

Dijkverbeteringen keringen Overijssel

Ontwerpberekeningen

GMB Civiel BV

16 april 2014
Definitief rapport
BC9863-101



Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 24 328 42 84 Telefoon
024-3605483 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Amersfoort 56515154 KvK

Documenttitel Dijkverbeteringen keringen Overijssel
Ontwerpberekeningen
Verkorte documenttitel Ontwerpberekeningen Vechtdijken
Status Definitief rapport
Datum 16 april 2014
Projectnaam Dijkverbeteringen aan de keringen in Drenthe
en Overijssel perceel 2
Projectnummer BC9863-101
Opdrachtgever GMB Civiel BV
Referentie BC9863-101/R0001/600451/Nijm

Auteur(s) Dirk-Jan van Dijk
Collegiale toets Rob van der Sman
Datum/paraaf 16/4/2014 
Vrijgegeven door Mathijs Bos
Datum/paraaf 16/4/2014 

INHOUDSOPGAVE

		Blz.
1	INLEIDING	1
	1.1 Algemeen	1
	1.2 Voortraject	1
	1.3 Opdracht en doelstelling	1
2	ALGEMENE RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN	2
	2.1 Randvoorwaarden perceel 2	2
	2.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten voor het ontwerp	2
	2.2.1 Veiligheidsnorm, MHW's en planperiode	2
	2.2.2 Hoogte	2
	2.2.3 Stabiliteit, NWO's en kunstwerken	3
	2.2.4 Oplossingsrichtingen verbetering	3
3	TECHNISCHE RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN	5
	3.1 Afleiding veiligheidsfactoren	5
	3.1.1 Partiële materiaalfactoren	6
	3.1.2 Veiligheidsfactor opbarsten	6
	3.1.3 Veiligheidsfactor piping	6
	3.1.4 Veiligheidsfactor Microstabiliteit	6
	3.2 Hydraulische randvoorwaarden	6
	3.2.1 Ontwerpwaterstand	6
	3.2.2 Binnenwaterstanden	6
	3.2.3 Val van het buitenwater	7
	3.2.4 Freatische lijn tijdens MHW	7
	3.2.5 Freatische lijn tijdens val van de waterstand	8
	3.3 Hoogte	8
	3.4 Grondonderzoek	8
	3.4.1 Bodemopbouw	9
	3.4.2 Grondmechanische eigenschappen	9
	3.5 Geometrie huidige situatie	9
	3.6 Verkeersbelasting	10
	3.7 Schematisatie en berekeningen	10
	3.7.1 Schematiseringsfactor	10
4	RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN	11
	4.1 Resultaten piping	11
	4.1.1 Beschouwing piping traject 1	11
	4.1.2 Beschouwing piping traject 11	12
	4.2 Resultaten stabiliteitsberekeningen	12
	4.3 Conclusies	12
	4.3.1 Traject 1 - Ommerkanaal	12
	4.3.2 Traject 11 - Hardenberg -Baalderes	13

5	RESULTATEN ZETTINGSBEREKENINGEN	14
5.1	Inleiding	14
5.2	Grondonderzoek en uitgangspunten	14
5.3	Berekening en resultaten	15
5.4	Conclusie	15
6	LITERATUUR EN DOCUMENTATIE	16
6.1	Normen en richtlijnen	16
6.2	Verwijzing rapporten	16

BIJLAGEN

1. Grondmechanische parameters
2. Schets aanwezigheid tussenlagen (klei/veen) traject 1
3. Traject 1 - Resultaten stabiliteitsberekeningen
4. Traject 11 - Resultaten stabiliteitsberekeningen
5. Relevant grondonderzoek nabij traject 3 t/m 10
6. Traject 3-10 – Resultaten zettingsberekening

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

In het beheersgebied van waterschap Velt en Vecht in de provincie Overijssel moet een aantal keringen op orde worden gebracht. Deze liggen langs de rivier de Vecht. Het gaat merendeel om regionale keringen bestaande uit natuurlijke hoogtes en twee dijkvakken. Op negen locaties moet over een totale lengte van circa 1.300 meter de bestaande kering met 0,2 tot 0,8 meter worden verhoogd om te voldoen aan de minimale kruinhoogte oftewel toetshoogte. Daarnaast zijn er twee dijkvakken met een totale lengte van 1.070 meter met onvoldoende stabiliteit.

Dit rapport behandelt het ontwerp voor de volgende dijkvakken:

- Traject 1 – Ommerkanaal oostzijde (880 m)
- Traject 11 – Hardenberg, Albert Schweizerlaan/Baalderes (190 m)

Daarnaast geeft het rapport een inschatting van de zettingen die optreden bij het ophogen van de natuurlijke hoogtes (trajecten 2 -10)

1.2 Voortraject

Uit de in 2009 uitgevoerde toetsing [L8] blijkt dat de keringen van traject 1 en 11 niet voldoen aan de stabiliteiteisen:

- Traject 1: niet voldoende op macrostabiliteit buitenwaarts
- Traject 11: niet voldoende op macrostabiliteit binnenwaarts en macrostabiliteit buitenwaarts.

Dit is een oriënterende toetsing geweest waarbij de toetsresultaten voor traject 11 zijn bepaald op basis van extrapolatie van de resultaten bij een naastgelegen traject. Het is derhalve niet uit te sluiten dat herberekeningen met aanvullend grondonderzoek en lokale geometrie andere resultaten geven. Daarnaast is het toetspeil verlaagd bij herziening van de MHW's door Provincie Overijssel in 2009. Het is derhalve niet uit te sluiten dat eerder afgekeurde onderdelen nu alsnog, vanwege lager MHW, voldoen.

1.3 Opdracht en doelstelling

Doelstelling van dit rapport is om aantoonbaar te maken aan de hand van beschouwingen en berekeningen dat de voorgestelde dijkverbetering van de keringen van traject 1 en 11 voldoen aan de projectdoelstellingen en randvoorwaarden van perceel 2.

Projectdoelstellingen perceel 2

Waterkeringen op orde, te bereiken door:

- a) Veiligheid in het gebied moet na aanleg van de nieuwe keringen optimaal gewaarborgd zijn;
- b) De keringen moeten gedurende minimaal de komende 10 jaar voldoen aan de voorgeschreven toetshoogte;
- c) Esthetisch moet de kering inpasbaar zijn binnen de directe omgeving.

2 ALGEMENE RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Randvoorwaarden perceel 2

Tot de scope van dit rapport behoren de volgende randvoorwaarden van perceel 2:

- a) De te verbeterde keringen moeten voldoen aan de “Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen” van de STOWA (publicatie: STOWA 2007-02, ISBN 978.90.5773.382.6).
- b) Bij de trajecten met stabiliteitsverbetering moet een minimaal profiel met een kruinbreedte van 4m, een binnentalud van 1:5 en een buitentalud van 1:3 worden gerealiseerd.
- c) De uitvoering van de verbeteringen¹ moeten voldoen aan de “Handreiking ontwerpen en verbeteren waterkeringen langs regionale rivieren” van de STOWA (publicatie STOWA 2009-07, ISBN978.90.5773.426.7).
- d) De huidige afwatering van de achterliggende terreinen mag na het verwezenlijken van de nieuwe keringen niet verslechteren;
- e) De huidige doorvoer- en bergingscapaciteit mag door de aanleg van de keringen niet nadelig worden beïnvloed.
- f) Bij hoog water moet de huidige kerende functie te allen tijde zijn gewaarborgd totdat de nieuwe keringen zijn aangelegd.

2.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten voor het ontwerp

2.2.1 Veiligheidsnorm, MHW's en planperiode

In 2005 hebben de waterbeheerders en de provincie Overijssel gezamenlijk de veiligheidsnorm en bijbehorende maatgevende waterstanden (MHW's) vastgesteld. De normfrequentie (beveiligingsniveau) voor de te keren waterstand bedraagt 1/200 per jaar. In 2009 zijn door de Provincie Overijssel lagere MHW's vastgesteld. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de opgegeven uitgangspunten voor perceel 2.

De volgende MHW's dienen te worden aangehouden:

- Traject 1 : NAP+5,11m
- Traject 11 : NAP+8,87m

De planperiode bedraagt 10 jaar. De kade moet (nog) kunnen voldoen aan de belasting die kan optreden aan het einde van de gestelde planperiode. Daarnaast heeft de planperiode betrekking op de levensduur van de kade.

2.2.2 Hoogte

Traject 1 en 11 zijn op voldoende hoogte. Bij een asverschuiving van het dijkprofiel kan het echter nodig zijn op te hogen. Hierbij wordt een aanleghoogte aangehouden conform de opgegeven toetshoogte zoals vermeld in onderstaande tabel plus 0,1 m extra marge:

- Traject 1 : NAP+5,51m
- Traject 11 : NAP+9,27m

¹ Voor zover het **ontwerpen** van de verbetering betreft

trajecten ophogingen en stabiliteit	MHW 2009 [m+NAP]	minimum kruin- hoogte- marge [m]	Toets- hoogte [m +NAP]	Laagst gemeten hoogte [m +NAP]	Lengte ophogen [m]	Lengte stabiliteit [m]	Aanleghoogte met klimaat- verandering [m +NAP]
1 Ommerkanaal oostzijde (stabiliteit)	5,11	0,3	5,41	6,02	0	880	6,00
2 Spoor bij Stekkenkamp	5,92	0,1	6,02	5,97	410		6,23
3 Junne linker oever	6,24	0,1	6,34	6,07	100		6,57
4 Junne rechter oever voor de stuw	6,72	0,1	6,82	6,56	100		6,97
5 Prathoek a	6,78	0,1	6,88	6,26	150		7,04
6 Prathoek c	6,81	0,1	6,91	6,75	75		7,04
7 Landgoed Beerze, Beerzerweg 12	6,89	0,1	6,99	6,35	150		7,15
8 Landgoed Beerze, Marsdijk	7,02	0,1	7,12	6,82	250		7,15
9 Beerze Marsdijk 8	7,13	0,1	7,23	7,04	15		7,23
10 Laagte bij Mölnmarsch	7,36	0,3	7,66	6,98	10		7,70
11 Hardenberg Albert Schweizerlaan / Baalderes	8,87	0,3	9,17	9,81	0	190	10,00
Totaal					1.260	1.070	

Tabel 1; Overzicht opgegeven randvoorwaarden, perceel 2

2.2.3 Stabiliteit, NWO's en kunstwerken

Voor de volgende faalmechanismen zijn berekeningen gemaakt:

- Piping
- Macrostabieliteit binnenwaarts
- Macrostabieliteit buitenwaarts.

Op basis van de resultaten van de toetsing in 2009 [L8] blijkt dat de keringen reeds voldoen op de volgende faalmechanismen:

- Stabiliteit Voorland
- Stabiliteit Bekleding²

Op het faalmechanisme microstabieliteit is uitgaande van de voortgeschreven aan te brengen binnentaludhelling van 1:5 de veiligheid voldoende gewaarborgd.

Niet-waterkerende objecten (NWO's: bomen, bebouwing en andere objecten, kabels en leidingen) en waterkerende kunstwerken vallen buiten de scope van dit ontwerprapport. Uitgangspunt is dat bomen gekapt kunnen worden en hiervoor en tevens voor andere niet-waterkerende objecten geen compenserende maatregelen en/of aanvullende berekeningen nodig zijn.

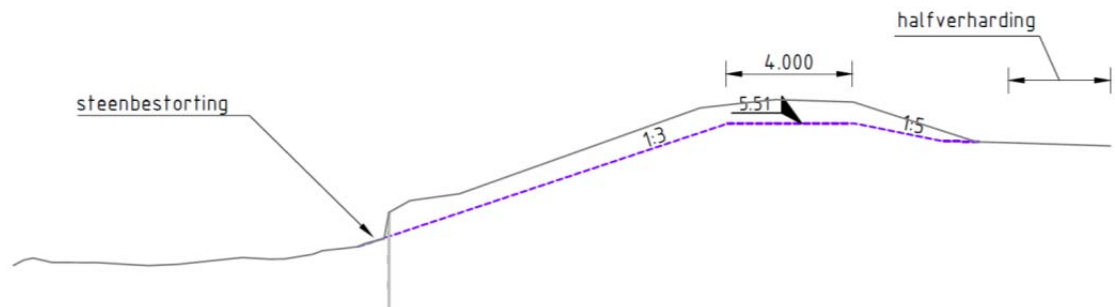
2.2.4 Oplossingsrichtingen verbetering

Bij verbetering vindt geen asverschuiving in buitenwaartse richting plaats zodat de huidige doorvoer- en bergingscapaciteit niet negatief wordt beïnvloed.

Traject 1 – Ommerkanaal oostzijde (880 m)

Oplossingsrichting, zie Figuur 1: binnenwaartse asverschuiving, verwijderen beschoeiing en aanbrengen buitentalud onder 1:3.

² Bij aanleg van nieuwe bekleding dient deze niet slechter te zijn dan de bekleding in de bestaande situatie te geschieden



Figuur 1; Oplossingsrichting Ommerkanaal

Traject 11 – Hardenberg Albert Schweizerlaan/Baalderes (190 m)

Aanpassing van het bestaande profiel (zie Figuur 2) zodat de kering buiten erf grenzen derden komt te liggen.



Figuur 2; Oplossingsrichting Hardenberg

3 TECHNISCHE RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Afleiding veiligheidsfactoren

De veiligheidsfactor ten aanzien van de stabiliteit, waaraan de waterkering moet voldoen wordt bepaald conform het addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies [L3] en is als volgt opgebouwd:

$$\gamma_R = \gamma_b \gamma_m \gamma_n \gamma_d$$

Bij het ontwerpen van de kade op het faalmechanisme macrostabiliteit kan onderscheid gemaakt worden (ten aanzien van veiligheid) tussen binnenwaartse stabiliteit (STBI) en buitenwaartse stabiliteit (STBU). Omdat schade aan een kade bij val van hoog water niet direct zal leiden tot een overstroming wordt voor STBU een lager veiligheid acceptabel gevonden.

- γ_b Schematiseringsfactor (=1,1 á 1,3). Indien de waterspanningen en grondopbouw zijn bepaald op basis van een gedegen grondonderzoek en er bij de vaststelling van het ondergrondmodel voldoende rekening is gehouden met onzekerheden kan de schematiseringsfactor worden gereduceerd tot minimaal 1,1. De afleiding van de schematiseringsfactor wordt gegeven in hoofdstuk 4.
- γ_m Materiaalfactor (=1,0). De berekeningen moeten uitgevoerd worden met rekenwaarden van de materiaalparameters. D.w.z. dat de representatieve materiaalparameters gedeeld worden de partiële materiaalfactoren. Bij toepassing van rekenwaarden bedraagt γ_m in bovenstaande vergelijking 1,0).
- γ_d Modelfactor (=1,0. Bij toepassing van Bishop wordt een modelfactor van 1,0 gehanteerd. Bij toepassing van UpLift Van wordt een modelfactor van 1,05 gehanteerd. De modelfactor is echter in tegenstelling tot de methode Bishop al verwerkt in resultaat dat volgt uit de stabiliteitsberekening van UpLift Van (getal tussen haakjes in de berekening)).
- γ_n De schadefactor is bepaald op basis van de betrouwbaarheidsindex (beta-factor) volgens de formule gegeven in het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, zie Tabel 2.

levensduur factor	f	0,1	-	$\beta = \Phi^{-1}(P_{loc,soel}) = \Phi^{-1}\left(\frac{f \cdot norm}{\left(1 + \alpha \frac{L}{l}\right) \cdot P_{f inst}}\right)$	
overschrijdingsfrequentie		200	jaren		
	norm	0,005	1/jr		
dijkvak vs. dijkkring	α	0,033	-		
totale lengte dijkkring	L	10000	m		
representatieve sectielengte	l	50	m		
	$P_{f inst}$	1,0	-		instabiliteit gecorreleerd met hoogwater - 1,0
	$P_{f inst}$	0,1	-		instabiliteit niet gecorreleerd met hoogwater - 0,1
betrouwbaarheidsindex	β	3,82			instabiliteit gecorreleerd met hoogwater
betrouwbaarheidsindex	β	3,21			instabiliteit niet gecorreleerd met hoogwater
schadefactor_cor.	γ_n	0,977		$\gamma_n = 1 + 0,13 \cdot (\beta - 4)$ instabiliteit gecorreleerd met hoogwater	
schadefactor_geen cor.	γ_n	0,898		$\gamma_n = 1 + 0,13 \cdot (\beta - 4)$ instabiliteit niet gecorreleerd met hoogwater	

Tabel 2; Betrouwbaarheidsindex en schadefactor

Samenvattend levert bovenstaande beschouwing de volgende veiligheidsfactoren van de sterkte:

- Veiligheidsfactor STBI (γ_{R-STBI}) = $0,98 \times \gamma_b$
Bij een schematiseringsfactor van $\gamma_b = 1,1$ moet voor γ_{R-STBI} minimaal 1,08 worden aanhouden.
- Veiligheidsfactor STBU (γ_{R-STBU}) = $0,90 \times \gamma_b$
Bij een schematiseringsfactor van $\gamma_b = 1,1$ moet voor γ_{R-STBU} minimaal 0,99 worden aanhouden.

3.1.1 Partiële materiaalfactoren

Voor het ontwerp wordt gebruik gemaakt van de sterkteparameters op basis van tabel 2b uit NEN 9997-1 en de bijbehorende partiële materiaalfactoren. De partiële materiaalfactoren (voor zowel de binnenwaartse als buitenwaartse stabiliteit) zijn als volgt:

$\gamma_{m;\phi}$ Partiële factor voor de tangent van de hoek van inwendige wrijving = 1,2 voor zand / klei en 1,25 voor veen.

$\gamma_{m;c}$ Partiële factor voor de cohesie van de grond = 1,5

3.1.2 Veiligheidsfactor opbarsten

Niet van toepassing. Geen watervoerende pakket met afsluitende deklaag aanwezig.

3.1.3 Veiligheidsfactor piping

Het faalmechanisme 'piping' zal gecontroleerd worden met de methode van Bligh. De veiligheidsfactor waaraan de waterkering dient te voldoen op basis van deze methode is 1,0. [L2] Indien verticale kwelstromen berekend dienen te worden is gebruik gemaakt van Lane.

De kwelfactor van Bligh/Lane wordt vastgesteld op basis van het grondonderzoek en de daarbij behorende korrelgrootte verdelingen [L10] van de kwelgevoelige grondlagen.

3.1.4 Veiligheidsfactor Microstabiliteit

De veiligheidsfactor waaraan getoetst dient te worden is afhankelijk van de grondopbouw van de waterkering en volgt uit TRWG [L2].

3.2 Hydraulische randvoorwaarden

3.2.1 Ontwerpwaterstand

De volgende MHW's worden aangehouden, zie paragraaf 2.2.1

- Traject 1 : NAP+5,11m
- Traject 11 : NAP+8,87m

3.2.2 Binnenwaterstanden

Traject 1:

Achter de waterkering bevinden zich de Dante vijvers met een peil van 3,20 – 3,30 +NAP. De aan te houden maatgevende binnenwaterstand is NAP+3,30 m. Voor de strekkingen die zich buiten de invloedsfeer van de vijvers bevinden wordt het maaiveldniveau achter de kering als binnenwaterstand aangehouden.

Traject 11:

Achter de waterkering bevindt zich geen watergang. De grondwaterstand is tijdens het onderzoek [L12] gemeten op ca. NAP +7,3m. Voor de stabiliteitsberekeningen is een veilige benadering gekozen met de grondwaterstand gelijk aan maaiveldniveau.

3.2.3 Val van het buitenwater

Voor de buitenwaartse stabiliteit van de waterkering is de val van de waterstand de maatgevende situatie. In het kader van de toetsing [L9] zijn niet stationaire berekeningen uitgevoerd met het programma Plaxflow. Hierbij is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd ten aanzien van de doorlatendheid van de aanwezige grondlagen.

Op basis van de berekening van het meezakken van de freatische waterstand in de kern van de kering na de val van hoog water is gevonden dat het maximale waterstandsverschil bij de val van hoog water 0,6m bedraagt.

Traject 1:

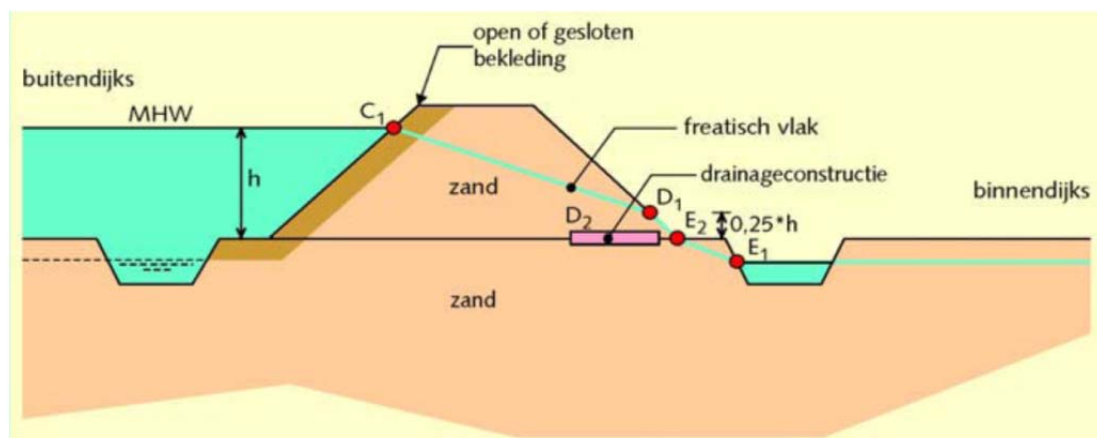
Voor het ontwerp is gekozen voor een (zie paragraaf 3.7.1) 50% groter verschil in waterstand (binnen-buiten). In de stabiliteitsberekeningen wordt een maximaal waterstandsverschil van 0,9m aangehouden.

Traject 11:

Voor het ontwerp is gekozen voor een conservatieve aanpak (zie paragraaf 3.7.1) 50% groter verschil in waterstand (binnen-buiten). In de stabiliteitsberekeningen wordt gerekend met een terugval van MHW naar maaiveld.

3.2.4 Freatische lijn tijdens MHW

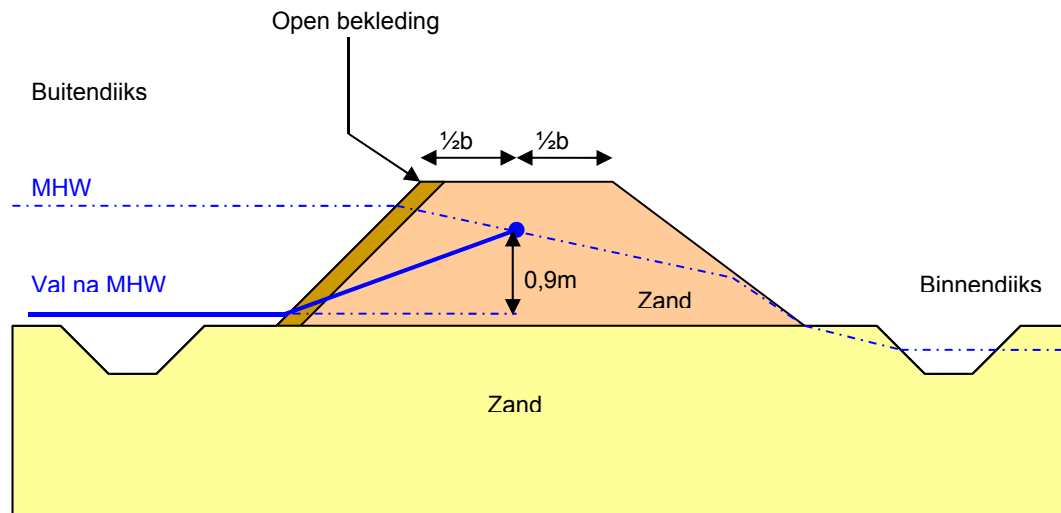
De freatische lijn in de waterkeringen is bepaald op basis van Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [L5]. Het verloop van de freatische lijn is bepaald op basis van geval 2B waarbij de deklaag c.q. bekleding op het talud van de waterkering als een open bekleding is beschouwd, zie Figuur 3



Figuur 3; Freatisch vlak voor gevallen 2B

3.2.5 Freatische lijn tijdens val van de waterstand

De kades zijn opgebouwd met zandig materiaal. Vanwege de hoge waterdoorlatendheid van een zandkade, wordt bij de val van de buitenwaterstand een uitreding van het water uit het buitentalud van de kade geschematiseerd tot halverwege de breedte van de kruin. De aangehouden niveau's van de waterstanden zijn beschreven in paragraaf 3.2.3. De situatie ter plaatse van traject 1 is geïllustreerd in Figuur 4



Figuur 4; Schematische weergave van freatisch lijn in een zanddijk bij val na buitenwaterstand

Voor de binnenwaterstand dient te worden uitgegaan van maaiveldniveau. In geval er zich een waterlichaam direct achter de dijk bevindt, dient het betreffende peil te worden aangehouden.

3.3 Hoogte

De waterkeringen dienen voldoende hoog te zijn om falen door overloop en teveel golfoverslag te voorkomen. De kruinhoogtemarge is voorgeschreven door het waterschap en bedraagt 0,3 m. Gedurende de planperiode dient deze kruinhoogtemarge te worden gegarandeerd. Door zetting en klink kan de hoogte verminderden. Als compensatie voor deze effecten wordt een aanleghoogte gehanteerd die 0,1 m extra bedraagt boven de vereiste kruinhoogte (MHW +0,3 + 0,1m). Met een indicatieve zettingsberekeningen is aangetoond dat dit voldoende is (zie hoofdstuk 5)

De bekledingen op het binnentalud zijn volgens toetsing 2008 voldoende bestand tegen golfoverslag (beheerdersoordeel).

3.4 Grondonderzoek

Voor het maken van het dijkontwerp is grondonderzoek uitgevoerd langs traject 1 en traject 11. Het grondonderzoek is uitgevoerd door Fugro Ingenieursbureau en heeft bestaan uit:

- 12 kleefmantelonderingen tot ca. 10 m diepte;
- 12 handboringen tot ca. 4 m diepte;
- Meting van de grondwaterstand

De posities van het uitgevoerde grondonderzoek zijn gegeven op tekening 1000-466-4-UO-101 en 1000-466-4-UO-111. Langs de dijktrajecten is grondonderzoek uitgevoerd in raaien met een hart op hart afstand van 70 tot maximaal 100m. Per raai is een sondering uitgevoerd in de kruin en zijn handboringen uitgevoerd in de binnen en buitenteen van de kering. In combinatie met het bestaande onderzoek uit 2008 is voldoende dekkend grondonderzoek aanwezig. Voor de resultaten van het grondonderzoek wordt verwezen naar [L10], [L11] en [L12]

3.4.1 Bodemopbouw

De schematisering van de bodemopbouw is gegeven in bijlage 2 en 3, hiervoor is onderstaand grondonderzoek als maatgevende aangehouden:

- Traject 1: Tussen dwarsprofiel L1-DKM105 en L1- DKM102 is een doorgaande tussenlaag van veen aanwezig. Ter plaatse van de rest van traject 1 bestaat de ondergrond uit zand. Op basis van de volgende onderzoekspunten is het maatgevende bodemopbouw samengesteld: DKM105, DP-02-7, DP-02-8, DP-02-9, DKM3.
- Traject 11: Uit het grondonderzoek blijkt een uniforme bodemopbouw, bestaande uit zand (los gepakt tot matig vast gepakt zand).

3.4.2 Grondmechanische eigenschappen

De sterkte parameters ten behoeve van de stabiliteitsberekeningen zijn bepaald op basis van de uitgevoerde sonderingen, handboringen en tabel 2b van NEN 9997-1. De representatieve waarden van de belangrijkste grondparameters zijn samengevat weergegeven in Tabel 3.

Grondsoort	Soortelijk gewicht [kN/m ³]		Sterkte (Rekenwaarde)	
	Droog	Verzadigd	c'd [kPa]	φ'd [°]
ZAND, los gepakt, siltig	17,0	19,0	0,0	25,7
ZAND, matig vast gepakt, siltig	18,0	20,0	0,0	28,0
VEEN, slap	11,0	11,0	0,7	12,1
VEEN, matig vast	12,0	12,0	1,7	12,1

Tabel 3; Rekenwaarden grondparameters

Toelichting bij de tabel:

- c' = effectieve cohesie
 φ' = effectieve hoek van inwendige wrijving

3.5 Geometrie huidige situatie

De geometrie van de huidige situatie is ingemeten en weergegeven op tekening 1000-466-4-UO-101 en 1000-466-4-UO-111.

- Traject 1 – 12 dijkprofiel metingen, inclusief meting van de waterbodem en de beschoeiing langs het Ommerkanaal
- Traject 11 - 3 dijkprofiel metingen

3.6 Verkeersbelasting

Bij het ontwerp van de kades moet rekening gehouden worden met een verkeersbelasting op de kade. Tijdens maatgevend hoogwater wordt rekening gehouden met een verkeersbelasting van $13,3 \text{ kN/m}^2$ in rekening gebracht over een breedte van 2,5 m conform TRWG [L2]. De verkeersbelasting wordt in de cohesieve lagen grotendeels ongedraineerd (20%) verondersteld.

3.7 Schematisatie en berekeningen

Er is per dijkvak 1 maatgevend profiel per dijkvak geschematiseerd qua bodemopbouw en waterspanningen en doorgerekend op binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit en piping (Bligh/Lane). De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-geostability.

Op basis van grondgegevens uit TNO-DINO en beschikbaar grondonderzoek uit toetsing 2009 is de zettingsgevoeligheid als gevolg van ophoging op deeltrajecten in perceel 2 in kaart gebracht met een zettingsberekening.

3.7.1 Schematiseringsfactor

Voor het vaststellen van de schematiseringsfactor zijn risico's ten aanzien van afwijkingen in grondopbouw, waterstanden en verkeersbelasting beschouwt. Gekozen is voor een veilige benadering van de volgende aspecten:

- Modelleren van de bodemopbouw op basis van het grondonderzoek langs traject 1. Voor de maatgevende doorsnede is het maatgevende grondonderzoek gebruikt met de (dikste) doorlopende veenlaag, zie paragraaf 3.4.1.
- Modelleren van de bodemopbouw op basis van het grondonderzoek langs traject 11. Al het uitgevoerde grondonderzoek laat een zandige bodemopbouw zien.
- De positie van de verkeersbelasting op de kruin van de kering is in de berekening gevarieerd. De maatgevende positie is gebruikt in de ontwerpberekening.
- Voor de berekening van STBU is gekozen voor een 50% groter verschil in waterstand (binnen-buiten) dan berekend in het toetsrapport. In de stabiliteitsberekeningen wordt een maximale val van hoog water van 0,9m aangehouden.

Op basis van bovengenoemde aspecten en de wijze waarop deze zijn meegenomen in de modellering is het verantwoord om een schematiseringsfactor van 1,1 aan te houden.

4 RESULTATEN STABILITEITSBEREKENINGEN

4.1 Resultaten piping

Piping, zandmeevoerende wellen, ontstaat als door een waterdrukverschil over de dijk zand onder de dijk wordt uitgespoeld. Er ontstaat onder de dijk een holle pijp waardoor de dijk kan verzakken en mogelijk zelfs bezwijken. Voorwaarde voor het ontstaan van piping is dat een holle pijp gevormd kan worden. Dit is alleen het geval als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- er is een afdekkend pakket van klei-, leem- en/of veen aanwezig dat als 'dak' fungeert;
- de zandondergrond maakt contact met het buitenwater waardoor water kan intreden (intredepunt);
- binnendijks kan het zand uitspoelen via een sloot of doordat de grond opbarst door een te hoge waterdruk (uittredepunt).

4.1.1 Beschouwing piping traject 1

In bijlage 2 is een overzicht gegeven van het grondonderzoek ter plaatse van traject 1. De aanwezigheid van tussenlagen is in kaart gebracht en weergegeven op tekening.

- Tussen L1-DKM110 en L1-DPC2C zijn geen doorgaande / afdekkend klei-, leem- en/of veen lagen aanwezig die als 'dak' kunnen fungeren. Piping kan hier niet optreden.
- Tussen L1-DKM105 en L1-DKM110 is een doorlopende klei/veen laag aanwezig die als dak kan fungeren, de ondergrond is hier piping gevoelig, zie onder.

Of daadwerkelijk piping optreedt, is afhankelijk van de aanwezige lengte en het verval. Uitgangspunt is dat een mogelijk intredepunt voor piping altijd op korte afstand van de dijk aanwezig is, omdat de deklaag vrij dun (< 1 m) kan zijn en/of door geulen of sloten die contact maken met de zandondergrond. Hierbij is de veilige aanname gedaan dat het intredepunt bij de buitenteen van de dijk ligt.

Het uittredepunt voor piping is gekozen bij de binnenteen van de dijk. Het is vrij aannemelijk dat de grond hier opbarst omdat de dikte van de deklaag vrij klein is (orde 1 m of kleiner). Het is niet bekend of in het verleden pipingbermen zijn aangelegd om de kwelweg te verlengen (waardoor het verhang en daarmee de kans op piping afneemt).

De dijken zijn in getoetst met de methode Bligh:

$$L/C > dH - 0,3*d$$

Waarin:

L = aanwezige kwelweglengte

C = creepfactor = 18

dH = verval = MHW - z

z = referentieniveau binnendijks = polderpeil of maaiveldniveau*

d = dikte afdekkend pakket = 0 (veilige aanname)

*het referentieniveau binnendijks is gelijk aan de (grond)waterstand die onder hoogwateromstandigheden binnendijks optreedt. In geval geen sloot op korte afstand

aanwezig is, wordt aangenomen dat de grondwaterstand tot maaiveldniveau stijgt. Is er wel een sloot aanwezig dan wordt het polderpeil (NAP +3,3m) aangehouden.

Onder de volgende voorwaarden zal geen piping optreden:

- Maaiveldhoogte minimaal NAP +4,0m op 20m achter beschoeiing (akkoord volgens dwarsprofielen).
- Indien een watergang aanwezig langs dit traject, dan moet deze op een afstand van minimaal 33m van de beschoeiing liggen.

4.1.2 Beschouwing piping traject 11

Langs traject 11 zijn geen doorgaande / afdekkend klei-, leem- en/of veen lagen aanwezig die als 'dak' kunnen fungeren. Piping kan hier niet optreden.

4.2 Resultaten stabiliteitsberekeningen

In Tabel 4 zijn resultaten van de stabiliteitsberekeningen gegeven. De grafieken met de maatgevende glijvlakken zijn opgenomen in bijlage 2 (traject 1) en 3 (traject 11).

Locatie	Faalmechanisme	Bestandsnaam	Versie	Beschrijving / opmerkingen	FS	FS benodigd	Controle
1	STBU	BC9863_locatie 1_STBU	1	Buitentalud 1:3 - val +4,9>+4,0	1,03	0,99	Voldoet
1	STBU	BC9863_locatie 1_STBU	2	Buitentalud 1:3 - val +3,9>+3,0	1,11	0,99	Voldoet
1	STBI	BC9863_locatie 1_STBI	1	Profiel binnenwaarts profiel DP2A	1,3	1,08	Voldoet
11	STBU	BC9863_locatie 11_STBU	0	Huidige situatie - val +8,9>mv	1,75	0,99	Voldoet
11	STBU	BC9863_locatie 11_STBU	1	Nieuw profiel - val +8,9>mv	1,39	0,99	Voldoet
11	STBI	BC9863_locatie 11_STBI	0	Huidige situatie	1,86	1,08	Voldoet
11	STBI	BC9863_locatie 11_STBI	1	Nieuw profiel	1,89	1,08	Voldoet

Tabel 4; Overzicht resultaten

4.3 Conclusies

4.3.1 Traject 1 - Ommerkanaal

De stabiliteit van het aangegeven profiel (Figuur 1) (buitentalud 1:3, kruin 4m, binnentalud 1:5) is voldoende veilig m.b.t. binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteit.

- Tussen L1-DKM110 en L1-DPC2C kan piping obv het uitgevoerde grondonderzoek niet optreden (kern en ondergrond bestaat uit zand).
- Tussen L1-DKM105 en L1-DKM110 is een doorlopende klei/veen laag aanwezig, de ondergrond is hier piping gevoelig. Onder de volgende voorwaarden zal geen piping optreden:
 - Maaiveldhoogte minimaal NAP 4,0m op 20m achter beschoeiing (akkoord volgens dwarsprofielen).
 - Indien een watergang aanwezig langs dit traject, dan moet deze op een afstand van minimaal 33m van de beschoeiing liggen.

4.3.2 Traject 11 - Hardenberg -Baalderes

De stabiliteit van de huidige situatie en het aangegeven profiel (buitentalud 1:3, kruin 4m, binnentalud 1:5) is voldoende veilig tav binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteit. Piping kan niet optreden (kern en ondergrond bestaat uit zand).

5 RESULTATEN ZETTINGSBEREKENINGEN

5.1 Inleiding

Op negen locaties moet over een totale lengte van circa 1.300 meter de bestaande kering met 0,2 tot 0,8 meter worden verhoogd om te voldoen aan de minimale kruinhoogte of toetshoogte (zie Tabel 1). In Tabel 5 is een overzicht gegeven van de te verbeteren locaties. De keringen worden aangelegd met een extra overhoogte van 10cm.

Locatie nr.	Ophoging
1	Geen / nauwelijks ophoging
2	Geen / nauwelijks ophoging
3	Ca. 60 - 70 cm ophoging
4	Ca. 25- 45 cm ophoging
5	Ca. 30 - 70 cm ophoging
6	Ca. 30 - 70 cm ophoging
7	Ca. 60 - 85 cm ophoging
8	Ca. 10 - 40 cm ophoging
9	Lokaal 30cm ophoging
10	Ca. 70 cm ophoging
11	Geen / nauwelijks ophoging

Tabel 5; Overzicht locaties met ophoging

Het is niet de verwachting dat in het projectgebied dermate samendrukbare grondlagen voorkomen dat een restzetting groter dan 10cm zal optreden. In dit hoofdstuk is gecontroleerd of deze verwachting juist is. Dit is gedaan op basis van beschikbaar grondonderzoek uit het Dino-loket van TNO en een indicatieve zettingsberekening.

5.2 Grondonderzoek en uitgangspunten

Voor de indicatieve zettingsberekening is gebruikgemaakt van grondonderzoek uit het TNO Dino loket. In Tabel 6 is het beschikbare grondonderzoek per locatie vermeld. De resultaten van het grondonderzoek en een aantal afbeeldingen van de locatie zijn opgenomen in bijlage 5.

Locatie nr.	Ophoging	Grondonderzoek
1	Geen / nauwelijks ophoging	-
2	Geen / nauwelijks ophoging	B22C0120, B22C0347, B22C0576, B22C0350
3	Ca. 60 – 70 cm ophoging	B22C0030, B22C0313
4	Ca. 25- 45 cm ophoging	B22D0425, B22D0429
5	Ca. 30 - 70 cm ophoging	B22D0404, B22D0052
6	Ca. 30 - 70 cm ophoging	B22D0404, B22D0052
7	Ca. 60 - 85 cm ophoging	B22D0407
8	Ca. 10 - 40 cm ophoging	B22D0117, B22D0408
9	Lokaal 30cm ophoging	Geen dino-gegevens beschikbaar
10	Ca. 70 cm ophoging	Locatie onbekend GMB
11	Geen / nauwelijks ophoging	-

Tabel 6; Grondonderzoek per locatie

Ter plaatse van boring B22C0030 (traject 3) worden enigszins samendrukbare grondlagen gevonden, de overige boringen laten een bodemopbouw zien die voornamelijk bestaat uit zand.

De bodemopbouw van boring B22C0030 is gebruikt voor een indicatieve zettingsberekening. De bodemopbouw is beschreven in Tabel 6. De representatieve waarden voor de grondeigenschappen zijn bepaald aan de hand van de beschikbare dino boringen en tabel 2b NEN 9997-1:2012. De grondopbouw en de representatieve grondparameters zijn opgenomen in Tabel 7.

Bovenkant laag [NAP m]	Laag omschrijving	Y_{droog} [kN/m ³]	Y_{nat} [kN/m ³]	$C'p$ [-]	Cp [-]	$C's$ [-]	Cs [-]	c_v [m ² /s]	POP ^{*)} [kN/m ²]
+5.9	Zand, los gepakt	17	19	200	800	∞	∞	Drained	5
+5.4	Klei, sterk zandig	18	18	25	100	320	1280	1.10 ⁻⁴	5
+4.2	Zand, sterk siltig, kleiig	17	19	200	800	∞	∞	Drained	5
+2.7	Zand, los gepakt	17	19	200	800	∞	∞	Drained	5

Tabel 7; Bodemopbouw en parameters

*) In de berekening wordt een waarde van POP (Pre-Overburden Pressure) van 5 kPa aangehouden ten gevolge van belasting en/of langdurige waterstandsverlaging uit het verleden.

De grondwaterstand is niet exact bekend en is aangehouden op de gemiddelde waterstand van de Vecht op ca. NAP +3,0m.

5.3 Berekening en resultaten

De zettingsberekening is uitgevoerd met behulp van het Deltares Systems rekenprogramma D-Settle (versie 9.3, Build 3.3). De zetting is berekend met de zettingstheorie van NEN-Koppejan en de afstroming volgens Darcy. In dit model wordt de samendrukking van de ondergrond berekend op basis van de parameters $C'p$, Cp , $C's$, Cs , c_v , POP. De gebruikte representatieve parameters voor de berekening zijn in Tabel 7 weergegeven.

Uit de berekening blijkt dat een verwaarloosbare zetting wordt gevonden van enkele centimeters die vrijwel direct tijdens het aanbrengen van de ophoging optreedt. De restzetting is nihil. De resultaten van de berekening zijn opgenomen in bijlage 6.

5.4 Conclusie

Er is een zettingsanalyse gemaakt van de te verwachten zetting in 10.000 dagen (circa 30 jaar) als gevolg van het ophogen van de waterkering. Gegeven de bodemopbouw die volgt uit het grondonderzoek is de overhoogte van 10cm ruim voldoende. Deze conclusie is getrokken op basis van het beschikbare grondonderzoek. Aanvullend grondonderzoek zal naar verwachting niet leiden tot een andere conclusie ten aanzien van de zettingen.

6 LITERATUUR EN DOCUMENTATIE

6.1 Normen en richtlijnen

- [L1] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren – Keringen langs regionale rivieren, L. Heuer, e.a., STOWA, Utrecht. ORK 2009-07.
- [L2] TAW, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ISBN 90-369-3776-0, kenmerk P-DWW-2001-035, Delft, juni 2001;
- [L3] ENW, Expertise Netwerk Waterveiligheid, Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ISBN 978-90-369-1411-6 's - Gravenhage, juli 2007;
- [L4] NEN-EN 9997-1+C1, Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels; april 2012.
- [L5] TAW, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, ISBN 90-369-5565-3, kenmerk DWW-2004-057, Delft, september 2004;
- [L6] TAW, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, Delft, maart 1999;
- [L7] Rijkswaterstaat – Waterdienst en Arcadis, “Stappenplan schematiseringsfactor” nr. 074497336:A, d.d. 11 juni 2010;

6.2 Verwijzing rapporten

- [L8] Rapport van Royal Haskoning, “Toetsing op Veiligheid, Regionale keringen Overijssel (Vecht, Afwateringskanaal, Dooze)”, ref. nr. 9S1348.A0/R0004/600451/JEBR/Nijm, d.d. 26-03-2009
- [L9] Rapport van Royal Haskoning, “Regionale waterkeringen Overijsselse Vecht, Toetsing op veiligheid (oriënterend)”, ref. nr. 9S1348.B0/R0001/903138/SEP/Nijm, d.d. 26-03-2009
- [L10] Geotechnische onderzoek van Fugro “Toetsing regionale keringen Vecht” opdracht nr. 6008-0024-000 d.d. 15 oktober 2008.
- [L11] Geotechnische onderzoek van Fugro “Toetsing regionale keringen Vecht, aanvullend onderzoek ” opdracht nr. 6008-0024-001 d.d. 15 december 2008.
- [L12] Geotechnische onderzoek van Fugro “Toetsing regionale keringen Vecht, Ommen - Hardenberg” opdracht nr. 5014-0075-000 d.d. 11 maart 2014

Bijlage 1

Grondmechanische parameters

Dijkversterbeteringen aan de keringen in Drenthe en Overijssel, perceel 2
Ontwerpberekeningen Vechtdijken

Grondmechanische sterkte parameters

Versie datum

14-4-2014

Grondsoort	Soortelijk gewicht [kN/m ³]		Sterkte (Representatief)		Sterkte (Rekenwaarde)		Partiele factoren		
	Droog	Verzadigd	obv tabel 2b NEN9997		c'd [kPa]	Phi'd [graden]	obv NEN9997		
			c' [kPa]	Phi'[graden]			Vol gew.	c'	phi
ZAND, los gepakt, siltig	17,0	19,0	0,0	30,0	0,0	25,7	1,1	1,5	1,2
ZAND, matig vast gepakt, siltig	18,0	20,0	0,0	32,5	0,0	28,0	1,1	1,5	1,2
VEEN, slap	11,0	11,0	1,0	15,0	0,7	12,1	1,1	1,5	1,25
VEEN, matig vast	12,0	12,0	2,5	15,0	1,7	12,1	1,1	1,5	1,25

Bijlage 2
Schets aanwezigheid tussenlagen (klei/veen) traject 1



Bodemopbouw
 zand
 Aussenlaag (je) klei/veen

28/3/2014 JF

Situatie Locatie 11
 Schaal 1:1000

LEGENDA	
	BORING uit rapportage FUGRO 6008-0024-001
	SONDERING uit rapportage FUGRO 5014-0075-000
	BORING uit rapportage FUGRO 5014-0075-000
	BESTAAND TALUD
	BESCHOEIING

OPMERKINGEN
 MATEN IN M, tenzij anders vermeld
 Peilmaten in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
 Diameters in mm, tenzij anders vermeld

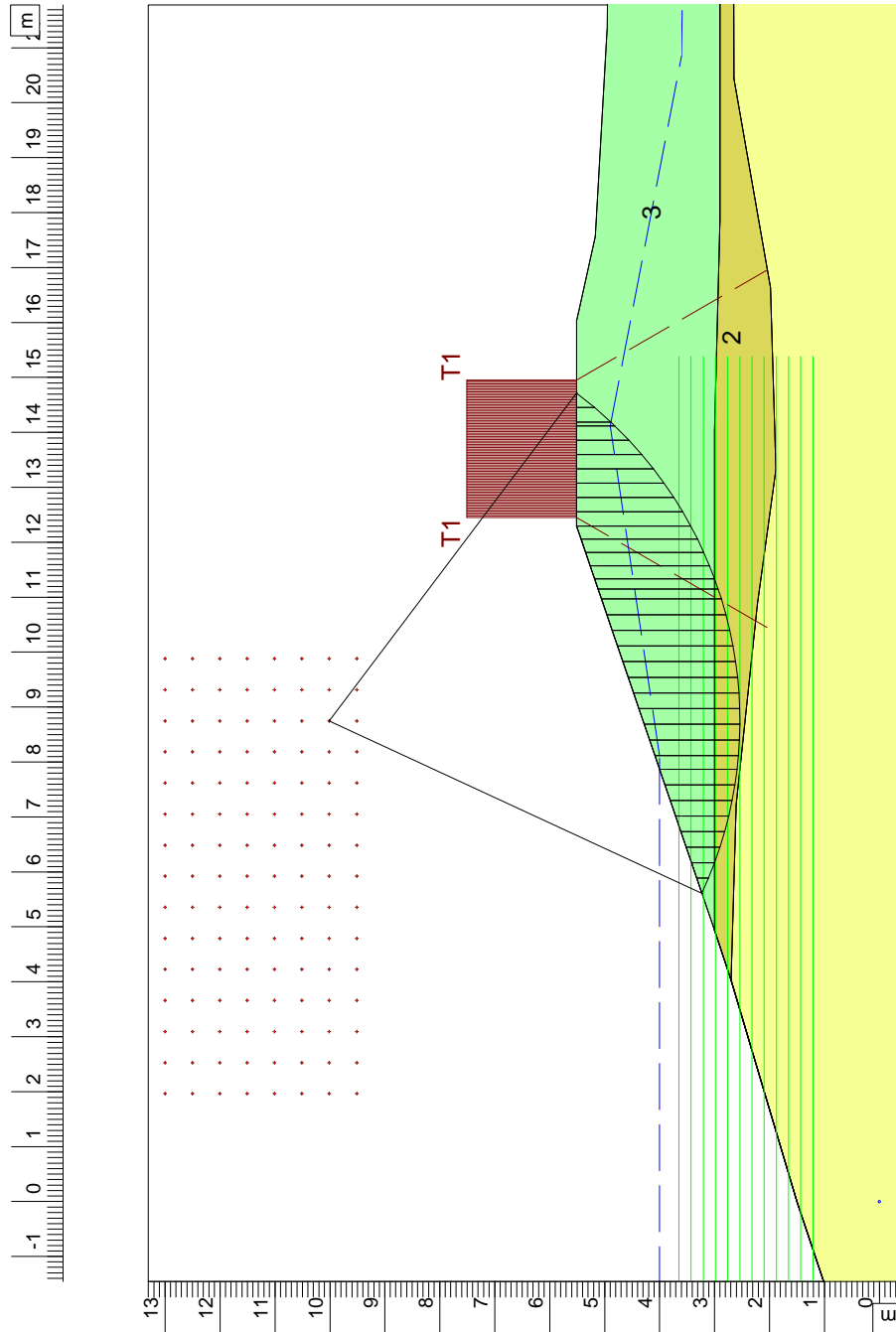
GMB Ervoor de zekerheid			
opdrachtgever: Waterschap Velt en Vecht		GMB CIVIEL B.V.	
project: Dijkverbeteringen aan de keringen in Drenthe en Overijssel		OPNEUSSEN Dalslagensweg 51 4843 HT Ophesden	
onderwerp: Situatie Locatie 1 Ommerkanaal oostzijde		Postbus 2 4843 ZG Ophesden	
schaal: 1:1000	getekend: BDR	status: 1000-466-L-100-101	T (0488) 44 94 49
datum: 11-03-2014	gecorr.: BGe	UO	F (0488) 44 29 98
formaat: A1	projectnr.: 1000-466-L	Bladz: 1	Blaten: 2
		www.gmb.eu	
		info@gmb.eu	

Bijlage 3

Traject 1 - Resultaten stabiliteitsberekeningen

Critical Circle Bishop

- Layers
- 3. ZAND, matig vast, siltig
 - 2. Veen, matig vast
 - 1. ZAND, los gepakt, siltig



Radius : 7,47 [m]
Safety : 1,03

Xm : 8,75 [m]
Ym : 10,01 [m]

D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 1_STBU_v1.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 1, DWP, L1-DKM105

BC9863

ctr.

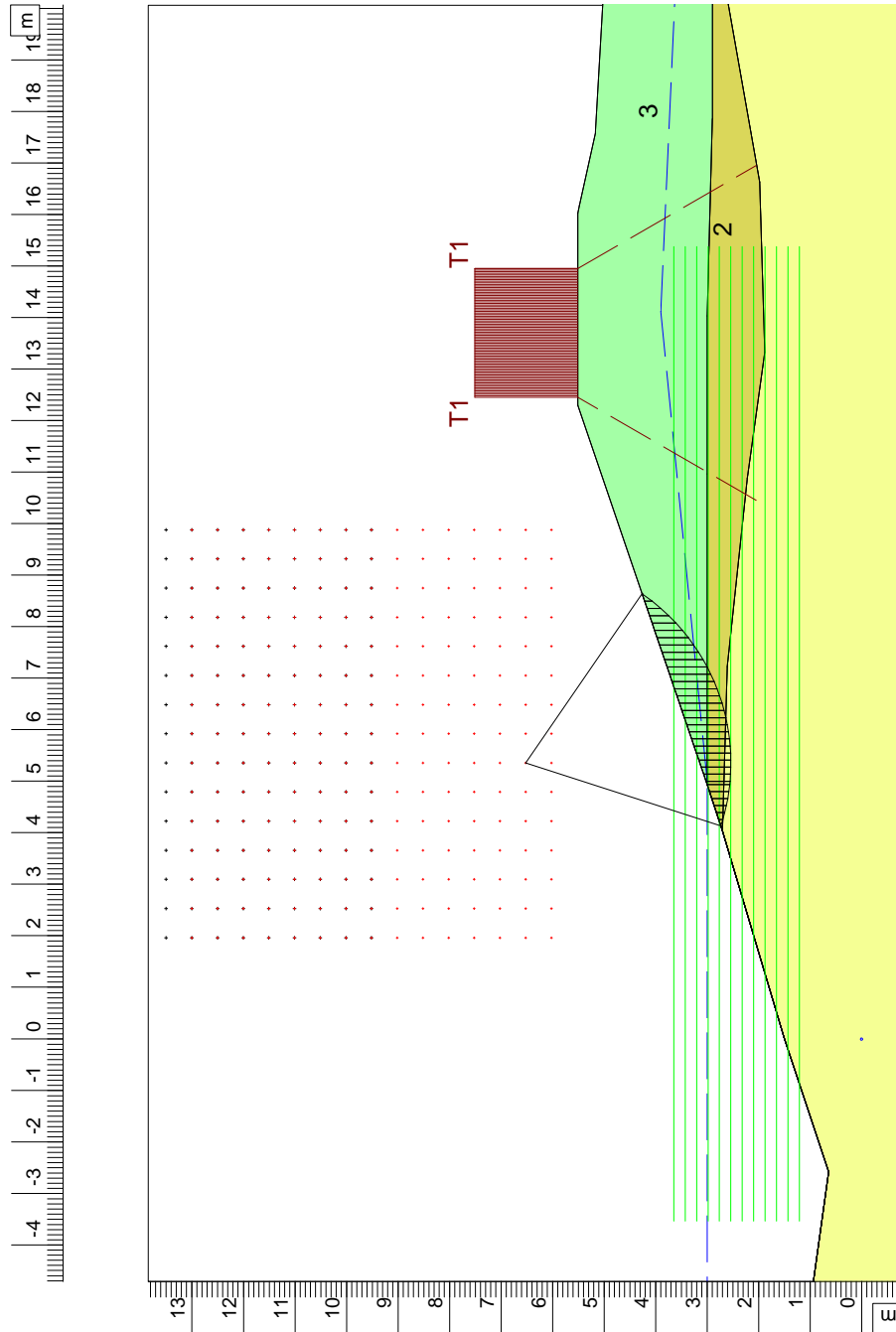
STBU - buitentalud 1:3 - val: NAP +4.9m > +4,0m

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop

- Layers
- 3. ZAND, matig vast, siltig
 - 2. Veen, matig vast
 - 1. ZAND, los gepakt, siltig



Radius : 3,98 [m]
Safety : 1,11

Xm : 5,36 [m]
Ym : 6,52 [m]

D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 1_STBU_v2.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 1, DWP, L1-DKM105

BC9863

ctr.

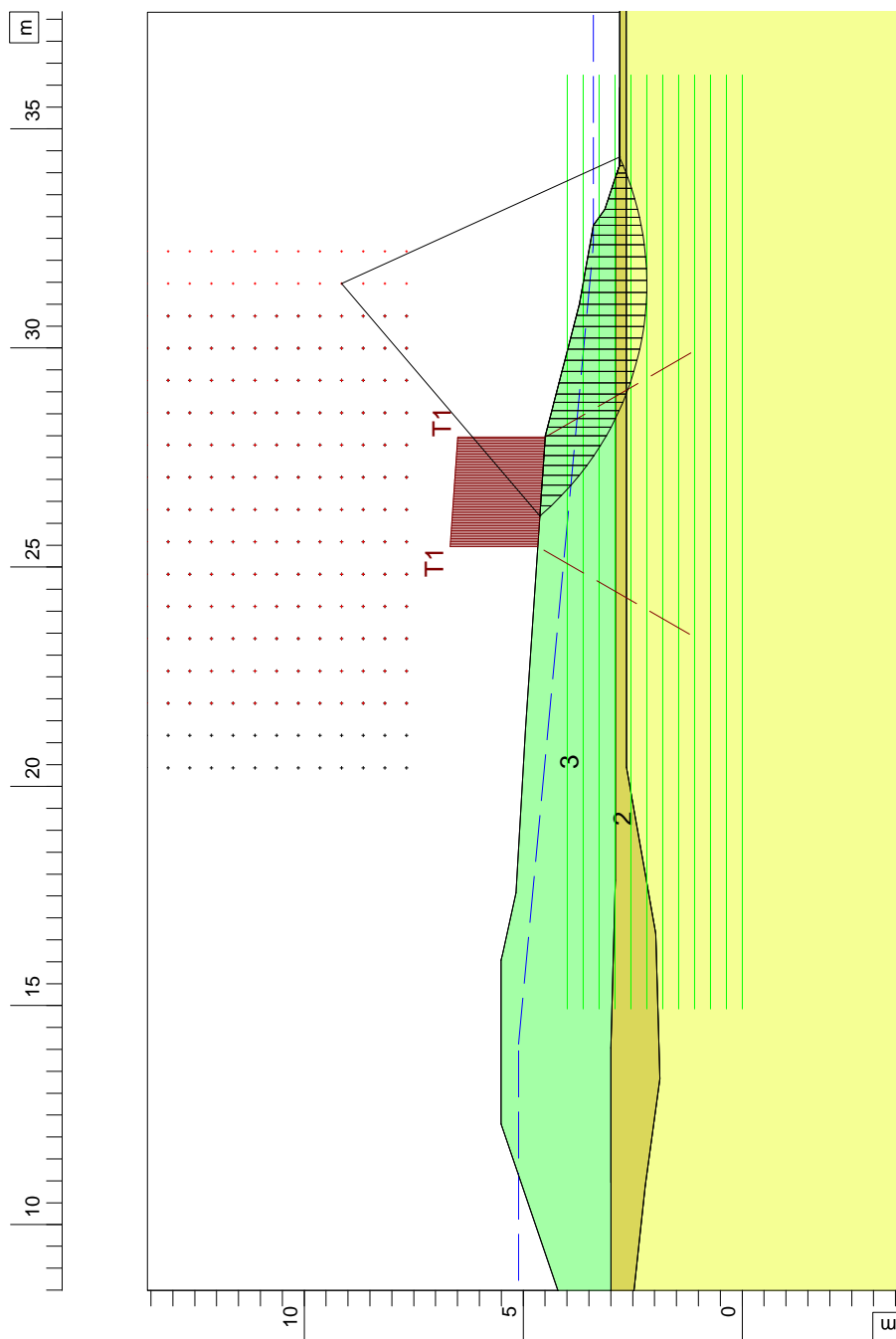
STBU - buitentalud 1:3 - val: NAP +3,9m > +3,0m

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop

- Layers
- 3. ZAND, matig vast, siltig
 - 2. Veen, matig vast
 - 1. ZAND, los gepakt, siltig



Radius : 6,97 [m]
Safety : 1,29

Xm : 31,47 [m]
Ym : 9,15 [m]

D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 1_STBI_v1.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 1, DWP, L1-DP2A
STBI - MHW+5,11m, pp +3,3m

BC9863

ctr.

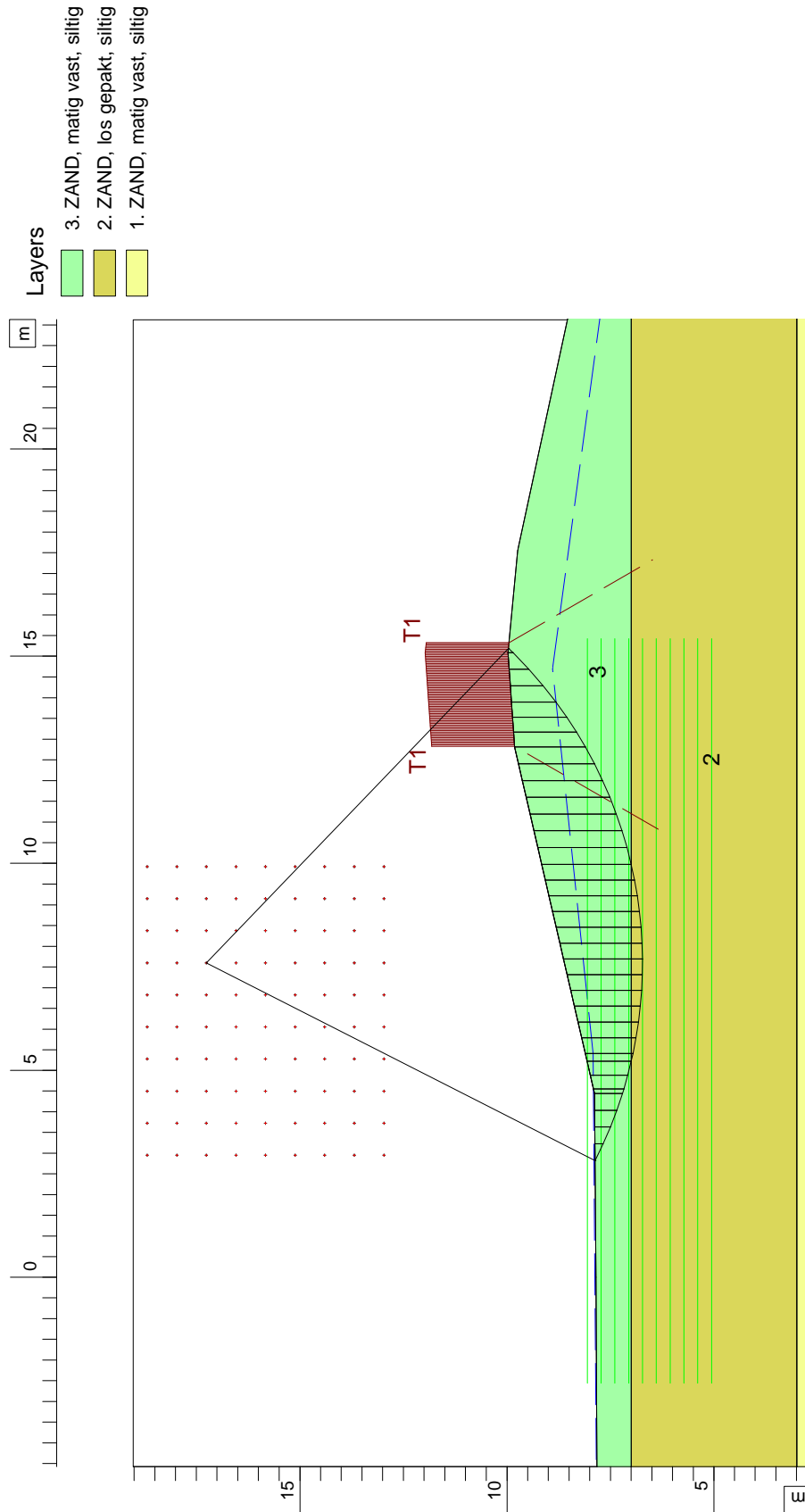
Annex -

form.
A4

Bijlage 4

Traject 11 - Resultaten stabiliteitsberekeningen

Critical Circle Bishop



D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 11_STBU_v0.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 11, DWP, L11-DKM1

BC9863

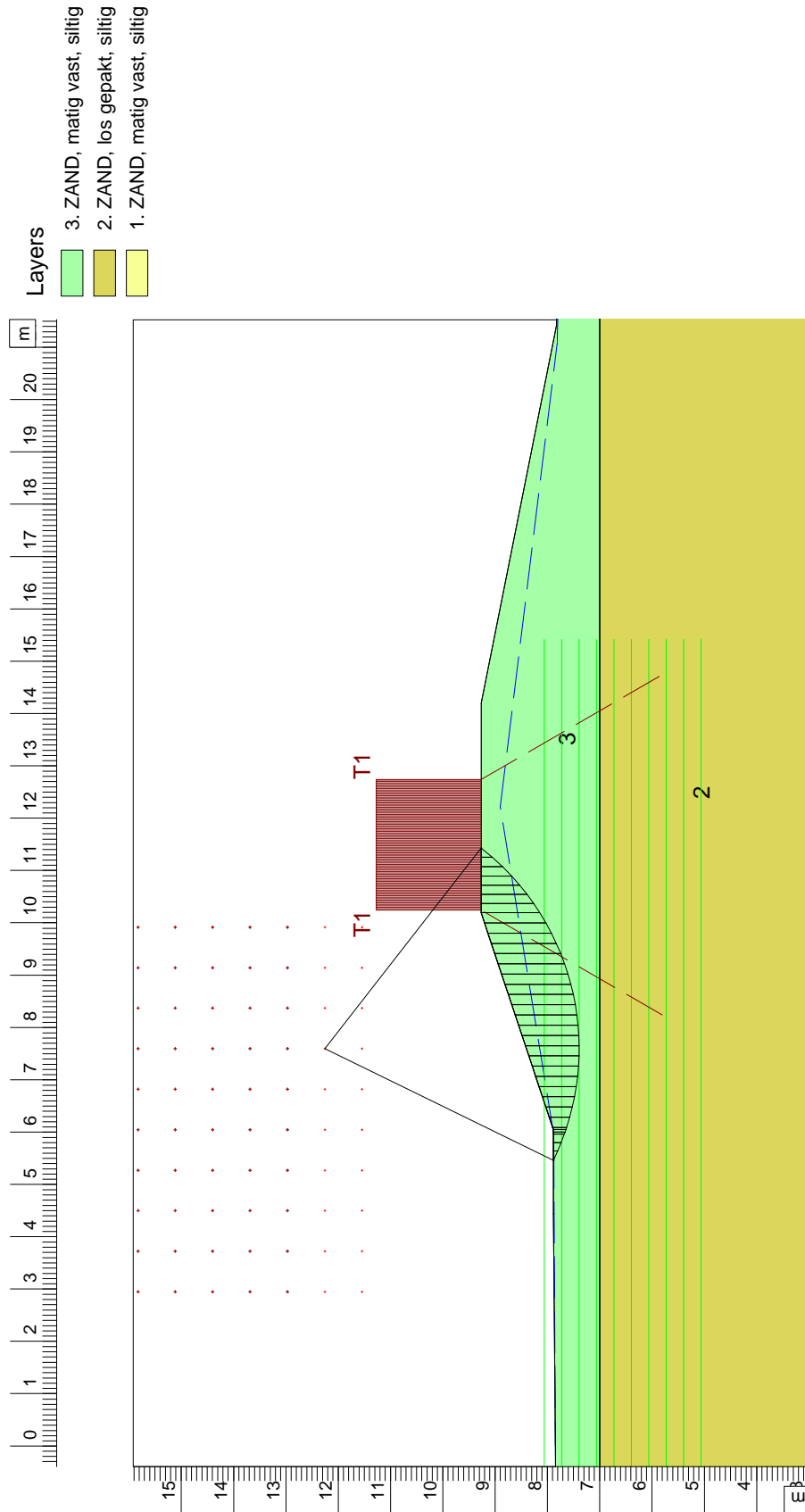
ctr.

STBU - huidige situatie - val: NAP +8.9m > maaivel

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop



D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 11_STBU_v1.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 11, DWP, L11-DKM1

BC9863

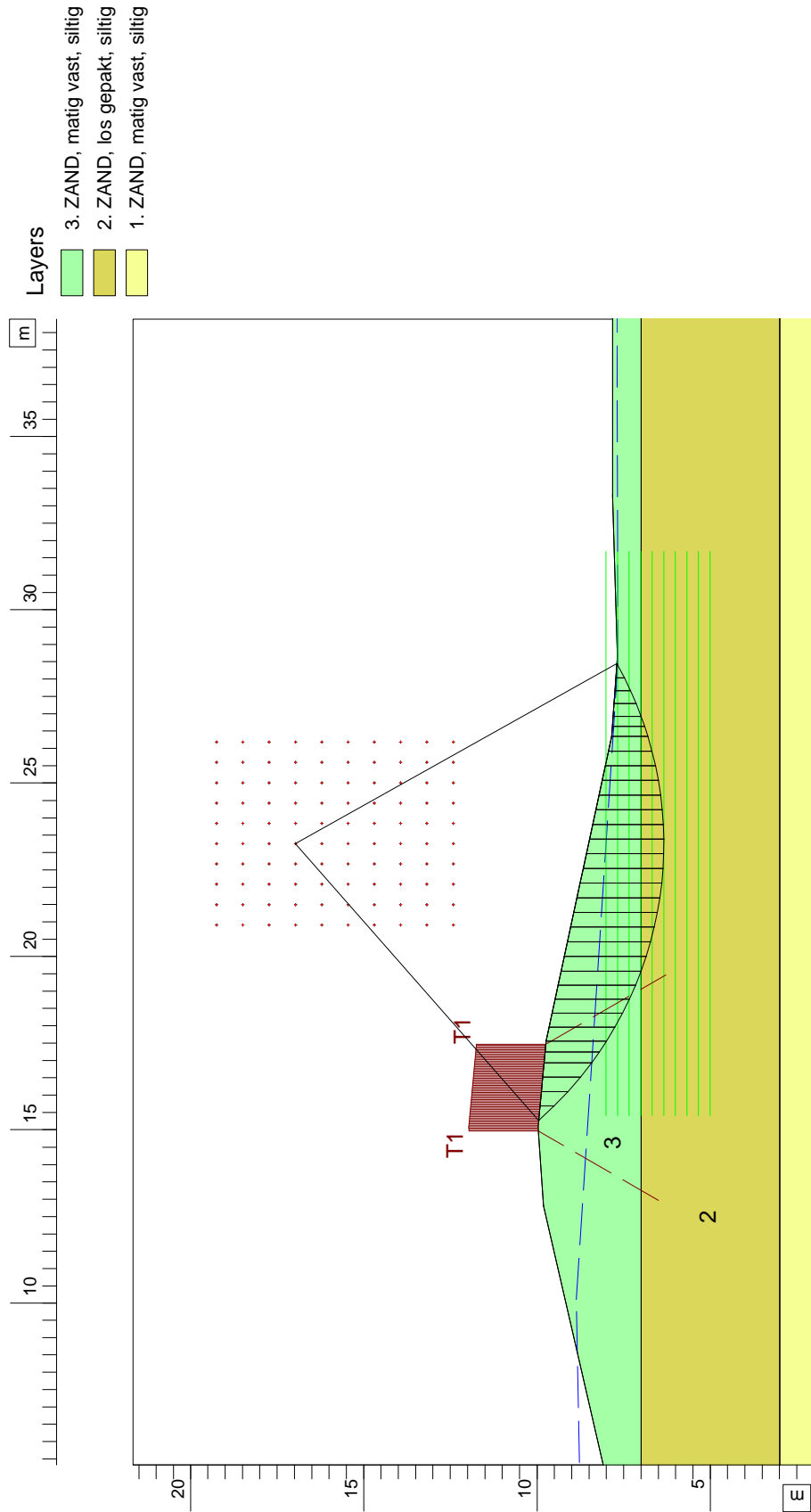
ctr.

STBU - nieuw profiel - val: NAP +8.9m > maaiveld

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop



D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 11_STBI_v0.sti



Phone
Fax

date	drw.
15-4-2014	DJVD

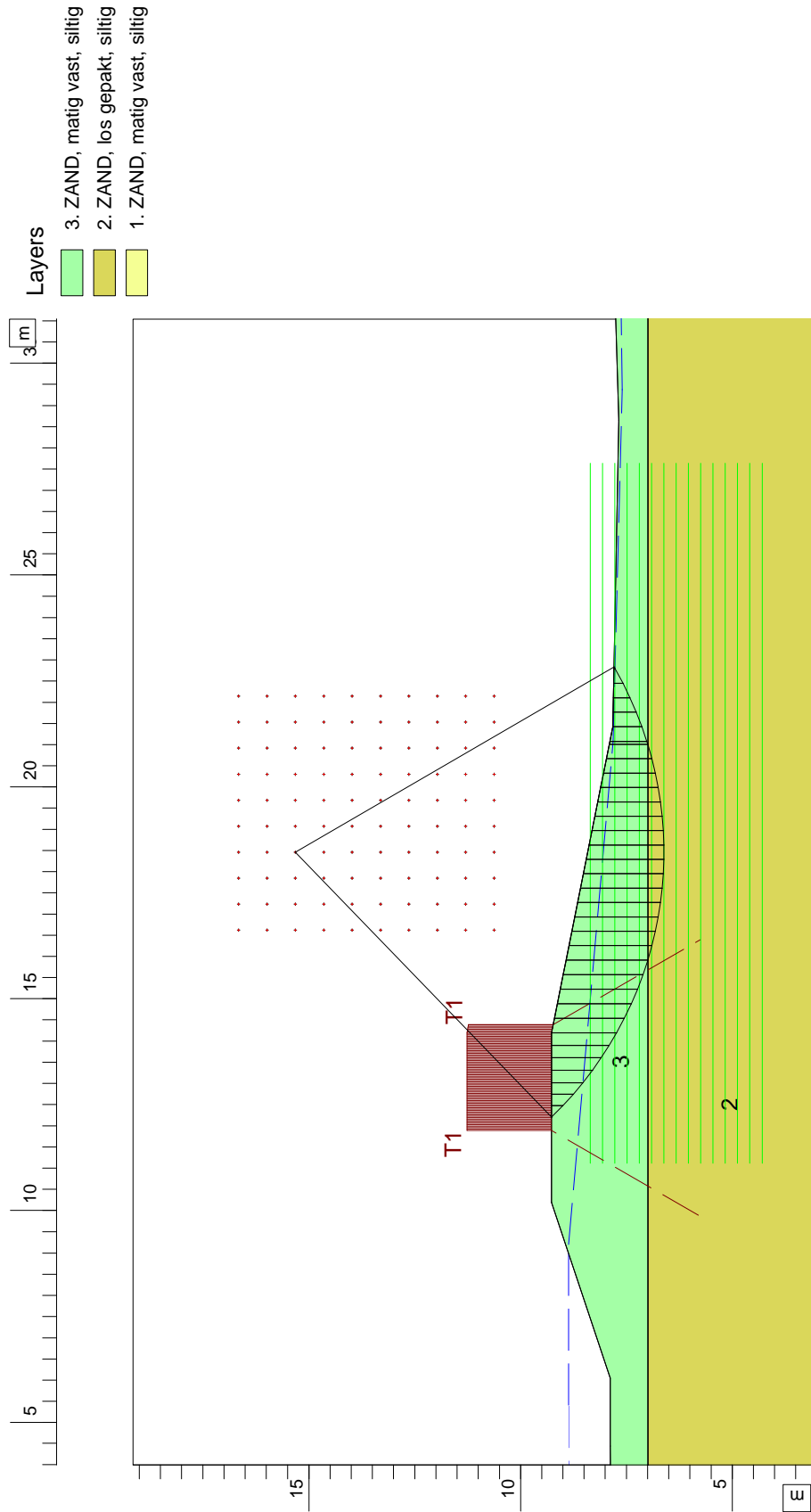
Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
 Locatie 11, DWP, L11-DKM1

BC9863	ctr.
--------	------

STBI - huidige situatie - MHW +9,11m

Annex -	form.
	A4

Critical Circle Bishop



D-Geo Stability 10.1 : BC9863_locatie 11_STBI_v1.sti



Phone
Fax

date
15-4-2014

drw.
DJVD

Ontwerp regionale keringen Overijsselse Vecht
Locatie 11, DWP, L11-DKM1

BC9863

ctr.

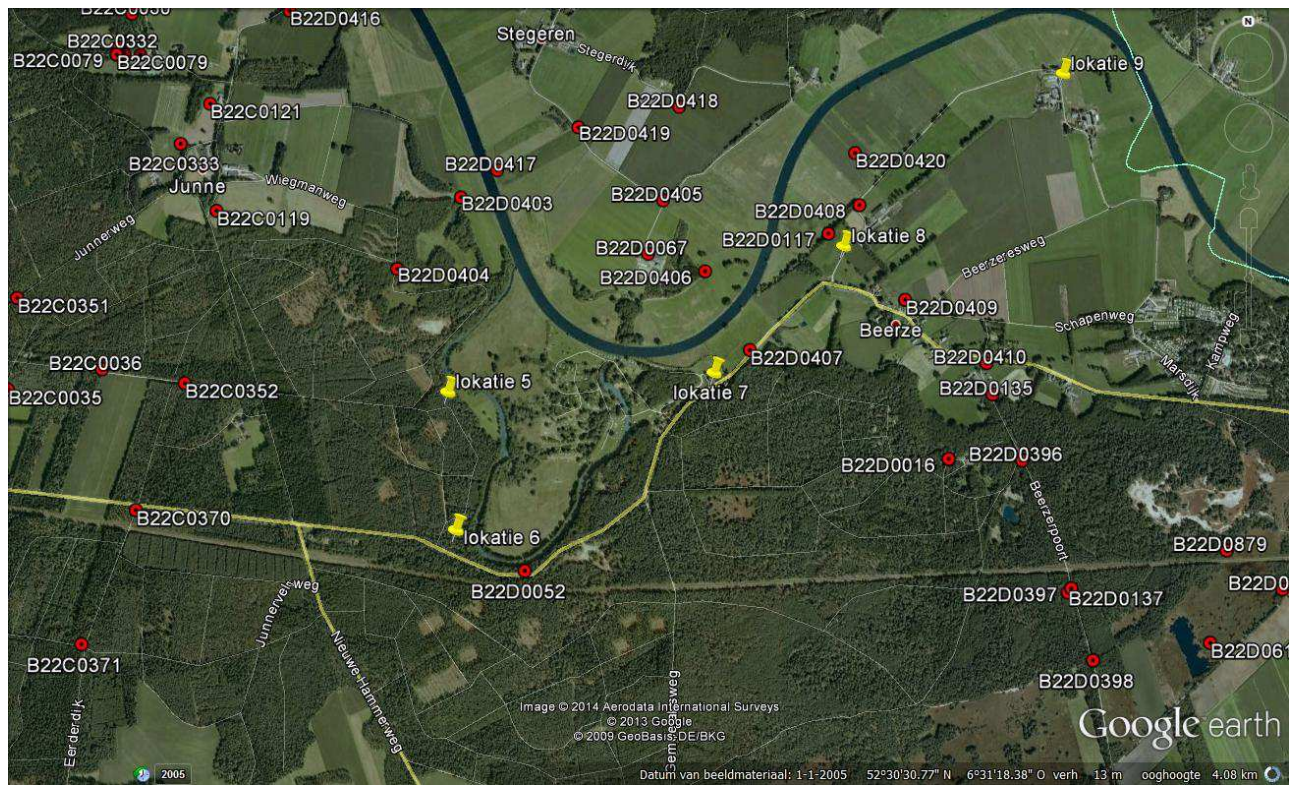
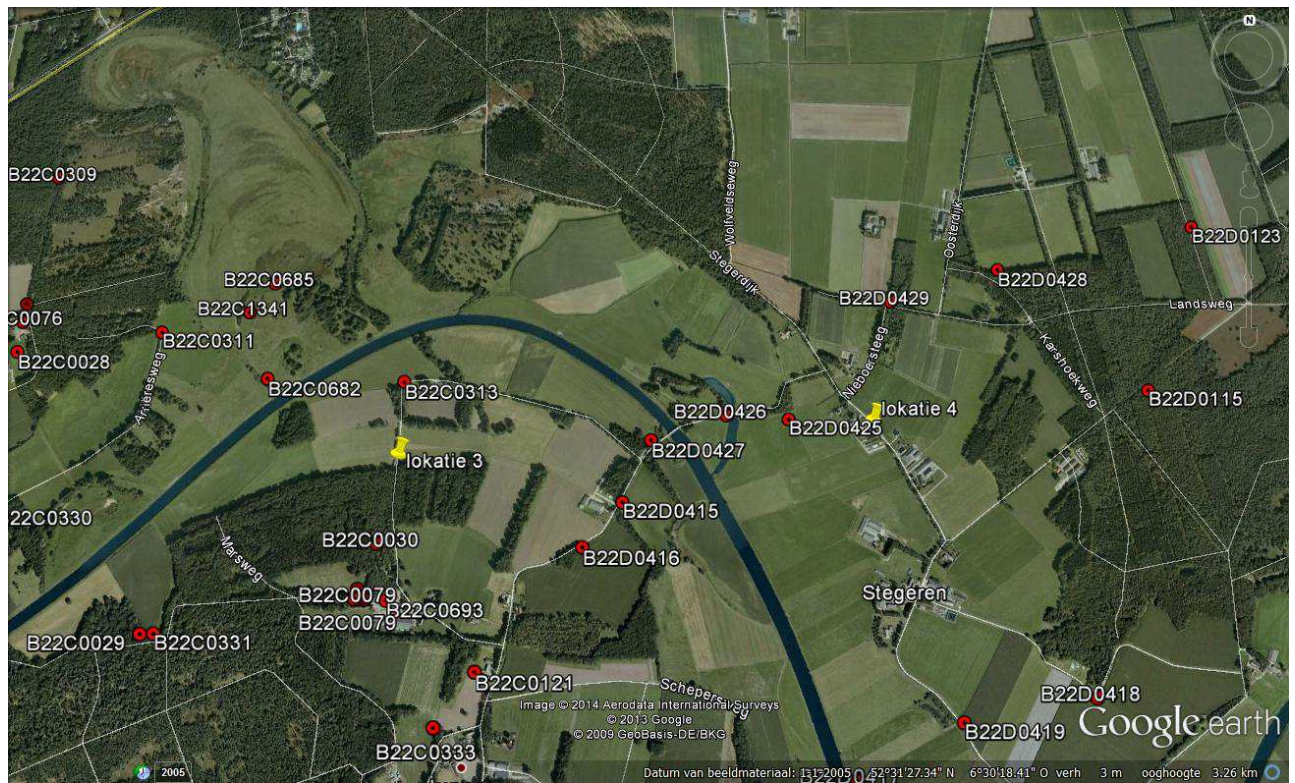
STBI - nieuw profiel - MHW +9,11m

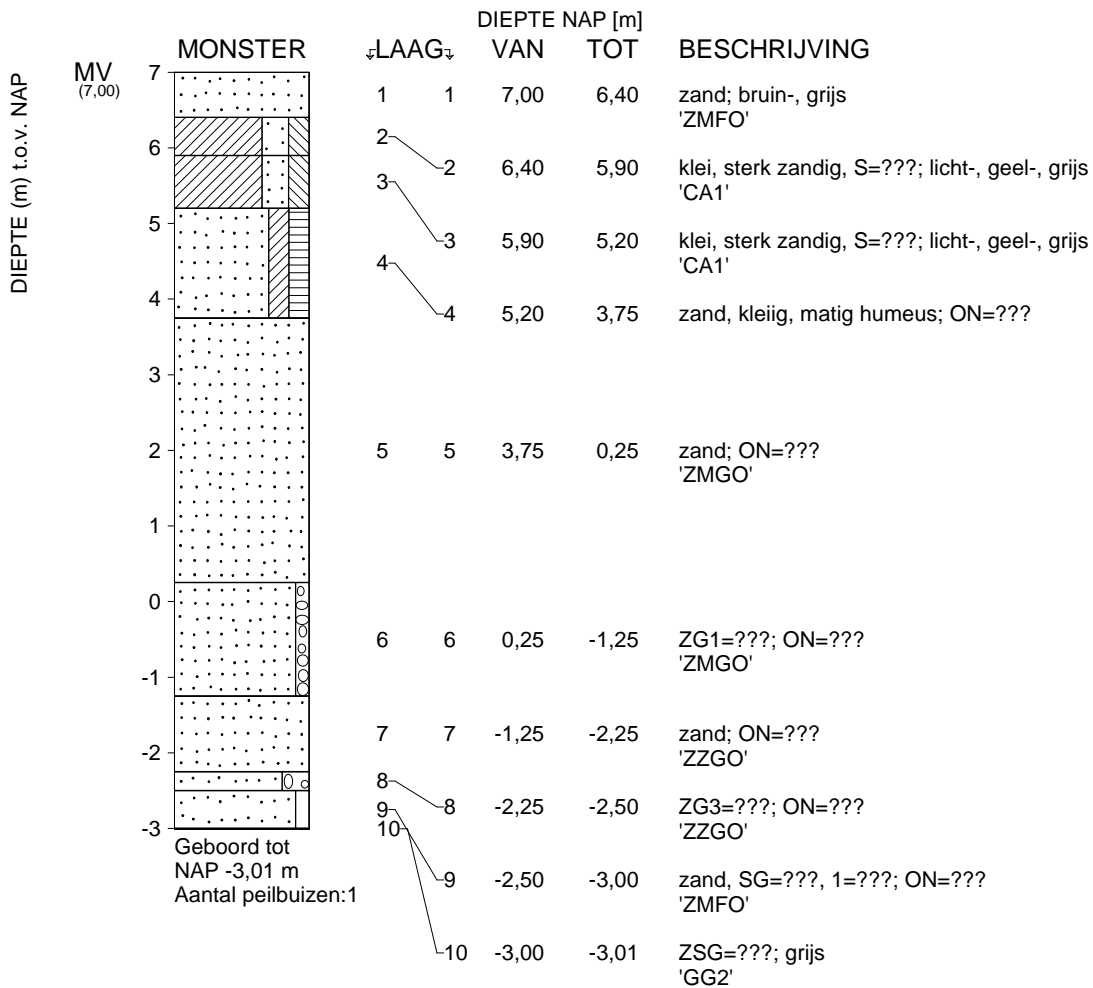
Annex -

form.
A4

Bijlage 5
Relevant grondonderzoek nabij traject 3 t/m 10

Beschikbaar grondonderzoek uit TNO-dino loket

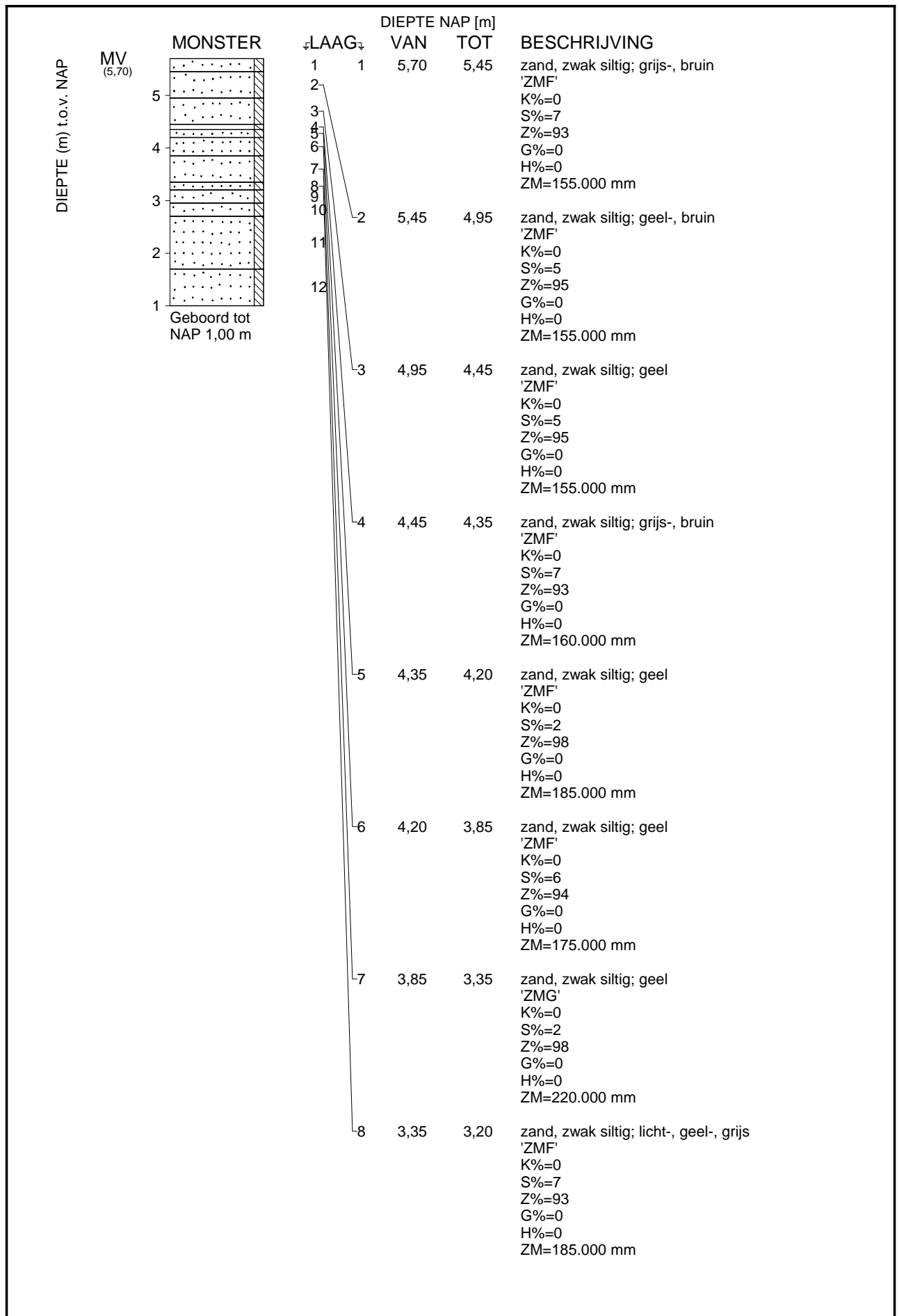




Einde Boring B22C0030

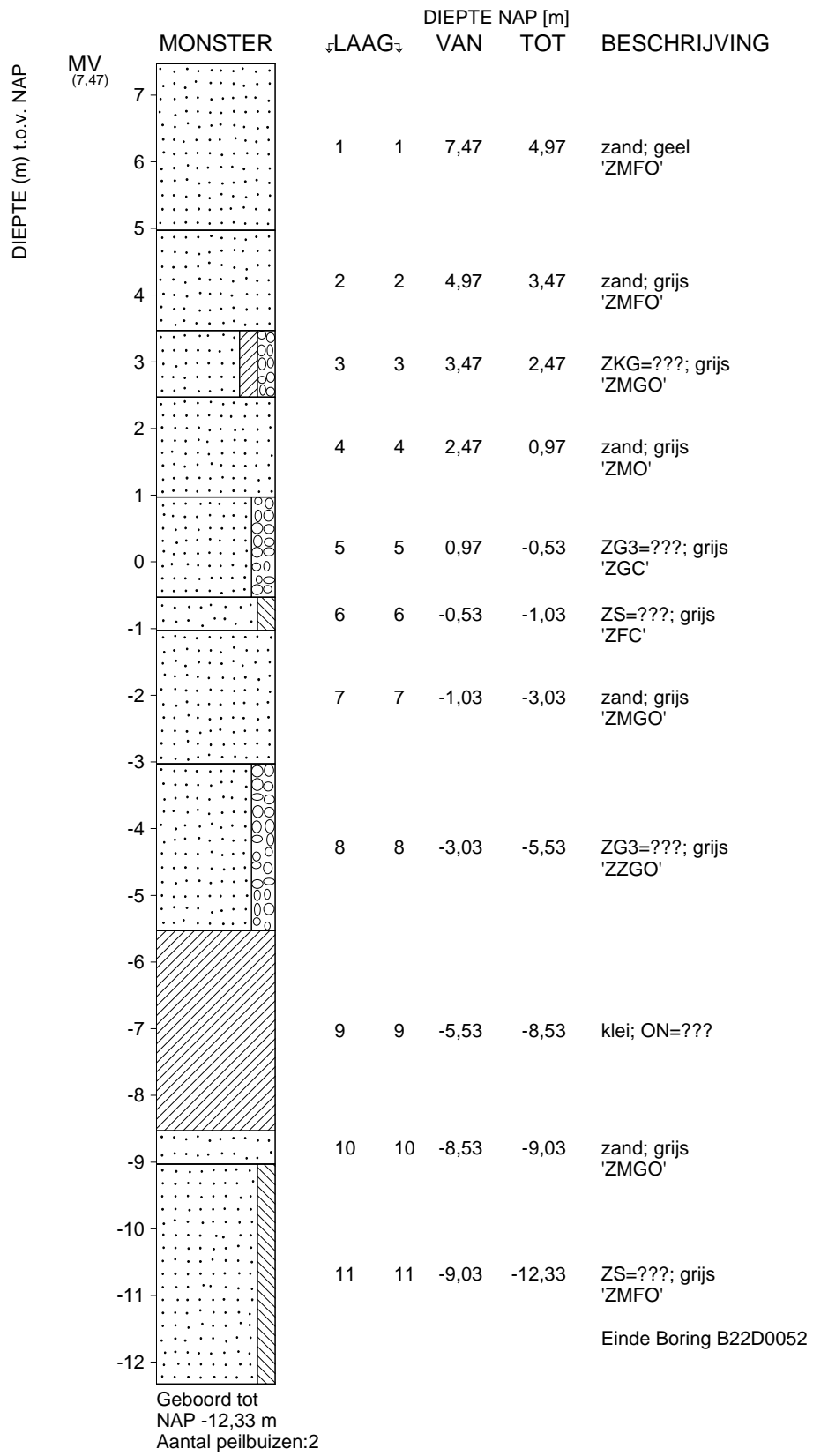
maaiveld: NAP 7,00 m
X = 229560 m Y = 504680 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 1952-01-01	get.
-		DINO-BOR	gez.
-		BIJL.	form. A4



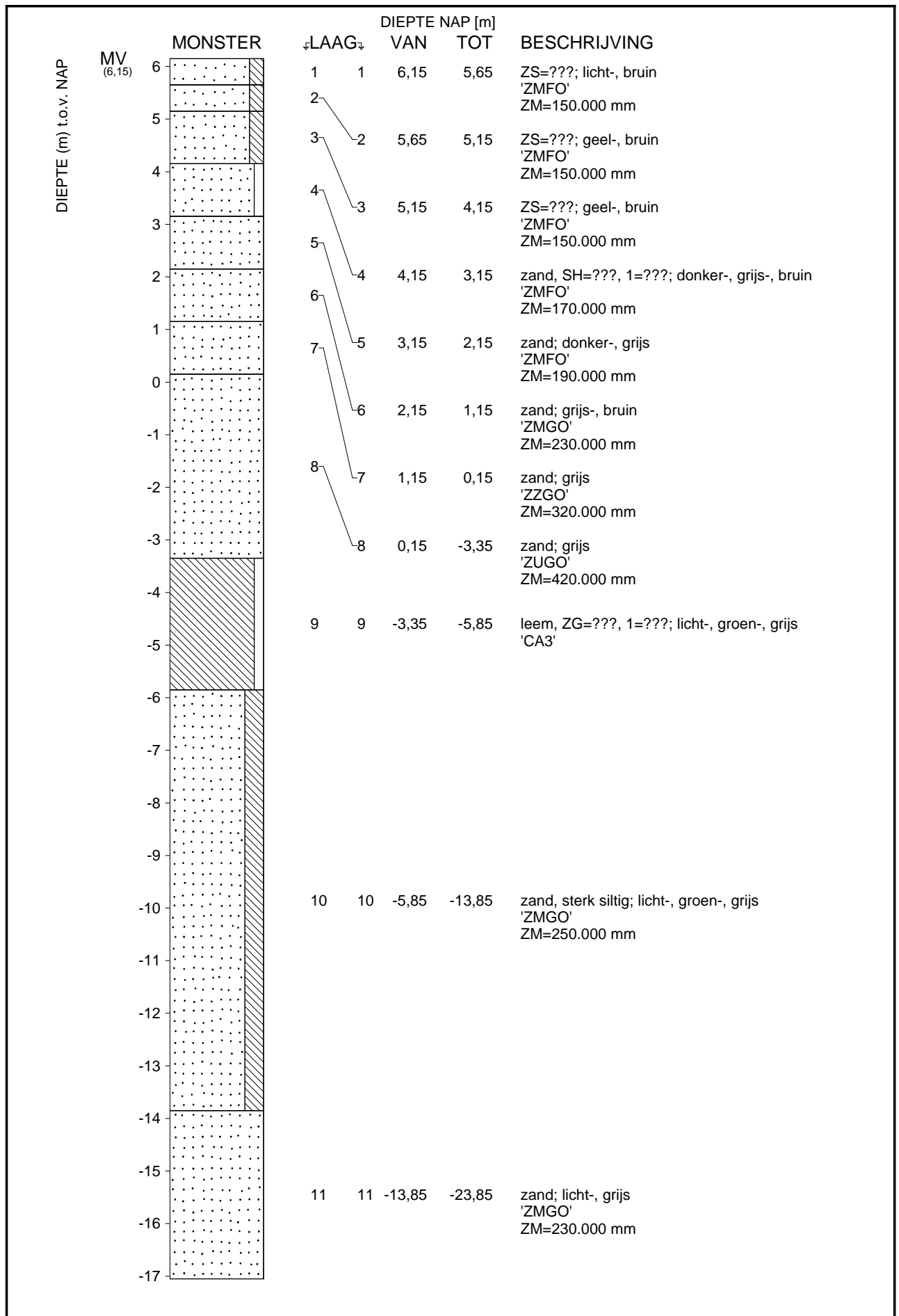
	Telefoon Telefax	datum 2002-04-22	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 3]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER	↓LAAG↓	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING	
	Geboord tot NAP 1,00 m		VAN	TOT		
		9	3,20	2,95	zand, zwak siltig; licht-, geel 'ZMF' K%=0 S%=7 Z%=93 G%=0 H%=0 ZM=185.000 mm	
		10	2,95	2,70	zand, zwak siltig; licht-, geel-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=5 Z%=95 G%=0 H%=0 ZM=155.000 mm	
		11	2,70	1,70	zand, zwak siltig; licht-, geel-, grijs 'ZMG' K%=0 S%=8 Z%=92 G%=0 H%=0 ZM=240.000 mm	
		12	1,70	1,00	zand, zwak siltig; licht-, geel-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=8 Z%=92 G%=0 H%=0 ZM=185.000 mm	
					Einde Boring B22C0313	
maaiveld: NAP 5,70 m X = 229592 m Y = 505172 m (RD)						
Telefoon					datum	get.
Telefax					2002-04-22	Wark
-					DINO-BOR	gez.
-					BIJL.	form. A4
[Blad 2 / 2]						



maaiveld: NAP 7,47 m
X = 231074 m Y = 502596 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 1973-08-21	get. Smid
-		DINO-BOR	gez.
-		BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 1982-07-01	get. Mark
-		DINO-BOR	gez.
- [Blad 1 / 2]		BIJL.	form. A4

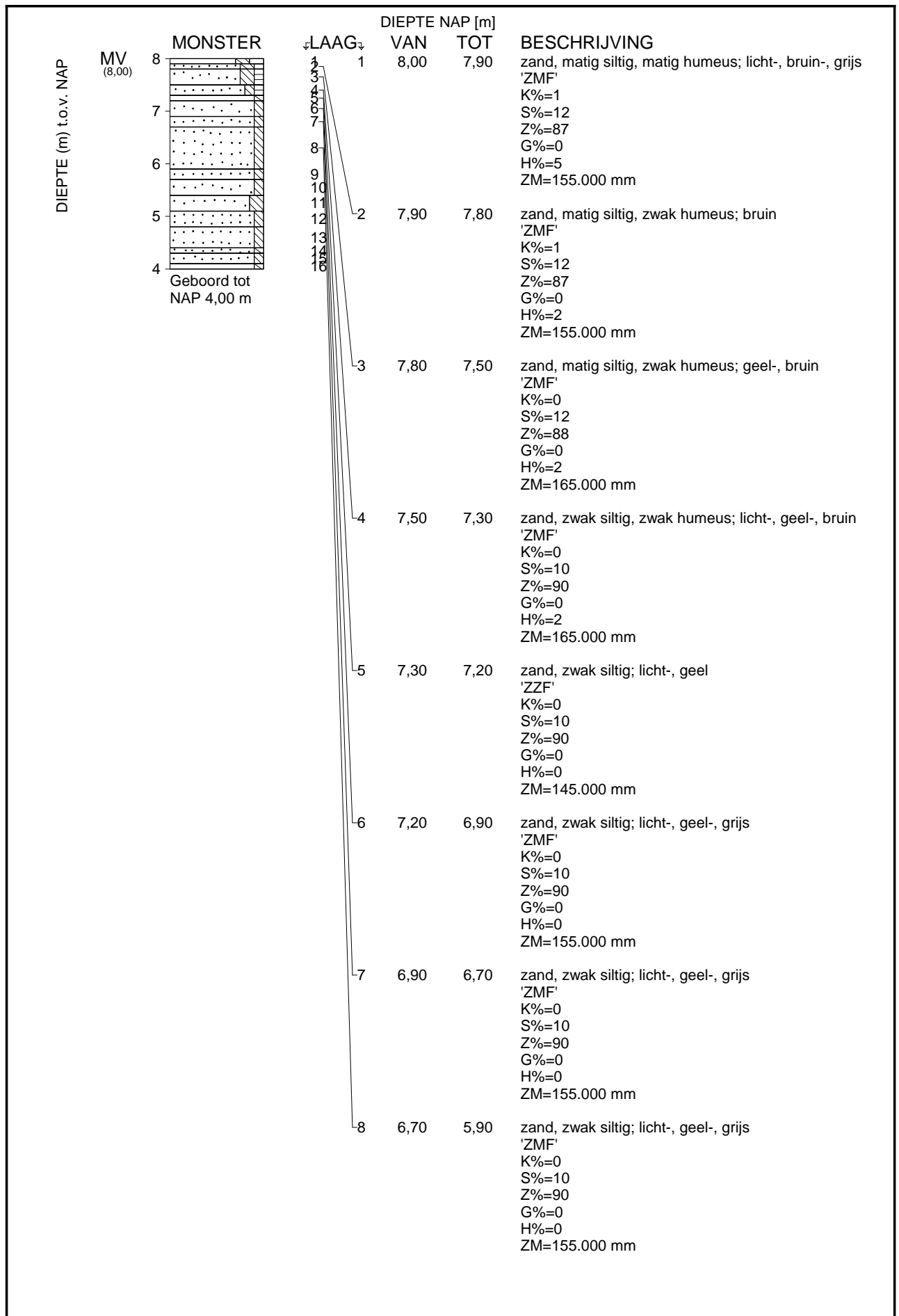
DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
	↓LAAG↓	VAN TOT	
-18 -19 -20 -21 -22 -23	11	11 -13,85 -23,85	zand; licht-, grijs 'ZMGO' ZM=230.000 mm
-24 -25 -26 -27	12	12 -23,85 -26,85	ZG3=???; grijs 'ZUGO'
-28 -29 -30 -31 -32 -33 -34 -35 -36	13	13 -26,85 -36,85	zand; donker-, grijs-, bruin 'ZZGO' ZM=450.000 mm Einde Boring B22D0117

Geboord tot
NAP -36,85 m
Aantal peilbuizen:2

maaiveld: NAP 6,15 m
X = 232194 m Y = 503839 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 1982-07-01	get. Mark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 2 / 2]	BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 2000-11-22	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 4]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER

Geboord tot
NAP 4,00 m

↕LAAG↕

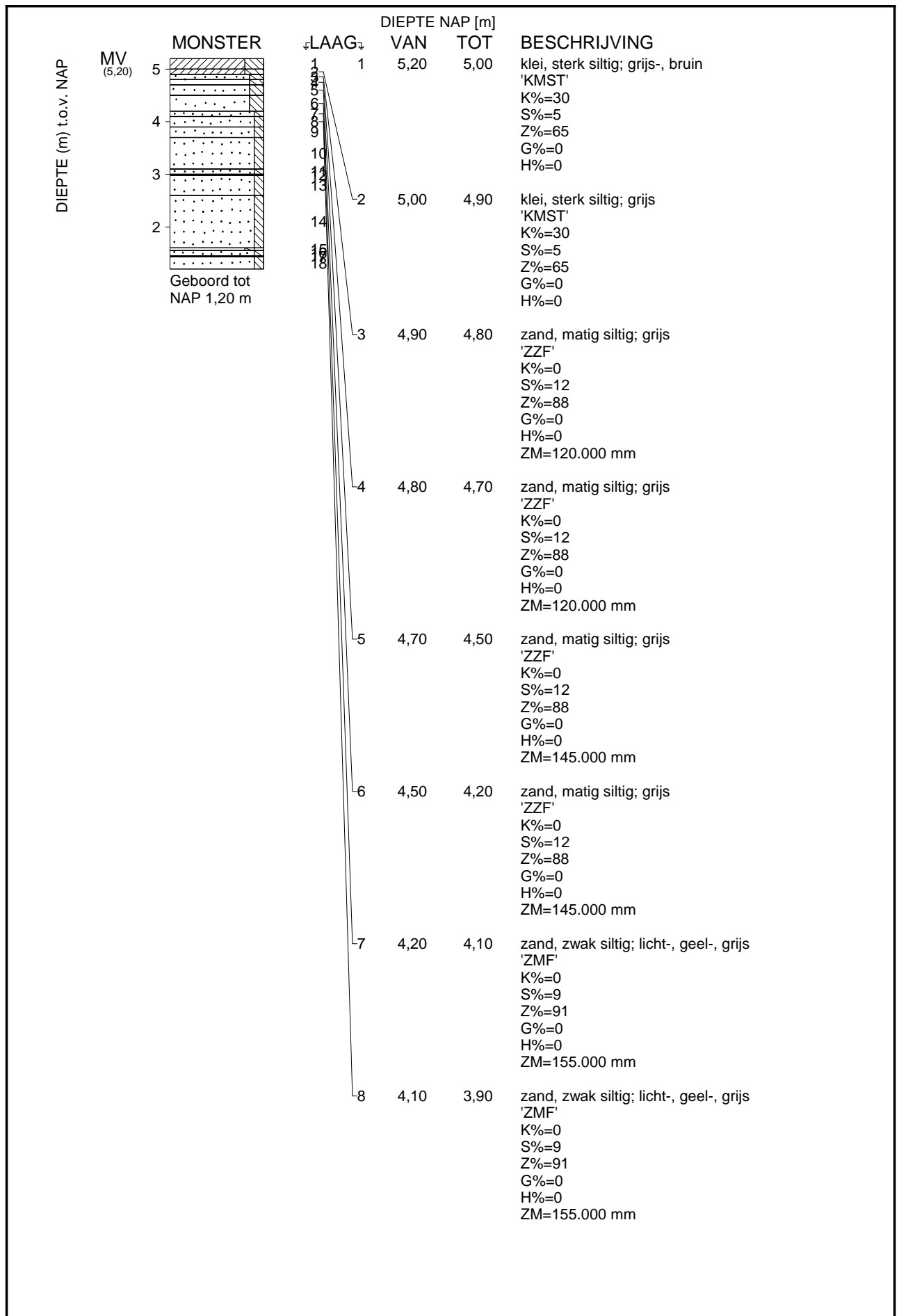
DIEPTE NAP [m]

VAN TOT

BESCHRIJVING

maaiveld: NAP 8,00 m
X = 230588 m Y = 503702 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 2000-11-22	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 3 / 3]	BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 2000-10-26	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 4]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING		
		↓LAAG↓	VAN		TOT	
	Geboord tot NAP 1,20 m	9	3,90	3,70	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=175.000 mm	
		10	3,70	3,10	zand, zwak siltig; grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=160.000 mm	
		11	3,10	3,00	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZZG' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=320.000 mm	
		12	3,00	2,98	LH3=???; bruin-, grijs 'LMSL' K%=5 S%=30 Z%=65 G%=0 H%=12	
		13	2,98	2,60	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=200.000 mm	
		14	2,60	1,60	zand, zwak siltig; licht-, bruin 'ZMG' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=250.000 mm	
		15	1,60	1,55	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin-, grijs 'ZZG' K%=0 S%=8 Z%=92 G%=3 H%=0 ZM=350.000 mm	
		16	1,55	1,45	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZZG' K%=0 S%=8 Z%=92 G%=0 H%=0 ZM=350.000 mm	
				Telefoon	datum	get.
				Telefax	2000-10-26	Wark
				-	DINO-BOR	gez.
				- [Blad 2 / 3]	BIJL.	form. A4

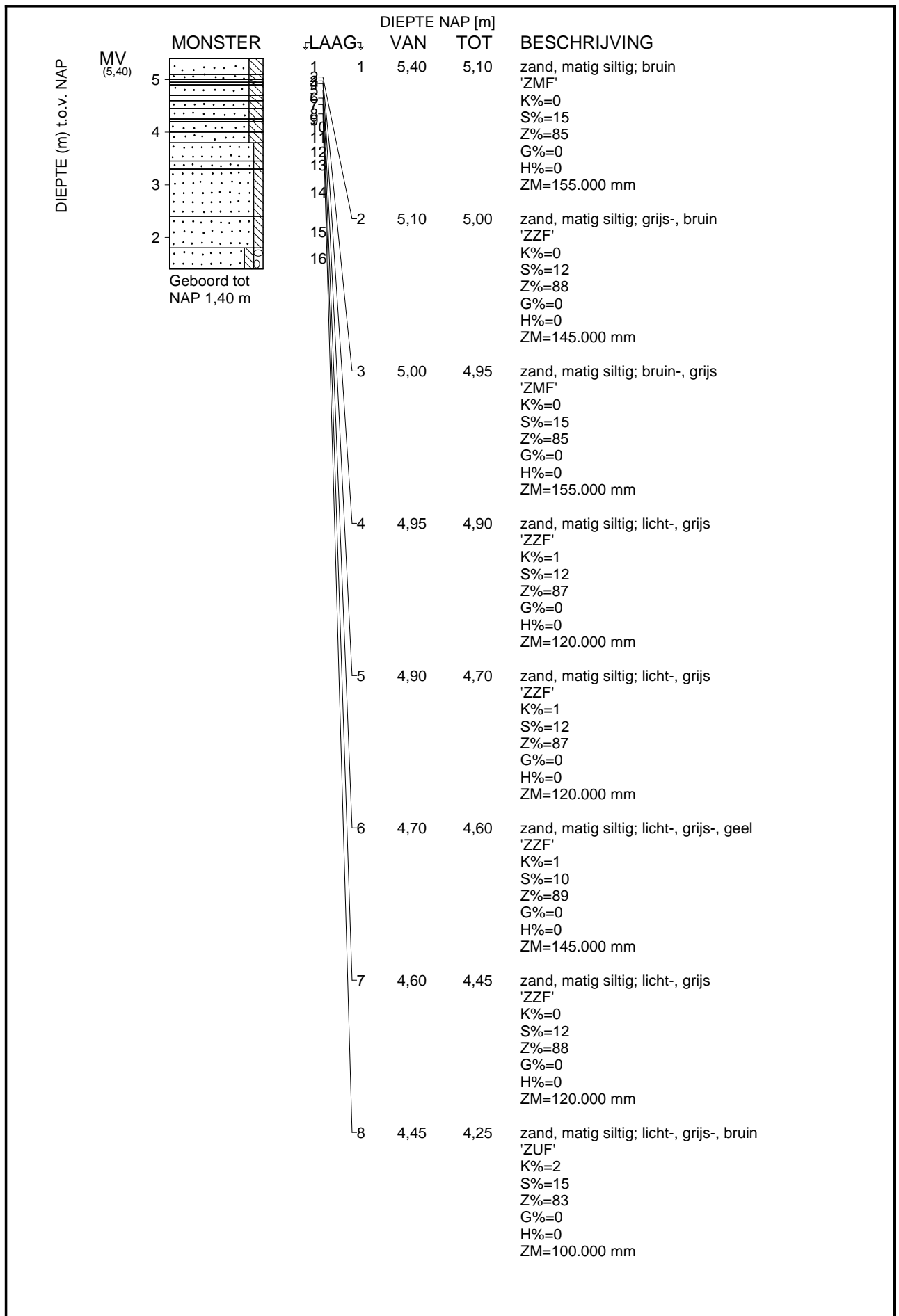
DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
	↓LAAG↓	VAN TOT	
Geboord tot NAP 1,20 m			

18	1,43	1,20	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZUG' K%=0 S%=5 Z%=95 G%=0 H%=0 ZM=700.000 mm Einde Boring B22D0407
----	------	------	--

maaiveld: NAP 5,20 m
X = 231897 m Y = 503402 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 2000-10-26	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 3 / 3]	BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 2000-10-26	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 4]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER	LAAG	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING	
			VAN	TOT		
	Geboord tot NAP 1,40 m	9	4,25	4,20	zand, matig siltig; licht-, grijs 'ZZF' K%=1 S%=12 Z%=87 G%=0 H%=0 ZM=145.000 mm	
		10	4,20	4,00	zand, matig siltig; licht-, grijs 'ZZF' K%=1 S%=12 Z%=87 G%=0 H%=0 ZM=145.000 mm	
		11	4,00	3,80	zand, matig siltig; licht-, grijs-, bruin 'ZZF' K%=1 S%=12 Z%=87 G%=0 H%=0 ZM=120.000 mm	
		12	3,80	3,45	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=10 Z%=90 G%=0 H%=0 ZM=155.000 mm	
		13	3,45	3,30	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=155.000 mm	
		14	3,30	2,40	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=155.000 mm	
		15	2,40	1,80	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZZG' K%=0 S%=5 Z%=95 G%=0 H%=0 ZM=310.000 mm	
		16	1,80	1,40	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, grijs 'ZZG' K%=0 S%=5 Z%=95 G%=1 H%=0 ZM=400.000 mm	
Einde Boring B22D0408						
Telefoon Telefax					datum 2000-10-26	get. Wark
-					DINO-BOR	gez.
- [Blad 2 / 3]					BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER

Geboord tot
NAP 1,40 m

↓LAAG↓

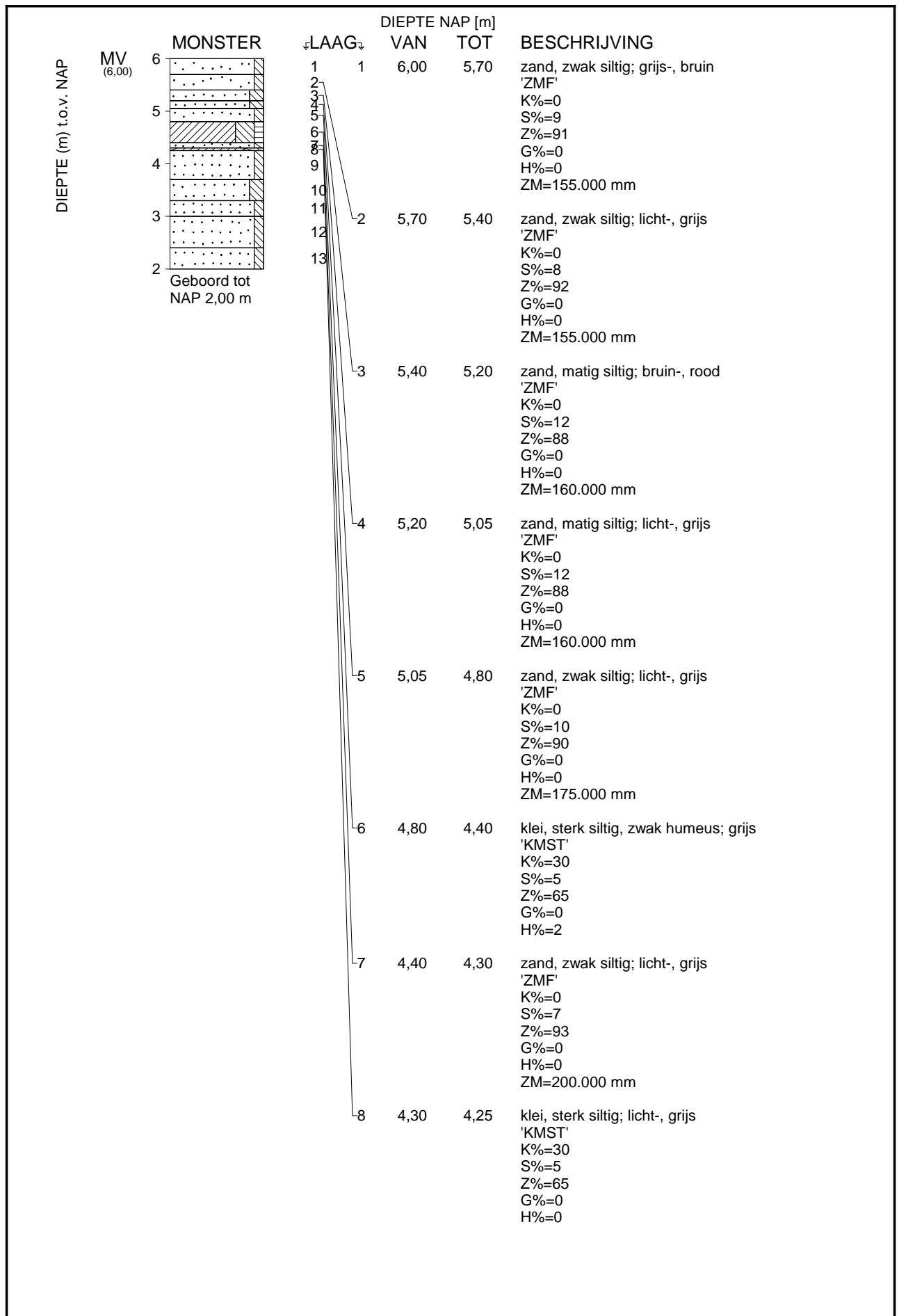
DIEPTE NAP [m]

VAN TOT

BESCHRIJVING

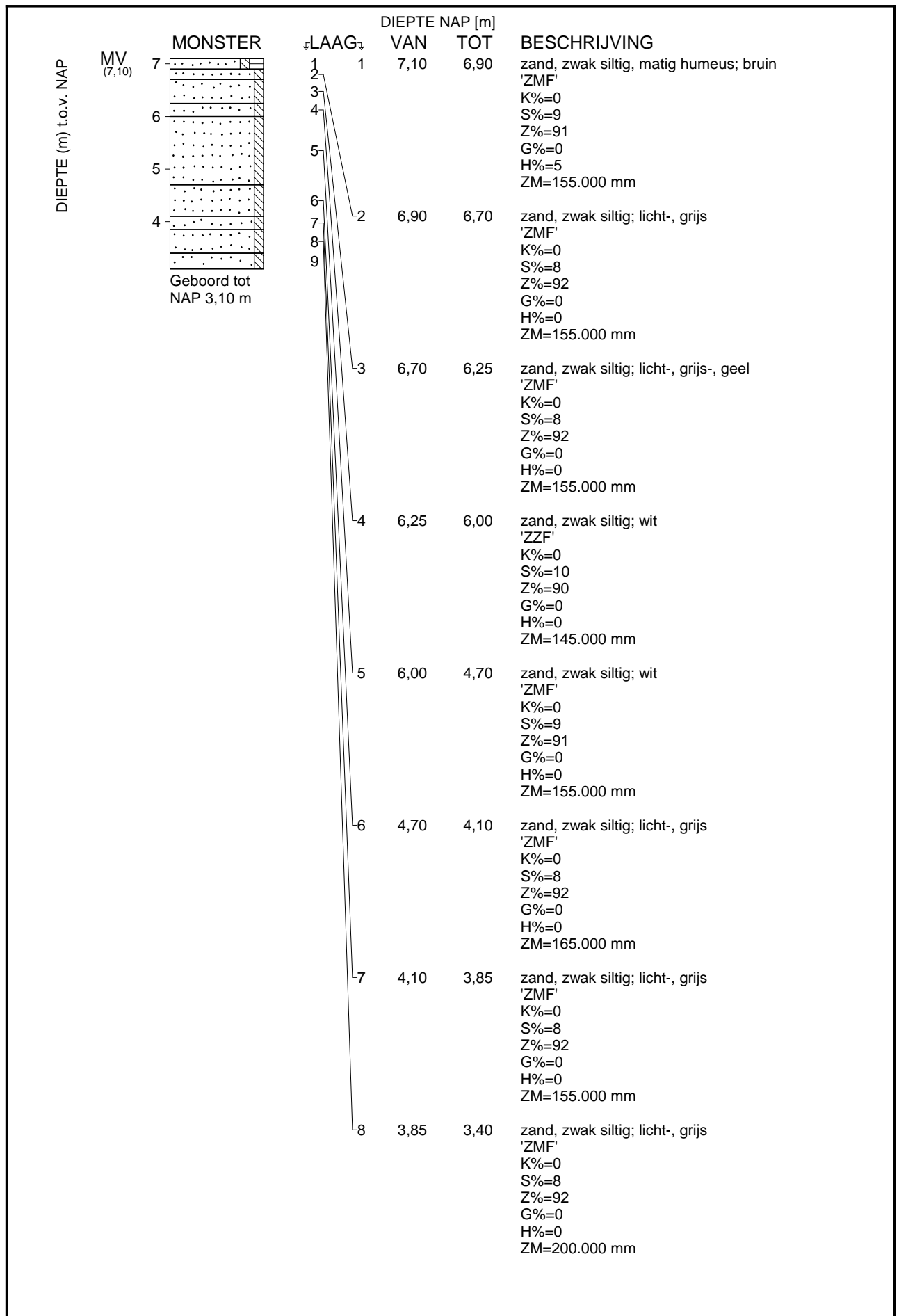
maaiveld: NAP 5,40 m
X = 232312 m Y = 503948 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 2000-10-26	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 3 / 3]	BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 2000-10-19	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 3]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP	MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING	
		LAAG	VAN TOT		
	Geboord tot NAP 2,00 m	9	4,25 3,70	zand, zwak siltig; grijs 'ZMF' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=175.000 mm	
		10	3,70 3,30	zand, matig siltig; grijs 'ZZF' K%=0 S%=15 Z%=85 G%=0 H%=0 ZM=145.000 mm	
		11	3,30 3,00	zand, zwak siltig; grijs 'ZMF' K%=0 S%=10 Z%=90 G%=0 H%=0 ZM=160.000 mm	
		12	3,00 2,40	zand, zwak siltig; grijs 'ZMG' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=220.000 mm	
		13	2,40 2,00	zand, zwak siltig; grijs 'ZZG' K%=0 S%=9 Z%=91 G%=0 H%=0 ZM=350.000 mm	
Einde Boring B22D0425					
maaiveld: NAP 6,00 m X = 230758 m Y = 505101 m (RD)					
Telefoon Telefax				datum 2000-10-19	get. Wark
-				DINO-BOR	gez.
- [Blad 2 / 2]				BIJL.	form. A4



	Telefoon Telefax	datum 2000-10-19	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 1 / 2]	BIJL.	form. A4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER	LAAG	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
		VAN	TOT	
Geboord tot NAP 3,10 m	9	3,40	3,10	zand, zwak siltig; licht-, grijs 'ZUG' K%=0 S%=6 Z%=94 G%=0 H%=0 ZM=440.000 mm Einde Boring B22D0429

maaiveld: NAP 7,10 m
X = 231072 m Y = 505487 m (RD)

	Telefoon Telefax	datum 2000-10-19	get. Wark
-		DINO-BOR	gez.
-	[Blad 2 / 2]	BIJL.	form. A4

Bijlage 6
Traject 3 - 10 - Resultaten zettingsberekening

Report for D-Settlement 9.3

Settlement Calculations
Developed by Deltares



Company: Royal haskoning

Date of report: 6-3-2014
Time of report: 10:44:46

Date of calculation: 5-3-2014
Time of calculation: 17:32:58

Filename: C:\..\Downloads\BC9863 Vechtdijken indicatieve zettingberekening

Project identification: Dijkverbeteringen keringen Drenthe en Overijssel
Indicatieve zettingberekening
Zetting agv kruinverhoging

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PL Lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	3
2.5 Soil Properties	3
2.6 Non-Uniform Loads	4
2.7 Verticals	4
3 Results per Vertical	5
3.1 Results for Vertical 1 (X = 25,00 m; Z = 0,00 m)	5
4 Settlements	6
4.1 Settlements	6
4.2 Residual Times	6
5 Warnings and errors	7

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
4 - X -	0,000	50,000			
4 - Y -	5,900	5,900			
3 - X -	0,000	50,000			
3 - Y -	5,400	5,400			
2 - X -	0,000	50,000			
2 - Y -	4,200	4,200			
1 - X -	0,000	50,000			
1 - Y -	2,700	2,700			
0 - X -	0,000	50,000			
0 - Y -	-10,000	-10,000			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	50,000			
1 - Y -	3,000	3,000			

2.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m ³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	None
End of consolidation:	10000,00 [days]
No maintain profile	
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
With submerging	
(only for non uniform loads)	
- Iteration stop criterium :	0,10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1,00 [m]
- Trapezoidal Loads :	1,00 [m]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
4	Zand los gepakt	1	1
3	Klei, sterk zandig	1	1
2	Zand, sterk siltig/kleiig	1	1
1	Zand los gepakt	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
4	Yes	17,00	19,00
3	No	18,00	18,00
2	Yes	18,00	20,00
1	Yes	17,00	19,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m ² /s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
4	Vert. cons.	-	-	-	-
3	Vert. cons.	1,00E-04	-	-	-
2	Vert. cons.	-	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m ²]	POP [kN/m ²]	OCR [-]
4	-	5,00	-
3	-	5,00	-
2	-	5,00	-
1	-	5,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
4	8,00E+02	2,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	8,00E+02	1,00E+09
3	1,00E+02	2,50E+01	1,28E+03	3,20E+02	1,00E+02	3,20E+02
2	8,00E+02	2,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	8,00E+02	1,00E+09
1	8,00E+02	2,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	8,00E+02	1,00E+09

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
1	0	18,00	20,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	0,00	1,00	49,00	50,00		
1 - Y -	5,90	6,70	6,70	5,90		

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1	25,000				

Discretisation = 100

3 Results per Vertical

3.1 Results for Vertical 1 (X = 25,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
5,900	14,401	5,900	14,400	0,035
5,800	16,100	5,800	14,400	0,035
5,700	17,800	5,700	14,400	0,034
5,650	18,650	5,650	14,400	0,034
5,600	19,500	5,600	14,400	0,034
5,500	21,200	5,500	14,400	0,033
5,400	22,900	5,400	14,400	0,033
5,400	22,900	5,400	14,400	0,033
5,300	24,700	5,300	14,400	0,030
5,200	26,500	5,200	14,400	0,027
5,100	28,300	5,100	14,400	0,024
5,000	30,100	5,000	14,400	0,022
4,900	31,900	4,900	14,400	0,020
4,800	33,700	4,800	14,400	0,018
4,200	44,500	4,200	14,400	0,008
4,200	44,500	4,200	14,400	0,008
3,450	57,999	3,450	14,399	0,007
3,000	66,099	3,000	14,399	0,006
2,700	69,155	3,000	14,398	0,006
2,700	69,156	3,000	14,398	0,006
1,750	77,883	3,000	14,396	0,005
0,750	87,068	3,000	14,390	0,005
-0,250	96,248	3,000	14,381	0,004
-1,250	105,423	3,000	14,366	0,003
-2,250	114,592	3,000	14,344	0,003
-3,250	123,753	3,000	14,315	0,002
-3,650	127,415	3,000	14,301	0,002
-4,600	136,106	3,000	14,262	0,002
-5,600	145,246	3,000	14,212	0,001
-6,600	154,375	3,000	14,151	0,001
-7,600	163,494	3,000	14,080	0,001
-8,600	172,603	3,000	13,999	0,000
-9,600	181,701	3,000	13,907	0,000
-10,000	185,338	3,000	13,868	0,000

4 Settlements

4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	25,00	0,00	5,90	0,035

4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	30	0,032	89,385	0,004
	365	0,033	93,918	0,002
	3650	0,035	98,140	0,001

5 Warnings and errors

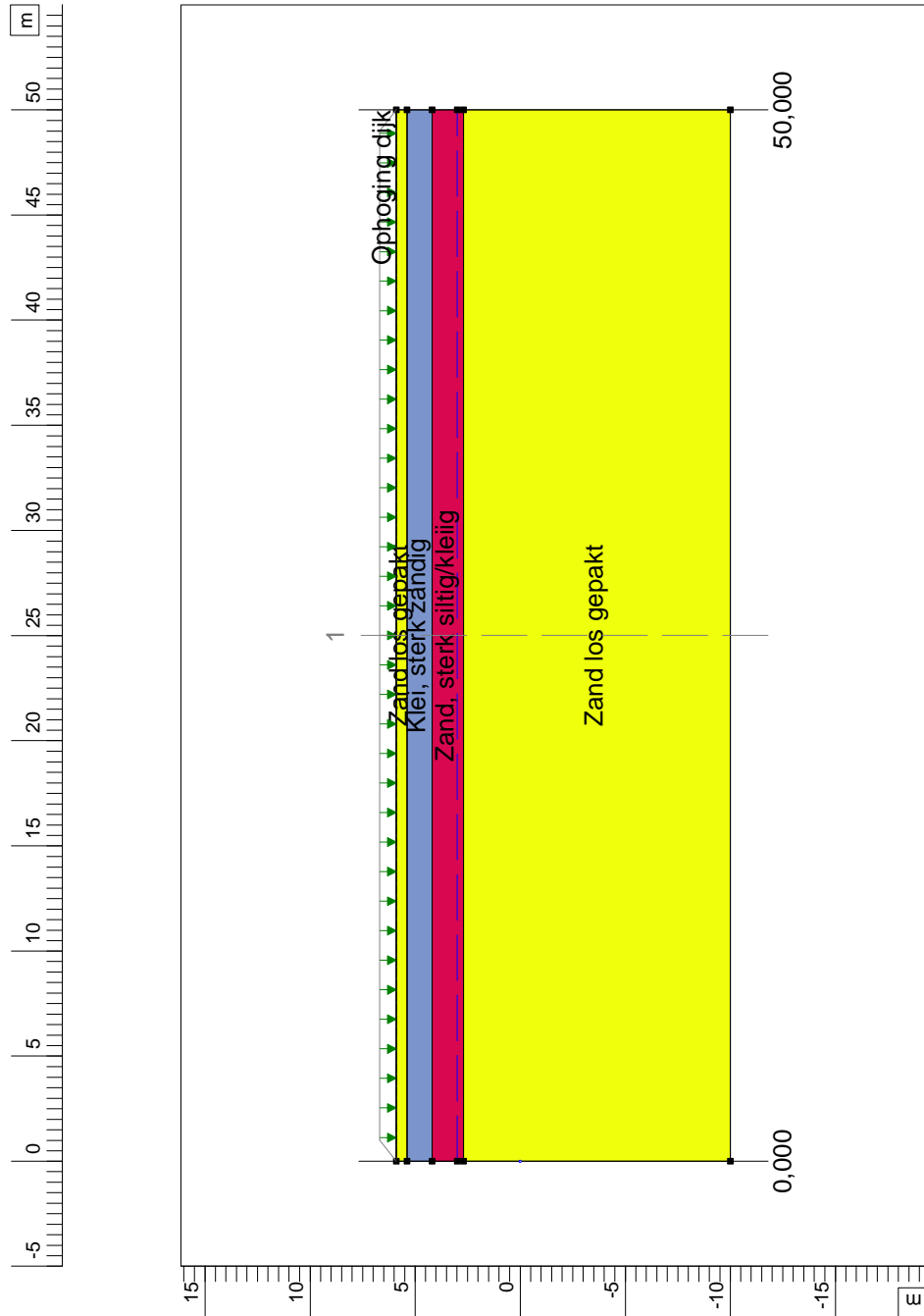
List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report

Input View

- Materials**
- Klei, sterk zandig
 - Zand, sterk siltig/kleiig
 - Zand los gepakt



D-Settlement 9.3 : BC9863 Vechtdijken indicatieve zettingberekening.sil



Phone
Fax

date	drw.
6-3-2014	DJVD

Dijkverbeteringen keringen Drenthe en Overijssel
 Indicatieve zettingberekening
 Zetting agv kruinverhoging

-	ctr.
Annex -	form. A4