 en laag 13 betreffen de grond die aangebracht moet worden om aan de vereiste hoogte en de stabiliteitsfactor van 1,15 te voldoen. Voor laag 12 wordt eveneens het zelfde materiaal aangehouden als waaruit de dijk is opgebouwd.

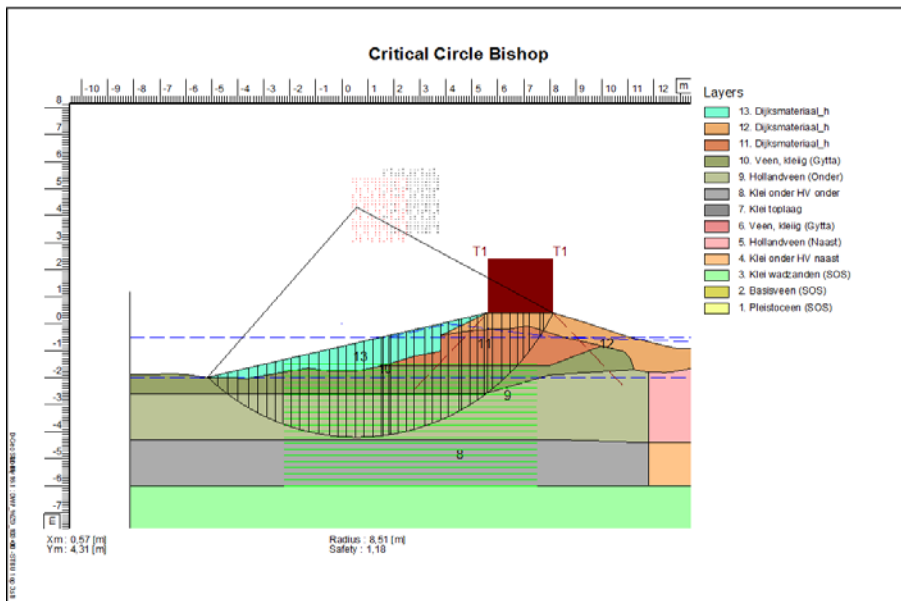


Figuur 6 Dijkversterking optie 3 gebied A

5.1.2 Buitenwaartse stabiliteit gebied A

Buitenwaartse stabiliteit

Het buitentalud moet verflauwd worden naar 1:4,5 (v:h) om aan de vereiste stabiliteitsfactor van 1,15 te voldoen. Vlak 13 geeft de omvang van de taludverflauwing weer voor de buitenwaartse stabiliteit. Als alternatief kan worden gekozen voor een buitenberm vergelijkbaar met de huidige situatie iets ten noorden van deze doorsnede (gebied B1).



Figuur 7 Dijkversterking buitenwaartse stabiliteit gebied A

5.2 Voorontwerp Gebied B1

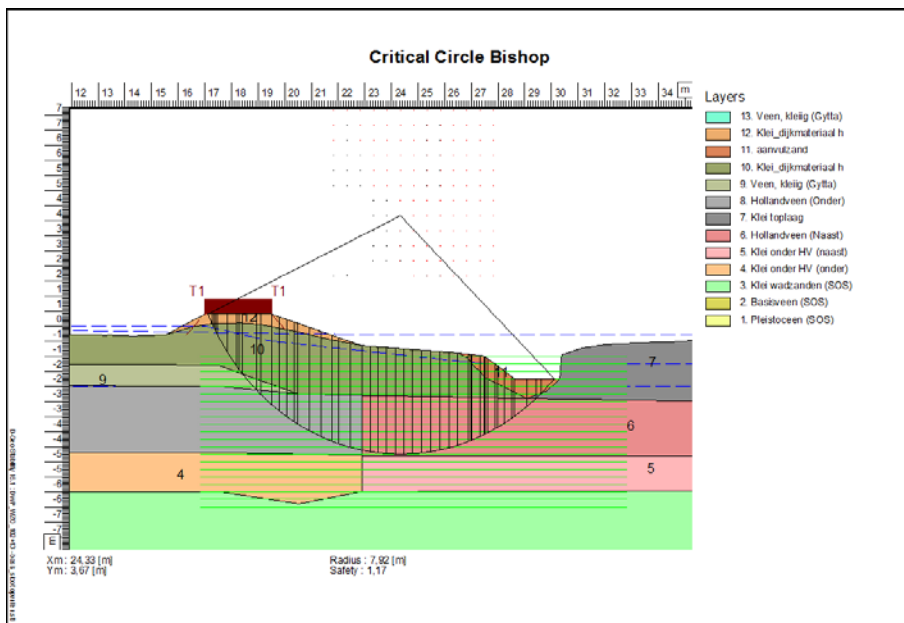
Voor gebied B1 is gekeken naar 3 versterkingsmaatregelen. Als basis voor de dijkverbetering van gebied B1 wordt zowel voor het buiten- als binnentalud een helling 1:3 (v:h) aangehouden. De kruin moet worden opgehoogd naar NAP +0,40 m met een breedte van 2,5 m. Voor de versterkingsmaatregelen voor gebied B1 zijn de volgende opties bekeken:

- optie 1) Opvullen van de sloot, ca 1 m versmallen en bodem ca 0,8 m ophogen;
- optie 2) Verflauwen van het talud met de daarbij horende sloot aanvulling, talud verflauwen 1:4,5, sloot ca 0,5 m versmallen en bodem ca 0,6 m ophogen;
- optie 3) Aanbrengen van een berm met de daarbij horende sloot aanvulling. Berm breedte ca 2,5 m berm hoogte ca 0,4 m, sloot talud verflauwen naar 1:2 en de bodem ca 0,6 m ophogen.

5.2.1 Binnenwaartse stabiliteit gebied B1

Optie 1

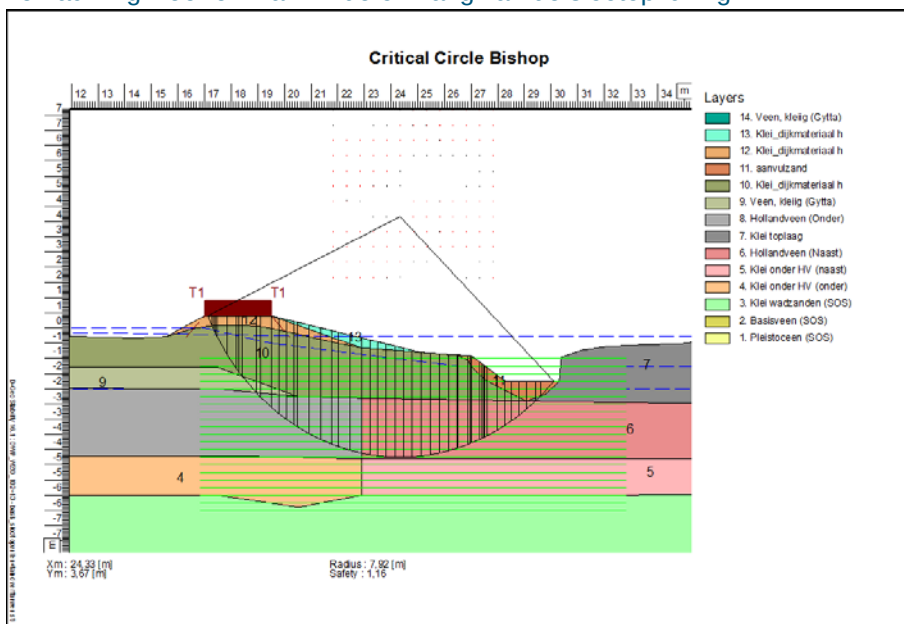
Wanneer alleen de geometrie van de sloot wordt aangepast moet de huidige sloot gedeeltelijke worden versmald met ca 1 m zand. Hierna kan het huidige talud worden gevolgd naar NAP -1,75. De slootbodembodem wordt hierdoor versmald naar ca 1,5 m. De berekende stabiliteitsfactor bedraagt 1,17. Vlak 12 geeft de benodigde aanpassing aan het dijkprofiel weer. Vlak 11 betreft de benodigde slootopvulling.



Figuur 8 Dijkversterking optie 1 gebied B1

Optie 2

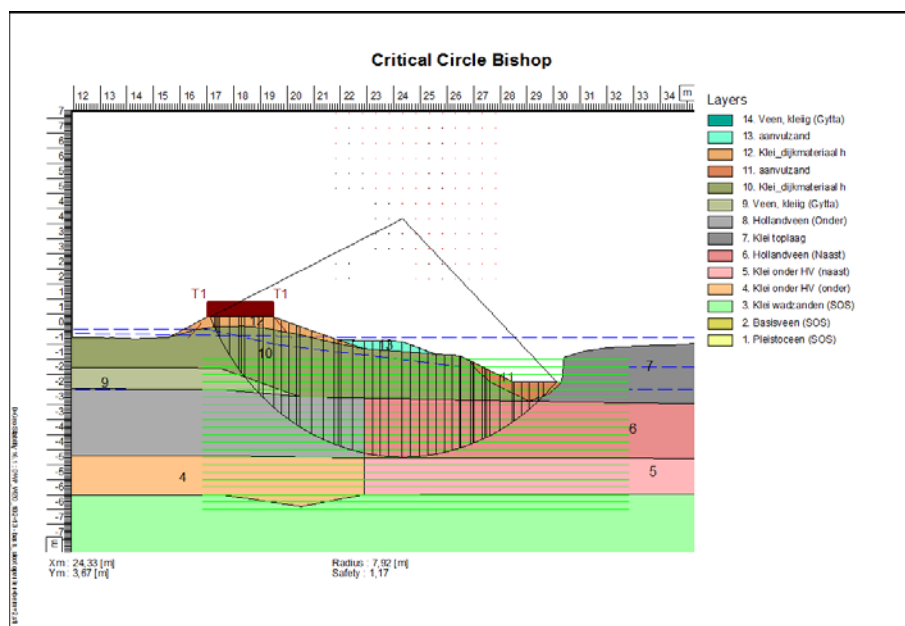
Er is ook gekeken naar hoever de sloot moet worden opgevuld als het talud wordt verflauwd. Als het binnentalud wordt verflauwd naar ca 1:4,5 (v:h) moet de huidige sloot worden versmald met ca 0,5 m en aangevuld tot een niveau van NAP -1,75 m. Dit betekent dat er ca 50 cm water in de sloot staat, uitgaande van een polderpeil van NAP -1,25 m. In dit geval wordt er een veiligheidsfactor van 1,16 berekend. Vlak 12 geeft de geometrische dijkverhoging weer, vlak 13 geeft omvang van de talud verflauwing weer en vlak 11 de omvang van de slootopvulling.



Figuur 9 Dijkversterking optie 2 gebied B1

Optie 3

Wanneer aan de binnenzijde van de dijk een berm wordt aangebracht van ca 2,5 m met een hoogte van ca 0,4 m tot NAP -0,4 m en het binnentalud van de sloot wordt verflauwd naar 1:2 (v:h) dan moet de sloot worden opgevuld tot NAP -1,75 m. Dit betekent dat ca 0,5 m water in de sloot staat uitgaande van een polderpeil van NAP -1,25 m. Bij deze versterking is een veiligheidsfactor berekend van 1,17. Vlak 12 geeft het verloop van de kruinverhoging weer, vlak 13 geeft de omvang van de berm weer en vlak 11 de omvang van de slootopvulling.

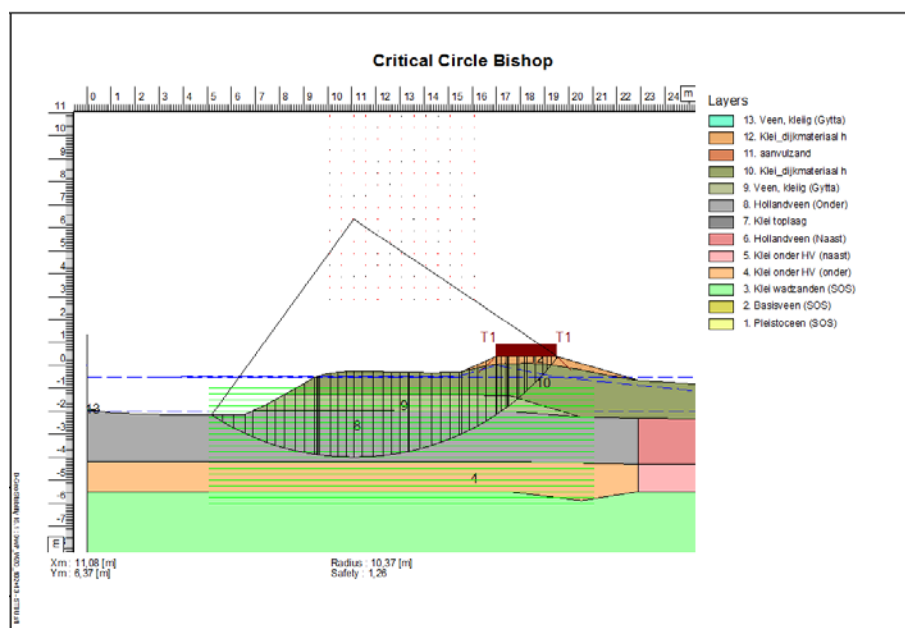


Figuur 10 Dijkversterking Optie 3 gebied B1

5.2.2 Buitenwaartse stabiliteit gebied B1

Buitenwaartse stabiliteit

De dijkverhoging wordt ter plaatse van deelgebied B1 buitenwaarts uitgevoerd met een taludhelling van 1:3. Voor gebied B1 wordt ruimschoots voldaan aan de eisen voor de buitenwaartse stabiliteit ($SF=1,26 > 1,15$) zonder dat aanvullende maatregelen genomen moeten worden.



Figuur 11 Dijkversterking buitenwaartse stabiliteit gebied B1

5.3 Voorontwerp Gebied B2

In gebied B2 is de dijk smaller en is weinig ruimte voor een berm en of taludverflauwing. De volgende versterkingsopties zijn beschouwd:

- optie 1) Een buiten talud van 1:3, 2,5 m kruin en dan een talud 1 op 3 (v:h) naar de insteek van de sloot.
- optie 2) Een buitentalud 1:1 naar het huidige maaiveld, 2,5 m kruin dan binnen talud 1 op 3 (v:h) met een berm van ca 1,5 m met een hoogte van ca 60 cm tot de insteek van de sloot.

5.3.1 Binnenwaartse stabiliteit gebied B2

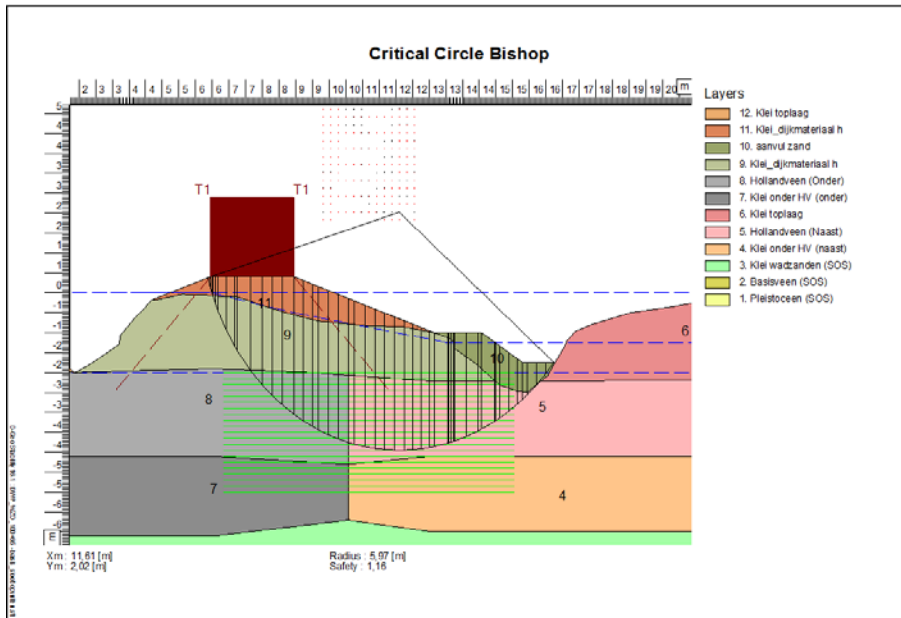
Optie 1

De sloot moet worden versmald over een breedte van ca 1,5 m waarna het huidige talud wordt gevolgd tot een diepte van NAP -1,75 m. Het resterende nat oppervlak na aanvulling van de sloot bedraagt ca 1 m²/m. Wanneer dit niet voldoende is, is het over een bepaald deel van het traject mogelijk om de sloot te verplaatsen. Echter is het niet mogelijk over het gehele traject de sloot te verplaatsen in verband met perceelgrenzen, zie Figuur 12.

Wanneer de sloot wordt gedempt conform de bovenstaande afmetingen wordt een veiligheidsfactor berekend van 1,16. Vlak 11 geeft het verloop van de dijkverhoging weer van optie 1 vlak 10 geeft de grootte van de slootopvulling weer.



Figuur 12 mogelijkheid verplaatsen sloot: groene lijn = sloot verplaatsen mogelijk, oranje lijn = sloot verplaatsen niet mogelijk ivm perceelsgrens



Figuur 13 Dijkverbetering optie 1 gebied B2

Optie 2

De sloot moet worden opgevuld over een breedte van ca 1,5 m waarna een talud 1:1,5 (v:h) volgt tot een diepte van NAP -1,75 m. Wanneer deze slootversmalling wordt uitgevoerd blijft er nog een sloot over met een nat oppervlak van ca 1 m²/m. Als dit onvoldoende is, is het over een bepaald deel van het traject mogelijk om de sloot te verplaatsen. Echter is het niet mogelijk ook over het gehele traject de sloot te verplaatsen in verband met perceelsgrenzen, zie Figuur 12.

Critical Circle Bishop

Layers:

- 13. Klei toplaag
- 12. Klei_dijkmateriaal h
- 11. Klei_dijkmateriaal h
- 10. aanvul zand
- 9. Klei_dijkmateriaal h
- 8. Hollandveen (Onder)
- 7. Klei onder HV (onder)
- 6. Klei toplaag
- 5. Hollandveen (Naast)
- 4. Klei onder HV (naast)
- 3. Klei walzanden (SOS)
- 2. Basiseven (SOS)
- 1. Pleistoceen (SOS)

Radius: 6.77 [m]
Safety: 1.15

Xm: 10.33 [m]
Ym: 2.82 [m]

Critical Circle Bishop

0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 [m]

4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-2.5
-3.0
[E]

Layers

- 14. aanvul zand
- 13. Klei topklaag
- 12. Klei_dijkmateriaal h
- 11. aanvul zand
- 10. aanvul zand
- 9. Klei_dijkmateriaal h
- 8. Hollandveen (Onder)
- 7. Klei onder HV (onder)
- 6. Klei topklaag
- 5. Hollandveen (Naast)
- 4. Klei onder HV (naast)
- 3. Klei wadzanden (SOS)
- 2. Baserveen (SOS)
- 1. Pleistoceen (SOS)

T1 **T2**

Radius : 4.14 [m]
Safety : 1.15

Xm : 3.86 [m]
Ym : 2.39 [m]

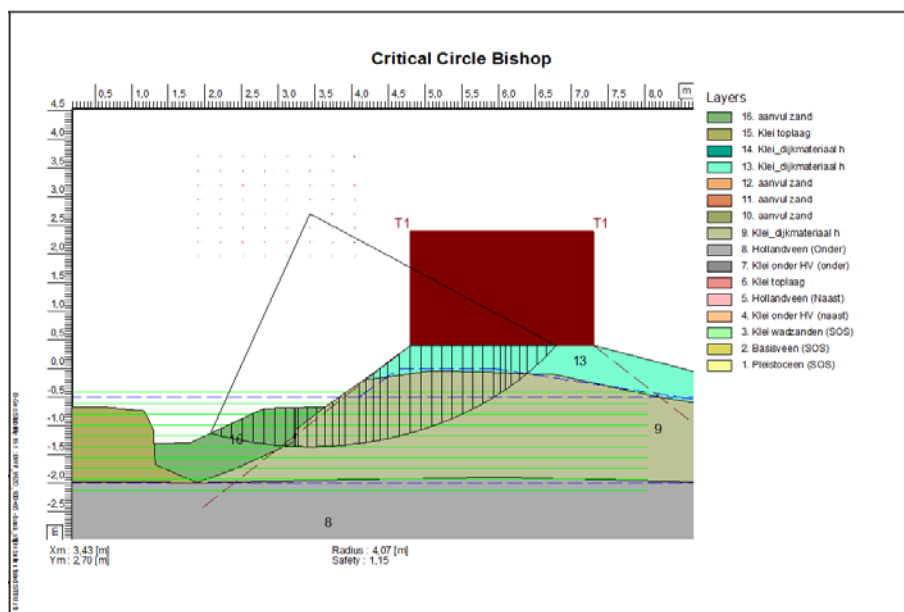
16

Optie 2

Deze optie bestaat ook uit een gedeeltelijke demping van de teensloot. In plaats van een aanvulling op de bodem waarbij de diepte wordt gereduceerd, kan ook gekozen worden voor het versmallen van de sloot waarbij de nieuwe sloot iets dieper is dan in optie 1.

Het talud van de sloot moet worden verflauwd naar ca 1:1,5. Daarnaast moet in de breedte ca 1,2 m zand worden aangebracht en de sloot moet worden opgevuld tot ca NAP -1,1. Het aanvullen van de sloot moet gebeuren met zand. Bij deze optie wordt een stabiliteit berekend van 1,15.

Vlak 16 is het vlak dat moet worden uitgevoerd om voor de buitenwaartse stabiliteitseisen te voldoen. Vlak 13 geeft het verloop van de kruinverhoging weer.



Figuur 16 Dijkversterking buitenwaarts optie 2 gebied B2

6 Definitief ontwerp

Tijdens het overleg van 30 maart 2017 is door HHNK het voorkeursalternatief per gebied aangegeven:

- Gebied A: optie 1 - kruinverhoging met binnenwaartse taludverflauwing naar 1:8 en buitenwaartse taludverflauwing naar 1:4,5.
- Gebied B1: optie 2 – kruinverhoging wordt buitenwaarts opgezet met 1:3 binnenwaartse/ taludverflauwing binnenwaarts naar 1:4,5 en versmalling van de teensloot.
- Gebied B2: optie 1 - kruinverhoging met binnenwaartse taludverflauwing naar 1:4,5, buitenwaartse taludverflauwing naar 1:3 en deels versmallen en aanvullen van de beide teensloten.

6.1 Berekening stabiliteit

Voor het bepalen van de stabiliteit van de dijk is in het DO in meer detail gekeken naar de schematiseringsfactor. Voor het bepalen van de schematiseringsfactor zijn verschillende scenario's doorgerekend volgens het rapport 'Grondmechanisch schematiseren bij dijken'. De berekende scenario's met bijhorende stabiliteitsfactoren zijn weergegeven in Tabel 6-1 en Tabel 6-2. De schematiseringsfactor is berekend op 1,1 voor alle deelgebieden.

Er wordt gerekend met Uplift Van en er is geen sprake van opdrijven. De minimale vereiste stabiliteitsfactor is 1,05.

Tabel 6-1 Bepalen schematiseringsfactor Deelgebied A

Scenario	SOS model of verandering oorspronkelijk	Kans van voorkomen	stabiliteitsfactor
basis	basis	-	1,14
1	267_1D5	10,8	1,20
2	267_1D10	22,7	1,21
3	267_1D18	5,3	1,13
4	267_1D22	4,8	1,13
5	Bovenbelasting 1,5 keer zo groot	10	1,07
6	Consolidatie bovenbelasting 10% ipv 30%	30	1,11

Tabel 6-2 Bepalen schematiseringsfactor Deelgebied B2

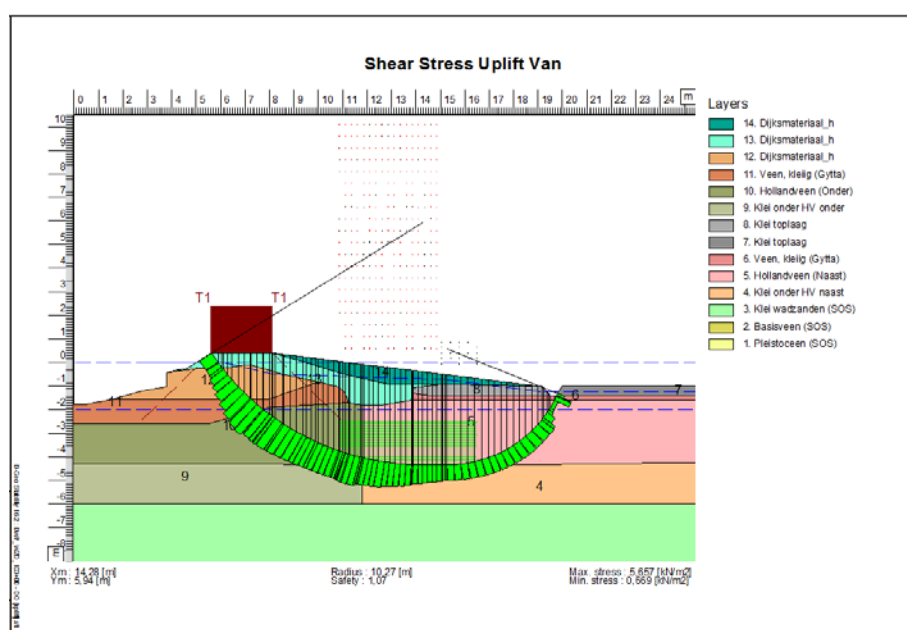
Scenario	SOS model of verandering oorspronkelijk	Kans van voorkomen	stabiliteitsfactor
basis	basis	-	1,14
1	267_1D6	10,8	1,09
2	267_1D18	5,3	1,09
3	267_1D22	4,8	1,09
4	Lichter opvul materiaal sloot (1kN/m ³ lager)	5	1,05
5	Consolidatie% bovenbelasting 10% ipv 30%	30	1,12

Het verschil tussen de basisvariant en de scenario's ligt voor beide deelgebieden tussen de 0 en 0,1. Volgens het rapport grondmechanisch schematiseren bij dijken mag er een schematiseringsfactor van 1,1 worden toegepast.

6.1.1 DO deelgebied A

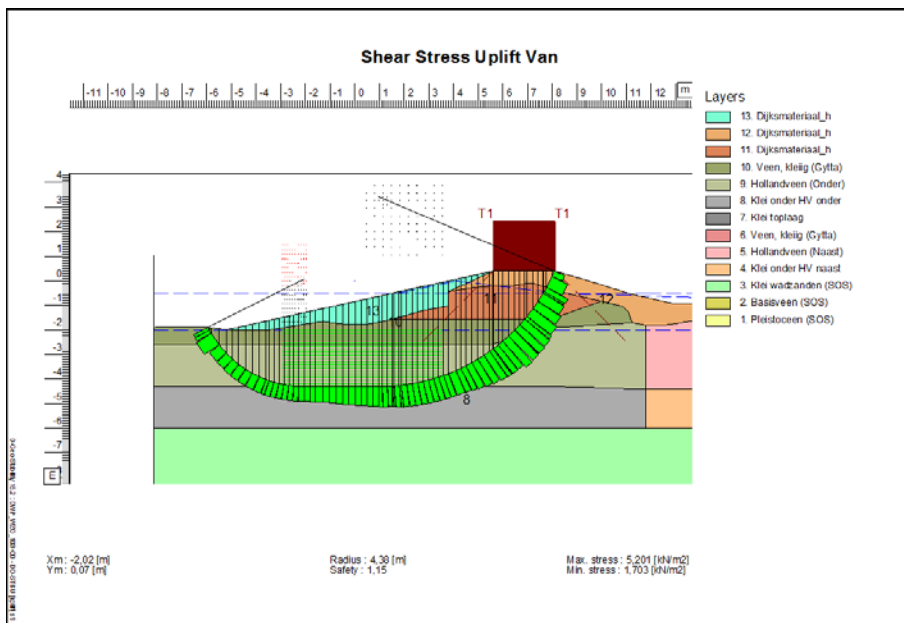
In deze paragraaf is de voorkeursvariant uitgewerkt tot DO. De voorkeursvariant betreft een oplossing in grond. De sloot moet opgevuld worden en zowel binnentalud als het buitentalud moet worden verflauwd. Ten behoeve van de afwatering is aan de binnenzijde een slootje/greppel voorzien.

De berekeningen zijn uitgevoerd met de methodes Spencer en Uplift Van. Uplift Van is maatgevend; er is geen sprake van opdrijven. De schematiseringsfactor bedraagt 1,1; resulterend in een vereiste stabiliteitsfactor van 1,05.



Figuur 17 DO STBI deelgebied A

Met een 1:8 binnentalud wordt voldaan aan de stabiliteitseis ($SF=1,07 > 1,05$). In de bovenstaande figuur is het maatgevende glijvlak weergegeven.

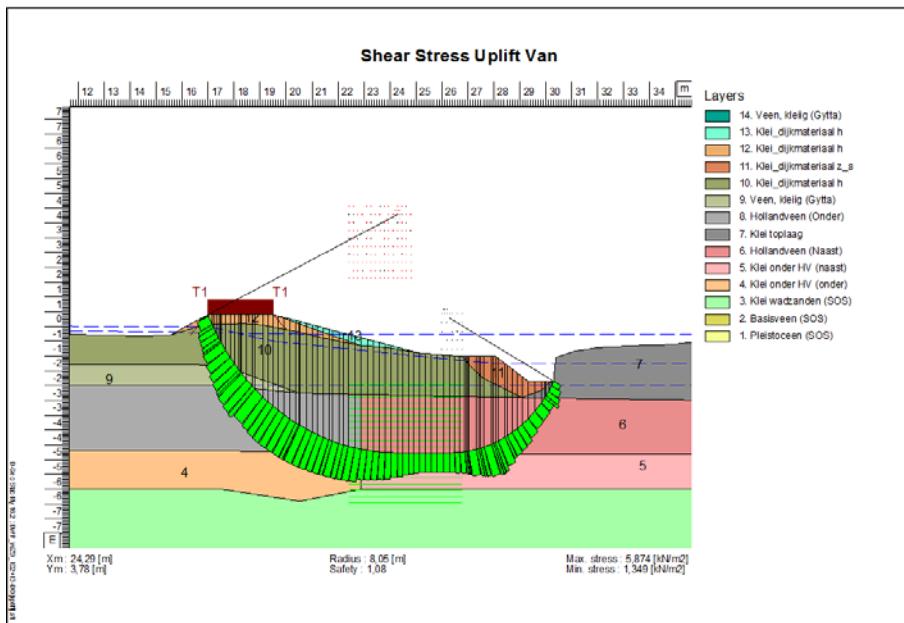


Figuur 18 DO STBU deelgebied A

Met een 1:4,5 binnentalud wordt voldaan aan de stabiliteitseis ($SF=1,15 > 1,05$). In de bovenstaande figuur is het maatgevende glijvlak weergegeven.

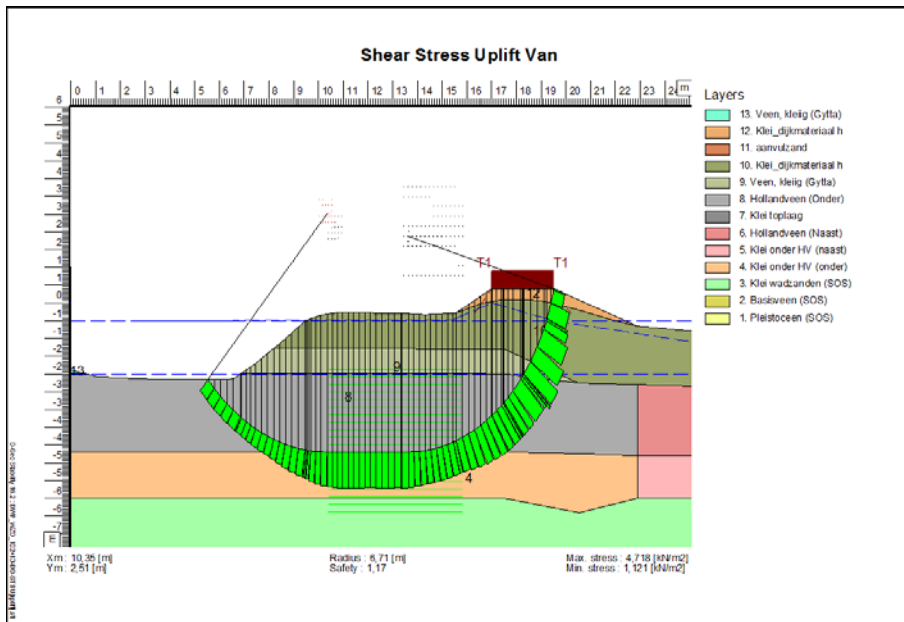
6.1.2 DO deelgebied B1

In het DO is het voorkeursalternatief nader uitgewerkt en gecontroleerd met Uplift Van. Voor deelgebied B1 moet het binnentalud worden verflauwd naar 1:4,5 (v:h). De sloot moet worden opgevuld over een breedte van ca 1,5 m waarna het sloottalud 1:1,5 (v:h) verloopt naar bodemniveau op NAP -1,85 m. Hiermee wordt aan het minimale doorstroombrofiel voldaan. De slootbodem moet eerst worden aangevuld met zand zodat wanneer de sloot wordt droog gezet geen opbarsten optreedt. Daarna moet de sloot worden opgevuld met zandige klei met een minimaal volumegewicht van $17,0 \text{ kN/m}^3$. De resulterende stabiliteitsfactor bedraagt volgens de methode Uplift 1,08. Waarmee voldaan wordt aan de stabiliteitseis van 1,05.



Figuur 19 DO STBI deelgebied B1

Voor dit gebied is de buitenwaartse stabiliteit voldoende; aanvullende maatregelen aan de buitenzijde zijn niet nodig.

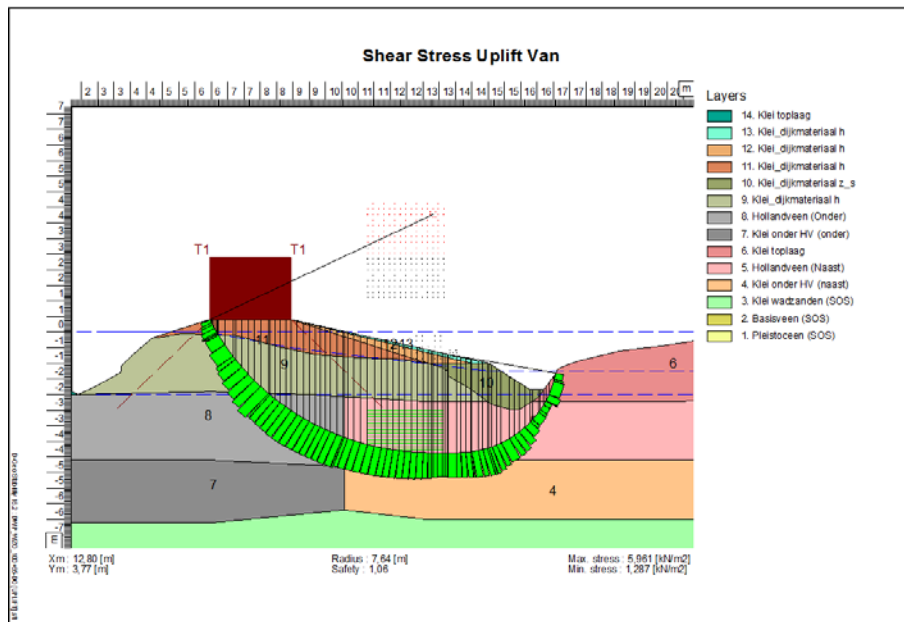


Figuur 20 DO STBU deelgebied B1

6.1.3 DO deelgebied B2

Voor deelgebied B2 moet het binnentalud worden verflauwd naar 1:4,5 (v:h). De sloot moet worden opgevuld over een breedte van ca 1,5 m. Het sloottalud 1:1,5 (v:h) verloopt naar bodemniveau van NAP - 1,85 m. Hiermee wordt aan het minimale doorstroombrofiel voldaan. De slootbodem moet eerst worden aangevuld met zand zodat wanneer de sloot wordt droog gezet geen opbarsten optreed daarna moet de sloot worden opgevuld met zandige klei met een minimaal volumegewicht van 17,0 kN/m³.

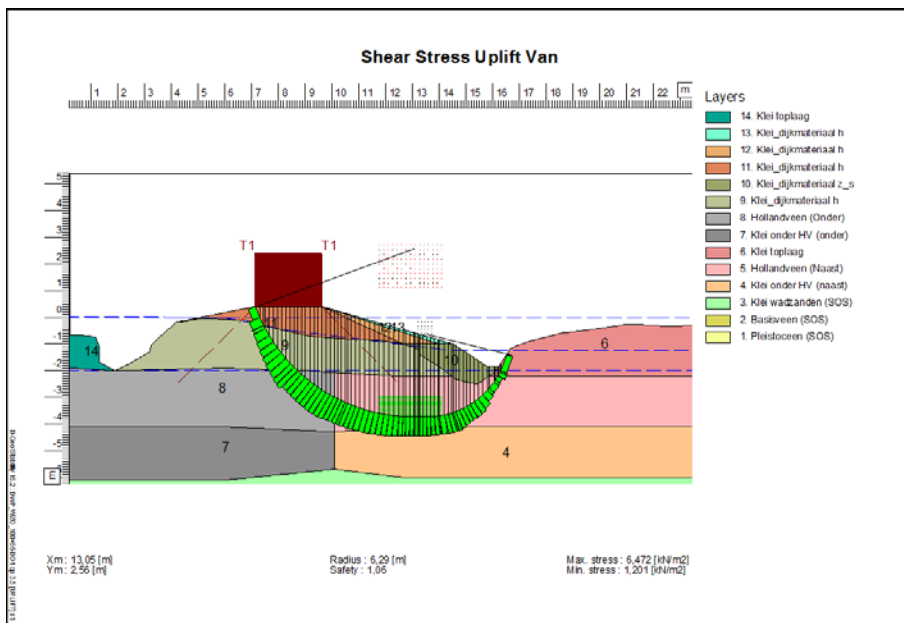
De resulterende stabiliteitsfactor bedraagt volgens de methode Uplift 1,06. Voldaan wordt aan de stabiliteitseis van 1,05.



Figuur 21 DO STBI deelgebied B2

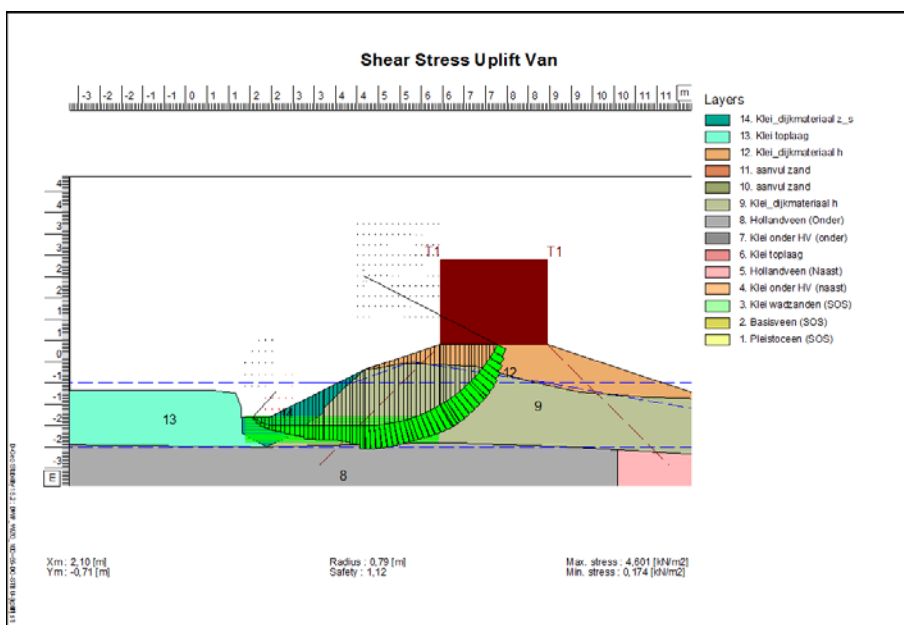
Over een bepaalde lengte in deelgebied B2 is het gezien de beperkte ruimte niet mogelijk om een talud van 1:4,5 (v:h) toe te passen. Hiervoor wordt verwezen naar de tekeningen. In dit gebied kan het talud worden aangepast naar maximaal 1:3,5 (v:h). Er kan een talud 1:3,5 worden toegepast wanneer dit direct aansluit op de insteek van de sloot en wanneer het minimaal toelaatbare slootprofiel wordt aangehouden zie Figuur 22. De resulterende stabiliteitsfactor bedraagt volgens de methode Uplift 1,06. Voldaan wordt aan de stabiliteitseis van 1,05.

Voor de stabiliteit is het belangrijk dat het talud direct aansluit op de insteek van de sloot. Het talud moet zo worden aangelegd dat deze aansluit op de insteek van de sloot. De maximale talud helling die aangehouden mag worden is 1:4,5 (v:h). wanneer er een talud 1:4,5 wordt aangehouden is het niet noodzakelijk om het talud aan te sluiten op de insteek van de sloot. Dit komt overeen met deelgebied B1.



Figuur 22 DO STBI deelgebied B2 (steiler binnen talud)

De buitendijkse zijde moet ook worden versterkt. De sloot aan de buitendijkse zijde moet worden opgevuld tot NAP -1,3 m. Voor de slootbodem is een breedte aangehouden van 0,5 m en een 1:2 sloottalud aan de dijkzijde. De aanvulling moet worden gedaan met zandige klei met een volumegewicht van $17,0 \text{ kN/m}^3$.

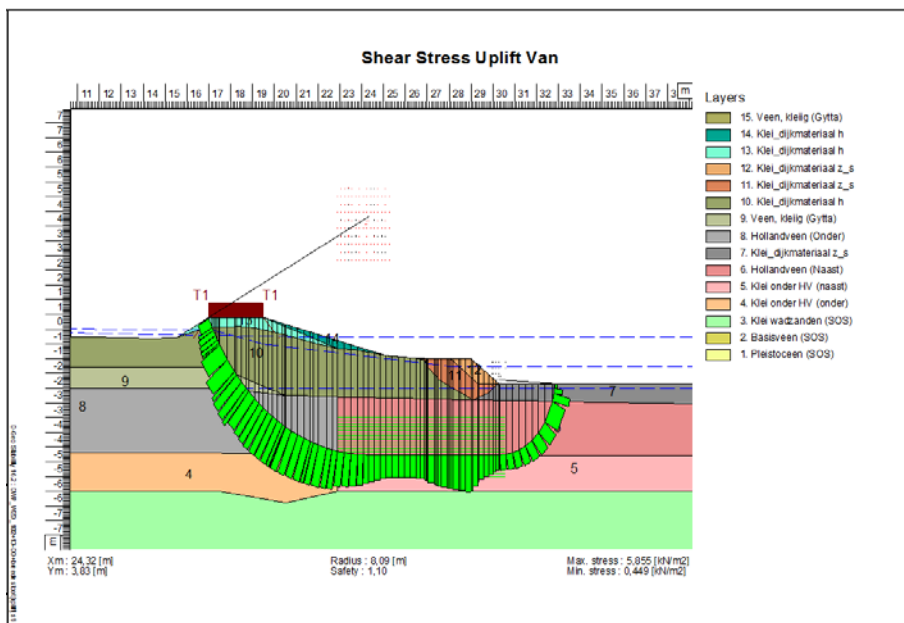


Figuur 23 DO STBU deelgebied B2

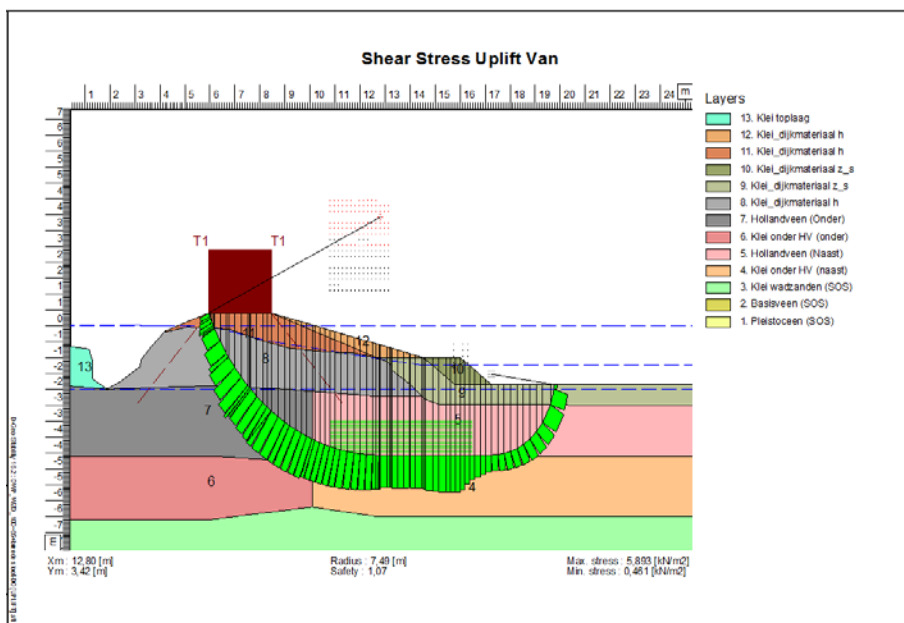
6.1.4 Gebied tussen B1 en B2 ter plaatse van grote openwater gedeelte

Tussen deelgebied B1 en B2 is aan de binnenzijde een waterpartij aanwezig. Om ter plaatse van deze waterpartij ook te voldoen aan de stabiliteitseis moet de slootkant aan de binnenzijde nog extra worden

verplaatst; zie Figuur 24 en Figuur 25. Wanneer de geometrie van de dijk lijkt op gebied B1 dan moet de sloot 1 m extra worden verplaatst. Wanneer de geometrie van de dijk lijkt op B2 dan moet de sloot ca 1,5 m extra worden verplaatst. Ook moet de volledige slootbodem worden aangevuld tot NAP -1,85 m met zand zodat niet eerst de sloot droog gezet hoeft te worden.



Figuur 24 DO STBI deelgebied B1 tpv waterpartij



Figuur 25 DO STBI deelgebied B2 tpv waterpartij

6.2 Zettingsanalyse

In de zettingsberekeningen is de zettingscompensatie meegenomen over 30 jaar zodat de dijk op $T = 30$ jaar aan de vereiste hoogte voldoet. Voor het ophoogmateriaal is uitgegaan van een volumegewicht van 14 kN/m^3 . Dit is vergelijkbaar met het bestaande dijksmateriaal. Ter plaatse van deel gebied B1 en B2 moeten de sloten wordt aangevuld met grond met een hoger volumegewicht van ca $17,0 \text{ kN/m}^3$.

6.2.1 Zetting deelgebied A

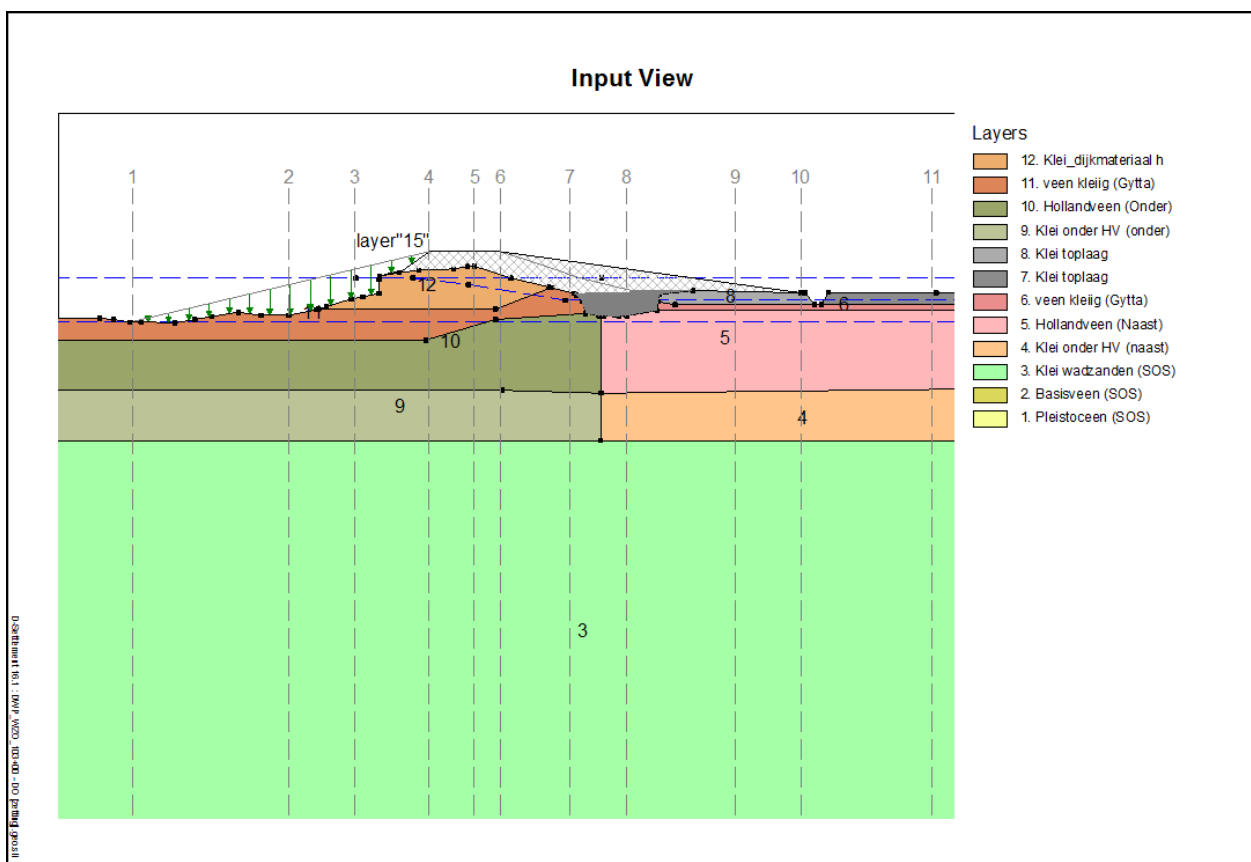
De berekende zettingen zijn opgenomen in de onderstaande tabel. Hierbij zijn de volgende termen gehanteerd:

- Netto ophoging = verschil tussen huidig en benodigd minimale dijkprofiel gedurende de planperiode.
- Zettingscompensatie = aanvulling om zettingen te compenseren gedurende de planperiode. Dit is exclusief autonome bodemdaling, welke in rekening is gebracht bij het bepalen van de benodigde kruinhoogte.
- Bruto ophoging = totale benodigde aanvulling (exc eventuele tijdelijke overhoogte), dus netto ophoging + zettingscompensatie
- Spanningsonafhankelijke kruip = kruip die optreedt in het D-Settlement Bjerrum model zonder dat belasting wordt aangebracht; dus een vorm van autonome bodemdaling.
- Totale zetting = primaire zetting + spanningsafhankelijke kruip + spanningsonafhankelijke kruip op $T=30$ jaar.
- Eindzetting = primaire zetting + spanningsafhankelijke kruip = zettingscompensatie

Tabel 6-3 Berekende zetting deelgebied A

Locatie	Netto ophoging [cm]	Spannings-onafhankelijke kruip [cm]	Totale zetting [cm]	Eindzetting = zettingscompensatie [cm]	Bruto Ophoging [cm]	Restzetting na 1 jaar ¹⁾ [cm]
Buitenteen (1)	0	4	12	8	8	2
Buitentalud (2)	100	4	40	36	136	6
Buitenkruin (4)	65	6	37	31	96	14
Hart kruin (5)	60	9	41	32	92	14
Binnenkruin (6)	85	7	46	39	124	18
Binnentalud (tpv sloot) (8)	160	5	106	101	261	18
Binnenteen (10)	0	5	23	18	18	1

- 1) Dit is een indicatie van de restzetting in dit geval is er geen rekening gehouden met gefaseerd ophogen. De volledige dijkversterking is in het model in één keer aangebracht.



Figuur 26 Input zettingsberekening Deelgebied A

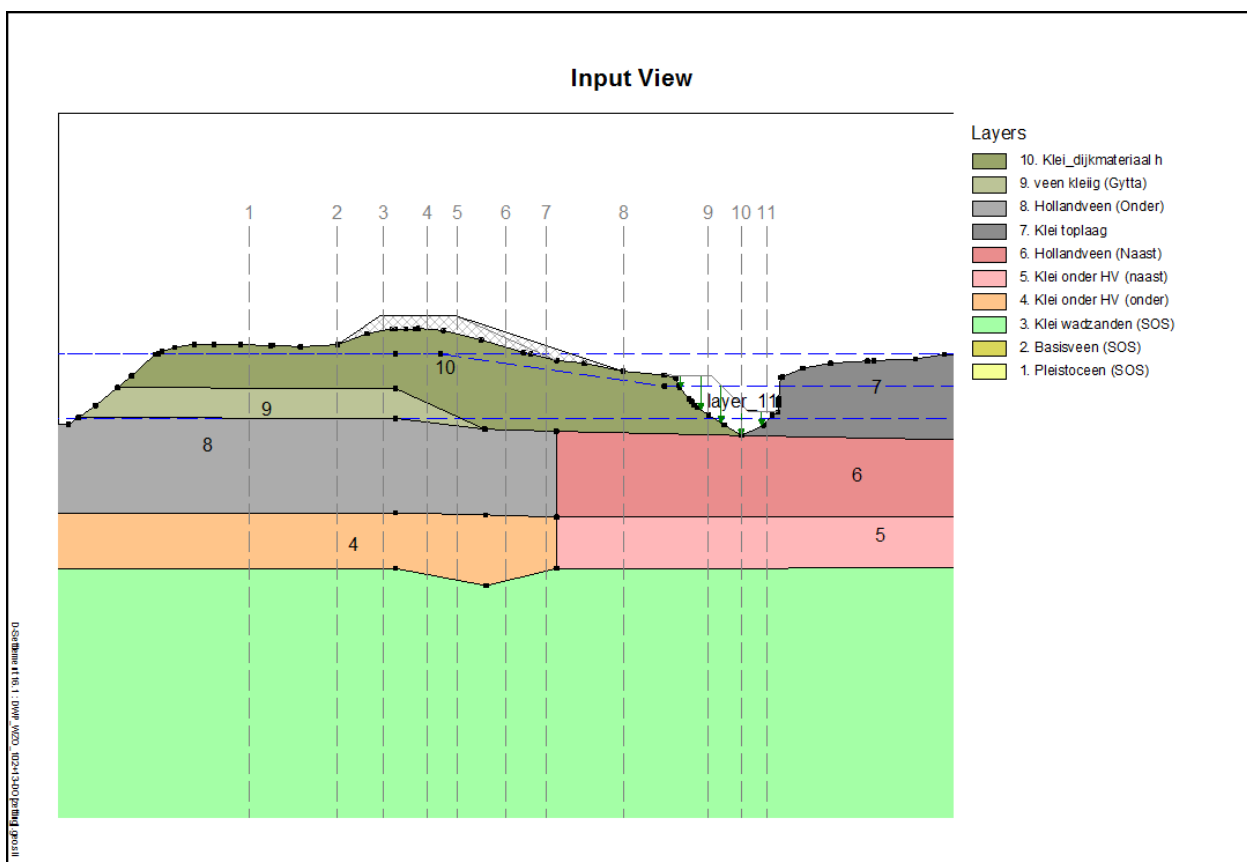
6.2.2 Zetting deelgebied B1

De zetting is op verschillende locaties in het dwarsprofiel berekend. De berekende zettingen zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

Tabel 6-4 Berekende zetting deelgebied B1

Locatie	Netto ophoging [cm]	Spannings-onafhankelijke kruip [cm]	Totale zetting [cm]	Eindzetting = zettingscompensatie [cm]	Bruto Ophoging [cm]	Restzetting na 1 jaar ¹⁾ [cm]
Buiten teen (2)	0	1	6	5	5	1
Buiten kruin (3)	35	3	14	11	46	6
Hart kruin (4)	30	3	17	14	44	8
Binnenkruin (5)	40	3	17	14	54	8
Binnen talud (6)	30	2	16	14	44	7
Binnen teen (8)	0	5	16	11	11	4
Sloot (10)	90	1	18	17	107	7
Sloot bodem (12)	30	1	23	22	52	7

1) Dit is een indicatie van de restzetting in dit geval is er geen rekening gehouden met gefaseerd ophogen. De volledige dijkversterking is in het model in één keer aangebracht.



Figuur 27 Input zettingsberekening Deelgebied B1

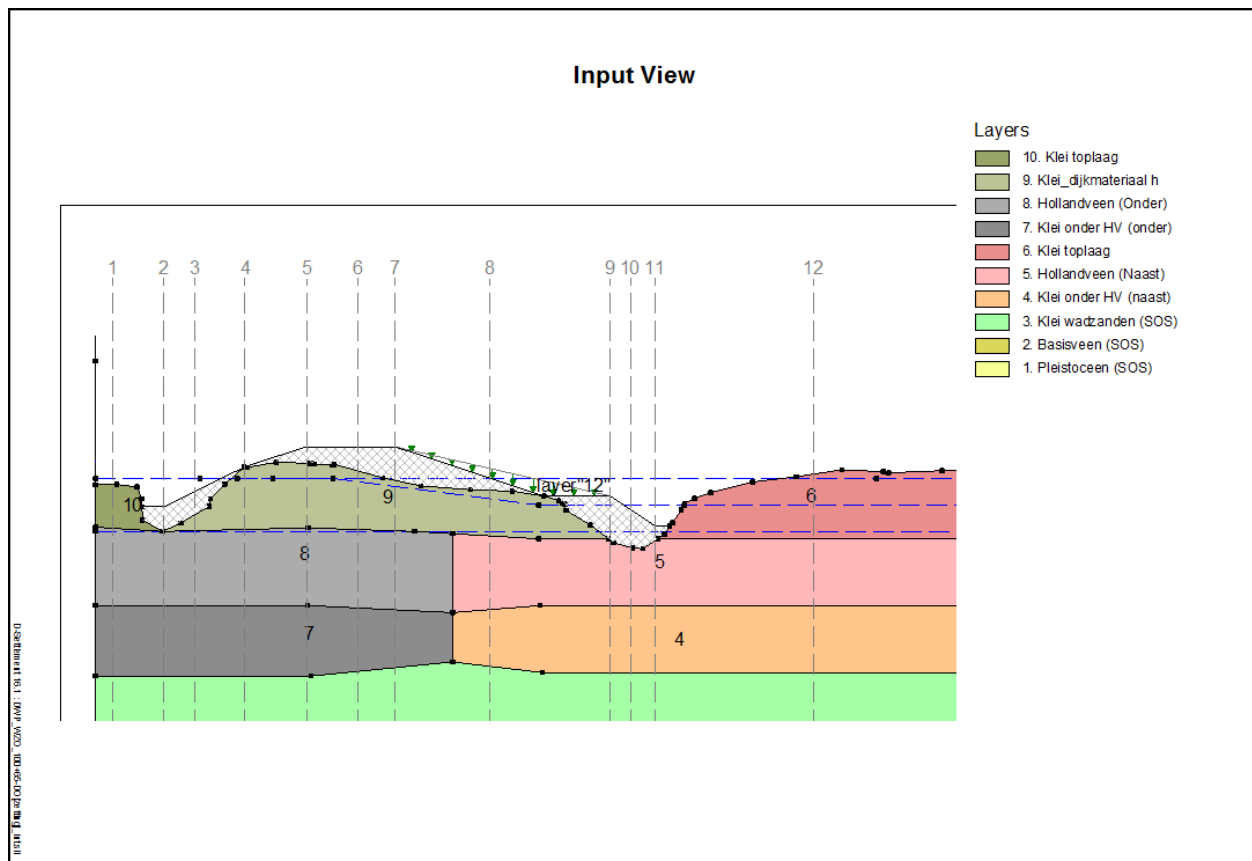
6.2.3 Zetting deelgebied B2

De zetting is op verschillende locaties in het dwarsprofiel berekend. De berekende zettingen zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

Tabel 6-5 Berekende zetting deelgebied B2

Locatie	Netto ophoging [cm]	Spannings-onafhankelijke kruip [cm]	Totale zetting [cm]	Eindzetting = zettingscompensatie [cm]	Bruto Ophoging [cm]	Restzetting na 1 jaar ¹⁾ [cm]
Sloot buitenzijde (2)	70	4	36	32	102	1
Buitentalud (3)	70	4	24	20	90	3
Buiten teen (4)	0	7	19	12	12	4
Buiten kruin (5)	50	8	28	20	70	8
Hart kruin (6)	70	6	36	30	100	14
Binnenkruin (7)	100	5	44	39	139	19
Binnen talud (8)	70	8	56	48	118	23
Binnen teen (9)	125	5	33	28	153	2
Sloot (11)	40	5	31	26	65	2

- 1) Dit is een indicatie van de restzetting in dit geval is er geen rekening gehouden met gefaseerd ophogen. De volledige dijkversterking is in het model in één keer aangebracht.



Figuur 28 Input zettingsberekening Deelgebied B2

6.3 Uitvoeringsstabiliteit

Per deelgebied is de ophoogsnelheid en de uitvoeringsstabiliteit bepaald.

De veenlagen in de ondergrond zijn gevoelig voor ophogingen (relatief grote zetting en beperkte sterkte). De stabiliteit tijdens de bouw hangt sterk af van de gehanteerde fasering en de consolidatiesnelheid in het veen. De consolidatiesnelheid (dissipatie van wateroverspanning) is afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond. Door gebrek aan testen is de doorlatendheid erg onzeker en in het algemeen heeft veen al een grote variatie. Dit geldt ook voor de ongedraineerde schuifsterkte. In dergelijk gevoelige gebieden is het aan te bevelen vooraf uitgebreid grondonderzoek te doen, een ruime bouwtijd beschikbaar te stellen en te monitoren tijdens de uitvoering.

Ondanks de onzekerheden zijn indicatieve berekeningen gemaakt met betrekking tot de uitvoeringsstabiliteit. Uitgegaan is van een consolidatiecoëfficiënt van $1E-7 \text{ m}^2/\text{s}$ in de kleilagen en $2E-7 \text{ m}^2/\text{s}$ in de veenlagen. De rekenwaarde van gedraineerde sterkteparameters zijn gehanteerd zoals weergegeven in Tabel 3-4.

De uitvoeringsstabiliteit en ophoogsnelheid valt of staat bij de doorlatendheid van de ondergrond. Gezien de beperkte beschikbare gegevens is de onzekerheid groot, wat snel leidt tot dure maatregelen.

Deze uitdaging kan op verschillende manieren worden benaderd:

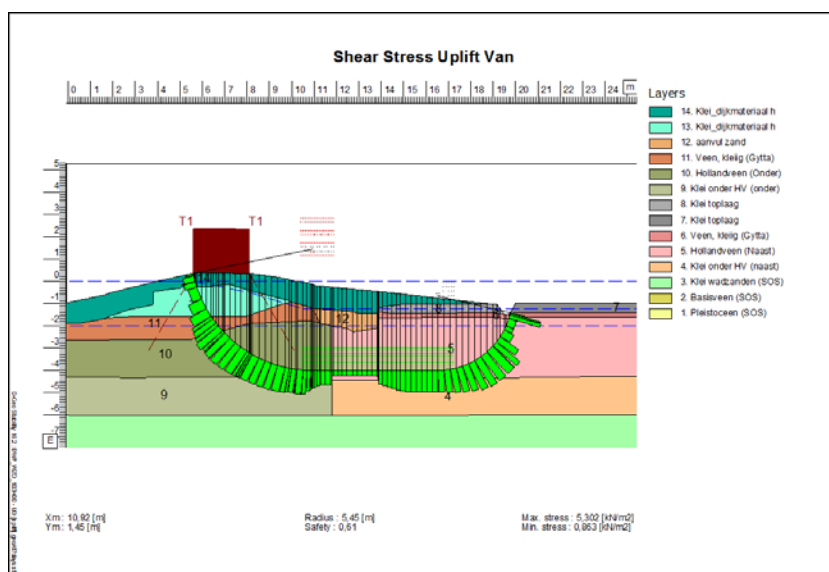
1. Doorgaan met huidige aanpak en uitgangspunten

- Duur ontwerp
 - Toepassen van verticale drainage is dan onvermijdelijk om tot een realistische bouwtijd te komen. Verticale drains hebben echter wat technische beperkingen. De drains kunnen alleen aangebracht worden in de binnenberm. En omdat de berm zelf van klei is zal de potentiaal in de drains grofweg gelijk zijn aan de bovenzijde van de berm.
 - Risico ten aanzien van kortsluiting tussen stijghoogte in wadzandpakket en polderpeil door onzekerheid met betrekking tot de dikte van de deklaag.
2. Meer grondonderzoek in deze fase
 - Focus op doorlatendheid en ongedraineerde sterkte van het veen
 - Ongedraineerd rekenen
 - Geen garantie dat het uiteindelijk zonder drains kan worden uitgevoerd, maar wel beter zicht op risico's en kosten
 3. Sturen in het werk waarbij ingezet wordt op monitoring en mitigerende maatregelen
 - Directe informatie uit het veld is betrouwbaarder/representatiever dan het onderzoeken van een monster in het lab.
 - Vraagt om een ruime bouwtijd en een kundige aannemer
 - Waarschijnlijk uiteindelijk de meest kosten-efficiënte oplossing, maar kosten zijn vooraf moeilijk te schatten.
 - Duidelijke contractuele afspraken nodig ten aanzien van kosten en risico's
 - Uitvoeringsvrijheden zoals de sloot tijdelijk volledig dichtzetten en vervangen door een tijdelijke duiker / drain kan helpen.

In overleg met het HHNK is er voor gekozen de uitvoeringsstabiliteit te bepalen volgens aanpak 3.

6.3.1 Uitvoeringsstabiliteit deelgebied A

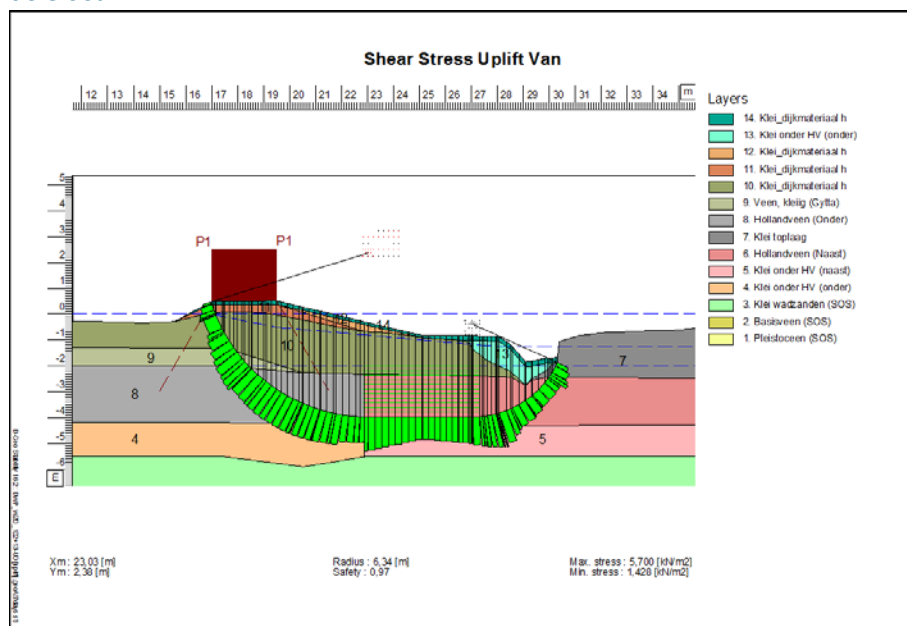
Voor de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden wordt een stabiliteitsfactor van 0,52 berekend. Tijdens het aanbrengen van de dijkversterking mag de stabiliteitsfactor niet lager worden dan 0,52. Wanneer de ophoging in één keer wordt aangebracht wordt er een stabiliteitsfactor berekend van 0,61. Dit betekent dat theoretisch de ophoging in 1 fase kan worden aangebracht en de waterveiligheid niet in gevaar komt. Maar met het oog op de lage veiligheidsfactor die wordt berekend bestaat de kans dat er toch een afschuiving kan optreden.



Figuur 29 Maatgevend glijvlak uitvoeringstabiliteit gebied A

6.3.2 Uitvoeringsstabiliteit deelgebied B1

Voor de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden wordt een stabiliteitsfactor van 0,83 berekend. Tijdens het aanbrengen van de dijkversterking mag de stabiliteitsfactor niet lager worden dan 0,83. Wanneer deelgebied B1 in 1 fase wordt opgehoogd wordt voldaan aan de benodigde veiligheidsfactor. Als deelgebied B1 in 1 fase wordt opgehoogd wordt een veiligheidsfactor van 0,97 berekend. Om deze veiligheidsfactor te kunnen halen moet wel begonnen worden met het versmallen van de sloot.

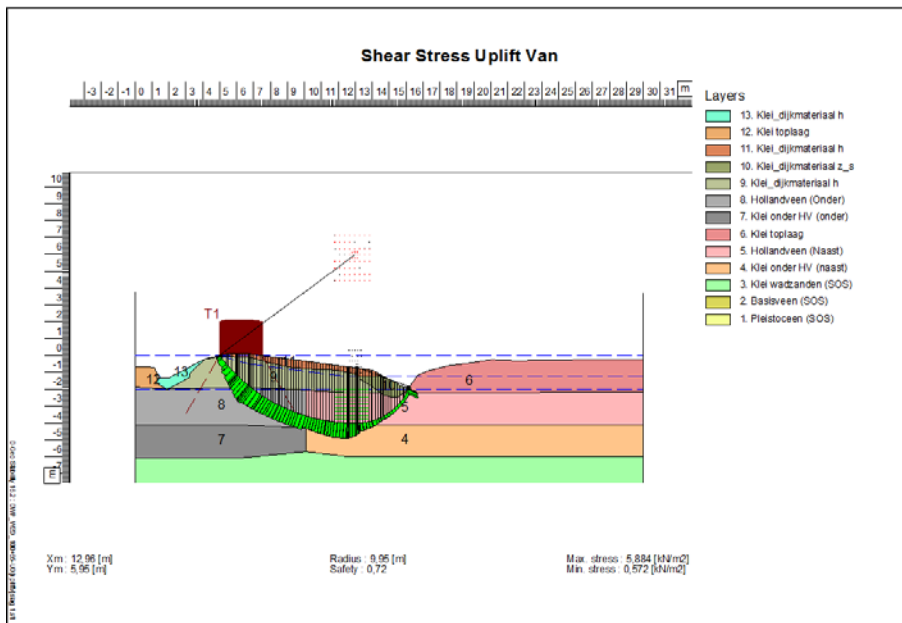


Figuur 30 Maatgevend glijvlak uitvoeringstabiliteit gebied B1

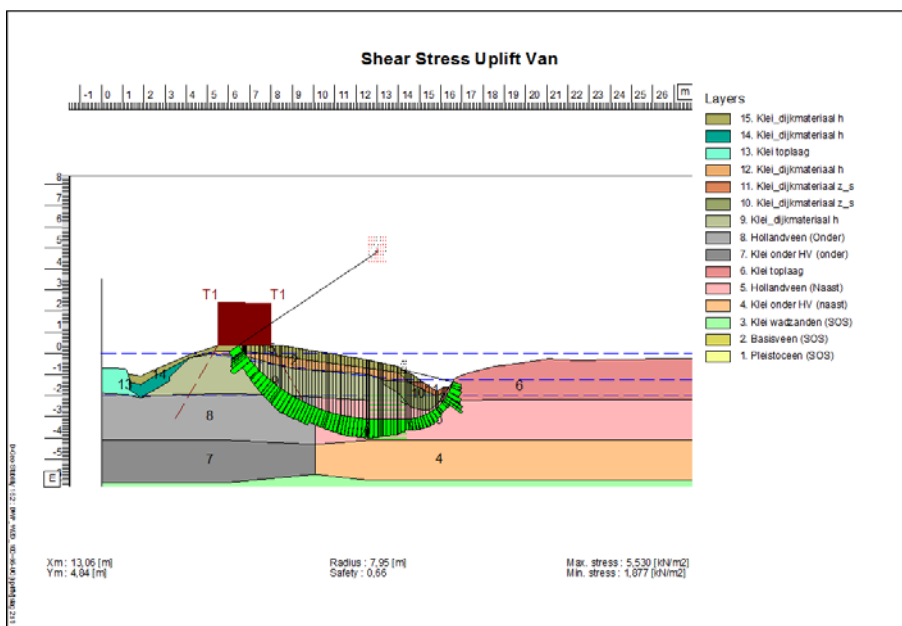
6.3.3 Uitvoeringsstabiliteit deelgebied B2

Voor de huidige situatie onder maatgevende omstandigheden wordt een stabiliteitsfactor van 0,65 berekend. Tijdens het aanbrengen van de dijkversterking mag de stabiliteitsfactor niet lager worden dan 0,65. Bij het bepalen van theoretische ophoogtempo is gekeken naar wanneer de waterspanning voldoende gedissipeerd is zodat de volgende slag kan worden opgebracht. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde dissipatie van alle slappe lagen onder de ophoging.

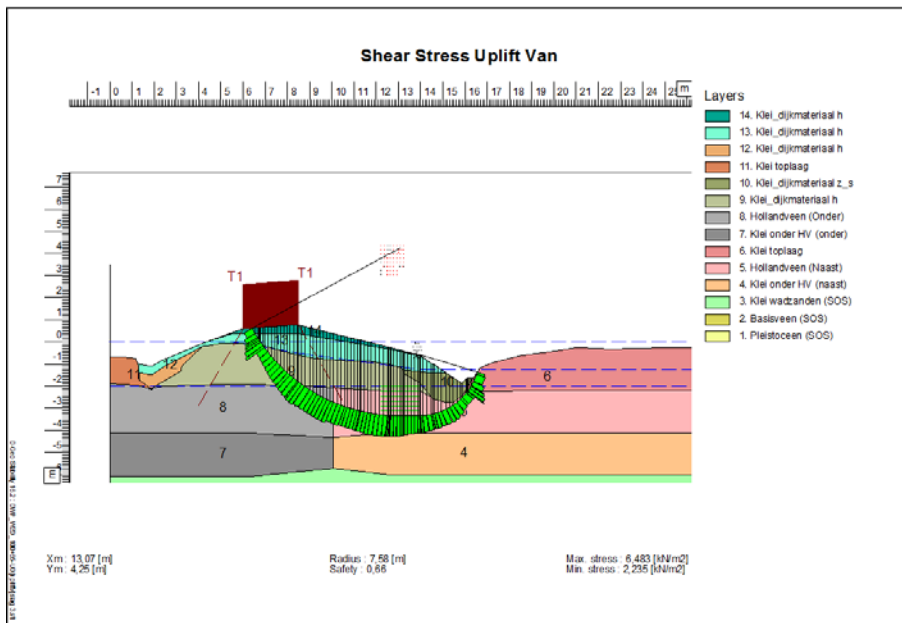
Voor de uitvoeringsstabiliteit is rekening gehouden met ophoogslagen van ca 0,5 m. Nadat de eerste ophoogslag is aangebracht wordt er een veiligheid berekend van 0,72. De tweede slag kan worden aangebracht nadat ca 45% van de waterspanning vanuit de eerste slag is gedissipeerd. De derde slag kan worden aangebracht nadat de totale waterspanning van de eerste en tweede ophoogslag tot 45 % is gedissipeerd.



Figuur 31 Maatgevend glijvlak eerste ophoogslag deelgebied B2



Figuur 32 Maatgevend glijvlak tweede ophoogslag gebied B2



Figuur 33 Maatgevend glijvlak derde ophoogslag deelgebied B2

6.4 Gekoppelde damwand toegangsweg

Voor het berekenen van de benodigde afmetingen van de kistdammen ter plaatse van de toegangspaden naar de dijk en aan de buitendijkse zijde zijn de volgende uitgangspunten aangehouden. De berekening is uitgevoerd met Dsheetpilling. Gezien de relatief grote afstand tussen de damwanden kunnen de damwanden als 2 gekoppelde damwanden beschouwd.

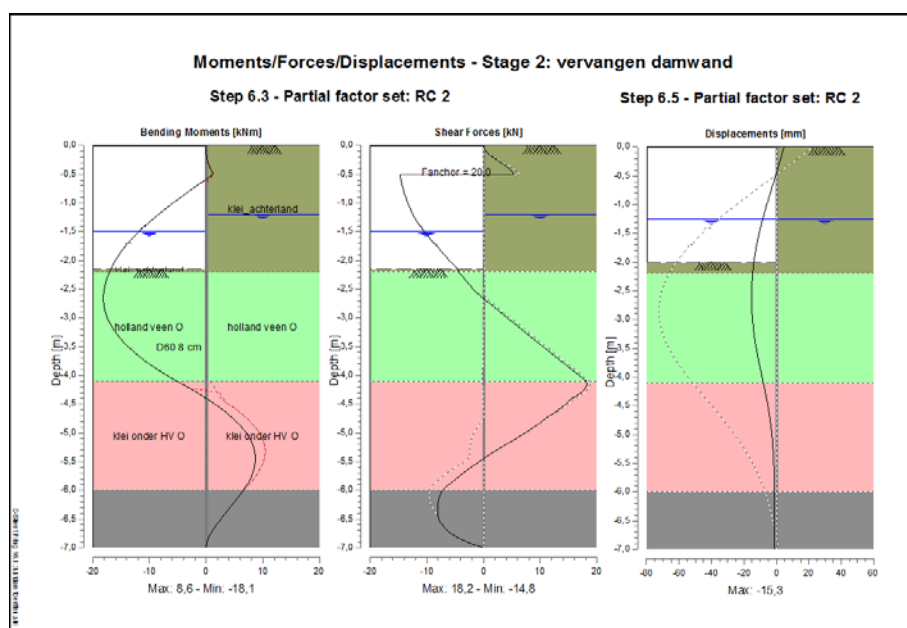
- Er is rekening gehouden met een bovenbelasting van 15 kN/m² over een breedte van 3 m;
- Levensduur constructie 50 jaar;
- Berekend volgens RC2;
- Maaiveld hoogte ca NAP + 0,0 m;
- Slootbodembodem NAP -2,0 m;
- Corrosie ankerstang 1,2 mm per zijde over 50 jaar;
- De geotechnische sterkteparameters zijn overgenomen uit Tabel 3-4;
- Voor de sterkteberekeningen is uitgegaan van Hout in de sterkteklasse D60;

De bovenbelasting is hoger dan in de berekening voor de dijk stabiliteit. Hier is voor gekozen omdat dit een toegangspad is naar een scheepswerf. De invloed van de bovenbelasting is beperkt daarom is voor beide toegangspaden één berekening gemaakt. Het rapport van de D-Sheet pilling berekening is toegevoegd in Bijlage 2. In de onderstaande tabel is een samenvatting van de resultaten gepresenteerd

Maximaal buigend moment [kNm/m ¹]	Maximale dwarskracht [kN/m ¹]	Ankerkracht [kN/m ¹]	Maximale vervorming [cm]	Maximaal buigend moment [kNm/m ¹]	Opneembare ankerkracht [kN/m ¹]
18,1	18,2	20,0	2,0	32,0	31,0

Het verloop van de krachten en de vervormingen is weergegeven in Figuur 34. Als damwand is een azobé plank toegepast met een dikte van 8 cm en een lengte van 7 m. De lengte van 7 meter is zo bepaald dat de damwand ca 1 m in de klei wadzandlaag staat. De optredende krachten in de verankering en houten damwand zijn kleiner dan de opneembare krachten dus de damwand voldoet.

Om de afmetingen van de gording te beperken is een maximale hart op hart afstand van de ankers aangehouden van 1,1 m. Dit resulteert in een minimale ankerstangdikte van 17,5 mm. Om deze kracht over te kunnen brengen moet minimaal een gording worden toegepast van 11x11 cm van azobé hout. Voor de gording is ankeruitval maatgevend. Ankeruitval aan de uiteinden van de kistdam is met het oog op de beperkte kerende hoogte aan verwaarloosd. Voor ankeruitval is er vanuit gegaan dat een anker in het midden bezwijkt. De controle van de gording en ankerstang is toegevoegd in bijlage 3.



Figuur 34 Resultaten D-sheetpiling berekening houten damwand toegangspaden

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Stabiliteit

De dijk voldoet niet aan de gestelde stabiliteitseisen en is niet voldoende hoog. De dijk is opgedeeld in 3 gebieden. Om de dijk weer voldoende veilig te maken moeten de volgende versterkingsmaatregelen worden genomen:

- Gebied A: optie 1 - kruinverhoging met binnenwaartse taludverflauwing naar 1:8 en buitenwaartse taludverflauwing naar 1:4,5.
- Gebied B1: optie 2 – kruinverhoging wordt buitenwaarts opgezet met 1:3 binnenwaartse/ taludverflauwing binnenwaarts naar 1:4,5 en versmalling van de teensloot.
- Gebied B2: optie 1 - kruinverhoging met binnenwaartse taludverflauwing naar 1:4,5, buitenwaartse taludverflauwing naar 1:3 en deels versmallen en aanvullen van de beide teensloten.

Om de dijk te versterken moeten de volgende aandachtspunten worden meegenomen.

Voor deelgebied A is ten behoeve van de afwatering aan de binnenzijde een greppel/slootje voorzien. Wanneer dit niet wordt aangelegd zal de freatische lijn in de dijk verder stijgen dan nu is aangehouden; een hogere freatische lijn resulteert in een afname van de dijkveiligheid.

Geadviseerd wordt om eerst de huidige slootbodem op te vullen met zand zodat er voldoende tegen gewicht is om de sloot droog te kunnen zetten zodat de klei aangebracht kan worden. Dit omdat de klei niet in het natte kan worden aangebracht/verdicht. Tijdens en na het aanvullen van de sloten moeten de HWA van de huizen hun functie behouden.

Ten behoeve van de binnenwaartse stabiliteit moet de sloot ter plaatse van deelgebied B1 en B2 worden aangevuld met zwaarder materiaal dan de overige dijkversterking. De sloten moeten worden opgevuld met grond met een minimaal volume gewicht van 17,0 kN/m³.

Om meer inzicht te krijgen in de tijghoogte wordt geadviseerd peilbuizen te plaatsen in de klei wadzandlaag in het achterland zodat de stijghoogte response kan worden gemonitord.

7.2 Zettingen

De zettingsparameters zijn geschat aan de hand van NEN 9997-1 tabel 2b met als ingangswaarde de sterkte eigenschappen van de grond. Gezien de onzekerheid van de zettingsparameters kan de werkelijke zetting sterk afwijken van wat er is berekend. Om tijdens de uitvoering goed te kunnen sturen op de zetting en stabiliteit is het belangrijk dat voldoende zakbaken, hellingmeters en waterspanningsmeters worden geplaatst (minimaal 1 raai in elk deelgebied).

7.3 Uitvoering

Om de dijkversterking uit te kunnen voeren zal veel aandacht moeten worden besteed aan de fasering van de versterking. Het is belangrijk dat van onder naar boven wordt gewerkt. Dus eerst de sloot aanvullen voordat de kruin wordt opgehoogd.

Ten behoeve van de uitvoeringsstabiliteit kan ervoor gekozen worden om de sloot aan de binnenzijde van de kering tijdelijk volledig dicht te zetten. Mocht dit noodzakelijk zijn dan moet dit eerst worden overlegd met HHNK Wanneer de sloot wordt dicht gezet zal een vervangende drain aangelegd moeten worden

voor de afwatering. De sloot kan weer ontgraven worden als de grootste wateroverspanningen zijn de gedissipeerd. Dit is dus aan het einde van de bouwtijd. Hierdoor valt een kritiek moment op het tijdstip dat er weinig ruimte is voor mitigerende maatregelen.

Het voordeel van het dicht zetten van de sloot is wel dat de algehele situatie stabiel zal zijn tijdens de uitvoering dan wanneer de sloot wordt open gelaten. Bijkomend voordeel is dat het projectgebied beter te bereiken is.

Er kan ook voor worden gekozen om de sloot niet dicht te zetten en het mogelijk dicht drukken van de sloot te accepteren. Het voordeel hiervan is dat het kritieke moment eerder in de bouwfase ligt zodat er meer tijd beschikbaar is voor eventuele maatregelen.

Om een goed beeld te krijgen van de stabiliteit en de zetting tijdens de uitvoering moeten er voldoende zakbaken, hellingmeters en waterspanningsmeters worden geplaatst (minimaal 1 raai in elk deelgebied).

Bijlage 1 Geotechnische grondonderzoek



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Geotechnisch onderzoek

project maalstoppeil te Westknollendam

VN-66363-1 | 6 februari 2017



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Onderwerp: project maalstoppeil te Westknollendam
Projectnummer: VN-66363-1
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Postbus 250
1700 AG Heerhugowaard
Datum: 6 februari 2017

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	6 februari 2017	

Opgesteld door:	J. Dijkstra
Handtekening:	<i>I.O.</i> 
Documentnummer:	R47688
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	drs. C.J.A.W. van der Made



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Kwaliteitswaarborging	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Handboringen.....	5
3	Geotechnische verkenningsboringen	5
3.1	Werkzaamheden	5
3.2	Resultaten	5
4	Inmeting	6
4.1	Inmeting onderzoekspunten	6
4.2	Inmeting profielen	6
5	Afwijkingen.....	7
6	Geotechnisch laboratoriumonderzoek.....	7
7	Toelichting geotechnisch laboratoriumonderzoek.....	7
7.1	Labclassificatie	7
7.2	Volumegewicht en watergehalte incl. poriëngetal	7

Bijlagen:

- 1 Situatietekening en profieltekeningen
- 2 Boorstaten (inclusief labclassificatie)
- 3 Tabel X-, Y- en Z-coördinaten
- 4 Volumegewichten en watergehalte incl. poriëngetal



1 Inleiding

In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier te Heerhugowaard heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. geotechnische verkenningsboringen en geotechnisch laboratoriumonderzoek uitgevoerd ten behoeve van project maalstoppeil te Westknollendam, zie bijlage 1 (situatietekening).

1.1 Aanleiding en doel

Het onderzoek is uitgevoerd in verband met het project maalstoppeil te Westknollendam.

Het doel van het geotechnisch onderzoek is het aantonen van de bodemopbouw.

1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieu-managementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA**.

De uitvoering van de boringen, het nemen van de grondmonsters en de conservering is verricht conform de eisen, zoals beschreven in de BRL SIKB 2100, 'Mechanisch Boren', en het daarbij behorende VKB-protocol 2101. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is gecertificeerd volgens dit procescertificaat. Dit rapport draagt daarom het keurmerk 'Kwaliteitswaarborg bodembeheer SIKB'.

De geotechnische verkenningsboringen zijn uitgevoerd door de gekwalificeerde medewerker Heino Wals. Conform de BRL SIKB 2000 maken wij u erop attent dat er geen juridische verbintenis bestaat tussen de opdrachtgever en Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk, staat in het tweede hoofdstuk een omschrijving van de geotechnische verkenningsboringen omschreven. Vervolgens staat in hoofdstuk 3 een omschrijving van de inmetingen. In hoofdstuk 4 staan de afwijkingen omschreven. Vervolgens volgt in hoofdstuk 5 een omschrijving van het geotechnisch laboratoriumonderzoek. Tot slot staat in hoofdstuk 6 de toelichting op het geotechnisch laboratoriumonderzoek.

In de bijlagen zijn de situatietekening en profieltekeningen, boorbeschrijvingen (inclusief labclassificatie), X-, Y- en Z-coördinaten en volumegewichten en watergehalte incl. poriëngetal opgenomen.



2 Handboringen

Om een beter inzicht te krijgen in de samenstelling van de bovenste lagen en in de hoogte van de grondwaterspiegel zijn er 13 handboringen uitgevoerd. Het opgeboorde materiaal is in het veld geïdentificeerd en aan de hand daarvan zijn de boorprofielen vastgelegd. De ligging van de boringen is aangegeven op de situatietekening in bijlage 1. De boorstaten zijn weergegeven in bijlage 2.

Tijdens het uitvoeren van de boorwerkzaamheden zijn in totaal 4 ongeroerde grondmonsters gestoken met het steekapparaat van Ackermann.

De voor dit project genomen grondmonsters worden twee maanden ná rapportage uit onze opslag verwijderd. Op verzoek kunnen wij deze monsters langer bewaren. De hiermee gemoeide gaande kosten zullen we met u verrekenen.

3 Geotechnische verkenningsboringen

3.1 Werkzaamheden

De werkzaamheden zijn uitgevoerd op 16, 17 en 18 januari 2017. De boringen zijn verricht met een pulsboorsysteem en hebben bestaan uit:

▲ 6 boringen tot 7,50 m- maaiveld (B3001, B3004, B3006, B4001, B4004 en B4006).

3.2 Resultaten

De boorpunten staan weergegeven op de situatietekening in bijlage 1. De boorstaten zijn opgenomen in bijlage 2. De diepte en nummering van de grondmonsters staan vermeld op de betreffende boorstaat.

Tijdens de boor- en bemonsteringswerkzaamheden is het bodemmateriaal zowel lithologisch als visueel onderzocht. Bij het lithologische onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd conform de NEN 5104. Bij het visuele onderzoek worden de waarneembare afwijkingen ten aanzien van de kleur en geur van het bodemmateriaal beschreven.

Visueel zijn geen bijmengingen of afwijkingen aan het bodemmateriaal vastgesteld. Tijdens het veldwerk is geen asbestverdacht materiaal aangetroffen.



4 Inmeting

4.1 Inmeting onderzoekspunten

Met behulp van 06-GPS zijn de Rijksdriehoekscoördinaten (nauwkeurigheid 0,5 m) en de hoogten opzichte van N.A.P. (nauwkeurigheid 0,05 m) van de onderzoekspunten bepaald. Deze X-, Y- en Z-coördinaten staan vermeld in de tabel in bijlage 3.

Alle gegevens van de inmetingen en waterpassingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor het grondonderzoek.

4.2 Inmeting profielen

Ten behoeve van het onderzoek zijn op 16 december 2016 en 22 december 2016 acht profielen ingemeten. Hiervoor is gebruik gemaakt van een Total station in combinatie met DGPS(06-GPS) techniek. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in bijlage 1, profieltekeningen.

Inmeten met GPS-systemen

Wiertsema en Partners maakt gebruik van GPS-systemen voor het bepalen van locaties. Hiervoor zijn verschillende meetsystemen voorhanden. Voor dit project is gebruik gemaakt van een Trimble S8 Total Station in combinatie met een Trimble R8 06-GPS.

Total station, Trimble S8

Een total station wordt onder andere gebruikt voor het inmeten van hoeken. Wiertsema en Partners gebruikt de Trimble S8. De Trimble heeft geen eigen GPS ondersteuning maar kan wel GPS bepalen als er meer dan drie RD-coördinaten bekend zijn. Voor deze werkzaamheden is het Total station gebruikt voor robotic metingen, hierbij is afwijking tot 200 meter kleiner dan 2 mm. Daarbij dient opgemerkt te worden dat deze methode o.a. gevoelig is voor weersomstandigheden, bebouwing enz. In de praktijk dient dan ook rekening te worden gehouden met een grotere onnauwkeurigheid.

06-GPS, Trimble R8

Voor het bepalen van de coördinaten is gebruik gemaakt van een 06-GPS, type Trimble R8 gebruikt. Dit systeem maakt gebruik een Statische GNSS meting, dit is een RTK-meting. Deze meting met de Trimble R8 is theoretisch verticaal tot op 5 mm en horizontaal tot op 3 mm nauwkeurig.(Trimble, 2014). Daarbij dient opgemerkt te worden dat deze methode o.a. gevoelig is voor weersomstandigheden, bebouwing, aantal satellieten enz. In de praktijk dient dan ook rekening te worden gehouden met een grotere onnauwkeurigheid.



5 Afwijkingen

Er is niet afgeweken van de geldende Beoordelingsrichtlijn(en), BRL-SIKB 2100, protocol 2101 en BRL-SIKB 2000, protocol 2001.

6 Geotechnisch laboratoriumonderzoek

Binnengekomen ongeroerde grondmonsters worden gecontroleerd op visuele beschadigingen en op de juiste wijze van identificatie (label). Na inname worden de ongeroerde grondmonsters ingewogen en wordt de lengte van de inhoud bepaald (indicatief nat volumegewicht bepaling). Na deze handelingen worden de ongeroerde monsters in een geconditioneerde ruimte opgeslagen. Geroerde monsters worden gecontroleerd op de juiste wijze van opslag (luchtdicht).

Nadat de laboratoriumspecificaties bekend zijn, worden de monsters hetzij uitgedrukt dan wel opengesneden. Monsters in een Ackermann steekbus worden met behulp van een hydraulische pers langzaam uitgedrukt en op een steunend ondervlak gelegd. Liners worden met behulp van een speciaal ontwikkelde 'liner cutter' opengesneden.

Het geotechnisch laboratoriumonderzoek heeft bestaan uit:

▲ Classificatieproeven:

- 4 maal volumegewicht en watergehalte incl. poriëngetal.

7 Toelichting geotechnisch laboratoriumonderzoek

7.1 Labclassificatie

De grondmonsters zijn geclassificeerd volgens de NEN 5104. De gegevens zijn verwerkt in de labclassificatiestatistieken, zie bijlage 2.

7.2 Volumegewicht en watergehalte incl. poriëngetal

Door uit een grondmonster met een volumering een bepaalde hoeveelheid grond te steken en te wegen, kan het natte volumegewicht worden berekend. Vervolgens wordt het monster gedurende 24 uur bij een temperatuur van 105° Celsius gedroogd en opnieuw gewogen. Hierdoor kan het droge volumegewicht en het watergehalte worden bepaald.

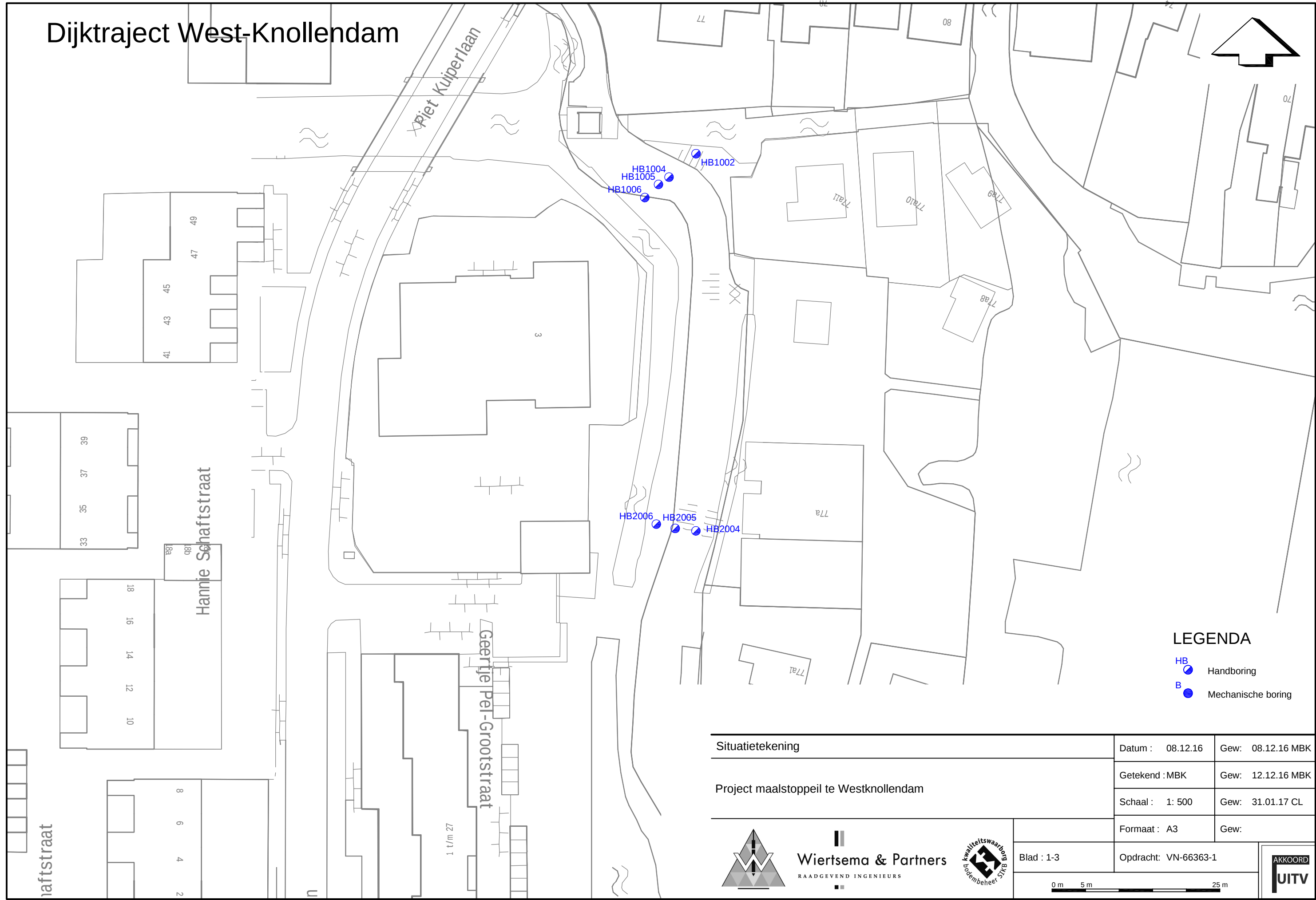
In het uitwerkingsprogramma welke door Wiertsema & Partners B.V. wordt gehanteerd voor de bepaling van het natte- en droge volumegewicht, kunnen diverse afgeleide parameters worden berekend, zoals o.a. het poriëngetal en verzadigingsgraad. Bij de berekening van deze afgeleide parameters wordt op basis van een database gebruik gemaakt van de afgeleide volumieke massa's vaste gronddelen van de verschillende grondsoorten, zie bijlage 4.



Bijlage 1

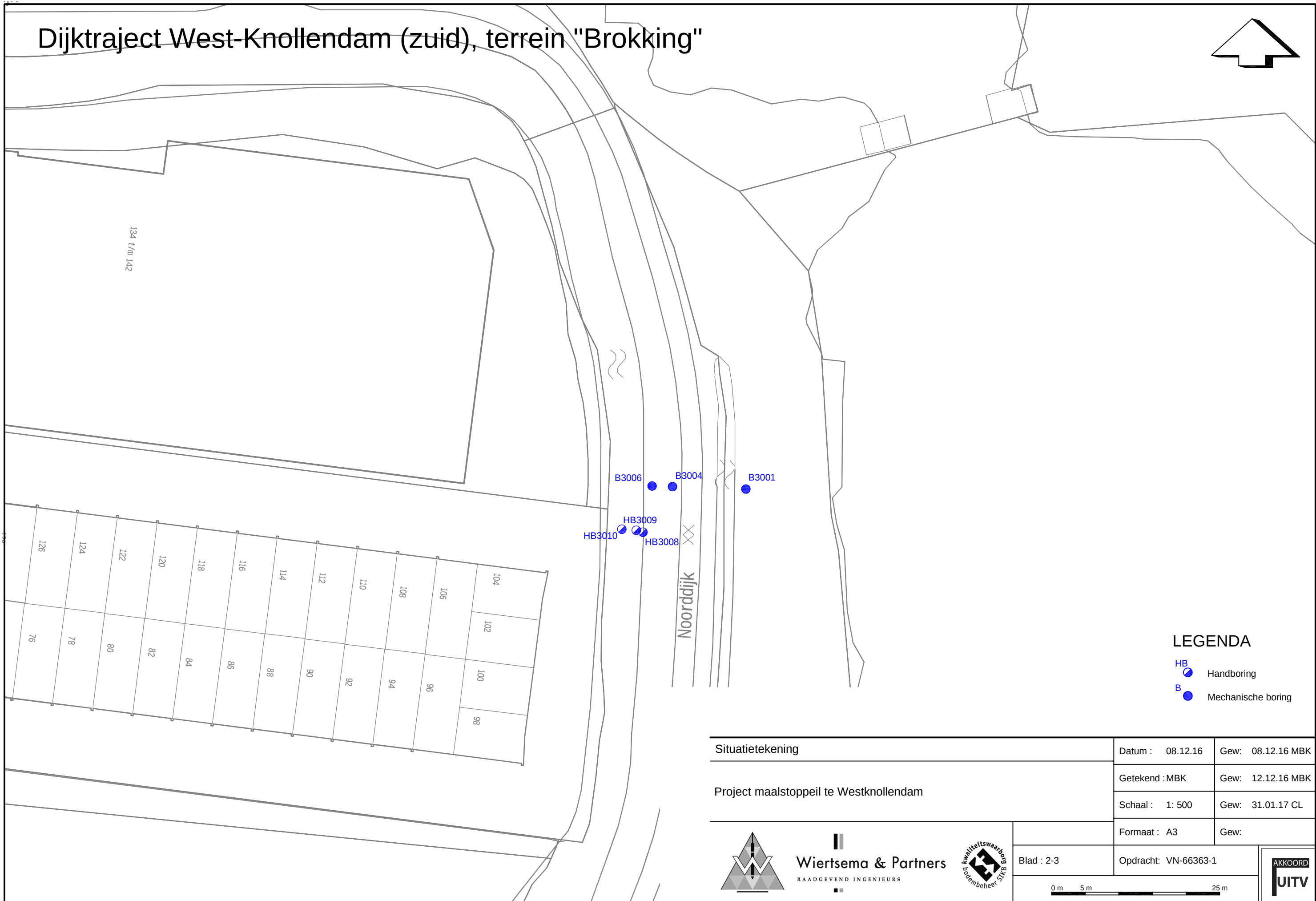


Dijktraject West-Knollendam



Situatietekening	Datum : 08.12.16	Gew: 08.12.16 MBK
	Getekend : MBK	Gew: 12.12.16 MBK
	Schaal : 1: 500	Gew: 31.01.17 CL
	Formaat : A3	Gew:
Project maalstoppeil te Westknollendam	Opdracht: VN-66363-1	
	AKKOORD UITV	
Blad : 1-3		
0 m 5 m 25 m		

Dijktraject West-Knollendam (zuid), terrein "Brokking"

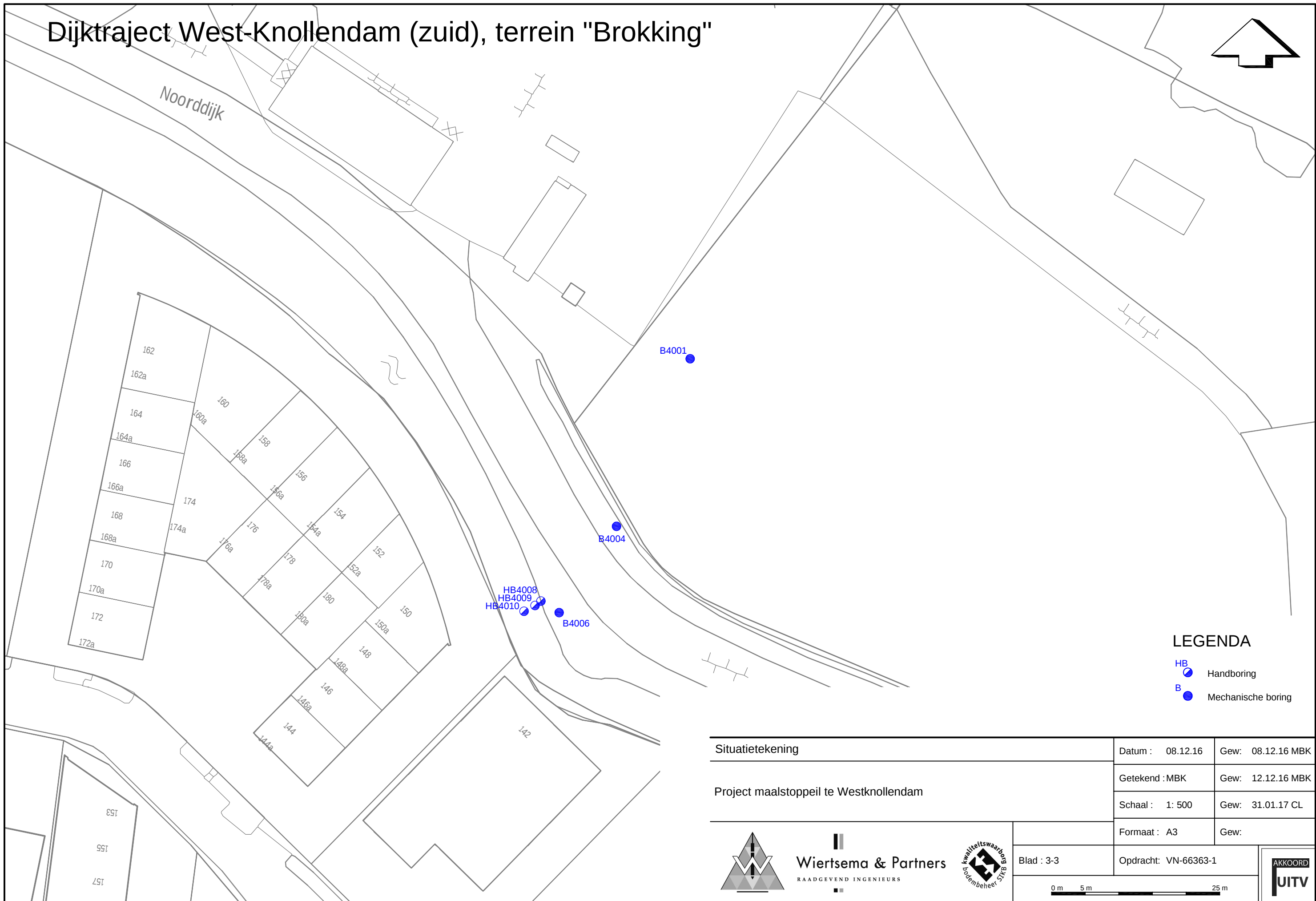


LEGENDA

- HB Handboring
- B Mechanische boring

Situatietekening		Datum : 08.12.16	Gew: 08.12.16 MBK
Project maalstoppeil te Westknollendam		Getekend : MBK	Gew: 12.12.16 MBK
		Schaal : 1: 500	Gew: 31.01.17 CL
		Formaat : A3	Gew:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Blad : 2-3	Opdracht: VN-66363-1
			
			

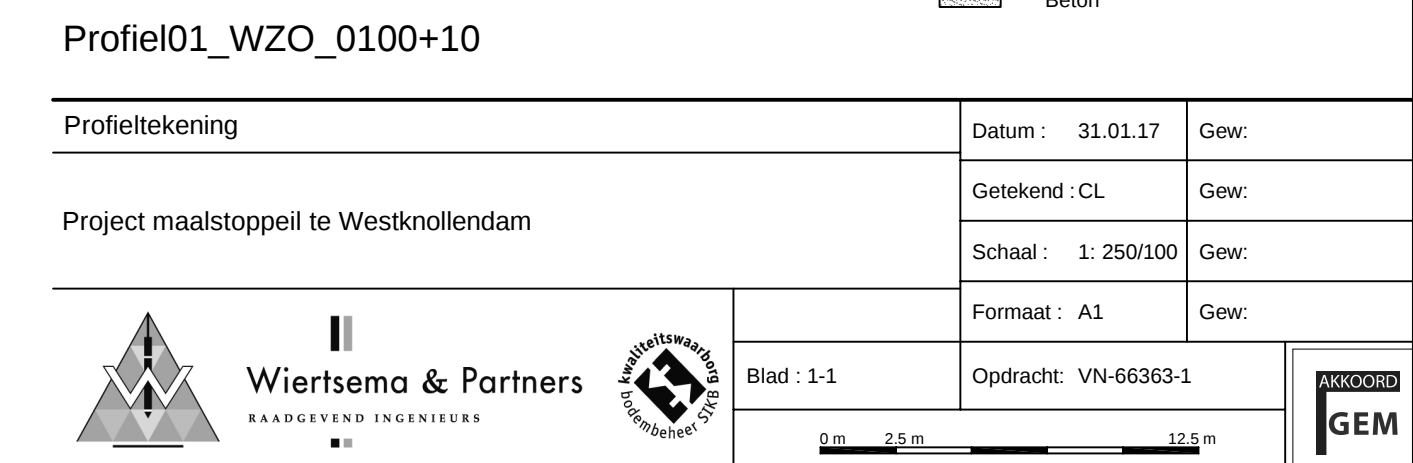
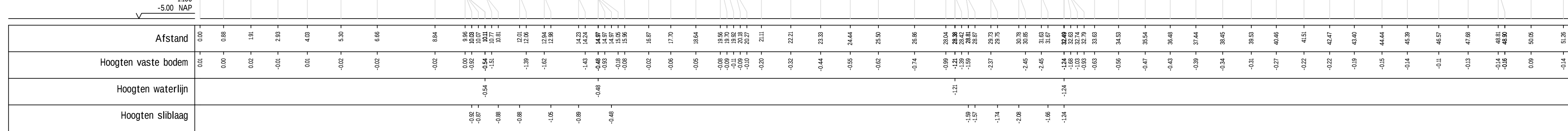
Dijktraject West-Knollendam (zuid), terrein "Brokking"



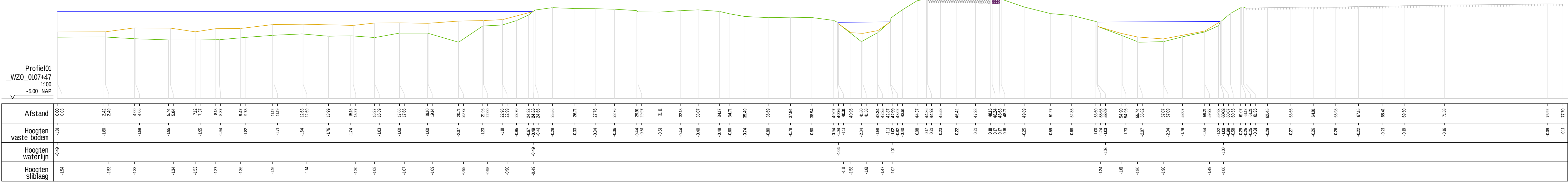
LEGENDA

- HB Handboring
- B Mechanische boring

Situatietekening		Datum : 08.12.16	Gew: 08.12.16 MBK	
Project maalstoppeil te Westknollendam		Getekend : MBK	Gew: 12.12.16 MBK	
		Schaal : 1: 500	Gew: 31.01.17 CL	
		Formaat : A3	Gew:	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS 		Blad : 3-3	Opdracht: VN-66363-1	
				



Profiel01_WZO_0107+47



LEGENDA

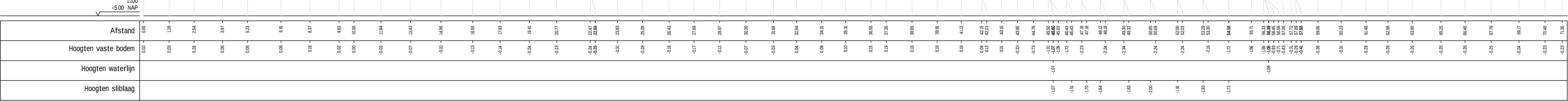
- HB Handboring
- B Mechanische boring
- Asfalt
- Puin
- Tegel
- Klinker
- Beton

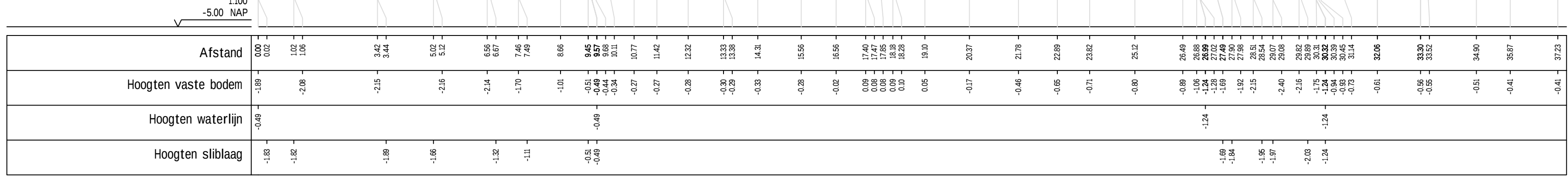
Profiel01_WZO_0107+47

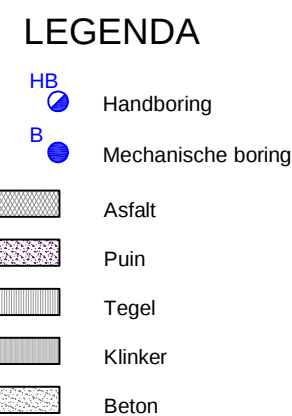
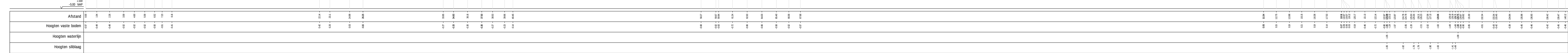
Profieltekening	Datum : 31.01.17	Gew:
Project maalstoppeil te Westknollendam	Getekend : CL	Gew:
	Schaal : 1: 250/100	Gew:
	Formaat : A1	Gew:
	Opdracht : VN-66363-1	
	Blad : 1-1	

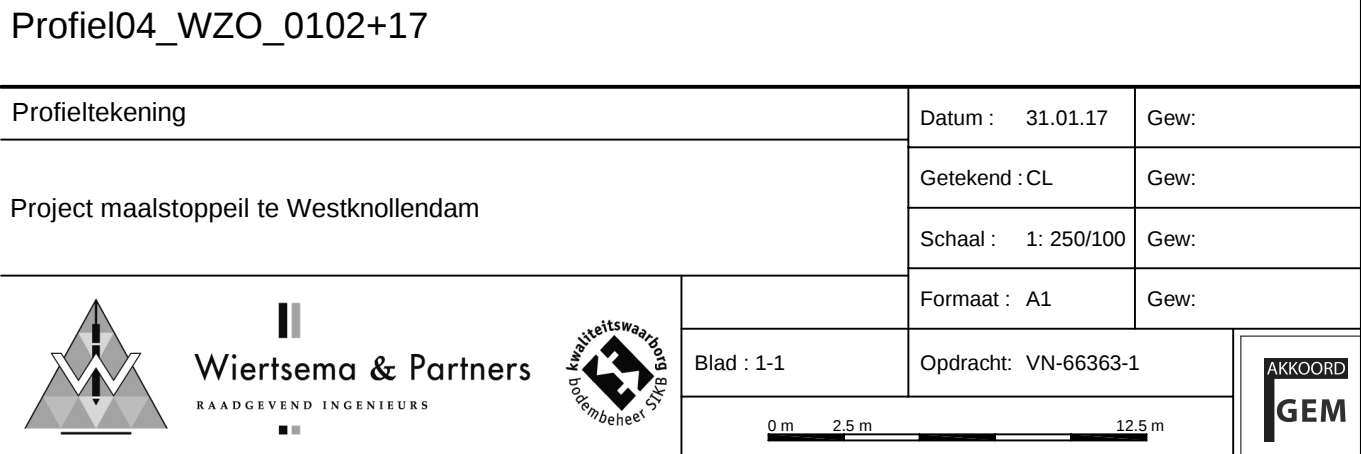
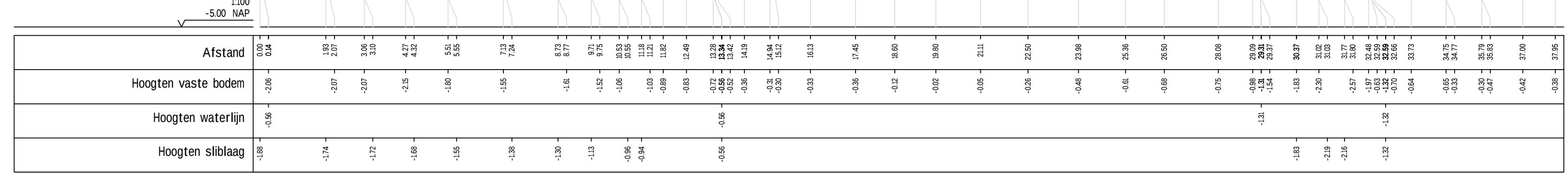


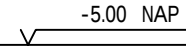
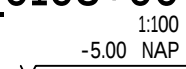
Profiel02_WZO_0113+37











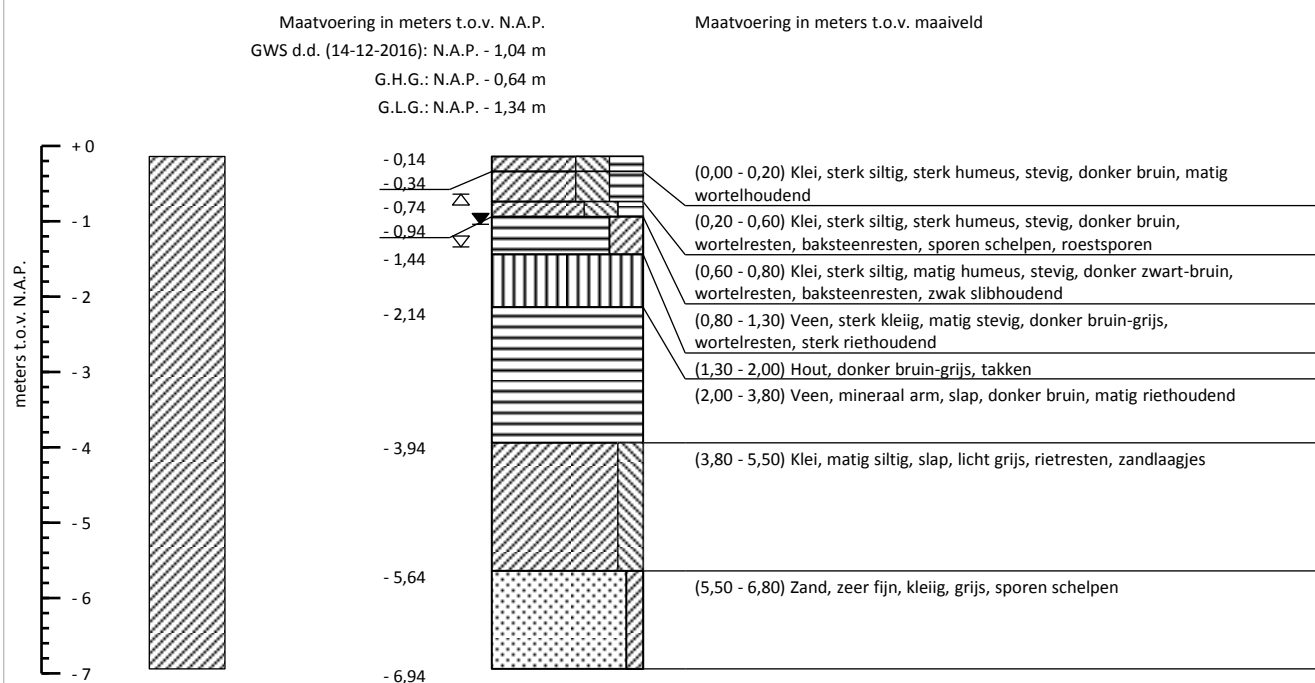
HB Handboring
B Mechanische boring

Asfalt
Puin
Tegel
Klinker
Beton

Profieltekening		Datum : 31.01.17	Gew.
Project maaltoppel te Westknollendam		Getekend : CL	Gew.
		Schaal : 1: 250/100	Gew.
		Formaat : A1	Gew.
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Blad : 1-1 Opdracht : VN-66363-1	
			

Bijlage 2





Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

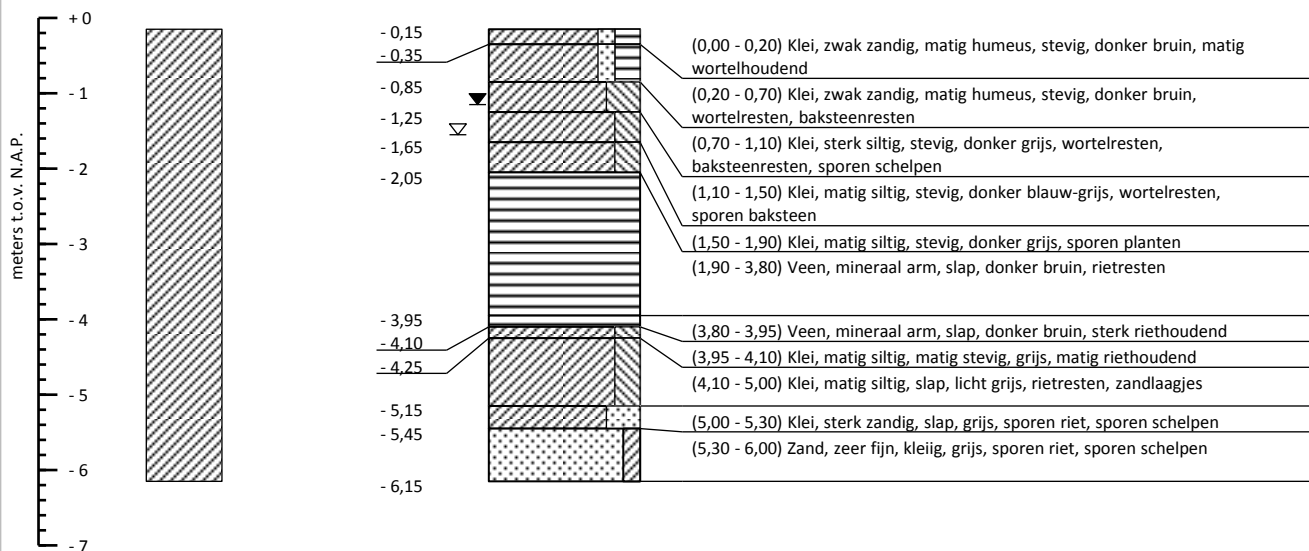
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 244	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 451	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB1002



Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 1,15 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld

G.L.G.: N.A.P. - 1,55 m



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

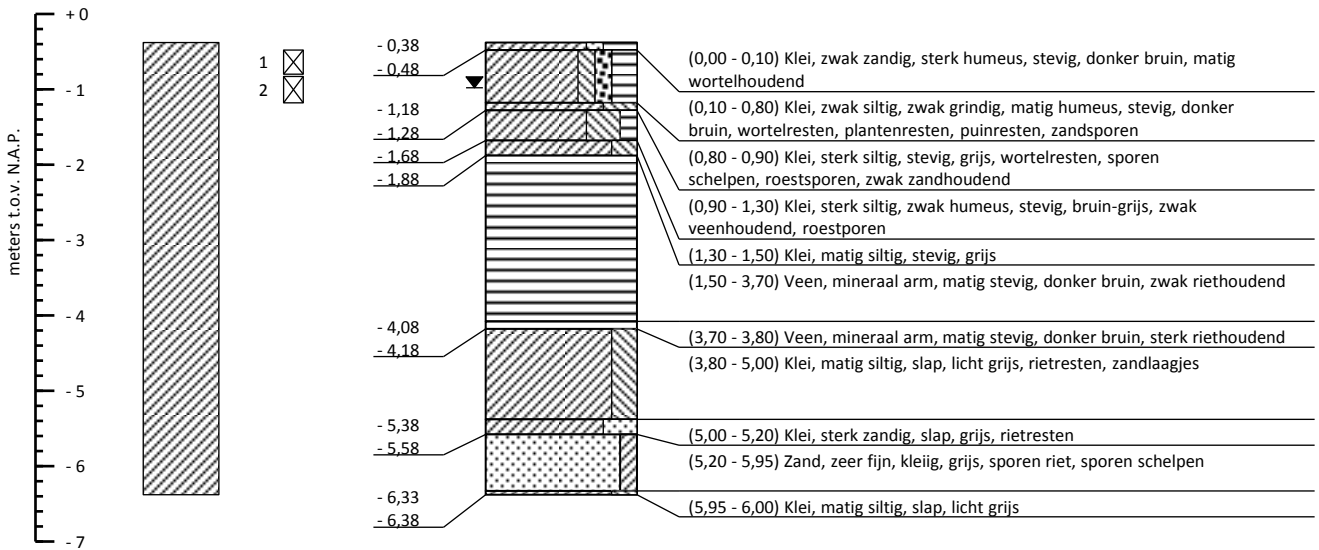
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 240	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 448	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB1004

AKKOORD
UITV

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 0,98 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld incl. laboratoriumclassificatie monsters (NEN 5104)

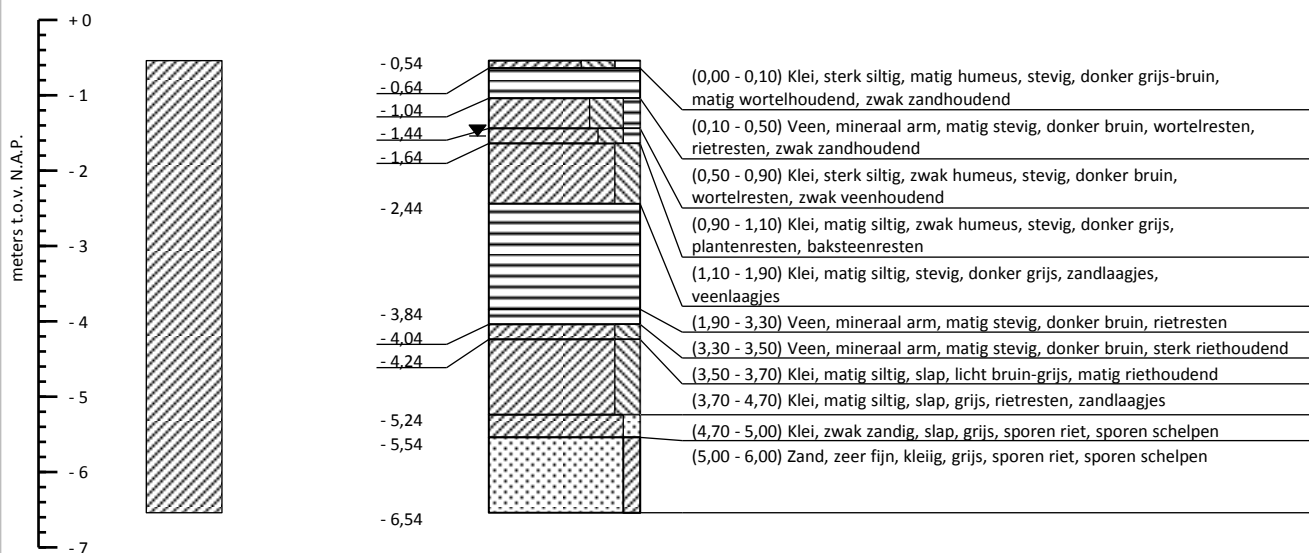
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 239	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 447	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB1005

AKKOORD
UITV

VA 66363-1 81005.111 & 66363_1005_C401.111

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 1,54 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

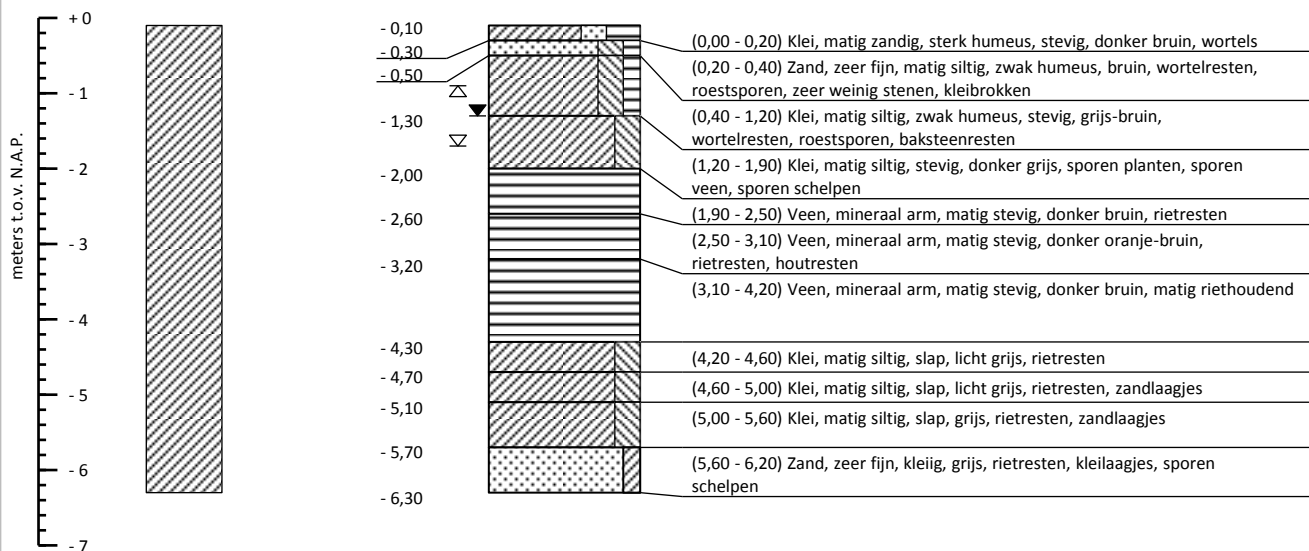
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 237	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 445	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB1006



VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 1,30 m
 G.H.G.: N.A.P. - 0,90 m
 G.L.G.: N.A.P. - 1,70 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 244	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 395	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB2004

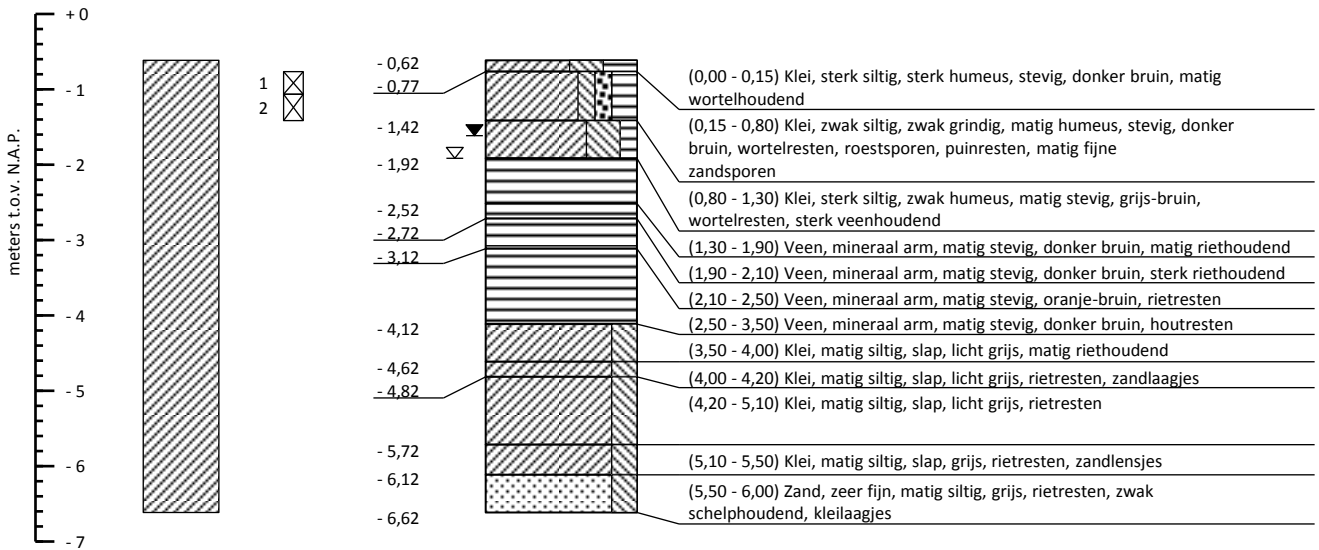


VN 66363-1-R2004-100 & 66363-1-R2004-100-1-00

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 1,62 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld

G.L.G.: N.A.P. - 1,92 m



Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld incl. laboratoriumclassificatie monsters (NEN 5104)

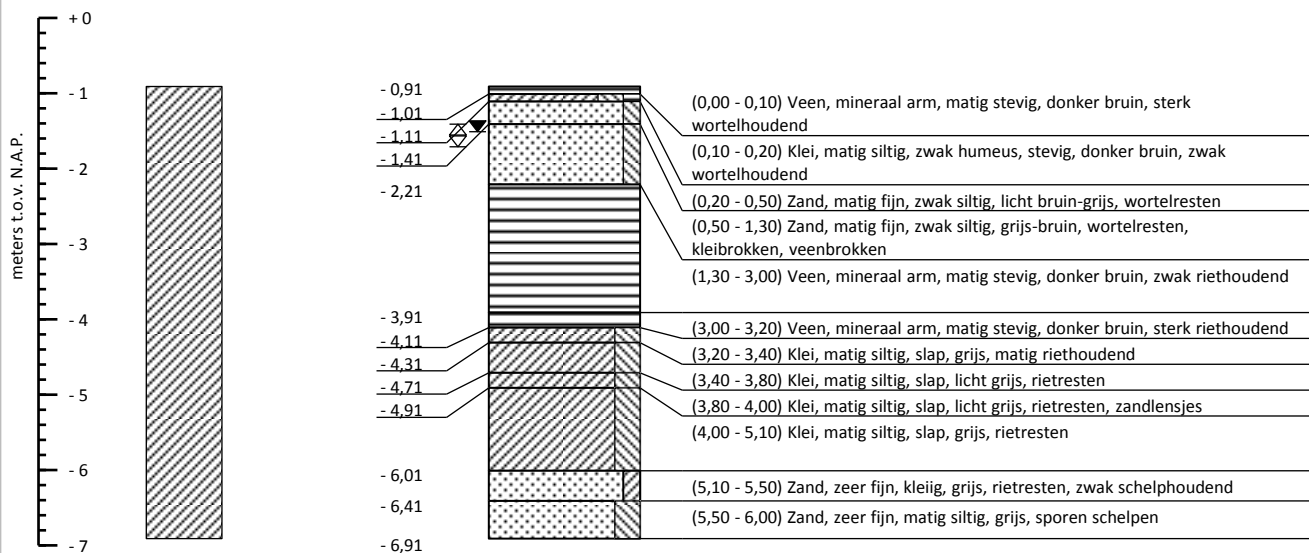
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 241	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 395	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB2005



VA 66363-1 4-2005-111 & 66363-1-2005-CH01.111

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (14-12-2016): N.A.P. - 1,51 m
 G.H.G.: N.A.P. - 1,41 m
 G.L.G.: N.A.P. - 1,71 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

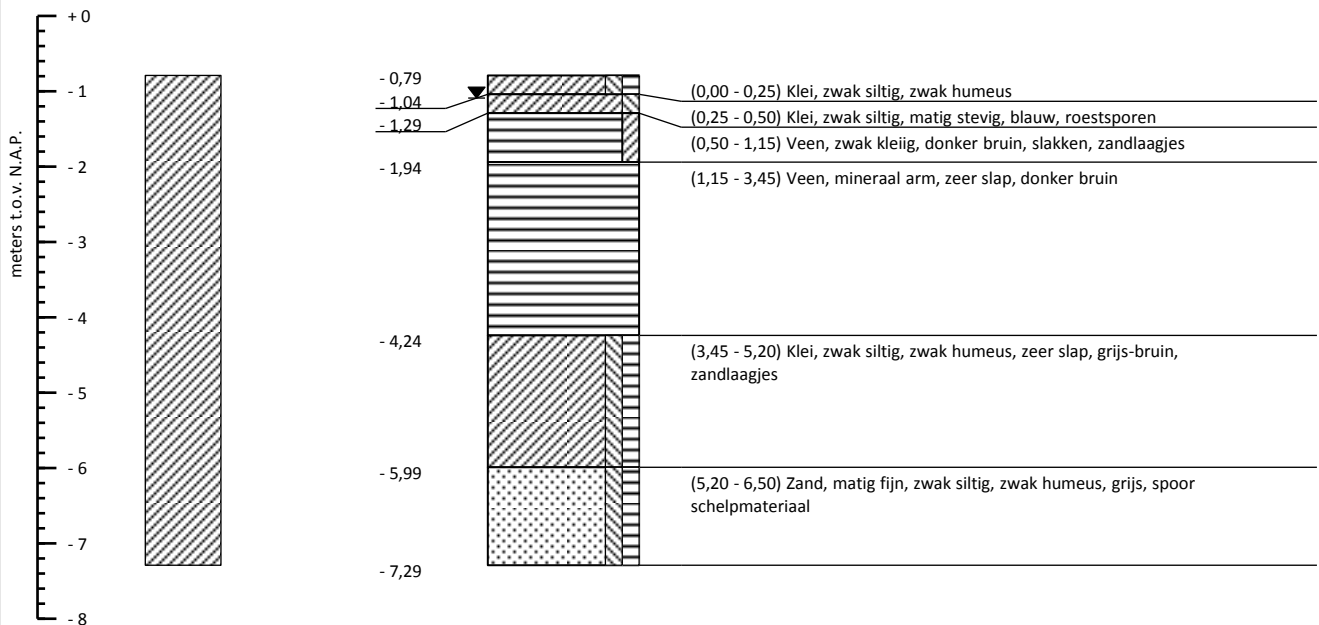
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 238	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 503 396	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB2006

AKKOORD
UITV

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (16-1-2017): N.A.P. - 1,09 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

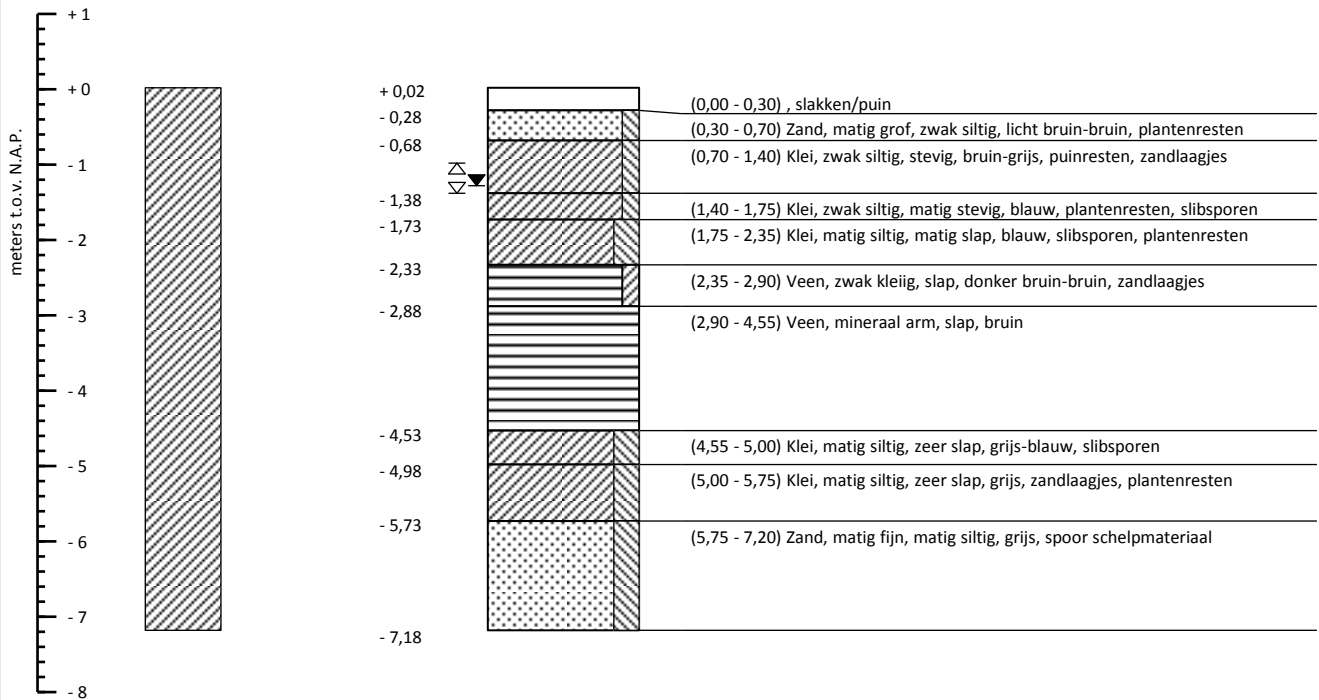
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 184	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 759	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 16-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B3001



VN 66363-1-B3001-001 & 66363-1-B3001-001-001

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (17-1-2017): N.A.P. - 1,28 m
 G.H.G.: N.A.P. - 0,98 m
 G.L.G.: N.A.P. - 1,38 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

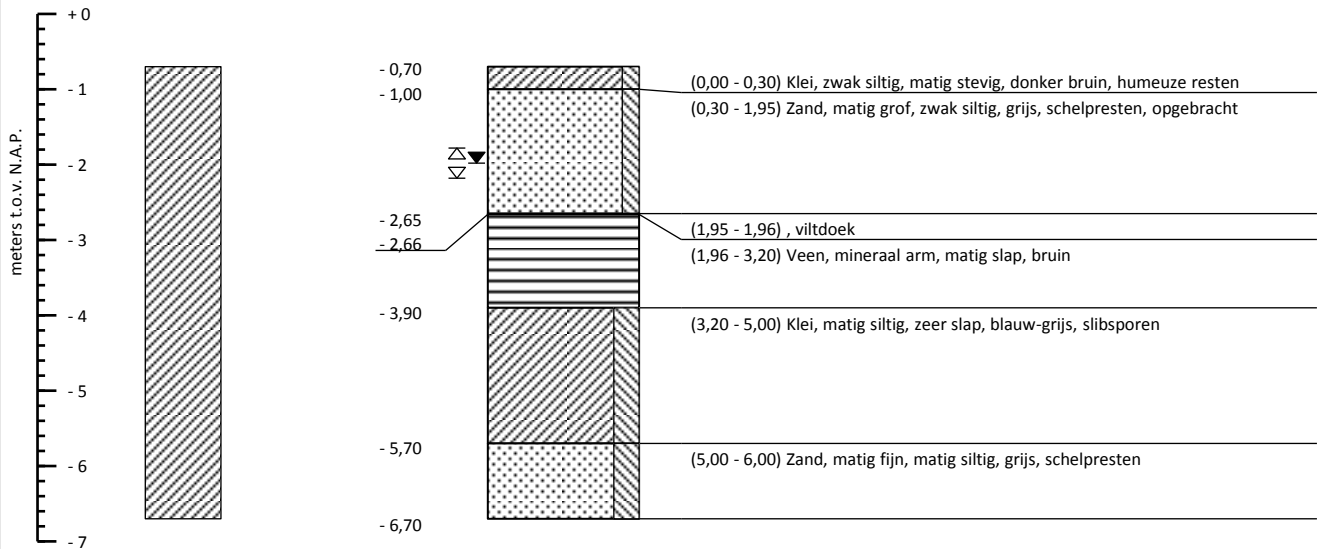
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 173	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 760	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 17-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B3004

AKKOORD
UITV

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (18-1-2017): N.A.P. - 1,98 m
 G.H.G.: N.A.P. - 1,78 m
 G.L.G.: N.A.P. - 2,18 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



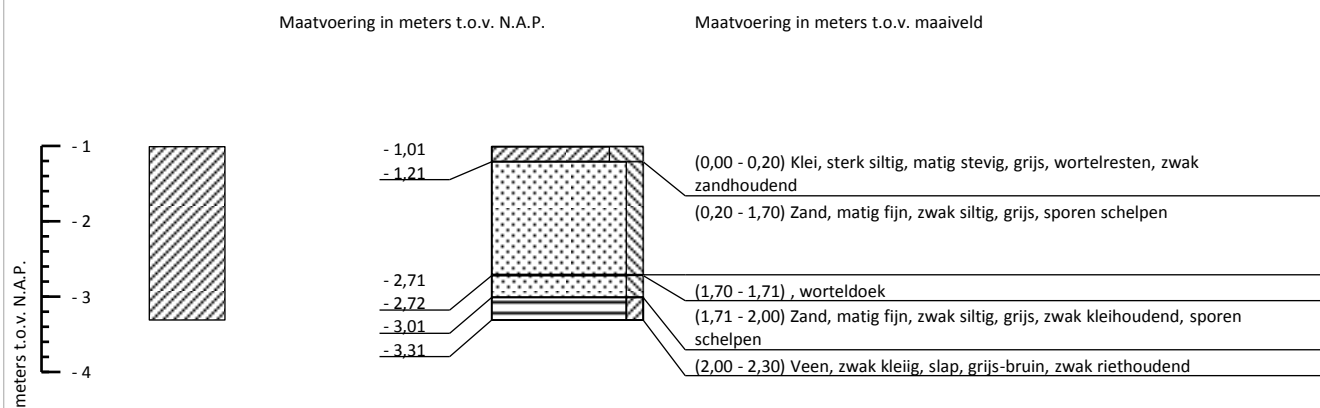
Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 170	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 760	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 18-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B3006



VN 66363-1-B3006-000 & 66363-1-B3006-001-000



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

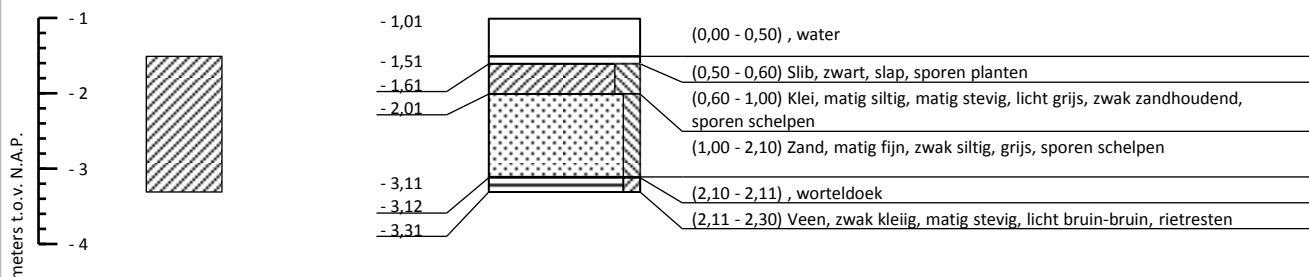
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 169	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 753	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB3008



66363-1-R47688-001 & 66363-1-R47688-002

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

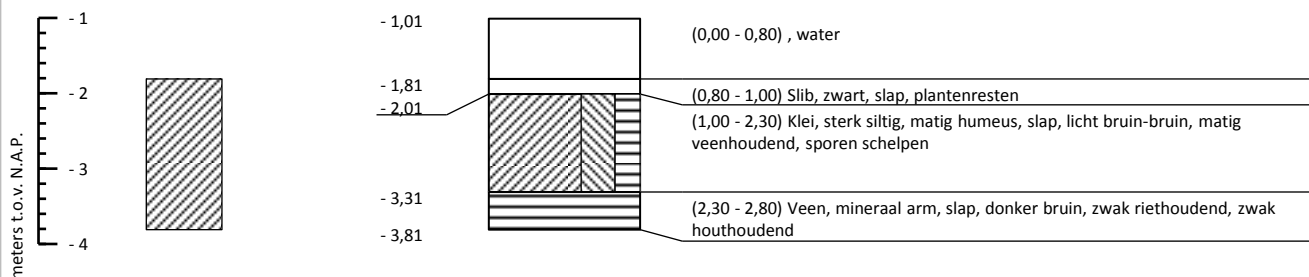
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 168	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 753	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB3009

AKKOORD
UITV

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

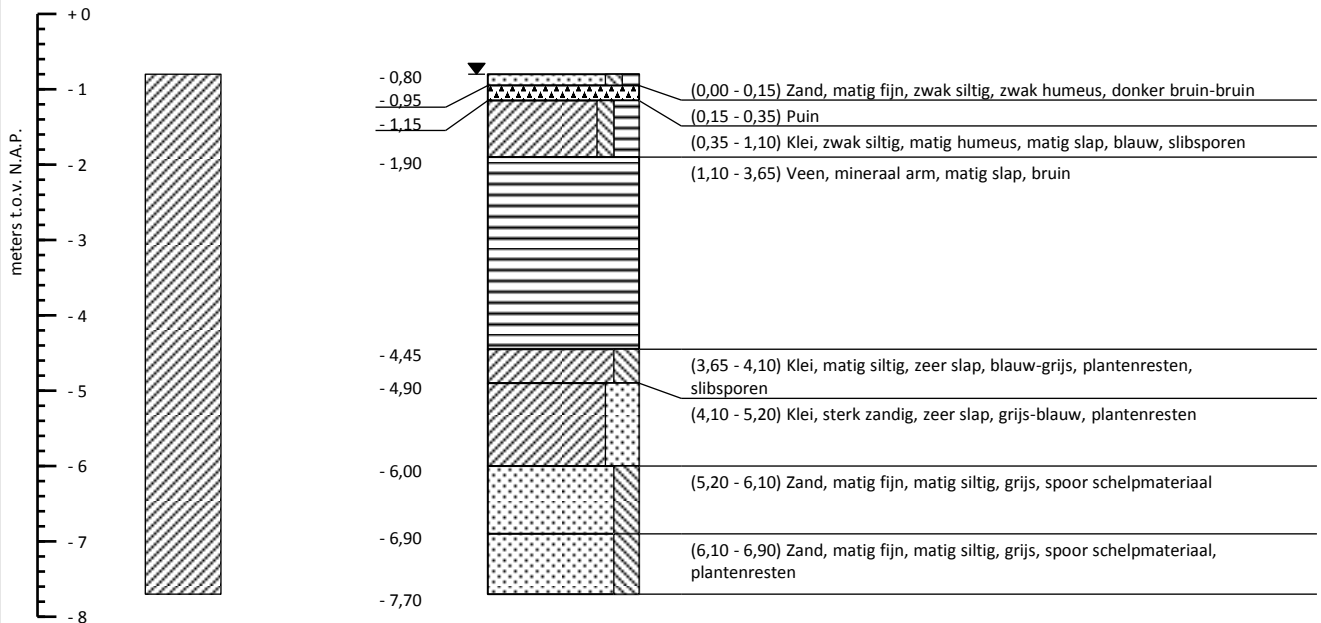
Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 165	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 753	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB3010

AKKOORD
UITV

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
GWS d.d. (17-1-2017): N.A.P. - 0,80 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

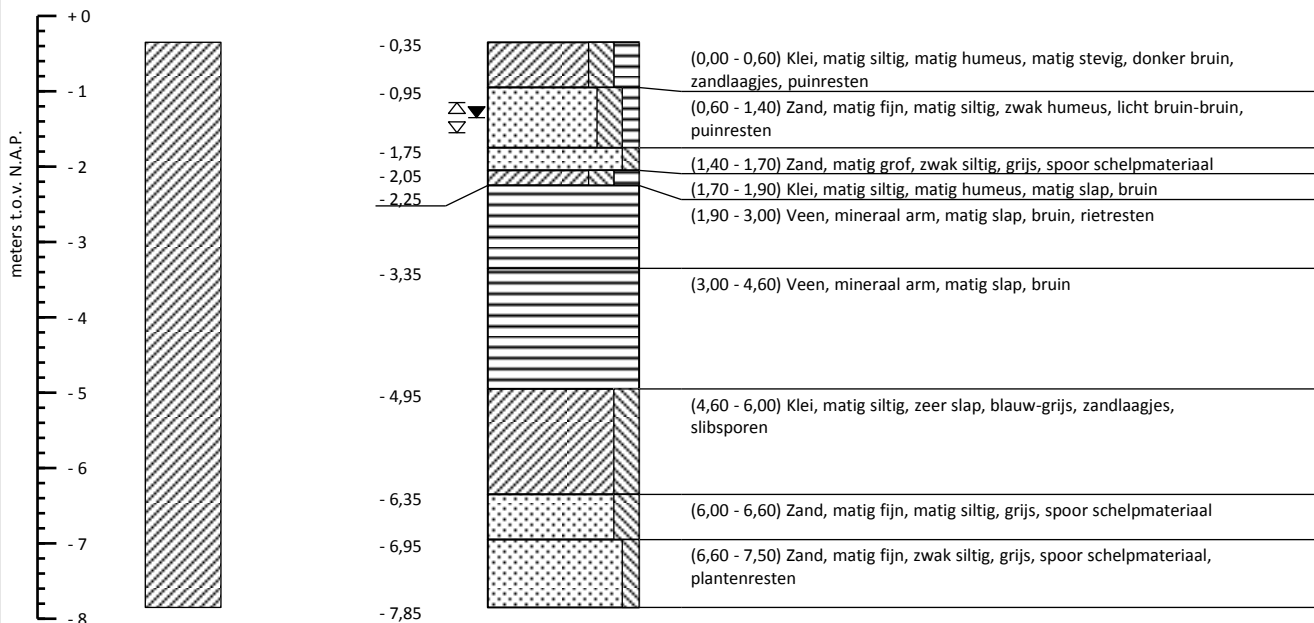
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 505	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 300	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 17-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B4001

AKKOORD
UITV

VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (18-1-2017): N.A.P. - 1,35 m
 G.H.G.: N.A.P. - 1,15 m
 G.L.G.: N.A.P. - 1,55 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

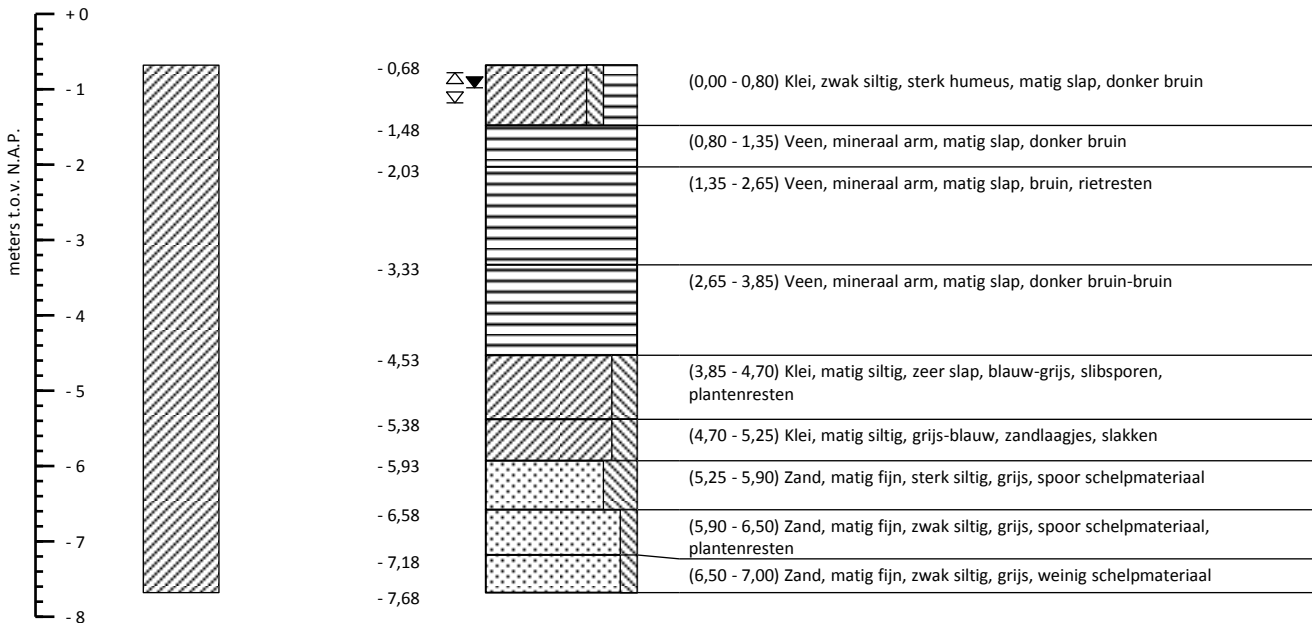
Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 494	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 275	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 18-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B4004



VI 66363-1-R47688-1-001 & 66363-1-R47688-1-002

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.
 GWS d.d. (17-1-2017): N.A.P. - 0,98 m
 G.H.G.: N.A.P. - 0,78 m
 G.L.G.: N.A.P. - 1,18 m

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



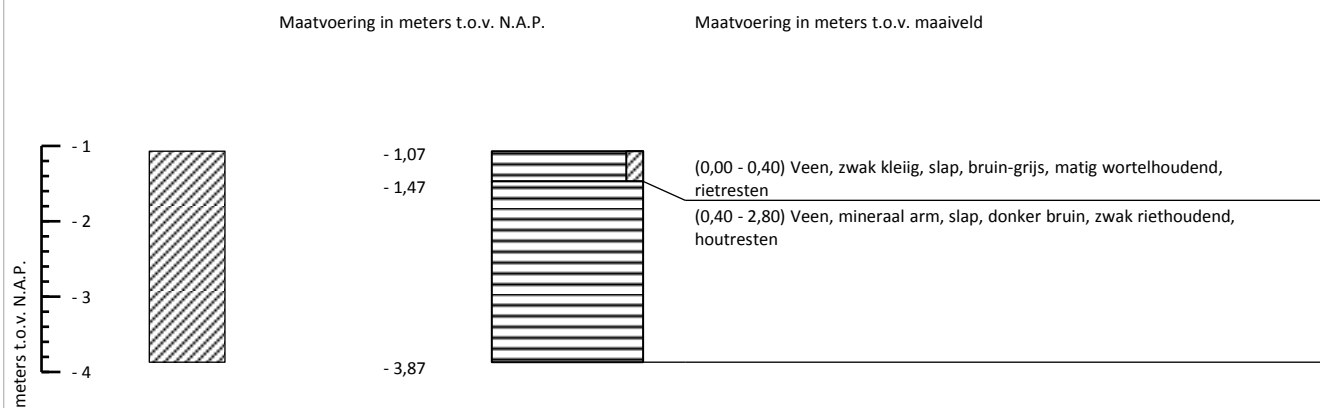
Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 485	Pulsboring (lichte stelling)
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 262	Boormeester: Henk Veenstra
	Uitgevoerd: 17-1-2017	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: B4006

AKKOORD
UITV

VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101



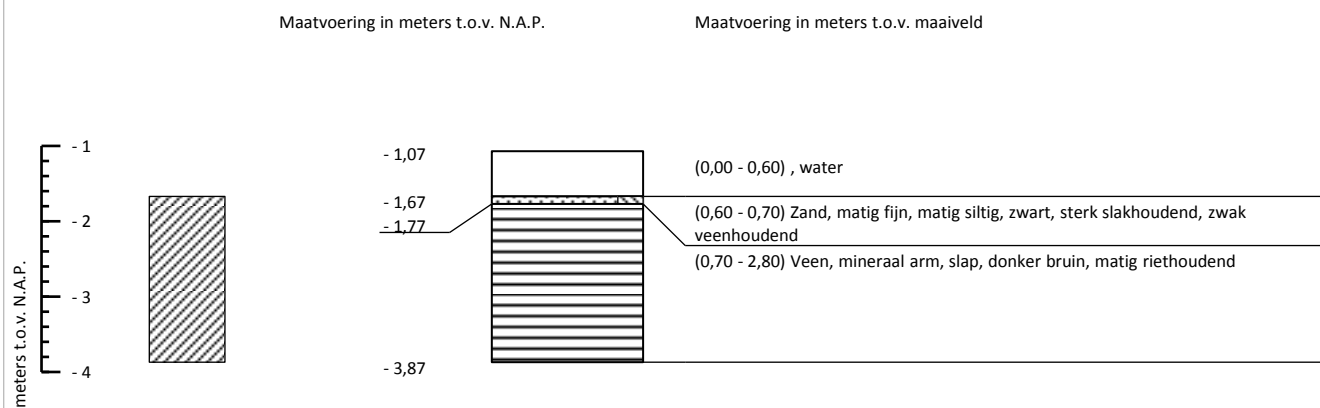
Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 483	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 502 264	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB4008

AKKOORD
UITV

VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101-100



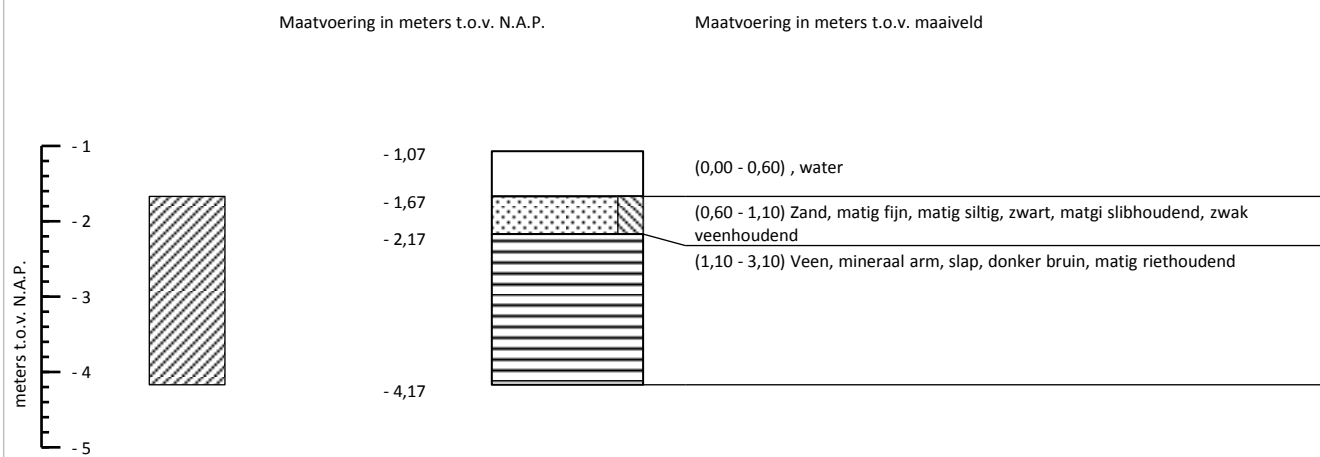
Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 482	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS 	Y = 502 263	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB4009

AKKOORD
UITV

VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101



Boorstaat o.b.v. grondidentificatie in het veld (NEN 5104)

Boring conform NEN-EN-ISO 22475-1

Project maalstoppeil	RD coördinatensysteem	Westknollendam
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	X = 114 480	Edelmanboring
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS 	Y = 502 262	Boormeester: Heino Wals
	Uitgevoerd: 14-12-2016	Opdrachtnr.: 66363
	Blad 1 van 1	Boornummer: HB4010

AKKOORD
UITV

VN 66363-1-R47688-100 & 66363-1-R47688-101

NEN 5104 Grondsoorten Hoofdgrondsoort / bijmenging

	Grind / grindig
	Zand / zandig
	Leem / siltig
	Klei / kleiig
	Veen / humeus

Geohydrologische gegevens

	Actuele grondwaterstand direct na boren bepaald
	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)

Monsternamen

	Geroerd monster
	Ongeroid monster

Peilbuizen

	Blinde buis / stijgbuis
	Filter
	Zandvang

Hellingmeetbuizen

	Hellingmeetbuis
--	-----------------

Niet NEN 5104 hoofdbestanddelen

	Gesloten verharding
	Puin
	Schelpen
	Hout
	Water
	Overige niet binnen NEN 5104 gedefinieerde hoofdbestanddelen

Aanvullingen

	Filterzand
	Filtergrind / Aanvulgrind
	Zwelkleikorrels
	Mikolit / Mikolit 00 / Mikolit 300
	Mikolit B / Bentoniet
	QSE
	Grond (vrijgekomen / opgeboord)
	Aanvulzand
	Klei
	Grout

Legenda boorprofiel met aanvullende gegevens



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



AKKOORD
UITV

Bijlage 3



Tabel X-, Y-, en Z-coördinaten

Meetpunt	Tag	X-coördinaten	Y-coördinaten	Z-coördinaten (N.A.P. +/- m)
B1002	HB1002	114.244	503.451	- 0,14
B1004	HB1004	114.240	503.448	- 0,15
B1005	HB1005	114.239	503.447	- 0,38
B1006	HB1006	114.237	503.445	- 0,54
B2004	HB2004	114.244	503.395	- 0,10
B2005	HB2005	114.241	503.395	- 0,62
B2006	HB2006	114.238	503.396	- 0,91
B3001	B3001	114.184	502.759	- 0,79
B3004	B3004	114.173	502.760	+ 0,02
B3006	B3006	114.170	502.760	- 0,70
B3008	HB3008	114.169	502.753	- 1,01
B3009	HB3009	114.168	502.753	- 1,01
B3010	HB3010	114.165	502.753	- 1,01
B4001	B4001	114.505	502.300	- 0,80
B4004	B4004	114.494	502.275	- 0,35
B4006	B4006	114.485	502.262	- 0,68
B4008	HB4008	114.483	502.264	- 1,07
B4009	HB4009	114.482	502.263	- 1,07
B4010	HB4010	114.480	502.262	- 1,07



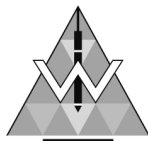
Bijlage 4



Projectnummer: 66363
Projectnaam: project maalstoppeil
Plaats: Westknollendam
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

boor tag klant	Monster nummer	Monsterdiepte (m - mv)	Niveau monster t.o.v. N.A.P.	Grondsoort (NEN 5104)	Bijmenging / Geologische naam	Consistentie	Kleur	Vol. gewicht 100% verz. (indicatief)	Nat volumegewicht	Droog volumegewicht	Watergehalte in gewichts %	Gehanteerde soortelijke massa ***	Poriën getal	Poriën volume	Watergehalte	Verzadigingsgraad
		[m]	[m]					ρ_{sat} [kN/m ³]	ρ_n [kN/m ³]	ρ_{dr} [kN/m ³]	W_g [%]	ρ [kg/m ³]	e [-]	n [%]	W_v [%]	S_r [%]
HB1005	1	0,25	-0,63	Ks1g1h2	plantenresten, puinresten, wortelresten, zandsporen	stevig	donker bruin	15,3	14,5	9,2	58,1	2508 *	1,68	62,75	54,24	86,43
HB1005	2	0,60	-0,98	Ks1g1h2	plantenresten, wortelresten, zandsporen	stevig	donker bruin	16,9	16,0	11,6	38,5	2581 *	1,19	54,25	45,48	83,83

* Waarde o.b.v. grootschalige proevenverzameling, met correlaties volumegewicht en soortelijke massa.
** Resultaat pycnometer proef
*** De waarden met * gemarkeerd, zijn indicatieve waarden; 2650 kg/m³ is standaard waarde voor zand



Projectnummer: 66363
Projectnaam: project maalstoppeil
Plaats: Westknollendam
Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

boor tag klant	Monster nummer	Monsterdiepte (m - mv)	Niveau monster t.o.v. N.A.P.	Grondsoort (NEN 5104)	Bijmenging / Geologische naam	Consistentie	Kleur	Vol. gewicht 100% verz. (indicatief)	Nat volumegewicht	Droog volumegewicht	Watergehalte in gewichts %	Gehanteerde soortelijke massa ***	Poriën getal	Poriën volume	Watergehalte	Verzadigingsgraad
		[m]	[m]					ρ_{sat} [kN/m ³]	ρ_n [kN/m ³]	ρ_{dr} [kN/m ³]	W_g [%]	ρ [kg/m ³]	e [-]	n [%]	W_v [%]	S_r [%]
HB2005	1	0,30	-0,92	Ks1g1h2	wortelresten, puinresten, zandsporen	stevig	donker bruin	16,5	15,6	11,0	42,5	2569 *	1,30	56,43	47,60	84,35
HB2005	2	0,60	-1,22	Ks1g1h2	wortelresten, roestsporen, puinresten, zandsporen	stevig	donker bruin	15,6	14,2	9,6	47,9	2508 *	1,57	61,10	46,76	76,53

* Waarde o.b.v. grootschalige proevenverzameling, met correlaties volumegewicht en soortelijke massa.
** Resultaat pycnometer proef
*** De waarden met * gemarkeerd, zijn indicatieve waarden; 2650 kg/m³ is standaard waarde voor zand



Bijlage 2 Rapport D-sheet pilling

Report for D-Sheet Piling 16.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares



Company: Royal HaskoningDHV

Date of report: 7/14/2017
Time of report: 9:33:40 AM

Date of calculation: 6/13/2017
Time of calculation: 11:45:01 AM

Filename: D:\..07 Berekeningen\kistdam toeritten\kistdam toeritten

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	4
2.1 Overview per Stage and Test	4
2.2 Anchors and Struts	4
2.3 Warnings	4
2.4 CUR Verification Steps	5
3 Input Data for all Stages	6
3.1 General Input Data	6
3.2 Sheet Piling Properties	6
3.2.1 General properties	6
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	6
3.2.3 Maximum allowable moments	6
3.2.4 Properties for vertical balance	6
3.3 Calculation Options	6
4 Outline Stage 2: vervangen damwand	8
5 Step 6.3 Stage 2: vervangen damwand	9
5.1 Input Data Left	9
5.1.1 Calculation Method	9
5.1.2 Water Level	9
5.1.3 Surface	9
5.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	9
5.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	9
5.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	10
5.3 Calculated force from a layer Left	10
5.4 Input Data Right	10
5.4.1 Calculation Method	10
5.4.2 Water Level	10
5.4.3 Surface	10
5.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	10
5.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	11
5.4.6 Anchors	11
5.4.7 Surcharge Loads	11
5.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	12
5.6 Calculated force from a layer Right	12
5.7 Calculation Results	12
5.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	13
5.7.2 Moments, Forces and Displacements	13
5.7.3 Charts of Stresses	14
5.7.4 Stresses	14
5.7.5 Percentage mobilized resistance	15
5.7.6 Vertical Force Balance	16
5.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	16
5.7.8 Anchors/Struts	16
6 Step 6.4 Stage 2: vervangen damwand	17
6.1 Input Data Left	17
6.1.1 Calculation Method	17
6.1.2 Water Level	17
6.1.3 Surface	17
6.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	17
6.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	17
6.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	18
6.3 Calculated force from a layer Left	18
6.4 Input Data Right	18
6.4.1 Calculation Method	18
6.4.2 Water Level	18
6.4.3 Surface	18
6.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	18
6.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	19
6.4.6 Anchors	19
6.4.7 Surcharge Loads	19
6.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	20
6.6 Calculated force from a layer Right	20
6.7 Calculation Results	20
6.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	21

6.7.2 Moments, Forces and Displacements	21
6.7.3 Charts of Stresses	22
6.7.4 Stresses	22
6.7.5 Percentage mobilized resistance	23
6.7.6 Vertical Force Balance	24
6.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	24
6.7.8 Anchors/Struts	24
7 Step 6.5 Stage 2: vervangen damwand	25
7.1 Input Data Left	25
7.1.1 Calculation Method	25
7.1.2 Water Level	25
7.1.3 Surface	25
7.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	25
7.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	25
7.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	26
7.3 Calculated force from a layer Left	26
7.4 Input Data Right	26
7.4.1 Calculation Method	26
7.4.2 Water Level	26
7.4.3 Surface	26
7.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk	26
7.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	27
7.4.6 Anchors	27
7.4.7 Surcharge Loads	27
7.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	28
7.6 Calculated force from a layer Right	28
7.7 Calculation Results	28
7.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	29
7.7.2 Moments, Forces and Displacements	29
7.7.3 Charts of Stresses	30
7.7.4 Stresses	30
7.7.5 Percentage mobilized resistance	31
7.7.6 Vertical Force Balance	32
7.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	32
7.7.8 Anchors/Struts	32

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1		-0.06	0.11	0.0	13.0	---
1	EC7(NL)-Step 6.2		-0.03	0.08	0.0	13.0	---
1	EC7(NL)-Step 6.3		0.12	-0.22	0.0	13.2	---
1	EC7(NL)-Step 6.4		0.06	-0.17	0.0	13.2	---
1	EC7(NL)-Step 6.5	0.0	0.00	0.00	0.0	12.2	---
1	EC7(NL)-Step 6.5 * 1.20		0.00	0.00			
2	EC7(NL)-Step 6.3		-18.12	18.17	56.5	61.3	---
2	EC7(NL)-Step 6.4		-16.75	18.73	56.0	61.3	---
2	EC7(NL)-Step 6.5	-15.3	-4.49	7.96	28.2	31.6	---
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1.20		-5.39	9.55			
Max		-15.3	-18.12	18.73	56.5	61.3	---

2.2 Anchors and Struts

Stage nr.	Verification type	Anchor/strut leg anchor	
		Force [kN]	State
2	EC7(NL)-Step 6.3	20.04	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.4	20.45	Elastic
2	EC7(NL)-Step 6.5 * 1.20	11.51	Elastic
Max		20.45	

Due to multiplication of the representative value a force bigger than yield or buckling force may be present.

2.3 Warnings

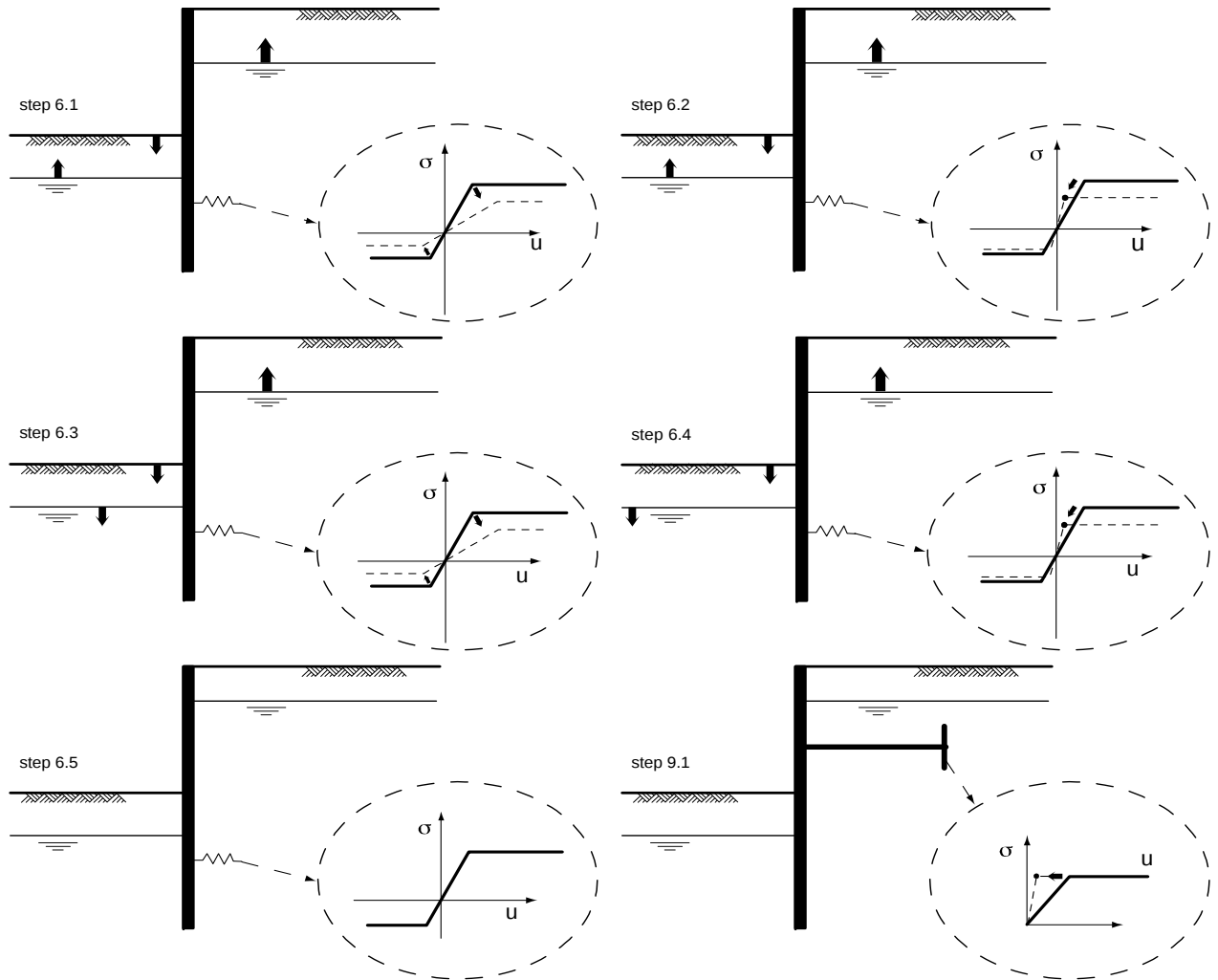
Warning

In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in the materials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a K_a , K_o , K_p calculation.

Profile(s):

- profiel onder dijk

2.4 CUR Verification Steps



3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to NEN-EN 9997+C1:2012

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9.81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	7.00 m
Level top side	0.00 m
Number of sections	1
P _r ;max;point	0.00 MPa
Xi factor	1.39

3.2.1 General properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
D60 8 cm	-7.00	0.00	Wood	1.00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ² /m']	Note to reduction factor
D60 8 cm	5.8000E+02	1.00	5.8000E+02	

3.2.3 Maximum allowable moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm/m']
D60 8 cm	38.40	1.00	1.20	1.00	32.00

3.2.4 Properties for vertical balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
D60 8 cm	-7.00	0.00	80.00	1.00	800.00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Verification of stage	1: plaatsing eerste kistdam
Multiplication factor for anchor stiffness	1.000
Used partial factor set	RC 0

RC0 is added for simple constructions. To be compared with CUR class I

Factors on loads

- Permanent load, unfavourable	1.00
- Permanent load, favourable	1.00
- Variable load, unfavourable	1.00
- Variable load, favourable	0.00

Material factors

- Cohesion	1.00
- Tangent phi	1.05
- Delta (wall friction angle)	1.05
- Modulus of subgrade reaction	1.30

Geometry modification

- Increase retaining height	10.00 %
- Maximum increase retaining height	0.50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0.15 m
- Raise in phreatic line on passive side	0.15 m
- Raise in phreatic line on active side	0.05 m

Vertical balance factors

- Partial factor base resistance (γ_b)	1.20
---	------

Verification of stage 2: vervangen damwand

Multiplication factor for anchor stiffness 1.000

Used partial factor set RC 2

Factors on loads

- Permanent load, unfavourable	1.00
- Permanent load, favourable	1.00
- Variable load, unfavourable	1.10
- Variable load, favourable	0.00

Material factors

- Cohesion	1.25
- Tangent phi	1.18
- Delta (wall friction angle)	1.18
- Modulus of subgrade reaction	1.30

Geometry modification

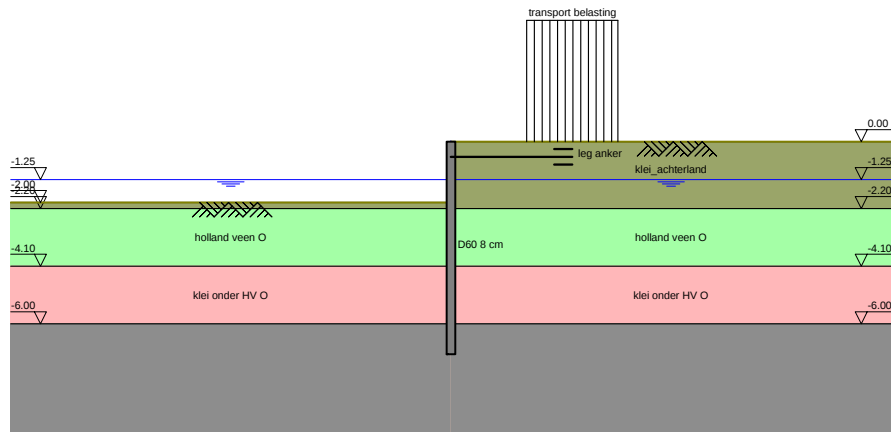
- Increase retaining height	10.00 %
- Maximum increase retaining height	0.50 m
- Reduction in phreatic line on passive side	0.25 m
- Raise in phreatic line on passive side	0.25 m
- Raise in phreatic line on active side	0.05 m

Vertical balance factors

- Partial factor base resistance (γ_b)	1.20
---	------

4 Outline Stage 2: vervangen damwand

Outline - Stage 2: vervangen damwand



5 Step 6.3 Stage 2: vervangen damwand

5.1 Input Data Left

5.1.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.1.2 Water Level

Water level: -1.50 [m]

5.1.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	-2.15

5.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	0.88	23.80	15.90
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.28	18.18	0.00
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.32	26.81	17.46
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	22.63	15.09
basis veen	-19.00	11.00	11.00	0.96	12.85	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	30.79	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

5.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	3076.92	3076.92	1538.46	1538.46
holland veen O	-2.20	769.23	769.23	384.62	384.62
klei onder HV O	-4.10	3076.92	3076.92	1538.46	1538.46
klei wadzand	-6.00	4615.38	4615.38	3076.92	3076.92
basis veen	-19.00	1538.46	1538.46	615.38	615.38
zand pleistoceen	-20.00	15384.62	15384.62	7692.31	7692.31

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	615.38	615.38
holland veen O	-2.20	192.31	192.31
klei onder HV O	-4.10	615.38	615.38
klei wadzand	-6.00	1538.46	1538.46
basis veen	-19.00	384.62	384.62
zand pleistoceen	-20.00	3846.15	3846.15

5.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-2.17	0.0	4.7	0.00	0.60	45.57
2	-2.36	0.0	4.1	0.00	0.69	17.46
3	-2.67	0.0	4.1	0.00	0.69	13.98
4	-2.99	0.0	4.2	0.00	0.69	11.90
5	-3.31	0.0	4.3	0.00	0.69	10.44
6	-3.63	0.0	4.4	0.00	0.69	9.35
7	-3.94	0.0	4.6	0.00	0.69	8.52
8	-4.26	0.0	22.0	0.00	0.55	15.14
9	-4.58	0.0	28.2	0.00	0.55	8.76
10	-4.89	0.0	35.6	0.00	0.55	7.14
11	-5.21	0.0	43.3	0.00	0.55	6.40
12	-5.53	0.0	51.0	0.00	0.55	5.98
13	-5.84	0.0	58.7	0.00	0.55	5.70
14	-6.17	0.0	40.8	0.00	0.62	3.33
15	-6.50	0.0	48.0	0.00	0.62	3.33
16	-6.83	3.6	55.2	0.22	0.62	3.33

5.3 Calculated force from a layer Left

Name	Force
klei achterland	0.00
holland veen O	8.16
klei onder HV O	55.01
klei wadzand	17.47
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

5.4 Input Data Right

5.4.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.4.2 Water Level

Water level: -1.20 [m]

5.4.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	0.00

5.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	0.88	23.80	15.90
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.28	18.18	0.00

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.32	26.81	17.46
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	22.63	15.09
basis veen	-19.00	11.00	11.00	0.96	12.85	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	30.79	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

5.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	3076.92	3076.92	1538.46	1538.46
holland veen O	-2.20	769.23	769.23	384.62	384.62
klei onder HV O	-4.10	3076.92	3076.92	1538.46	1538.46
klei wadzand	-6.00	4615.38	4615.38	3076.92	3076.92
basis veen	-19.00	1538.46	1538.46	615.38	615.38
zand pleistoceen	-20.00	15384.62	15384.62	7692.31	7692.31

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	615.38	615.38
holland veen O	-2.20	192.31	192.31
klei onder HV O	-4.10	615.38	615.38
klei wadzand	-6.00	1538.46	1538.46
basis veen	-19.00	384.62	384.62
zand pleistoceen	-20.00	3846.15	3846.15

5.4.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m']	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
leg anker	-0.50	2.100E+08	3.140E-04	4.00	0.00	100.00	n.a.

5.4.7 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
transport belasting	2.50	16.50
	5.50	16.50

5.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-0.13	0.0	10.6	0.00	0.84	6.08
2	-0.38	0.6	23.1	0.11	0.83	4.41
3	-0.62	2.1	35.2	0.24	0.82	4.06
4	-0.85	3.3	46.9	0.27	0.80	3.90
5	-1.08	4.5	60.4	0.29	0.78	3.91
6	-1.23	5.1	72.7	0.29	0.76	4.19
7	-1.38	5.3	86.4	0.29	0.76	4.76
8	-1.63	5.7	120.7	0.29	0.75	6.19
9	-1.88	6.1	164.4	0.29	0.73	7.86
10	-2.08	6.4	156.6	0.29	0.72	7.10
11	-2.17	6.5	153.2	0.29	0.71	6.77
12	-2.36	9.5	70.5	0.41	0.78	3.06
13	-2.67	13.4	53.1	0.57	0.76	2.25
14	-2.99	13.7	39.2	0.57	0.74	1.63
15	-3.31	14.0	30.0	0.57	0.72	1.22
16	-3.63	14.2	29.4	0.57	0.70	1.17
17	-3.94	14.4	29.6	0.57	0.68	1.17
18	-4.26	9.5	101.0	0.36	0.55	3.81
19	-4.58	10.5	118.1	0.37	0.54	4.15
20	-4.89	13.0	125.9	0.43	0.53	4.14
21	-5.21	13.7	162.1	0.42	0.52	5.02
22	-5.53	14.4	181.8	0.42	0.52	5.32
23	-5.84	14.8	188.6	0.41	0.51	5.24
24	-6.17	19.8	132.6	0.52	0.57	3.49
25	-6.50	19.9	117.9	0.50	0.57	2.94
26	-6.83	20.1	120.1	0.47	0.57	2.84

5.6 Calculated force from a layer Right

Name	Force
klei_achterland	0.00
holland veen O	25.05
klei onder HV O	24.05
klei wadzand	21.84
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

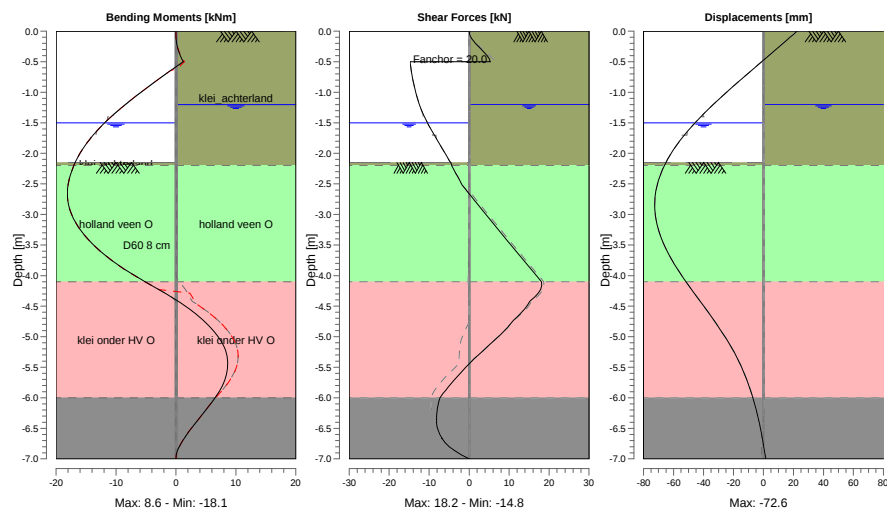
5.7 Calculation Results

Number of iterations: 6

5.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: vervangen damwand

Step 6.3 - Partial factor set: RC 2



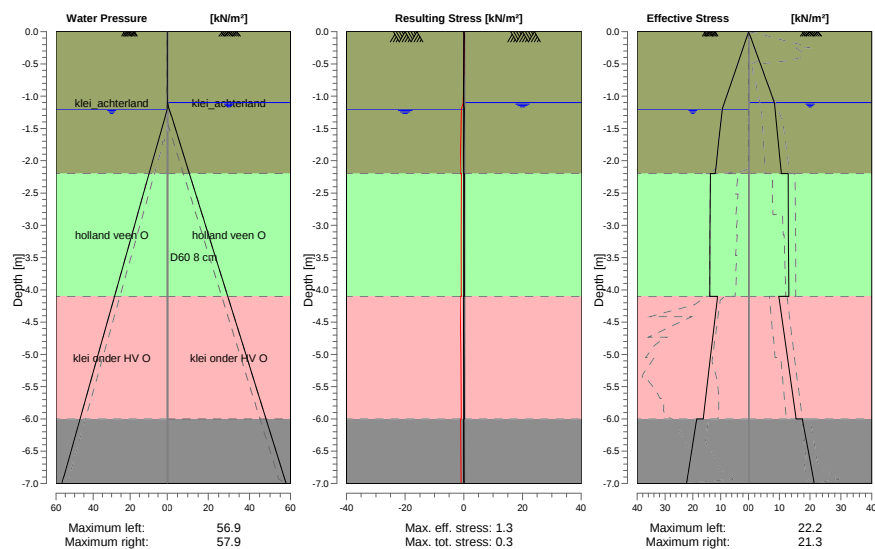
5.7.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0.00	0.00	0.00	22.4
1	-0.25	0.21	2.38	10.6
2	-0.25	0.21	2.40	10.6
2	-0.50	1.22	5.30	-1.2
3	-0.50	1.22	-14.76	-1.2
3	-0.73	-2.16	-14.26	-12.3
4	-0.73	-2.16	-14.26	-12.3
4	-0.97	-5.41	-13.49	-23.2
5	-0.97	-5.41	-13.49	-23.2
5	-1.20	-8.44	-12.45	-33.5
6	-1.20	-8.44	-12.45	-33.5
6	-1.25	-9.05	-12.18	-35.7
7	-1.25	-9.05	-12.18	-35.7
7	-1.50	-11.89	-10.42	-45.7
8	-1.50	-11.89	-10.42	-45.7
8	-1.75	-14.23	-8.26	-54.4
9	-1.75	-14.23	-8.26	-54.4
9	-2.00	-16.02	-6.01	-61.6
10	-2.00	-16.02	-6.01	-61.6
10	-2.15	-16.81	-4.61	-65.1
11	-2.15	-16.81	-4.61	-65.1
11	-2.20	-17.04	-4.37	-66.2
12	-2.20	-17.04	-4.37	-66.2
12	-2.52	-18.00	-1.75	-70.9
13	-2.52	-18.00	-1.75	-70.9
13	-2.83	-17.94	2.12	-72.6
14	-2.83	-17.94	2.12	-72.6
14	-3.15	-16.64	6.06	-71.1
15	-3.15	-16.64	6.06	-71.1
15	-3.47	-14.08	10.05	-66.9
16	-3.47	-14.08	10.05	-66.9

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
16	-3.78	-10.26	14.07	-60.2
17	-3.78	-10.26	14.07	-60.2
17	-4.10	-5.16	18.11	-51.7
18	-4.10	-5.16	18.11	-51.7
18	-4.42	0.32	15.23	-42.4
19	-4.42	0.32	15.22	-42.4
19	-4.73	4.56	11.05	-33.1
20	-4.73	4.56	11.05	-33.1
20	-5.05	7.38	6.44	-24.5
21	-5.05	7.38	6.44	-24.5
21	-5.37	8.60	1.18	-17.2
22	-5.37	8.60	1.18	-17.2
22	-5.68	8.24	-3.38	-11.4
23	-5.68	8.24	-3.38	-11.4
23	-6.00	6.53	-7.28	-7.0
24	-6.00	6.53	-7.29	-7.0
24	-6.33	3.91	-8.10	-3.6
25	-6.33	3.91	-8.12	-3.6
25	-6.67	1.33	-6.73	-0.9
26	-6.67	1.33	-6.75	-0.9
26	-7.00	0.00	-0.02	1.6
Max		-18.00	18.11	-72.6
Max, minor nodes incl.		-18.12	18.17	-72.6

5.7.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: plaatsing eerste kistdam



5.7.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat* [%]	Mob* [%]	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat* [%]	Mob* [%]
1	0.00	0.00	0.00	-		0.00	0.00	P	
1	-0.25	0.00	0.00	-		17.04	0.00	3	80
2	-0.25	0.00	0.00	-		12.94	0.00	3	84
2	-0.50	0.00	0.00	-		2.08	0.00	1	
3	-0.50	0.00	0.00	-		1.97	0.00	1	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*
3	-0.73	0.00	0.00	-		2.53	0.00	A	
4	-0.73	0.00	0.00	-		2.83	0.00	A	
4	-0.97	0.00	0.00	-		3.76	0.00	A	
5	-0.97	0.00	0.00	-		3.97	0.00	A	
5	-1.20	0.00	0.00	-		4.97	0.00	A	
6	-1.20	0.00	0.00	-		5.06	0.00	A	
6	-1.25	0.00	0.00	-		5.14	0.49	A	
7	-1.25	0.00	0.00	-		5.13	0.49	A	
7	-1.50	0.00	0.00	-		5.52	2.94	A	
8	-1.50	0.00	0.00	-		5.49	2.94	A	
8	-1.75	0.00	2.45	-		5.90	5.40	A	
9	-1.75	0.00	2.45	-		5.86	5.40	A	
9	-2.00	0.00	4.91	-		6.27	7.85	A	
10	-2.00	0.00	4.91	-		6.24	7.85	A	
10	-2.15	0.00	6.38	-		6.49	9.32	A	
11	-2.15	0.00	6.38	P		6.47	9.32	A	
11	-2.20	9.32	6.87	P		6.55	9.81	A	
12	-2.20	3.57	6.87	P		9.34	9.81	A	
12	-2.52	4.62	9.97	P		9.57	12.92	A	
13	-2.52	3.70	9.97	P		13.23	12.92	A	
13	-2.83	4.54	13.08	P		13.53	16.02	A	
14	-2.83	3.86	13.08	P		13.58	16.02	A	
14	-3.15	4.58	16.19	P		13.86	19.13	A	
15	-3.15	4.02	16.19	P		13.86	19.13	A	
15	-3.47	4.65	19.29	P		14.11	22.24	A	
16	-3.47	4.16	19.29	P		14.09	22.24	A	
16	-3.78	4.73	22.40	P		14.30	25.34	A	
17	-3.78	4.30	22.40	P		14.27	25.34	A	
17	-4.10	4.82	25.51	P		14.46	28.45	A	
18	-4.10	8.56	25.51	P		9.16	28.45	A	
18	-4.42	32.71	28.61	3	92	9.88	31.56	A	
19	-4.42	20.46	28.61	P		10.10	31.56	A	
19	-4.73	31.51	31.72	3	88	10.81	34.66	A	
20	-4.73	26.82	31.72	3	91	12.60	34.66	A	
20	-5.05	34.25	34.83	3	82	13.42	37.77	A	
21	-5.05	31.18	34.83	3	83	13.32	37.77	A	
21	-5.37	33.41	37.93	2	68	14.11	40.88	A	
22	-5.37	32.22	37.93	2	71	14.01	40.88	A	
22	-5.68	31.45	41.04	2	56	14.79	43.98	A	
23	-5.68	30.50	41.04	2	57	14.45	43.98	A	
23	-6.00	27.68	44.15	1	43	15.20	47.09	A	
24	-6.00	27.43	44.15	2	74	19.24	47.09	A	
24	-6.33	23.23	47.41	2	52	20.38	50.36	A	
25	-6.33	23.23	47.41	2	52	19.40	50.36	A	
25	-6.67	13.47	50.69	1	26	20.48	53.63	A	
26	-6.67	13.47	50.69	1	26	19.59	53.63	A	
26	-7.00	3.86	53.95	A		31.93	56.90	1	26

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Mob Percentage passive mobilized

5.7.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	80.9	84.3
Water	148.4	165.0
Total	229.3	249.3

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	132.02 kN
Mobilized passive effective resistance	80.88 kN
Percentage mobilized resistance	61.3 %
Position single support	-0.50 m
Maximum passive moment	669.83 kNm
Mobilized passive moment	378.67 kNm
Percentage mobilized moment	56.5 %

5.7.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1.39
Partial factor base resistance	1.20
Maximum point resistance	0.00 [MPa]
A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero	

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-17.27
Vertical force passive	22.08
Resulting vertical force (no dead weight)	4.81
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Resultant goes up	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-17.27
Vertical force passive	22.08
Resulting vertical force (no dead weight)	4.81
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Resultant goes up	

5.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
-2.15	klei achterland	0.07	0.00	klei achterland	-3.81
-2.20	holland veen O	0.00	-2.20	holland veen O	0.00
-4.10	klei onder HV O	17.31	-4.10	klei onder HV O	-7.57
-6.00	klei wadzand	4.71	-6.00	klei wadzand	-5.89

5.7.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
leg anchor	-0.50	2.100E+08	20.04	Elastic	Right	Anchor

6 Step 6.4 Stage 2: vervangen damwand

6.1 Input Data Left

6.1.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.1.2 Water Level

Water level: -1.50 [m]

6.1.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	-2.15

6.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	0.88	23.80	15.90
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.28	18.18	0.00
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.32	26.81	17.46
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	22.63	15.09
basis veen	-19.00	11.00	11.00	0.96	12.85	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	30.79	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

6.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	9000.00	9000.00	4500.00	4500.00
holland veen O	-2.20	2250.00	2250.00	1125.00	1125.00
klei onder HV O	-4.10	9000.00	9000.00	4500.00	4500.00
klei wadzand	-6.00	13500.00	13500.00	9000.00	9000.00
basis veen	-19.00	4500.00	4500.00	1800.00	1800.00
zand pleistoceen	-20.00	45000.00	45000.00	22500.00	22500.00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	1800.00	1800.00
holland veen O	-2.20	562.50	562.50
klei onder HV O	-4.10	1800.00	1800.00
klei wadzand	-6.00	4500.00	4500.00
basis veen	-19.00	1125.00	1125.00
zand pleistoceen	-20.00	11250.00	11250.00

6.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-2.17	0.0	4.7	0.00	0.60	45.57
2	-2.36	0.0	4.1	0.00	0.69	17.46
3	-2.67	0.0	4.1	0.00	0.69	13.98
4	-2.99	0.0	4.2	0.00	0.69	11.90
5	-3.31	0.0	4.3	0.00	0.69	10.44
6	-3.63	0.0	4.4	0.00	0.69	9.35
7	-3.94	0.0	4.6	0.00	0.69	8.52
8	-4.26	0.0	22.0	0.00	0.55	15.14
9	-4.58	0.0	28.2	0.00	0.55	8.76
10	-4.89	0.0	35.6	0.00	0.55	7.14
11	-5.21	0.0	43.3	0.00	0.55	6.40
12	-5.53	0.0	51.0	0.00	0.55	5.98
13	-5.84	0.0	58.7	0.00	0.55	5.70
14	-6.17	0.0	40.8	0.00	0.62	3.33
15	-6.50	0.0	48.0	0.00	0.62	3.33
16	-6.83	3.6	55.2	0.22	0.62	3.33

6.3 Calculated force from a layer Left

Name	Force
klei achterland	0.00
holland veen O	8.16
klei onder HV O	57.74
klei wadzand	14.77
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

6.4 Input Data Right

6.4.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.4.2 Water Level

Water level: -1.20 [m]

6.4.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	0.00

6.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	0.88	23.80	15.90
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.28	18.18	0.00

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.32	26.81	17.46
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	22.63	15.09
basis veen	-19.00	11.00	11.00	0.96	12.85	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	30.79	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

6.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	9000.00	9000.00	4500.00	4500.00
holland veen O	-2.20	2250.00	2250.00	1125.00	1125.00
klei onder HV O	-4.10	9000.00	9000.00	4500.00	4500.00
klei wadzand	-6.00	13500.00	13500.00	9000.00	9000.00
basis veen	-19.00	4500.00	4500.00	1800.00	1800.00
zand pleistoceen	-20.00	45000.00	45000.00	22500.00	22500.00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	1800.00	1800.00
holland veen O	-2.20	562.50	562.50
klei onder HV O	-4.10	1800.00	1800.00
klei wadzand	-6.00	4500.00	4500.00
basis veen	-19.00	1125.00	1125.00
zand pleistoceen	-20.00	11250.00	11250.00

6.4.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m']	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
leg anker	-0.50	2.100E+08	3.140E-04	4.00	0.00	100.00	n.a.

6.4.7 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
transport belasting	2.50	16.50
	5.50	16.50

6.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-0.13	0.0	10.6	0.00	0.84	6.08
2	-0.38	0.6	23.1	0.11	0.83	4.41
3	-0.62	2.1	35.2	0.24	0.82	4.06
4	-0.85	3.3	46.9	0.27	0.80	3.90
5	-1.08	4.5	60.4	0.29	0.78	3.91
6	-1.23	5.1	72.7	0.29	0.76	4.19
7	-1.38	5.3	86.4	0.29	0.76	4.76
8	-1.63	5.7	120.7	0.29	0.75	6.19
9	-1.88	6.1	164.4	0.29	0.73	7.86
10	-2.08	6.4	156.6	0.29	0.72	7.10
11	-2.17	6.5	153.2	0.29	0.71	6.77
12	-2.36	9.5	70.5	0.41	0.78	3.06
13	-2.67	13.4	53.1	0.57	0.76	2.25
14	-2.99	13.7	39.2	0.57	0.74	1.63
15	-3.31	14.0	30.0	0.57	0.72	1.22
16	-3.63	14.2	29.4	0.57	0.70	1.17
17	-3.94	14.4	29.6	0.57	0.68	1.17
18	-4.26	9.5	101.0	0.36	0.55	3.81
19	-4.58	10.5	118.1	0.37	0.54	4.15
20	-4.89	13.0	125.9	0.43	0.53	4.14
21	-5.21	13.7	162.1	0.42	0.52	5.02
22	-5.53	14.4	181.8	0.42	0.52	5.32
23	-5.84	14.8	188.6	0.41	0.51	5.24
24	-6.17	19.8	132.6	0.52	0.57	3.49
25	-6.50	19.9	117.9	0.50	0.57	2.94
26	-6.83	20.1	120.1	0.47	0.57	2.84

6.6 Calculated force from a layer Right

Name	Force
klei_achterland	0.00
holland veen O	25.05
klei onder HV O	24.05
klei wadzand	21.34
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

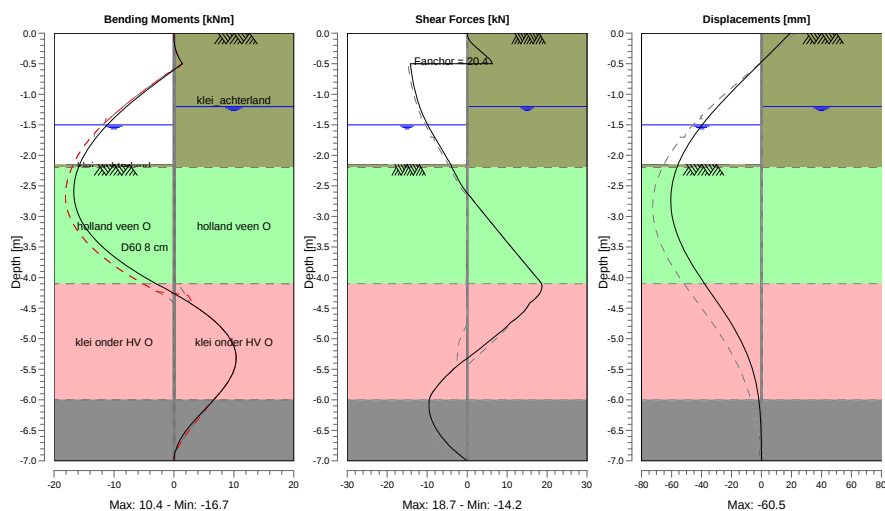
6.7 Calculation Results

Number of iterations: 6

6.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: vervangen damwand

Step 6.4 - Partial factor set: RC 2



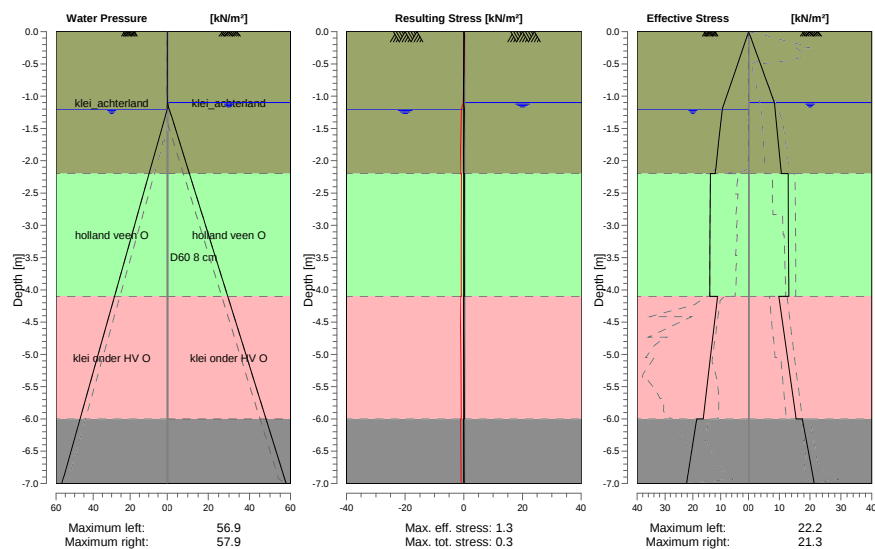
6.7.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0.00	0.00	0.00	19.1
1	-0.25	0.22	2.61	9.0
2	-0.25	0.22	2.67	9.0
2	-0.50	1.40	6.30	-1.2
3	-0.50	1.40	-14.19	-1.2
3	-0.73	-1.86	-13.70	-10.8
4	-0.73	-1.86	-13.70	-10.8
4	-0.97	-4.97	-12.93	-20.2
5	-0.97	-4.97	-12.93	-20.2
5	-1.20	-7.87	-11.89	-29.2
6	-1.20	-7.87	-11.89	-29.2
6	-1.25	-8.46	-11.62	-31.0
7	-1.25	-8.46	-11.62	-31.0
7	-1.50	-11.16	-9.86	-39.6
8	-1.50	-11.16	-9.86	-39.6
8	-1.75	-13.36	-7.70	-46.9
9	-1.75	-13.36	-7.70	-46.9
9	-2.00	-15.00	-5.45	-52.9
10	-2.00	-15.00	-5.45	-52.9
10	-2.15	-15.72	-4.05	-55.6
11	-2.15	-15.72	-4.05	-55.6
11	-2.20	-15.91	-3.81	-56.4
12	-2.20	-15.91	-3.81	-56.4
12	-2.52	-16.70	-1.19	-59.9
13	-2.52	-16.70	-1.19	-59.9
13	-2.83	-16.45	2.68	-60.4
14	-2.83	-16.45	2.68	-60.4
14	-3.15	-14.98	6.62	-58.1
15	-3.15	-14.98	6.62	-58.1
15	-3.47	-12.25	10.61	-53.3
16	-3.47	-12.25	10.61	-53.3

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
16	-3.78	-8.25	14.63	-46.3
17	-3.78	-8.25	14.63	-46.3
17	-4.10	-2.97	18.67	-38.0
18	-4.10	-2.97	18.67	-38.0
18	-4.42	2.68	15.66	-29.1
19	-4.42	2.68	15.66	-29.1
19	-4.73	7.02	10.97	-20.7
20	-4.73	7.02	10.96	-20.7
20	-5.05	9.65	5.29	-13.5
21	-5.05	9.65	5.29	-13.5
21	-5.37	10.37	-0.92	-7.9
22	-5.37	10.37	-0.96	-7.9
22	-5.68	9.18	-6.24	-4.0
23	-5.68	9.18	-6.26	-4.0
23	-6.00	6.61	-9.49	-1.8
24	-6.00	6.61	-9.51	-1.8
24	-6.33	3.48	-8.82	-0.6
25	-6.33	3.48	-8.82	-0.6
25	-6.67	1.01	-5.64	-0.1
26	-6.67	1.01	-5.64	-0.1
26	-7.00	0.00	0.00	0.1
Max		-16.70	18.67	-60.4
Max, minor nodes incl.		-16.75	18.73	-60.5

6.7.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: plaatsing eerste kistdam



6.7.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*
1	0.00	0.00	0.00	-		0.00	0.00	P	
1	-0.25	0.00	0.00	-		19.86	0.00	3	94
2	-0.25	0.00	0.00	-		15.37	0.00	P	
2	-0.50	0.00	0.00	-		0.74	0.00	A	
3	-0.50	0.00	0.00	-		1.71	0.00	A	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob*
3	-0.73	0.00	0.00	-		2.53	0.00	A	
4	-0.73	0.00	0.00	-		2.83	0.00	A	
4	-0.97	0.00	0.00	-		3.76	0.00	A	
5	-0.97	0.00	0.00	-		3.97	0.00	A	
5	-1.20	0.00	0.00	-		4.97	0.00	A	
6	-1.20	0.00	0.00	-		5.06	0.00	A	
6	-1.25	0.00	0.00	-		5.14	0.49	A	
7	-1.25	0.00	0.00	-		5.13	0.49	A	
7	-1.50	0.00	0.00	-		5.52	2.94	A	
8	-1.50	0.00	0.00	-		5.49	2.94	A	
8	-1.75	0.00	2.45	-		5.90	5.40	A	
9	-1.75	0.00	2.45	-		5.86	5.40	A	
9	-2.00	0.00	4.91	-		6.27	7.85	A	
10	-2.00	0.00	4.91	-		6.24	7.85	A	
10	-2.15	0.00	6.38	-		6.49	9.32	A	
11	-2.15	0.00	6.38	P		6.47	9.32	A	
11	-2.20	9.32	6.87	P		6.55	9.81	A	
12	-2.20	3.57	6.87	P		9.34	9.81	A	
12	-2.52	4.62	9.97	P		9.57	12.92	A	
13	-2.52	3.70	9.97	P		13.23	12.92	A	
13	-2.83	4.54	13.08	P		13.53	16.02	A	
14	-2.83	3.86	13.08	P		13.58	16.02	A	
14	-3.15	4.58	16.19	P		13.86	19.13	A	
15	-3.15	4.02	16.19	P		13.86	19.13	A	
15	-3.47	4.65	19.29	P		14.11	22.24	A	
16	-3.47	4.16	19.29	P		14.09	22.24	A	
16	-3.78	4.73	22.40	P		14.30	25.34	A	
17	-3.78	4.30	22.40	P		14.27	25.34	A	
17	-4.10	4.82	25.51	P		14.46	28.45	A	
18	-4.10	8.56	25.51	P		9.16	28.45	A	
18	-4.42	35.37	28.61	P		9.88	31.56	A	
19	-4.42	20.46	28.61	P		10.10	31.56	A	
19	-4.73	35.97	31.72	P		10.81	34.66	A	
20	-4.73	29.33	31.72	P		12.60	34.66	A	
20	-5.05	36.94	34.83	3	88	13.42	37.77	A	
21	-5.05	33.86	34.83	3	90	13.32	37.77	A	
21	-5.37	38.24	37.93	2	78	14.11	40.88	A	
22	-5.37	36.66	37.93	3	80	14.01	40.88	A	
22	-5.68	31.78	41.04	2	56	14.79	43.98	A	
23	-5.68	30.83	41.04	2	57	14.45	43.98	A	
23	-6.00	22.13	44.15	1	35	15.20	47.09	A	
24	-6.00	23.86	44.15	2	64	19.24	47.09	A	
24	-6.33	16.53	47.41	1	37	20.38	50.36	A	
25	-6.33	16.53	47.41	1	37	19.40	50.36	A	
25	-6.67	11.34	50.69	1	22	21.65	53.63	1	
26	-6.67	11.34	50.69	1	22	21.63	53.63	1	
26	-7.00	9.08	53.95	1		26.46	56.90	1	21

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

6.7.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	80.9	84.8
Water	148.4	165.0
Total	229.3	249.8

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	132.02 kN
Mobilized passive effective resistance	80.91 kN
Percentage mobilized resistance	61.3 %
Position single support	-0.50 m
Maximum passive moment	669.83 kNm
Mobilized passive moment	375.12 kNm
Percentage mobilized moment	56.0 %

6.7.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1.39
Partial factor base resistance	1.20
Maximum point resistance	0.00 [MPa]
A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero	

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-17.41
Vertical force passive	22.22
Resulting vertical force (no dead weight)	4.81
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Resultant goes up	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-17.41
Vertical force passive	22.22
Resulting vertical force (no dead weight)	4.81
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Resultant goes up	

6.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
-2.15	klei achterland	0.07	0.00	klei achterland	-4.09
-2.20	holland veen O	0.00	-2.20	holland veen O	0.00
-4.10	klei onder HV O	18.17	-4.10	klei onder HV O	-7.57
-6.00	klei wadzand	3.98	-6.00	klei wadzand	-5.75

6.7.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
leg anchor	-0.50	2.100E+08	20.45	Elastic	Right	Anchor

7 Step 6.5 Stage 2: vervangen damwand

7.1 Input Data Left

7.1.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

7.1.2 Water Level

Water level: -1.25 [m]

7.1.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	-2.00

7.1.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	1.10	27.40	18.30
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.60	21.10	0.00
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.90	30.70	16.60
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	26.10	17.40
basis veen	-19.00	11.00	11.00	1.20	15.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	35.00	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

7.1.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	4000.00	4000.00	2000.00	2000.00
holland veen O	-2.20	1000.00	1000.00	500.00	500.00
klei onder HV O	-4.10	4000.00	4000.00	2000.00	2000.00
klei wadzand	-6.00	6000.00	6000.00	4000.00	4000.00
basis veen	-19.00	2000.00	2000.00	800.00	800.00
zand pleistoceen	-20.00	20000.00	20000.00	10000.00	10000.00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	800.00	800.00
holland veen O	-2.20	250.00	250.00
klei onder HV O	-4.10	800.00	800.00
klei wadzand	-6.00	2000.00	2000.00
basis veen	-19.00	500.00	500.00
zand pleistoceen	-20.00	5000.00	5000.00

7.2 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-2.10	0.0	8.4	0.00	0.54	20.65
2	-2.36	0.0	7.1	0.00	0.64	8.35
3	-2.67	0.0	6.9	0.00	0.64	7.61
4	-2.99	0.0	6.9	0.00	0.64	7.16
5	-3.31	0.0	7.0	0.00	0.64	6.81
6	-3.63	0.0	7.1	0.00	0.64	6.52
7	-3.94	0.0	7.2	0.00	0.64	6.27
8	-4.26	0.0	31.9	0.00	0.49	15.46
9	-4.58	0.0	39.5	0.00	0.49	10.31
10	-4.89	0.0	48.4	0.00	0.49	8.63
11	-5.21	0.0	57.5	0.00	0.49	7.80
12	-5.53	0.0	66.7	0.00	0.49	7.30
13	-5.84	0.0	76.0	0.00	0.49	6.96
14	-6.17	0.0	54.5	0.00	0.56	4.23
15	-6.50	0.0	63.6	0.00	0.56	4.23
16	-6.83	0.0	72.8	0.00	0.56	4.23

7.3 Calculated force from a layer Left

Name	Force
klei achterland	0.00
holland veen O	11.02
klei onder HV O	28.08
klei wadzand	16.23
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

7.4 Input Data Right

7.4.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

7.4.2 Water Level

Water level: -1.25 [m]

7.4.3 Surface

X [m]	Y [m]
0.00	0.00

7.4.4 Soil Material Properties in Profile: profiel onder dijk

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei achterland	0.40	13.90	13.90	1.10	27.40	18.30
holland veen O	-2.20	10.00	10.00	1.60	21.10	0.00

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [degree]	Delta friction angle [degree]
		Unsat [kN/m ³]	Sat. [kN/m ³]			
klei onder HV O	-4.10	15.40	15.40	2.90	30.70	16.60
klei wadzand	-6.00	16.30	16.30	0.00	26.10	17.40
basis veen	-19.00	11.00	11.00	1.20	15.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	19.00	20.00	0.00	35.00	16.60

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
klei achterland	0.40	1.00	1.00	Fine
holland veen O	-2.20	1.00	1.00	Fine
klei onder HV O	-4.10	1.00	1.00	Fine
klei wadzand	-6.00	1.00	1.00	Fine
basis veen	-19.00	1.00	1.00	Fine
zand pleistoceen	-20.00	1.00	1.00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
klei achterland	0.40	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
holland veen O	-2.20	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei onder HV O	-4.10	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
klei wadzand	-6.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
basis veen	-19.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00
zand pleistoceen	-20.00	n.a.	n.a.	n.a.	0.00	0.00

7.4.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	4000.00	4000.00	2000.00	2000.00
holland veen O	-2.20	1000.00	1000.00	500.00	500.00
klei onder HV O	-4.10	4000.00	4000.00	2000.00	2000.00
klei wadzand	-6.00	6000.00	6000.00	4000.00	4000.00
basis veen	-19.00	2000.00	2000.00	800.00	800.00
zand pleistoceen	-20.00	20000.00	20000.00	10000.00	10000.00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
klei achterland	0.40	800.00	800.00
holland veen O	-2.20	250.00	250.00
klei onder HV O	-4.10	800.00	800.00
klei wadzand	-6.00	2000.00	2000.00
basis veen	-19.00	500.00	500.00
zand pleistoceen	-20.00	5000.00	5000.00

7.4.6 Anchors

Name	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Cross section [m ² /m']	Length [m]	Angle [degree]	Yield force [kN/m']	Pre-tension. force [kN/m']
leg anker	-0.50	2.100E+08	3.140E-04	4.00	0.00	100.00	n.a.

7.4.7 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Load [kN/m ²]
transport belasting	2.50	15.00
	5.50	15.00

7.5 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	-0.13	0.0	14.7	0.00	0.76	8.44
2	-0.38	0.0	30.9	0.00	0.75	5.91
3	-0.63	1.5	47.1	0.17	0.74	5.37
4	-0.88	2.6	63.9	0.21	0.72	5.17
5	-1.13	3.7	96.3	0.23	0.70	6.00
6	-1.38	4.4	151.9	0.24	0.69	8.18
7	-1.63	4.8	196.7	0.24	0.68	9.89
8	-1.88	5.1	181.4	0.24	0.67	8.53
9	-2.10	5.4	108.8	0.24	0.65	4.83
10	-2.36	7.8	63.5	0.34	0.73	2.72
11	-2.67	7.9	62.5	0.33	0.71	2.62
12	-2.99	11.2	39.9	0.46	0.69	1.64
13	-3.31	11.7	30.8	0.47	0.67	1.25
14	-3.63	11.9	29.9	0.47	0.66	1.19
15	-3.94	12.0	33.6	0.47	0.64	1.32
16	-4.26	7.1	131.8	0.27	0.50	4.95
17	-4.58	7.7	146.5	0.27	0.49	5.13
18	-4.89	8.4	155.9	0.28	0.48	5.12
19	-5.21	10.8	207.3	0.33	0.47	6.41
20	-5.53	11.4	220.0	0.33	0.47	6.43
21	-5.84	12.0	228.6	0.33	0.47	6.35
22	-6.17	17.8	153.0	0.47	0.53	4.02
23	-6.50	18.4	150.8	0.46	0.52	3.75
24	-6.83	18.5	153.6	0.44	0.52	3.63

7.6 Calculated force from a layer Right

Name	Force
klei_achterland	0.00
holland veen O	19.76
klei onder HV O	18.12
klei wadzand	18.23
basis veen	0.00
zand pleistoceen	0.00

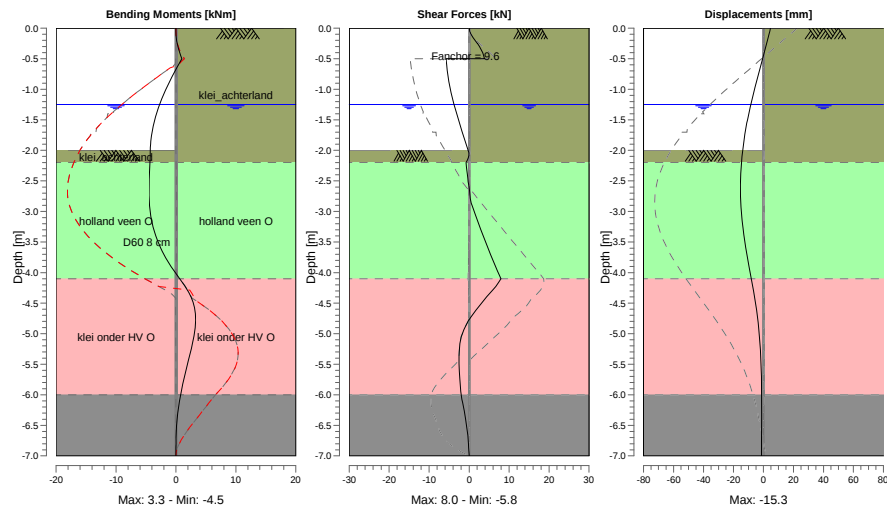
7.7 Calculation Results

Number of iterations: 5

7.7.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: vervangen damwand

Step 6.5 - Partial factor set: RC 2



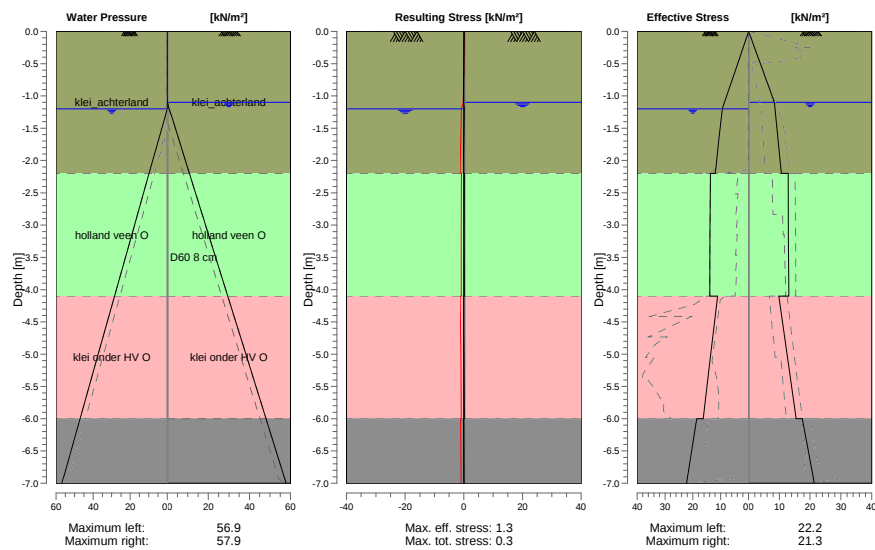
7.7.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	0.00	0.00	0.00	4.7
1	-0.25	0.20	2.07	2.1
2	-0.25	0.20	2.10	2.1
2	-0.50	0.98	3.82	-0.6
3	-0.50	0.98	-5.78	-0.6
3	-0.75	-0.41	-5.37	-3.3
4	-0.75	-0.41	-5.37	-3.3
4	-1.00	-1.67	-4.71	-6.0
5	-1.00	-1.67	-4.71	-6.0
5	-1.25	-2.74	-3.78	-8.5
6	-1.25	-2.74	-3.78	-8.5
6	-1.50	-3.55	-2.67	-10.7
7	-1.50	-3.55	-2.67	-10.7
7	-1.75	-4.07	-1.48	-12.5
8	-1.75	-4.07	-1.48	-12.5
8	-2.00	-4.28	-0.21	-13.9
9	-2.00	-4.28	-0.21	-13.9
9	-2.20	-4.33	-0.78	-14.7
10	-2.20	-4.33	-0.78	-14.7
10	-2.52	-4.48	-0.21	-15.3
11	-2.52	-4.48	-0.21	-15.3
11	-2.83	-4.45	0.40	-15.2
12	-2.83	-4.45	0.40	-15.2
12	-3.15	-4.06	2.07	-14.3
13	-3.15	-4.06	2.07	-14.3
13	-3.47	-3.11	3.92	-12.6
14	-3.47	-3.11	3.92	-12.6
14	-3.78	-1.56	5.85	-10.5
15	-3.78	-1.56	5.85	-10.5
15	-4.10	0.62	7.96	-8.1
16	-4.10	0.62	7.95	-8.1

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
16	-4.42	2.58	4.05	-5.8
17	-4.42	2.58	4.05	-5.8
17	-4.73	3.28	0.38	-4.0
18	-4.73	3.28	0.38	-4.0
18	-5.05	2.99	-1.97	-2.7
19	-5.05	2.99	-1.97	-2.7
19	-5.37	2.25	-2.52	-1.9
20	-5.37	2.25	-2.52	-1.9
20	-5.68	1.47	-2.39	-1.4
21	-5.68	1.47	-2.39	-1.4
21	-6.00	0.77	-2.01	-1.3
22	-6.00	0.77	-2.01	-1.3
22	-6.33	0.26	-1.04	-1.3
23	-6.33	0.26	-1.04	-1.3
23	-6.67	0.04	-0.29	-1.3
24	-6.67	0.04	-0.29	-1.3
24	-7.00	0.00	0.00	-1.4
Max		-4.48	7.96	-15.3
Max, minor nodes incl.		-4.49	7.96	-15.3

7.7.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: plaatsing eerste kistdam



7.7.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob* [%]	Effective stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob* [%]
1	0.00	0.00	0.00	-		0.00	0.00	P	
1	-0.25	0.00	0.00	-		10.95	0.00	1	37
2	-0.25	0.00	0.00	-		10.46	0.00	2	51
2	-0.50	0.00	0.00	-		2.95	0.00	1	
3	-0.50	0.00	0.00	-		2.85	0.00	1	
3	-0.75	0.00	0.00	-		1.78	0.00	A	
4	-0.75	0.00	0.00	-		2.26	0.00	A	
4	-1.00	0.00	0.00	-		3.04	0.00	A	
5	-1.00	0.00	0.00	-		3.30	0.00	A	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*	Effective stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob*
5	-1.25	0.00	0.00	-		4.16	0.00	A	
6	-1.25	0.00	0.00	-		4.28	0.00	A	
6	-1.50	0.00	2.45	-		4.59	2.45	A	
7	-1.50	0.00	2.45	-		4.59	2.45	A	
7	-1.75	0.00	4.91	-		4.92	4.91	A	
8	-1.75	0.00	4.91	-		4.91	4.91	A	
8	-2.00	0.00	7.36	-		5.24	7.36	A	
9	-2.00	0.00	7.36	P		5.23	7.36	A	
9	-2.20	15.40	9.32	3	91	5.49	9.32	A	
10	-2.20	5.82	9.32	3	85	7.74	9.32	A	
10	-2.52	6.21	12.43	3	85	7.91	12.43	A	
11	-2.52	5.78	12.43	3	86	7.77	12.43	A	
11	-2.83	6.07	15.53	3	85	7.93	15.53	A	
12	-2.83	5.79	15.53	3	86	11.06	15.53	A	
12	-3.15	6.00	18.64	3	84	11.27	18.64	A	
13	-3.15	5.77	18.64	3	85	11.59	18.64	A	
13	-3.47	5.92	21.75	3	82	11.78	21.75	A	
14	-3.47	5.71	21.75	3	83	11.78	21.75	A	
14	-3.78	5.71	24.85	2	78	11.94	24.85	A	
15	-3.78	5.61	24.85	3	80	11.93	24.85	A	
15	-4.10	5.11	27.96	2	69	12.08	27.96	A	
16	-4.10	14.81	27.96	3	81	6.80	27.96	A	
16	-4.42	23.33	31.07	2	51	7.32	31.07	A	
17	-4.42	17.81	31.07	2	59	7.42	31.07	A	
17	-4.73	18.17	34.17	1	37	7.94	34.17	A	
18	-4.73	18.17	34.17	1	45	8.12	34.17	A	
18	-5.05	13.80	37.28	1	25	8.64	37.28	A	
19	-5.05	13.80	37.28	1	27	10.46	37.28	A	
19	-5.37	11.47	40.38	1	18	11.08	40.38	A	
20	-5.37	11.47	40.38	1	19	11.07	40.38	A	
20	-5.68	10.70	43.49	1	15	11.68	43.49	A	
21	-5.68	10.70	43.49	1	15	11.67	43.49	A	
21	-6.00	10.94	46.60	1	13	12.27	46.60	A	
22	-6.00	14.36	46.60	1	29	17.26	46.60	A	
22	-6.33	15.46	49.87	1	26	18.28	49.87	A	
23	-6.33	15.46	49.87	1	26	17.91	49.87	A	
23	-6.67	16.90	53.14	1	25	18.90	53.14	A	
24	-6.67	16.90	53.14	1	25	18.05	53.14	A	
24	-7.00	18.39	56.41	1	24	18.99	56.41	A	

*

Stat Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob Percentage passive mobilized

7.7.5 Percentage mobilized resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	57.0	66.5
Water	162.2	162.2
Total	219.1	228.7

Considered as passive side	Left
Maximum passive effective resistance	180.06 kN
Mobilized passive effective resistance	56.97 kN
Percentage mobilized resistance	31.6 %
Position single support	-0.50 m
Maximum passive moment	899.98 kNm
Mobilized passive moment	253.59 kNm
Percentage mobilized moment	28.2 %

7.7.6 Vertical Force Balance

Xi factor 1.39
 Partial factor base resistance 1.20
 Maximum point resistance 0.00 [MPa]
 A maximum point resistance of zero results in a vertical toe capacity of zero

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-15.76
Vertical force passive	15.85
Resulting vertical force (no dead weight)	0.09
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 0$)	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-15.76
Vertical force passive	15.85
Resulting vertical force (no dead weight)	0.09
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	0.00
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 0$)	

7.7.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
-2.00	klei achterland	0.54	0.00	klei achterland	-3.45
-2.20	holland veen O	0.00	-2.20	holland veen O	0.00
-4.10	klei onder HV O	10.22	-4.10	klei onder HV O	-6.60
-6.00	klei wadzand	5.09	-6.00	klei wadzand	-5.71

7.7.8 Anchors/Struts

Anchor/strut	Level [m]	E-Modulus [kN/m ²]	Force [kN]	State	Side	Type
leg anchor	-0.50	2.100E+08	9.59	Elastic	Right	Anchor

End of Report

Bijlage 3 Berekening Gording en Ankerstang

Controle ankerstang en gording

project: Dijkversterking Westknollendam
 referentienumme: BF2365
 datum: 14-7-2017
 opgesteld: Jeroen Rolvink



berekening ankerstang

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \cdot \pi D^2 \\ F_{a;\max} &= \sigma_{\text{staal}} \cdot A \\ \sigma_{\text{staal}} &= 235 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ A &= 179 \text{ [mm}^2\text{]} \\ D &= 17,5 \text{ [mm]} \\ D_{\text{eff;corrosie}} &= 15,1 \text{ [mm]} \\ \text{corrosie}_{\text{tot}} &= 2,4 \text{ [mm]} \\ F_{a;\max} &= 34 \text{ [kN]} \\ \text{H.O.H.} &= 1,1 \text{ [m]} \\ F_{a;\max/m} &= 31 \text{ [kN/m]} \\ F_{\text{optredend}} &= 20 \text{ [kN/m]} \\ \text{unity check} &= 0,59 \text{ [-]} \end{aligned}$$

unity check is kleiner dan 1 dus voldoet

Berekening Gording

$$\begin{aligned} m_{\text{optredend}} &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \\ q_{\text{UGT}} &= 22 \text{ [kN/m]} \\ \text{h.o.h.} &= 1,1 \text{ [m]} \\ m_{\text{optredend}} &= 3 \text{ [kNm]} \\ \text{dikte gording} &= 11 \text{ [cm]} \\ W_{\text{el}} &= 2,22\text{E-}04 \text{ [m}^3\text{]} \\ \text{buigsterkte}_{\text{U}} &= 30 \text{ Mpa} \\ m_{\text{opneembaar}} &= 6,7 \text{ [kNm]} \\ \text{unity check} &= 0,50 \text{ [-]} \end{aligned}$$

unity check is kleiner dan 1 dus voldoet

Berekening Gording met ankeruitval

$$\begin{aligned} m_{\text{optredend}} &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \\ q_{\text{BGT}} &= 10,56 \text{ [kN/m]} \\ \text{h.o.h.} \cdot 2 &= 2,2 \text{ [m]} \\ m_{\text{optredend}} &= 6,4 \text{ [kNm]} \\ \text{dikte gording} &= 11 \text{ [cm]} \\ W_{\text{el}} &= 2,22\text{E-}04 \text{ [m}^3\text{]} \\ \text{buigsterkte}_{\text{UGT}} &= 30 \text{ Mpa} \\ m_{\text{opneembaar}} &= 6,7 \text{ [kNm]} \\ \text{unity check} &= 0,96 \text{ [-]} \end{aligned}$$

unity check is kleiner dan 1 dus voldoet