



Rapport betreffende
**17 WINDTURBINES AAN DE
NOORDERMEERDIJK
NABIJ CREIL IN DE NOORDOOSTPOLDER**

Opdrachtnummer: Q-1528-A

Opdrachtgevers : Essent Energie

Projectleider :
Hoofd Regio Noord

Opgesteld door :
Projectleider Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	3 november 2000	eerste versie, ongewijzigd	
2	26 februari 2001	commentaar opdrachtgever en het waterschap verwerkt	



INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	3
2. GRONDONDERZOEK	5
2.1 Sonderen	5
2.2 Boren	6
2.3 Laboratoriumonderzoek	7
3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	8
4. UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENINGEN	11
4.1 Karakterisering van het dijkprofiel	11
4.2 Actuele stabiliteit van het dijkprofiel	13
4.3 Effecten van heiwerkzaamheden	14
5. STABILITEIT TIJDENS HEIWERKZAAMHEDEN	15
5.1 Algemeen	15
5.2 Stabiliteitsgrenzen	16
5.3 Resultaten stabiliteitsberekeningen	17
6. MEETPROGRAMMA TIJDENS HEIWERKZAAMHEDEN	19
7. DRAINAGE WINDTURBINES	20
8. ADVIEZEN MET BETREKKING TOT DE ONTSLUITINGSWEG	21
8.1 Uitgangspunten	21
8.2 Opbouw weglichaam	21
 BIJLAGEN	 <u>Nr.</u>
- Overzichtstekening	Q-1528-1
- Voorlopige lokatie windturbine	Q-1528-2
- Dwarsprofielen	Q-1528-3
- "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten"	
- "Continu Electrisch Sonderen"	

Opdr.nr. : Q-1528

Blz. : 1



- Sondeergrafieken Q-1528-DKMP1 t/m DKMP3
- Dissipatietesten Q-1528-DKMP1-1 t/m 3, DKMP2-1 t/m 3 en DKMP3-1 t/m 3
- Boorstaten Q-1528-B1 t/m B6
- Handboorstaten Q-1528-HB1 t/m HB34 en HB100 t/m 103
- Classificatie en laboratoriumonderzoek asfaltkernen Q-1528-4
- Stabiliteit binnentalud nulsituatie (zomerpeil) Q-1528-5A en 5B
- Stabiliteit binnentalud nulsituatie (Maatgevend Hoog Water) Q-1528-6
- Situatie Noordermeerpad Q-1528-7
- "Richtlijnen Grondverbetering"



1. INLEIDING

Ten behoeve van de realisatie van 17 windturbines aan de Noordermeerdijk nabij Creil ontving Fugro Ingenieursbureau te Groningen op 23 mei 2000 van Essent Energie te Zwolle de opdracht voor het uitvoeren van grondonderzoek, het opstellen van geotechnische adviezen en de bestekvoorbereiding ten behoeve van bovengenoemd project. De geotechnische adviezen hebben hoofdzakelijk betrekking op de fundering en de invloed van de windturbines op de dijk. De opdracht is in deelopdrachten gesplitst.

De eerste deelopdracht heeft bestaan uit (Q-1528-A):

- het uitvoeren van een KLIC-melding;
- het inmeten van 17 dwarsprofielen van het dijklichaam ter plaatse van de windturbines, inmeten van 2 bestaande bochten in het Noordermeerpad, inmeten van de situatie ter plaatse van de keerlus in de toekomstige ontsluitingsweg alsmede een langsprofiel ter plaatse van de toekomstige ontsluitingsweg;
- het uitvoeren van 3 sonderingen met kleef- en waterspanningsmeting, 6 boringen het plaatsen van 9 peilbuizen en laboratoriumonderzoek;
- geotechnische adviezen met betrekking tot de invloed van de windturbines op de dijk;
- geotechnische adviezen met betrekking tot de ontsluitingsweg.

De invloed van de windturbines op de dijk zal op de volgende manier worden gekwantificeerd:

- beoordeling van het effect van trillingen en wateroverspanningen, ten gevolge van heiwerkzaamheden, op de stabiliteit van de dijk;
- een voorstel voor te hanteren stabiliteitsgrenzen;
- een voorstel voor het meetprogramma tijdens het heien;
- drainage adviezen voor de waterhuishouding rondom de fundering van de windturbine

Ten tijde van onderhavige rapportage stond de lokatie van de windturbines nog niet vast. Hiervoor is door Fugro een voorstel gedaan. In overleg met de opdrachtgever is de voorgestelde lokatie aangehouden. Deze lokatie is weergegeven in bijlage Q-1528-2.

In het rapport Q-1528-B is het overige grondonderzoek en het funderingsadvies van de windturbines gerapporteerd. Door Fugro Inpark b.v. te Amsterdam zal de

besteksvorbereiding worden verzorgd en afzonderlijk worden gerapporteerd. In die rapportage zullen tevens alle dwarsprofielen, het langprofiel, het relevante deel van de Grootschalige Basiskaart Nederland en overige uitgevoerde meetwerkzaamheden worden gepresenteerd.

Het waterschap 'Zuiderzeeland' heeft tijdens een bespreking d.d. 13 januari 2001 aangegeven dat het in deze rapportage beschouwde tracé van de Noordermeerdijk in september 2001 zal worden opgehoogd en verbreed. De ophoging bedraagt ca. 0,3 m en de teen van het binnentalud zal ca. 8,0 m verplaatsen. Gezien de geringe ophoging en de verbetering van de stabiliteit is tijdens de bespreking besloten om de in deze rapportage gepresenteerde stabiliteitsberekeningen niet te herzien.

2. GRONDONDERZOEK

In het kader van de stabiliteits-controle van de Noordermeerdijk bij heiwerkzaamheden ten behoeve van 17 windturbines nabij Creil is op drie locaties in en nabij de Noordermeerdijk grondonderzoek uitgevoerd (zie bijlage Q-1528-1 en 3):

- ca. km. 11,98 (locatie windturbine 3)
- ca. km. 9,28 (locatie windturbine 10)
- ca. km. 7,48 (locatie windturbine 16)

Ten behoeve van het ontwerp van de ontsluitingsweg is tevens grondonderzoek uitgevoerd.

2.1 Sonderen

Het grondonderzoek heeft bestaan uit 3 diepsonderingen (code D), met meting van de plaatselijke mantelwrijving (code DKM). Bij de sonderingen is tevens de waterspanning tijdens het sonderen geregistreerd (DKMP). De sonderingen zijn uitgevoerd aan de binnenteen van de Noordermeerdijk.

De sonderingen zijn vanaf een rups uitgevoerd met de elektrische Fugro-(kleefmantel)conus onder Fugro's ISO 9001 certificaatnummer 651697 conform norm NEN 3680, waarbij het verticaal sonderen is gecontroleerd door middel van een in de conus ingebouwde hellingmeter.

Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

De onderzoekslocaties zijn door Fugro-Ingenieursbureau b.v. uitgezet en gewaterpast en zijn aangegeven op de bijbehorende dwarsprofielen in bijlage Q-1528-3. Voor het uitzetten heeft de Grootschalige Basiskaart Nederland als basis gediend en voor het waterpassen de inmetingen van de dwarsprofielen over de dijk.

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken Q-1528-DKMP1 t/m DKMP3, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van NAP.

Op de sondeergrafieken is tevens het wrijvingsgetal weergegeven. Dit is de verhouding tussen de plaatselijke mantelwrijving en de conusweerstand. Empirisch is vastgesteld dat het wrijvingsgetal een nauwe relatie heeft met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw is verkregen.

Op de sondeergrafieken is ook de waterspanningsindex weergegeven, zijnde de verhouding tussen de waterspanning en de conusweerstand. In het algemeen kan worden gesteld dat een hoge index een minder goed water doorlatende laag weergeeft. Tijdens de uitvoering van de waterspanningssonderingen is op een aantal diepten met sonderen gestopt om de waterspanning de gelegenheid te geven zich aan te passen aan de op die diepte heersende waterdruk (dissipatietest). De resultaten van de dissipatietesten zijn weergegeven in de bijlagen Q-1528-DKMP1-1 t/m 3, DKMP2-1 t/m 3 en DKMP3-1 t/m 3.

2.2 Boren

Ter classificatie van de ondergrond, ter bepaling van de freatische grondwaterstand en ten behoeve van het nemen van ongeroerde grondmonsters zijn 6 boringen uitgevoerd en zijn peilbuizen geplaatst. De boringen zijn gemaakt direct onder de kruin van de Noordermeerdijk (schouder van de dijk) en in de binnenteen, op de locaties zoals vermeld in hoofdstuk 2.1.

Tijdens het boren is van elke laag minimaal een geroerd monster genomen en in het veld geclassificeerd. Op aan de hand van sondeerresultaten bepaalde diepten zijn ongeroerde monsters genomen. De ongeroerde monstername heeft plaatsgevonden met een Ackermann-steekapparaat. De ongeroerde monsters hebben een diameter van 67 mm en een maximale lengte van 400 mm.

De resultaten van de boringen zijn weergegeven op de boorstaten Q-1528-B1 t/m B6, waarbij de diepte is uitgezet ten opzichte van NAP. Tevens zijn op de boorstaten de diepten van de (on)geroerde monsters en de actuele grondwaterstanden gegeven.

De boorlocaties zijn door Fugro-Ingenieursbureau b.v. uitgezet en gewaterpast en zijn aangegeven op de bijbehorende dwarsprofielen in bijlage Q-1528-3.

Ten behoeve van het ontwerp van de ontsluitingsweg zijn 34 handboringen uitgevoerd tot ca. 2,0 m diepte. Tijdens het boren is van elke laag minimaal een geroerd monster genomen en

in het laboratorium geclassificeerd. De handboringen zijn uitgevoerd op ca. 6 m uit het hart van de kwelsloot. De resultaten zijn vermeld op de boorstaten Q-1528-HB1 t/m HB34. Een overzicht van de lokaties is weergegeven op bijlage Q-1528-1.

Ten behoeve van het controleren van de funderingsconstructie van het Noordermeerpad zijn 4 handboringen aangegeven. Tijdens het boren is van elke laag minimaal een geroerd monster genomen en in het laboratorium geclassificeerd. De resultaten zijn vermeld op de boorstaten Q-1528-HB100 t/m HB103. De globale lokaties zijn aangegeven op bijlage Q-1528-1 en 7.

2.3 Laboratoriumonderzoek.

Het geotechnisch laboratoriumonderzoek is uitgevoerd door het Sterlab geaccrediteerd Geotechnisch en Materiaalkundig Laboratorium van Fugro Ingenieursbureau b.v. te Arnhem (zie bijlage "Kwaliteitsborging Materiaalkundig Laboratorium").

De classificatie van alle geroerde en ongeroerde monsters staat vermeld op de eerder genoemde boorstaten Q-1528-B1 t/m B6 en Q-1528-HB1 t/m HB34 en Q-1528-HB100 t/m HB103.

De ongeroerde monsters van B1 t/m B6 werden aan een nadere analyse onderworpen, waarbij op relevante monsters volumegewichten, watergehalten zijn bepaald. De resultaten hiervan zijn gegeven op de bijbehorende boorstaten.

Ter plaatse van het Noordermeerpad zijn twee asfaltkernen geboord en in het laboratorium onderzocht. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage Q-1528-4.

Voor een verklaring van de op de situatietekening en handboorstaten gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

De maaiveldniveau's ter plaatse van de sondeer- en boorlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP - 2,0 m tot NAP + 1,8 m.

De kruin van de Noordermeerdijk ligt op NAP + 4,33 m à NAP + 5,02 m en het maaiveldniveau van de polder bedraagt NAP - 3,40 m à NAP - 4,10 m. Voor verdere informatie omtrent de geometrie wordt verwezen naar de door Fugro-Inpark ingemeten dwarsprofielen ter plaatse van turbine 3, 10 en 16 (zie bijlage Q-1528-3).

Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1 en tabel 2 is weergegeven.

Tabel 1: Globale bodemgesteldheid t.p.v. kruin dijk.

Bovenzijde laag in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
maaiveld	Klei, leem en zandlagen, zwak grindig, lokaal puinhoudend
-1,2 à -1,9	Zand, matig fijn, zwak siltig, lokaal veenresten, onderin lokaal 0,2 tot 0,3 m dikke klei/veenlaag
-5,2	Maximaal verkende diepte

Tabel 2: Globale bodemgesteldheid naast dijk.

Bovenzijde laag in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
maaiveld	Zand, los gepakt, matig fijn
-4,0 à -4,6	Klei, matig vast, sterk tot uiterst siltig, lokaal veen, matig vast
-5,1 à -5,4	Zand, matig vast gepakt, matig fijn tot fijn, zwak siltig, doorsneden door los gepakte kleiige zandlaag en kleilenzen
-20,2 à -20,6	Klei/Keileem, vast, sterk siltig (niet aangetroffen in DKMP2)
-24,9	Maximaal verkende diepte

Ter plaatse van de boringen direct onder de kruin van de dijk is, door peilen in de peilbuizen na de uitvoering van het grondonderzoek d.d. 6-9-2000, de freatische grondwaterstand vastgesteld op NAP - 1,9 m à NAP -2,3. De filters van de peilbuizen bevinden zich hierbij in het zandpakket onder de kleilaag en de veenlaag, op ca. NAP -3,5 m.

Aan de teen van de dijk is, door peilen in de peilbuizen na de uitvoering van het grondonderzoek d.d. 6-9-2000, de freatische grondwaterstand vastgesteld op NAP - 2,6 m à NAP - 2,8 m. De filters van de peilbuizen bevinden zich hierbij in het zandpakket boven de klei- en veenlaag, op NAP -3,0 m. De stijghoogte van de diepere grondwater in het eerste watervoerende pakket is in de teen van de dijk door peilen in de peilbuizen na de uitvoering van het grondonderzoek d.d. 6-9-2000 vastgesteld op NAP -2,95 m à NAP -3,25 m (zie ook tabel 3). De filters van de peilbuizen bevinden zich hierbij in het zandpakket onder de klei-/veenlaag, op NAP -5,5 m en NAP -5,7 m.

De stijghoogte van het grondwater is , d.d. 4-09-2000, op basis van de dissipatietesten aangetroffen zoals in tabel 3 is weergegeven (het betreft een indicatie die beperkt wordt door de meetnauwkeurigheid van de drukopnemer van circa +/- 0,20 m waterdruk):

Tabel 3: Stijghoogte grondwater eerste watervoerende pakket

	test nummer	diepte [m. t.o.v. NAP]	stijghoogte [m. t.o.v. NAP]
DKMP1	1	-7,99	-3,8
	2	-14,98	-3,8
	3	-24,93	-3,8
B1	peilbuis	-5,50	-3,25
DKMP2	1	-8,00	-3,1
	2	-14,79	-3,3
	3	-20,97	-3,5
B3	peilbuis	-5,50	-2,95
DKMP3	1	-8,00	-3,8
	2	-14,79	-3,9
	3	-20,19	-4,0
B5	peilbuis	-5,70	-3,20

Het slootpeil van de kwelsloot (evenwijdig van de dijk) varieerde van circa NAP - 4,3 m tot circa NAP - 4,75 m. De slootpeilen van de kavelsloten (loodrecht op de kwelsloot) varieerde van ca. NAP -4,3 m tot NAP -5,2 m. Het open waterpeil van het IJsselmeer bedroeg NAP - 0,15 m. Deze waterpeilen zijn vastgesteld ten tijde van het inmeten van de dwarsprofielen in juli 2000.



4. UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENINGEN

4.1 Karakterisering van het dijkprofiel

Representatief dwarsprofiel

Als representatief dwarsprofiel wordt het profiel bij km 24,47 (windturbine 10) aangenomen (zie bijlage Q-1528-3). Voor de berekeningen is uitgegaan van de maatgevende laagopbouw. Overigens zijn de verschillen in uitkomsten van de stabiliteitsberekeningen voor de overige profielen zeer beperkt, gezien de geringe wisselingen in de geometrie en bodemgesteldheid.

Grondparameters

Tabel 4 geeft een overzicht van de in de berekening aangehouden grondparameters. De rekenwaarden zijn bepaald door de karakteristieke grondparameters te delen door een materiaalfactor. De materiaalfactoren zijn afkomstig uit "Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken. Deel 2 - beneden rivierengebied" (1989). De karakteristieke grondparameters zijn bepaald op grond van NEN 6740 (tabel 1), de resultaten uit het grond- en laboratoriumonderzoek en op basis van ervaring.

Tabel 4: Grondparameters ten behoeve van de stabiliteitsberekeningen.

grondsoort	parameter	karakteristieke waarde	materiaalfactor	rekenwaarde
klei, dijklichaam	γ_n	17,0	1,0	17,0
	γ_d	17,0	1,0	17,0
	ϕ'	22,5	1,2 *	19,0
	c'	3,0	1,3	2,3
leem, dijklichaam	γ_n	19,0	1,0	19,0
	γ_d	19,0	1,0	19,0
	ϕ'	27,5	1,2 *	23,5
	c'	-	-	-
zand, dijklichaam	γ_n	19,0	1,0	19,0
	γ_d	17,0	1,0	17,0
	ϕ'	27,5	1,15 *	24,4
	c'	-	-	-
klei, naast dijklichaam	γ_n	16,0	1,0	16,0
	γ_d	16,0	1,0	16,0
	ϕ'	17,5	1,2 *	14,7
	c'	2,0	1,3	1,5
klei, diep (ca. NAP -11,3), naast dijklichaam	γ_n	17,0	1,0	17,0
	γ_d	17,0	1,0	17,0
	ϕ'	22,5	1,2 *	19,0
	c'	3,0	1,3	2,3
veen, naast dijklichaam	γ_n	12,0	1,0	12,0
	γ_d	12,0	1,0	12,0
	ϕ'	15,0	1,25 *	12,1
	c'	5,0	1,3	3,8
zand, ondiep, naast dijklichaam	γ_n	19,0	1,0	19,0
	γ_d	17,0	1,0	17,0
	ϕ'	27,5	1,15 *	24,4
	c'	-	-	-
zand, diep, naast dijklichaam	γ_n	20,0	1,0	20,0
	γ_d	18,0	1,0	18,0
	ϕ'	32,5	1,15 *	29,0
	c'	-	-	-

* materiaal factor van toepassing op $\tan \phi'$

Stijghoogten en waterpeilen

De aanwezige stijghoogten in de verschillende grondlagen tijdens de heiwerkzaamheden zijn gebaseerd op de gemiddelde waarden van de bij het grondonderzoek waargenomen stijghoogten. Bij het grondonderzoek is in het eerste watervoerende pakket ter plaatse van de waterspanningssonderingen met behulp van de dissipatietesten een gemiddelde stijghoogte gemeten van NAP -3,6 m. Aangenomen is dat deze stijghoogte aan de polderzijde gelijk blijft en ter plaatse van het IJsselmeer lineair is toegenomen tot NAP - 2,6 m. Voor de berekeningen is voor de freatische grondwaterstand uitgegaan van een rechtlijnig verhang tussen het zomerpeil van het IJsselmeer (NAP - 0,2 m), respectievelijk maatgevend hoogwater (MHW₂₀₅₀ = NAP + 1,84 m), de aangetroffen freatische grondwaterstand ter plaatse van de boringen naast de kruin van de dijk (NAP -2,3 m), het aangetroffen freatische grondwaterpeil ter plaatse van de boringen in de teen van de dijk (NAP - 2,7 m) en het aangetroffen freatische grondwaterpeil ter plaatse van de handboringen (NAP -3,7 m).

4.2 Actuele stabiliteit van het dijkprofiel

De veiligheidsfactor voor macro-stabiliteit (γ) wordt bepaald volgens de TAW-leidraad Bovenrivieren. De waterkering voldoet aan de ontwerpveiligheid indien $\gamma \geq 1,0$.

De actuele stabiliteit van de Noordermeerdijk is gegeven in tabel 5. Merk op dat de stabiliteit van het binnentalud zowel bij zomerpeil (=NAP - 0,2 m) als bij Maatgevend Hoog Water voor het jaar 2050 (= NAP + 1,84 m) ruimschoots voldoende is.

Tabel 5: Actuele stabiliteit

peil op IJsselmeer	veiligheidsfactor binnentalud voor macro-stabiliteit	bijlage
NAP - 0,20 m	1,68 (kleine ondiepe cirkel t.p.v. kruin: 1,52)	Q-1528-5A en 5B
NAP + 1,84 m (MHW ₂₀₅₀)	1,48/1,1 = 1,35 *	Q-1528-6

* Omdat stabiliteitsverlies hier waarschijnlijk tijdens maatgevend hoog water optreedt, dient de veiligheidsfactor nog te worden gedeeld door een schadefactor 1,1.

Ter plaatse van de kruin van de dijk is een glijcirkel gevonden waarvan de veiligheidsfactor kleiner is dan voor de gehele dijk. De stabiliteit van de dijk ter plaatse van de kruin is echter, zoals is gebleken uit stabiliteitsberekeningen, beduidend minder gevoelig voor trillingen. Derhalve is deze kleine cirkel niet maatgevend. De genoemde glijcirkels zijn weergegeven in de in tabel 5 genoemde bijlagen.

4.3 Effecten van heiwerkzaamheden

Effecten van heiwerkzaamheden die kunnen leiden tot afname van de veiligheid van de waterkering zijn:

a) Versnellingskrachten op het grondmassief.

Trillingen door het heien leiden tot een zwaartekrachteffect. De opneembare schuifspanning langs een kritieke schuifcirkel kan kortdurend afnemen doordat het grondmassief als het ware kortstondig wordt "opgetild".

b) Schuifgolven in het grondmassief.

Tegelijkertijd worden tijdens de trillingsvoortplanting schuifgolven gegenereerd, die tot een verhoogde schuifspanning in de grond leiden.

c) Verdichten van losgepakte zandlagen.

Door de trillingen kunnen losgepakte zanden worden verdicht. Wanneer dit effect aanzienlijk is kan dus een zakking van het dijklichaam optreden.

d) Zettingsvloeiing.

In losgepakte fijne zanden kan in de nabijheid van geulen zettingsvloeiing optreden. Zettingsvloeiing kan worden ingeleid door bijvoorbeeld heiwerkzaamheden. Dit verschijnsel is bij de beschouwde dijk niet relevant.

In onderhavige analyse wordt met name ingegaan op de mogelijke afname van de stabiliteit van het binnentalud ten gevolge van heiwerkzaamheden. Dit betreft de effecten a), b). Het verdichten van losgepakte zandlagen en het optreden van zettingsvloeiingen zullen gezien de aangetroffen matig vast gepakte zandlagen ter plaatse van de dijk (DKMP1 t/m 3) niet relevant zijn en worden niet nader beschouwd.

5. STABILITEIT TIJDENS HEIWERKZAAMHEDEN

5.1 Algemeen

Trillingen

De verticale en horizontale versnellingen ten gevolge van heitrillingen worden middels een kwasi-statische benadering in rekening gebracht, analoog aan de 'standaard' benadering voor taludstabiliteit onder aardbevingen. De verticale en horizontale versnelling wordt hierbij als een statische belasting aangrijpend in het zwaartepunt van de glijcirkel ingevoerd:

$$F = a \times M$$

met M = grondmassa (kg)

a = verticale/horizontale versnelling (m/s^2)

F = verticale/horizontale lijnlast in het zwaartepunt van M (N)

Opgemerkt wordt dat het op deze wijze niet mogelijk is om de invloed van de afstand tussen de dijk en de turbine te kwantificeren. De trillingen worden in de huidige rekenwijze immers in rekening gebracht middels krachten in het middelpunt van de glijcirkel. In werkelijkheid zal de trillingsbron een zekere afstand verwijderd zijn van het dijklichaam, waardoor effecten als bijvoorbeeld demping en geometrische effecten een rol gaan spelen. Globaal kan gesteld worden dat de versnelling op een afstand x van de dijk een factor A kleiner is dan de versnelling op afstand $x-10$ van de dijk, waarbij factor A als volgt bepaald wordt:

$$A = \sqrt{x/(x-10)}$$

met x = afstand trillingsbron tot het meetpunt [m]

Voor dit project bedraagt de afstand van het hart van de turbine tot meetpunt op de Noordermeerdijk (halverwege het binnendijkse talud) ca. 55 m. Globaal kan dan gesteld worden dat wanneer deze afstand afneemt tot 40 m, het hart van de turbine bevindt zich nu direct op de kwelsoot, de trillingen ter plaatse van het meetpunt op de dijk zullen toenemen

met een factor 1,2. Hieruit kan voorzichtig geconcludeerd worden dat de invloed van de lokatie van de turbine, binnen de beschouwde afstanden, niet erg groot is.

Wateroverspanningen

Op basis van ervaringen opgedaan bij de windturbines aan de Eemmeerdijk nabij Zeewolde (zie ons rapport G-6865/010, d.d. 11 november 1996 en G-6865/030, d.d. 29 juni 1998), wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat de wateroverspanningen niet of nauwelijks zullen optreden. Indien deze toch optreden dan is dat binnen ca. 5,0 m van de bron (de funderingspaal). Aangezien deze palen buiten de maatgevende glijcirkel worden geplaatst zijn ze niet van invloed op de stabiliteit van de dijk.

5.2 Stabiliteitsgrenzen

In eerste instantie wordt geadviseerd om trillingsmetingen te verrichten tijdens het heien van de palen bij alle windturbines. Indien met deze metingen kan worden aangetoond dat de ontwikkeling van heitruillingen ruim binnen toelaatbare grenzen blijft, kan in de loop van de uitvoering worden besloten de continue trillingsmetingen te staken.

Bij deze metingen wordt veiligheidshalve een waarschuwingsgrens aangehouden van $\gamma = 1,0$; dit is de 'ontwerp-stabiliteit' voor primaire waterkeringen, zoals vereist door de TAW. Deze veiligheidsfactor komt overigens overeen met een traditionele stabiliteitsfactor van $F = 1,4$ à $1,5$. Tevens zal de uiterste grens worden aangegeven.

Bij het bereiken van de waarschuwingsgrens, veiligheidsfactor $F=1$, zullen de heiwerkzaamheden direct worden gestaakt en zal worden bezien op welke wijze het werk kan worden voortgezet. Dit betekent dat er tijdens deze heiwerkzaamheden een directe communicatie vanaf de controlepost op de dijk naar de heiploeg nodig is.

Opgemerkt wordt dat in de berekende veiligheidsfactor nog een aantal 'verborgen' veiligheden zitten. De uitgangspunten van de analyse zijn conservatief, om onder andere onderstaande redenen:

- De schuifsterkte-eigenschappen van de ondergrond en het dijklichaam zijn conservatief ingeschat.



- Versnellingseffecten door heien zullen telkens slechts een deel van het gehele grondmassief en glijvlak in negatieve zin beïnvloeden. Dit effect zal in geval van grote glijvlakken (> 20 m) relevant zijn en wordt in het navolgende nader behandeld.
- Trillingen ten gevolge van heiwerkzaamheden zijn zeer kortdurend. Het grondmassief zal door de eigen traagheid niet tot een doorgaande afschuiving komen.

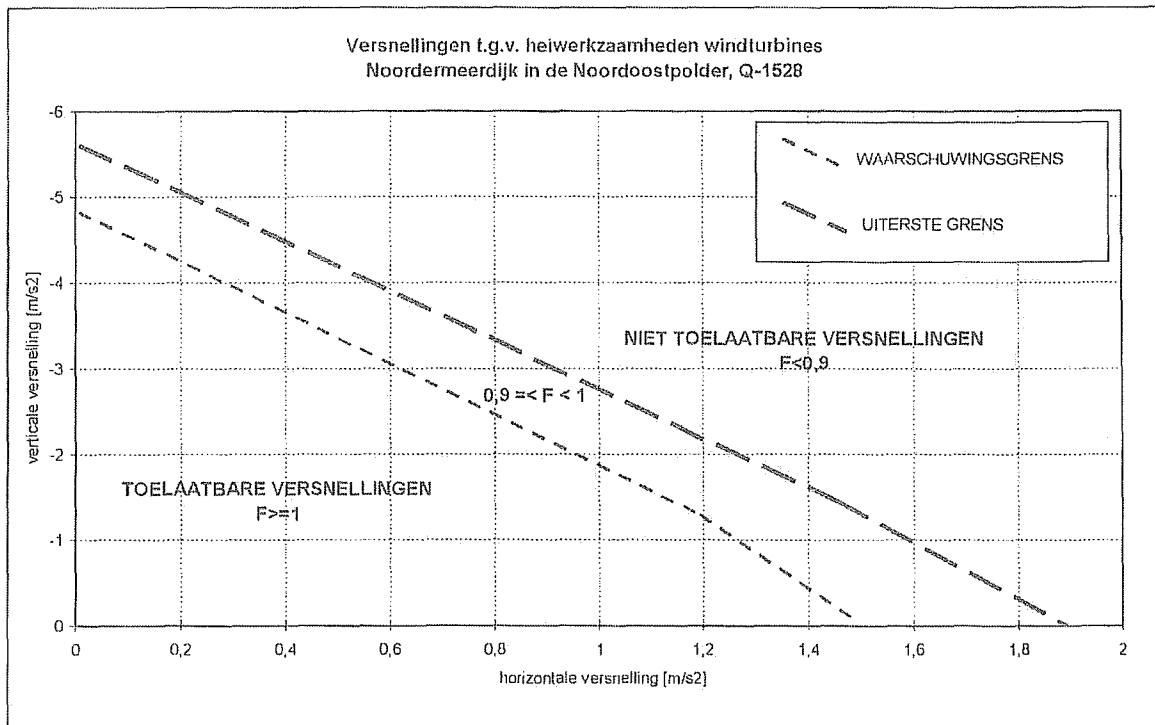
5.3 Resultaten stabiliteitsberekeningen

Bij de beoordeling van de te meten trillingen is er vanuit gegaan dat van meerdere meetpunten de horizontale en verticale versnelling wordt gemeten. Uit de berekeningen blijkt dat er 1 maatgevende glijcirkel kan optreden, nl. ter plaatse van het binnentalud van de dijk (vanaf kruin dijk tot aan teen van de dijk). De veiligheid van de glijcirkels is afhankelijk van de actuele stijghoogte van het grondwater. Uit het onderzoek blijkt dat de grondwaterstand nabij de toekomstige molen relatief hoog is. Teneinde een stabiele bouwput te garanderen kan daarom een bronbemaling noodzakelijk zijn, afhankelijk van de actuele stijghoogte.

Door de aannemer/opdrachtgever dient er mee rekening te worden gehouden dat er een lokale afschuiving kan plaatsvinden, ook indien de versnellingen onder de genoemde grenzen blijven.

In figuur 1 zijn de horizontale en verticale versnellingen weergegeven bij een actuele stijghoogte van het grondwater zoals uit het grondonderzoek is gebleken en een waterpeil in het IJsselmeer van NAP - 0,20 m (zomerpeil). In deze figuur zijn 3 gebieden weergegeven, nl.:

- toelaatbare versnellingen, veiligheidsfactor $F \geq 1$: de horizontale en verticale versnellingen beneden deze waarschuwingsgrens leiden niet tot stabiliteitsverlies van de dijk
- niet toelaatbare versnellingen, veiligheidsfactor $F < 0,9$: de horizontale en verticale versnellingen die boven de uiterste grens liggen kunnen leiden tot stabiliteitsverlies
- het gebied tussen beide lijnen in, $0,9 \leq$ veiligheidsfactor $F < 1$



Figuur 1: Versnellingen t.g.v. heiwerkzaamheden windturbines Noordermeerdijk

In het bovenstaande is rekening gehouden met het feit dat bij het kritische glijvlak slechts een deel van het grondmassief negatief wordt beïnvloed. Ter verrekening van dit effect is de gepresenteerde versnelling circa 20% hoger dan de in de berekeningen gehanteerde versnellingen.

De gepresenteerde versnellingen zullen anders zijn indien de actuele stijghoogte/-grondwaterstand afwijkt.

6. MEETPROGRAMMA TIJDENS HEIWERKZAAMHEDEN

Het meetprogramma dient zodanig te zijn opgezet, dat mogelijke overschrijding van de waarschuwings- of uiterste grenzen tijdig wordt gesignaleerd, zodat gepaste maatregelen kunnen worden getroffen.

Geadviseerd wordt om op twee plaatsen op het maaiveld van de dijk zowel de horizontale als de verticale trilling te meten. Het ligt het meest voor de hand om de 2 trillingsmeters te plaatsen ter plaatse van de meest kritische glijcirkel op het binnentalud. Dit betekent dat de trillingsmeters halverwege het binnentalud en aan de dijkse zijde van de kwelsloot geplaatst dienen te worden.

De metingen dienen in ieder geval bij de eerste 4 windturbines te worden uitgevoerd. De meetwaarden, horizontaal en verticaal, kunnen in figuur 1 worden getekend. Indien blijkt dat de meetwaarden ruim onder de waarschuwingsgrens liggen, kan worden volstaan met deze metingen. Indien de metingen (soms) de waarschuwingsgrens benaderen of overschrijden dient te worden uitgegaan van meting bij alle windturbines.

Om te kunnen controleren of er inderdaad geen wateroverspanningen optreden in de slecht doorlatende lagen en om de actuele stijghoogte te kunnen bepalen, wordt geadviseerd om 2 waterspanningsmeters te plaatsen in de slappe lagen nabij het glijvlak. Deze waterspanningsmeters dienen minimaal 1 week voor aanvang van de werkzaamheden geplaatst te worden. Indien tijdens de uitvoering van de heiwerkzaamheden blijkt dat er niet of nauwelijks wateroverspanningen optreden kan van vervolgmetingen worden afgezien.



8. ADVIEZEN MET BETREKKING TOT DE ONTSLUITINGSWEG

8.1 Uitgangspunten

Ten behoeve van de bouw van de windturbines dient een ontsluitingsweg te worden aangelegd. Het Noordermeerpad is hiervan een onderdeel en is derhalve ook onderzocht.

Voor de adviezen met betrekking tot de wegen die dienen ter ontsluiting van de 17 windturbines is uitgegaan van een maatgevende verkeersbelasting bestaande uit een aslast van 250 kN afkomstig van een kraan van het type Liebherr LTM 1400 met 8 assen. De weg dient ons inziens een minimale breedte te hebben van 4,0 m. Door Fugro wordt de volgende constructie voor de wegen voorgesteld: 0,06 m asfalt, 0,25 m puingranulaat, 0,50 m verdicht zand en een (geweven) geotextiel (minimale trekstrekke 20 kN/m'). Het asfalt dient pas na het plaatsen van de turbines te worden aangebracht.

Een alternatief voor de hierboven genoemde kraan is een rupskraan. De verkeersbelasting bedraagt 100 kN/m' en is daarmee lager. Het rupsvoertuig is echter breder zodat er een azobeschottenbaan in het land naast de weg dient te worden gelegd. De wegbreedte kan dan beperkt blijven tot ca. 4,0 m. Zonder deze azobeschottenbaan dient de weg ca. 10,0 m breed te zijn. Dit alternatief is niet nader beschouwd.

8.2 Opbouw weglichaam

Ontsluitingsweg evenwijdig aan de Noordermeerdijk

De voorgestelde constructie: 0,25 m puingranulaat, 0,50 m verdicht zand en een geweven geotextiel (treksterkte minimaal 20 kN/m') voldoet, mits eventueel aanwezige slappe klei en veen binnen 1,0 m onder het maaiveld wordt verwijderd en vervangen door goed verdicht zand. De bovenkant van het puingranulaat is dan gelijkgesteld aan het maaiveldniveau. Bovendien dient het verdichte zandpakket aan weerszijden van de weg te worden doorgezet tot minimaal 0,6 m naast het puingranulaat. De breedte van het puingranulaat dient dan 4,0 m te bedragen en de breedte van het zandlichaam dient dan ca. 5,2 m te bedragen. Het later aan te brengen asfalt dient een breedte te hebben van ca. 3,8 m. Voor het bepalen van de



minimum ontgravingsniveau's ten opzichte van het maaiveld, ten behoeve van de ontsluitingsweg evenwijdig aan de Noordermeerdijk, zijn 34 handboringen uitgevoerd. Uitgegaan kan worden van de minimum ontgravingsniveau's die staan vermeld in tabel 6. De ontgravingsniveau's tussen de onderzoekspunten dienen in het werk te worden bepaald. Indien zich op het ontgravingsniveau nog slappe lagen bevinden dient verder te worden ontgraven tot vaste klei of zand wordt bereikt. Er hoeft in het algemeen niet dieper dan 1,0 meter - MV te worden ontgraven. In geval van aanwezigheid van veen dient echter tot maximaal 1,3 m diepte een grondverbetering te worden toegepast (zie "Richtlijnen Grondverbetering"). Anderzijds geldt ook dat daar waar zich geen slappe lagen bevinden, eventueel minder diep mag worden ontgraven.

De ontsluitingsweg zal de kavelsloten kruisen. Ter plaatse van deze kruisingen dient de kavelsloot te worden opgeschoond en aangevuld met goed verdicht zand. Het zandlichaam dient aan de zijde van de turbine tot 2,0 m uit de verharding te worden doorgezet. Teneinde de verbinding tussen de kwelsloot en de kavelsloot in stand te houden dient op de bodem van de kavelsloot, in de zand-aanvulling, een duiker te worden aangebracht.

Tabel 6: Minimum ontgravingsniveau's ontsluitingsweg evenwijdig aan Noordermeerdijk

Handboring	Indicatie minimum ontgravingsniveau in m - MV	Handboring	Indicatie minimum ontgravingsniveau in m - MV
HB1	0,75	HB18	1,00
HB2	0,75	HB19	1,00
HB3	0,75	HB20	1,00
HB4	0,75	HB21	1,30
HB5	0,75	HB22	1,20
HB6	0,75	HB23	1,30
HB7	1,00	HB24	1,30
HB8	1,00	HB25	1,30
HB9	1,00	HB26	0,75
HB10	1,00	HB27	0,75
HB11	1,00	HB28	1,30
HB12	1,00	HB29	1,30
HB13	1,00	HB30	0,75
HB14	1,00	HB31	0,75
HB15	0,75	HB32	0,75
HB16	1,00	HB33	0,75
HB17	1,00	HB34	1,3

Teneinde de grondwaterstand onder het funderings-zand onder de ontsluitingsweg te handhaven dient onder het hart van de weg een drainage op ca. 0,3 m à 0,4 m boven het kwelslootpeil te worden aangelegd. De drainafstand dient ca. 125 m te bedragen.

In bijlage Q-1528-2 is een globaal overzicht weergegeven alsmede enkele maten ter plaatse van de ontsluitingsweg.

Het Noordermeerp pad

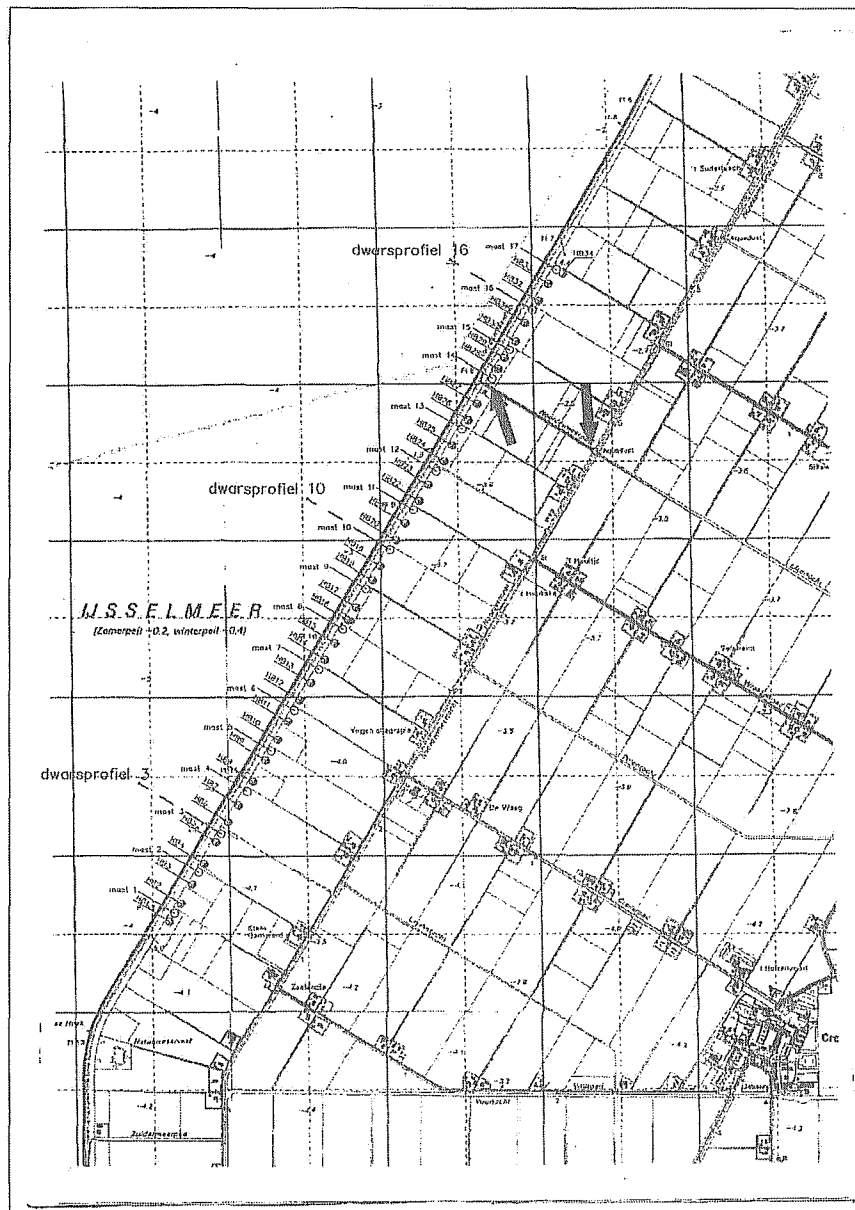
Het Noordermeerp ad is op twee lokaties onderzocht. Hierbij is opbouw van de fundering van weg onderzocht alsmede de breedte van de verharding.

Ter plaatse van de twee onderzochte lokaties is de weg is ca. 3,0 m breed. De dikte van het asfalt bedraagt ca. 0,10 m tot 0,13 m. Hieronder bevindt zich een 0,09 m tot 0,17 m dikke zandige puinlaag. De resultaten van de uitgevoerde handboringen zijn weergegeven op boorstaten HB100 t/m HB103. Tevens zijn twee asfaltkernen geboord. Op beide asfaltkernen is een PAK-marker uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat de penetratielaag verdacht is. Op 1 kern is een DLC-methode uitgevoerd waaruit naar voren kwam dat de penetratielaag een te hoog PAK-gehalte heeft. De beschrijvingen van beide asfaltkernen alsmede de resultaten van het uitgevoerde laboratoriumonderzoek zijn aangegeven in bijlage Q-1528-4.

Geadviseerd wordt de wegconstructie van het Noordermeerp ad aan te passen. Hiertoe dient de weg verbreed te worden, aan de noordelijke zijde. De opbouw van de verbreding is als volgt: 0,5 m goed verdicht zand, 0,25 m puingranulaat. Hiervoor dient derhalve ca. 0,75 m grond te worden ontgraven. Het puingranulaat wordt tevens over de bestaande weg aangebracht, tot aan dezelfde hoogte als het puingranulaat van de verbreding. Vervolgens kan na de uitvoering van het project het puingranulaat deels worden verwijderd (op de bestaande weg dient de gehele laag te worden verwijderd) en kan laagsgewijs asfalt worden aangebracht.

Gezien de resultaten van het laboratoriumonderzoek mag de huidige penetratielaag van het Noordermeerp ad niet worden hergebruikt in de nieuw aan te leggen weg. Het materiaal mag wel worden hergebruikt in gebonden/gesloten toestand.

Teneinde de grondwaterstand onder het funderings-zand en het puingranulaat te handhaven dient een drainage onder de weg te worden toegepast. Deze dient ca. 0,3 m à 0,4 m boven het slootpeil te liggen.

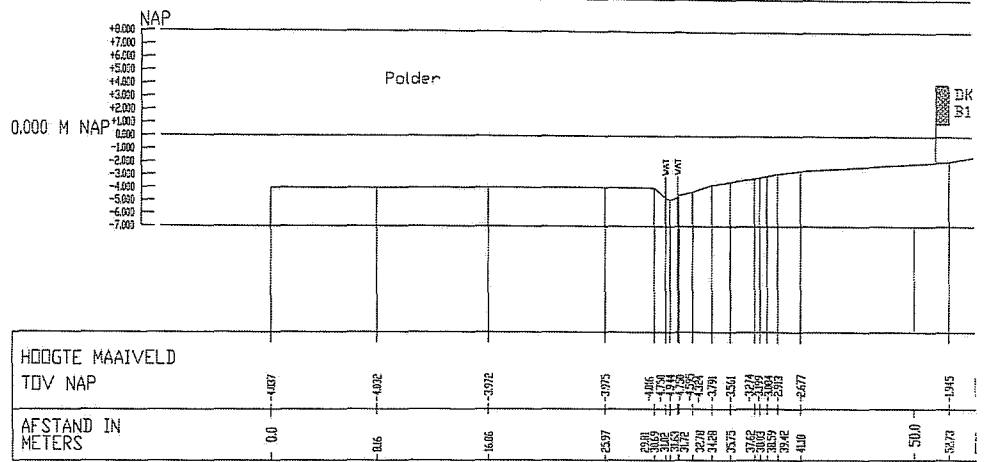


- most met nummer
- ⊙ handboring met nummer
- dwarsprofiel met nummer
- ← onderzoekslotaties Noordermeerpad

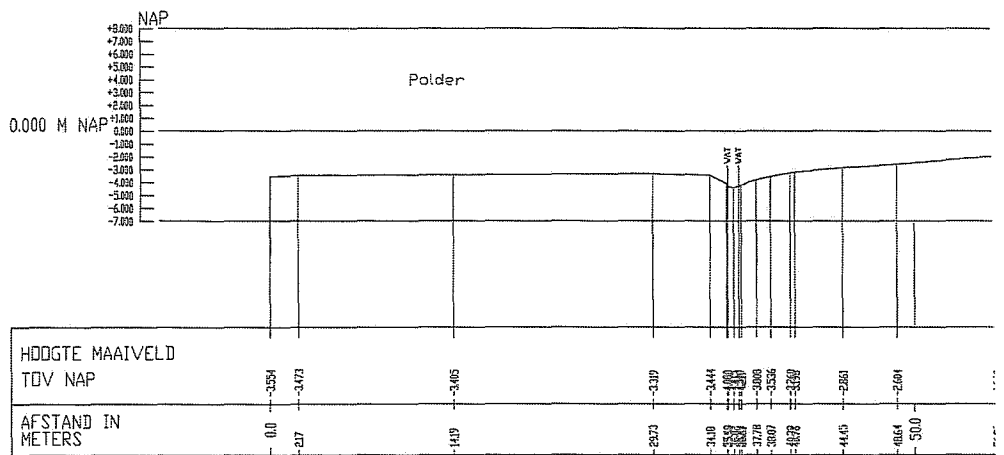
schaal onbekend

SITUATIE
17 WINDTURBINES AAN DE NOORDERMEERDIJK
NOORDOOSTPOLDER

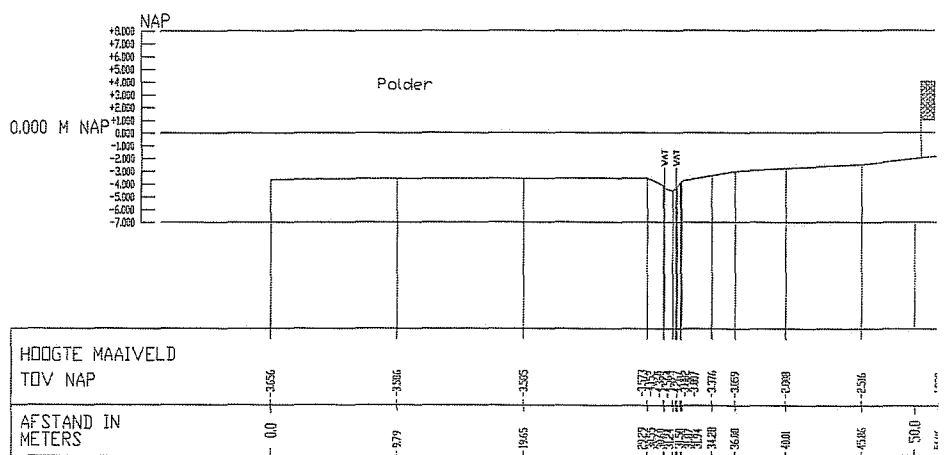
Opdr. : Q-152B
Bijl. : 1



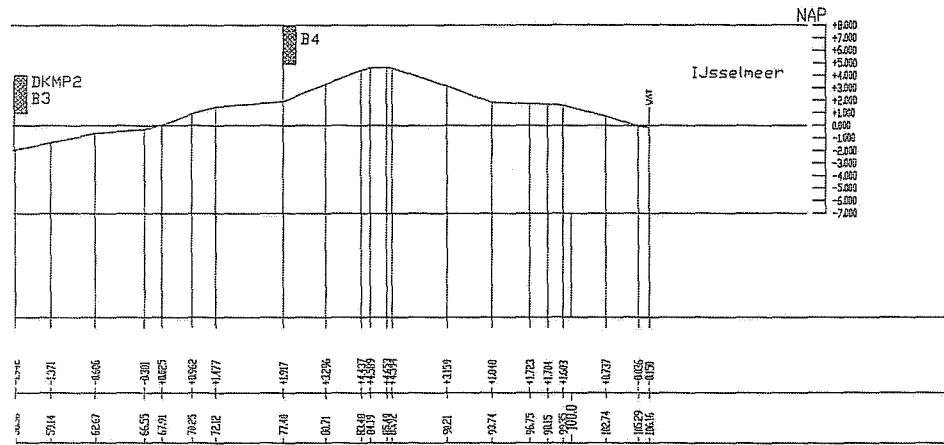
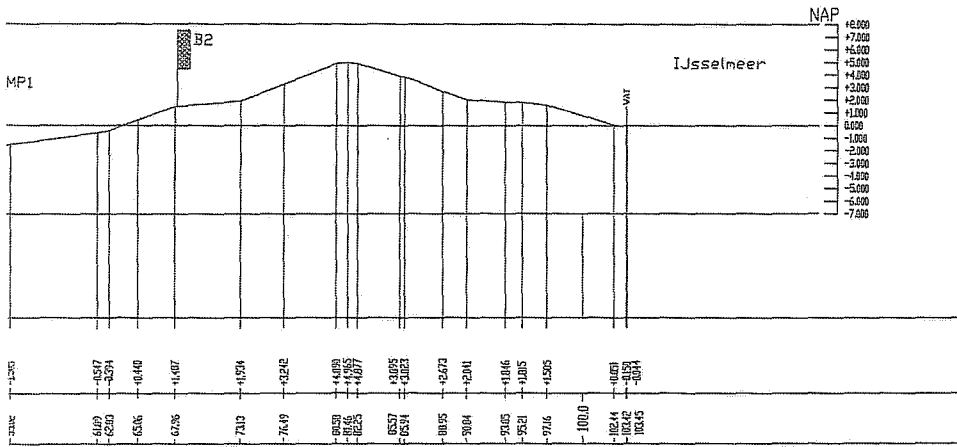
DWARSPROFIEL NR 3
 Lengteschaal 1:400
 Hoogteschaal 1:400



DWARSPROFIEL NR 10
 Lengteschaal 1:400
 Hoogteschaal 1:400












DWARSPROFIEL NR 16
 Lengteschaal 1:400
 Hoogteschaal 1:400



LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN/PEILBUIZEN

Aanduidingen









-  mechanische boring
-  handboring
-  niet uitgevoerde boring
-  boring met peilbuis
-  boring met peilbuis ondiep filter en diep filter
-  boring met peilbuis ondiep filter, middeldiep filter en diep filter
-  handboring met peilbuis
-  hellingmeterbuis
-  gedrukte peilbuis/minifilter

Type boringen

- B mechanische boring
- HB handboring

SONDERINGEN

Aanduidingen

-  diep-/diepzware sondering
-  middelzware-/lichte sondering
-  diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
-  middelzware-/lichte sondering met plaatselijke kleefmeting
-  slagsondering
-  niet uitgevoerde sondering
-  waterspanningsmeter
-  bodemluchtmonstername

Type sonderingen

- L lichte sondering
- M middelzware sondering
- D diepsondering
- DZ diepzware sondering
- S slagsondering

Toegevoegde metingen

- KM meting van de plaatselijke kleef
- P meting van de waterspanning
- G meting van de geleidbaarheid
- S seismische meting



Meettechniek

Bij het uitvoeren van een sondering conform norm NEN 3680 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm² met een snelheid van ca. 20 mm/sec. in de bodem te drukken. De druk op de punt (conusweerstand in MPa) wordt door rekstrookjes in de conus continu gemeten. De meetsignalen worden via een kabel naar een elektrische meeteenheid gestuurd, waarbij de gemeten waarden analoog door een schrijver tegen de diepte worden uitgetekend en digitaal met een interval van 20 mm worden vastgelegd op cassette of diskette. De digitale gegevens worden op het kantoor uitgetekend met behulp van een aan de computer gekoppelde plotter, en gecontroleerd aan de hand van de schrijversgrafieken. Door de continue registratie van de conusweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd, waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepteregistratie als gevolg van "krom sonderen" kan hiermee worden vastgesteld en eventueel worden gecorrigeerd.

Naast de conusweerstand kunnen, bij gebruik van andere conustypen, ook andere gegevens worden gemeten. De meest toegepaste conus is de "elektrische kleefmantelconus", waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijving gelijktijdig wordt geregistreerd. Hiertoe is een mantel met een oppervlak van 15.000 mm² boven de punt aangebracht. De plaatselijke wrijving wordt op dezelfde wijze als de conusweerstand gemeten en geregistreerd.

Meting van zowel conusweerstand als plaatselijke wrijving maakt het mogelijk het wrijvingsgetal te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotient van plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand, vermenigvuldigd met een factor 100. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Interpretatie sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen, dan wel aan lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische kleefmantelconus.*

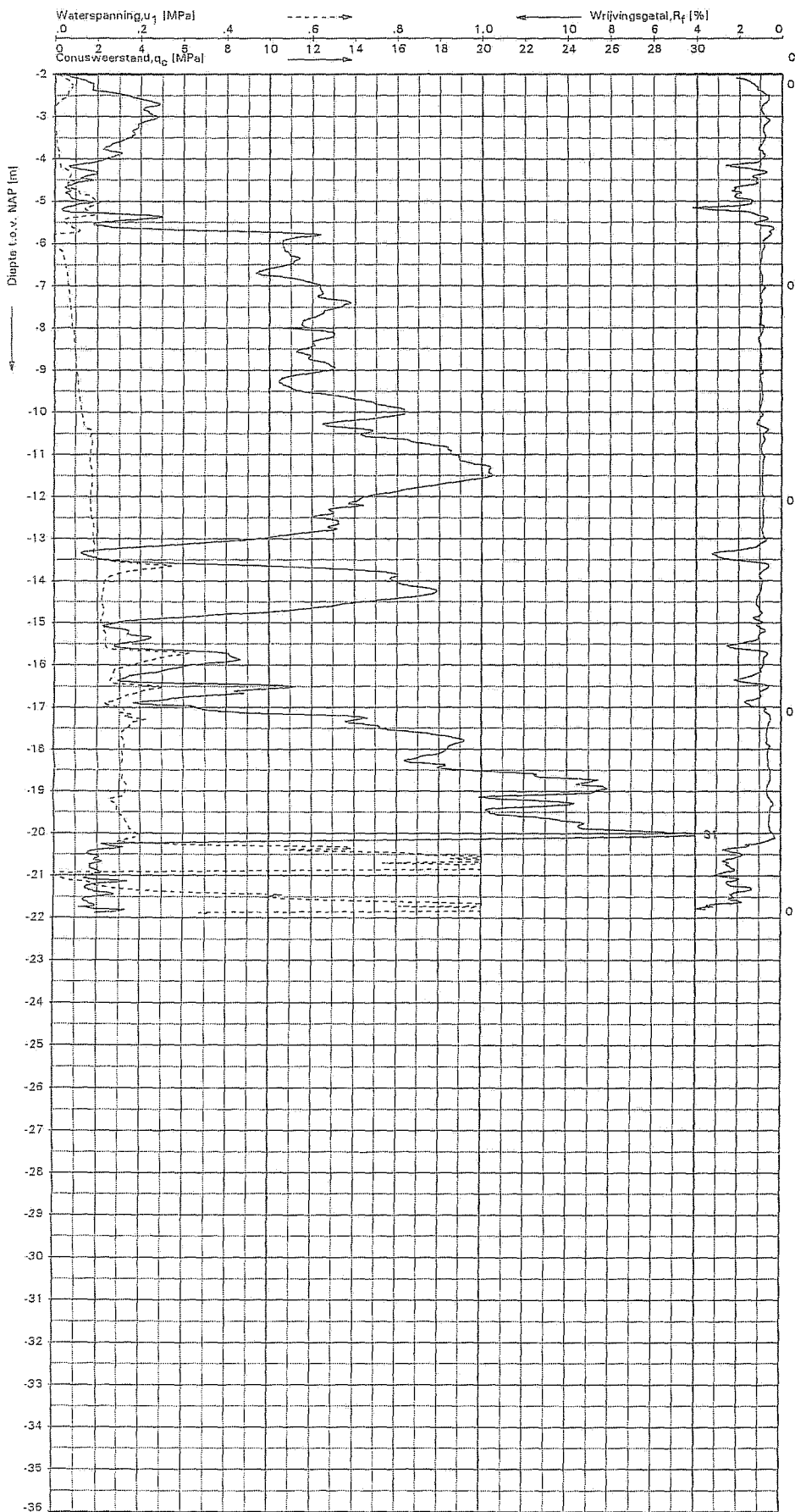
grondsoort	wrijvingsgetal	grondsoort	wrijvingsgetal
grind, grof zand	0,2 – 0,6	klei	3,0 – 5,0
zand	0,6 – 1,2	potklei	5,0 – 7,0
silt, leem, löss	1,2 – 4,0	veen	5,0 – 10,0

Boven de grondwaterstand kunnen grote afwijkingen ten opzichte van genoemde waarden voorkomen.

Andere conustypen

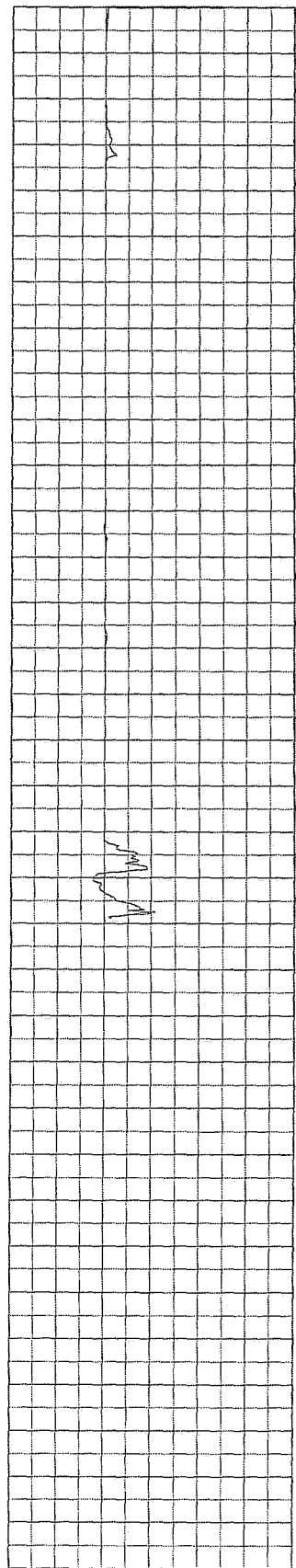
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

type meting	meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
– waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt tijdens het sonderen	– registreren waterremmende lagen – bepaling stijghoogte grondwater – classificatie/gelaagdheid bodem
– geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater tijdens het sonderen	– indicatie zoet/zout water grens – onderzoek verspreiding verontreiniging
– temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	– warmteoverdracht in de bodem – bepaling temperatuurgradiënt
– seismisch	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	– machinefunderingen – windturbinefundering
– versnellingen	versnellingen op verschillende diepten	– heitrillingen – verkeerstrillingen



Wateroverspanningsindex, B_{u1} [-]

-1.0 -0.5 0 0.5 1.0 1.5 2.0



Opdr. FTR d.d. 04-Sep-2000 conus: F7.5C/EW1/V X =
 Get. ELD d.d. 04-Sep-00 MV = NAP -2.00 m Y =

Sondering volgens norm NEN 5140
 conus type cilindrisch elektrisch
 OK: afwijking van de verticaal

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
 17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK
 IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. Q-1528
 Sond. DKMP3



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST t.o.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN-GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF-STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. WRIJVING ϕ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
	-2,0		-2,00 Zand (matig fijn), zwak humeus, grijszwart											
	-3,0		-2,50 Zand (matig fijn), grijs											
	-4,0		-4,00 Zand (zeer fijn), matig siltig, schelpenrestjes, grijs, (met dunne klei en veenlensjes)	-4,20	19,2		25,6	41,1	97,1					
1				-4,50	17,6		37,5	50,9	96,1					
2			-4,85 Klei, sterk siltig, matig humeus, bruingrijs	-5,00	12,9		128,6							
3			-5,15 Veen (matig vast), zwak zandig, bruin, (met zandlensjes)											
4			-5,20 Zand (fijn), bruin											
	-6,0		-6,00 Einde boring											

Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP1 MV : NAP -2,00 m. GHG : MV - m. X:
 Peiling PB : Boormester : BKH Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV - m. Y:

BORING VOLGENS NEN 5119

17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. : Q1528
 Boring : B1

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST t.o.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. WRIJVING ψ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
1	1,0		1,50 Klei (matig vast), zwak humeus, sterk puinhoudend, grijs 1,30 Klei (matig vast), matig puinhoudend, grijs	-1,65	20,0			16,2	33,9	83,4				
	0,0													
	-1,0		-0,20 Zand (matig fijn), grijs -0,50 Leem (matig vast), zwak grindig, grijs -0,70 Leem (matig vast), zwak zandig, zwak humeus, grijs											
	-2,0		-1,70 Zand (matig fijn), zwak siltig, grijs											
	-4,0		-4,50 Klei (slap), grijs -4,70 Einde boring											

Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP1 MV : NAP 1,50 m. GHG : MV - m. X :
 Peiling PB : Boormeester : BKH Gemeten GWS : MV -4,50 m. GLG : MV - m Y :

BORING VOLGENS NEN 5119
 17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. : Q1528
 Boring : B2

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST t.o.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN-GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. WRIJVING ϕ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
	-2,0		-2,00 Zand (matig fijn), zwak humeus, grijszwart											
	-3,0		-2,50 Zand (matig fijn), grijs											
1	-4,0		-4,00 Zand (zeer fijn), matig siltig, schelpenrestjes, grijs, (met dunne klei en veenlensjes)	-4,20	19,2	15,3	25,6	41,1	97,1					
2	-4,50			-4,50	17,6	12,8	37,5	50,9	96,1					
3	-5,0		-4,85 Klei, sterk siltig, matig humeus, bruingrijs	-5,00	12,9	5,6	128,6							
4	-6,0		-5,15 Veen (matig vast), zwak zandig, bruin, (met zandlensjes) -5,20 Zand (fijn), bruin -6,00 Einde boring											

Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP1 MV : NAP -2,00 m. GHG : MV - m. X :
 Pelling PB : Boormeesler : BKH Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV - m. Y :

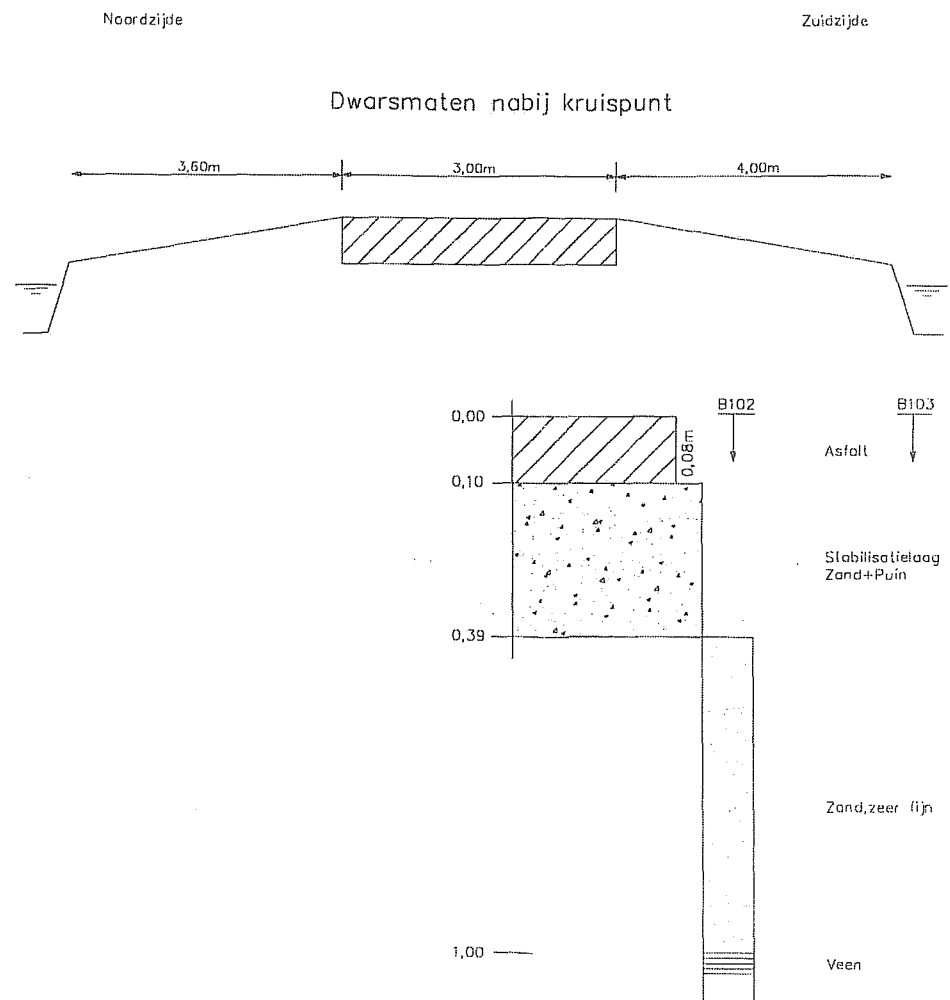
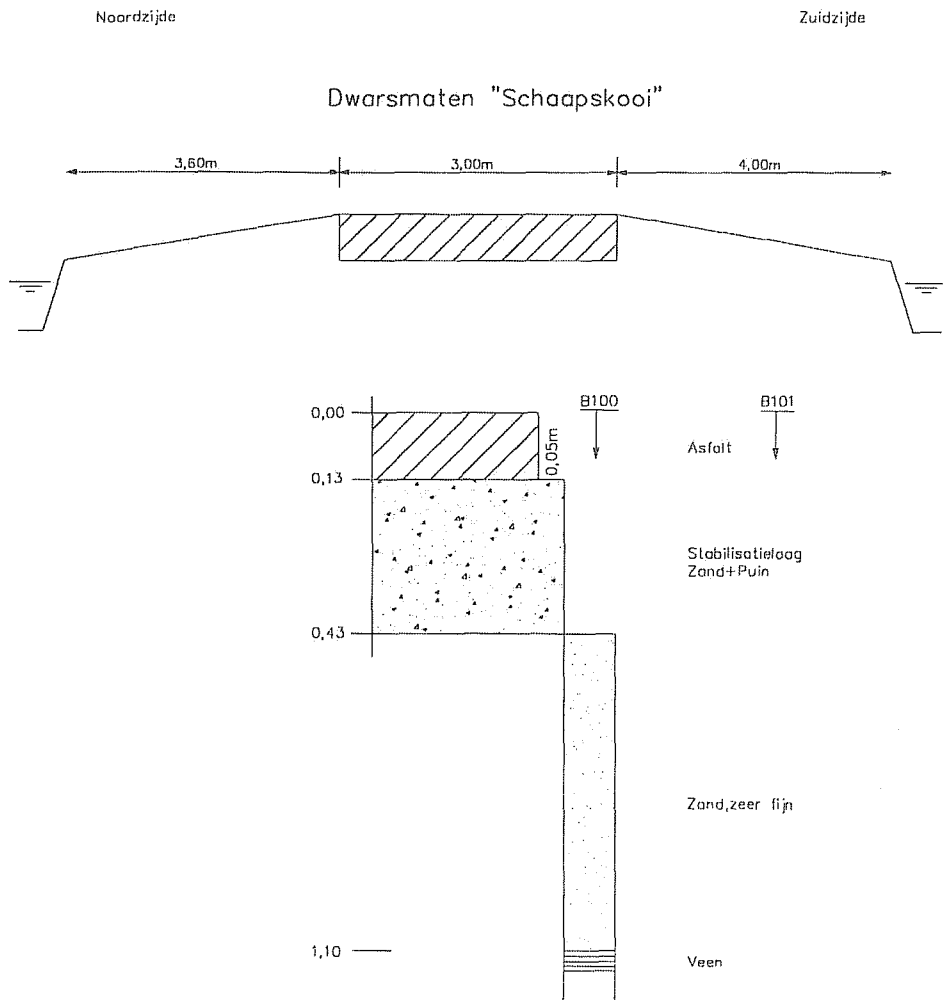
BORING VOLGENS NEN 5119

17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. : Q1528
Boring : B1

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST Lo.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN-GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. WRIJVING ϕ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
1	2,0		1,80 Leem (matig vast), zwak grindig, grijs	0,10	15,1		14,2	6,5	45,5	20,6				
	1,0		0,80 Zand (matig fijn), grijs											
	0,0		0,30 Zand (matig fijn), zwak siltig, grijs											
	-1,0		-1,20 Leem (matig vast), grijs											
	-2,0		-1,90 Zand (matig fijn), grijs											
2 3	-4,0		-4,20 Zand (zeer fijn), matig siltig, zwak humeus, bruin	-4,50	19,8		17,0	16,6	34,6	83,1				
	-5,0		-4,30 Zand (matig fijn), matig siltig, bruingrijs	-4,75	18,1		13,8	30,9	46,7	93,2				
			-5,20 Einde boring											

Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP3 MV : NAP 1,00 m. GHG : MV - m. X :
 Peiling PB : Boormester : BKH Gemeten GWS : MV - m. GLG : MV - m. Y :



niet op schaal

01-11-2008 11-2-2008 Gec. dcf

MONSTER NR	DIEPTE Lo.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST Lo.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN-GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. WRIJVING ϕ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
1	2,0		1,80 Klei (slap), matig zandig, grijs	-0,20	14,5		13,6	6,3	47,5	18,5				
	1,0		0,85 Leem (matig vast), zwak grindig, grijs											
	0,0		0,00 Zand (matig fijn), zwak siltig, grijs											
	-1,0		-0,50 Leem (matig vast), grijs											
	-2,0		-1,20 Zand (matig fijn), zwak siltig, veenresten, grijs											
2	-5,0	-4,70 Veen, zwak kleig, bruin -5,00 Einde boring	-4,95	13,5		6,9	94,9							

Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP2 MV : NAP 1,80 m. GHG : MV - m. X:
 Peiling PB : Boormeester : BKH Gemeten GWS : MV - m. GLG : MV - m. Y:

BORING VOLGENS NEN 5119

17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. : Q1528
 Boring : B4



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. NAP [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL	DIEPTE TEST t.o.v. NAP [m]	VOLUMIEK GEWICHT			WATER-GEHALTE w [massa %]	PORIEN-GEHALTE n [%]	VERZAD. GRAAD S [%]	ONGEDR. SCHUIF STERKTE f undr [kPa]	HOEK INWEND. VRIJVING ϕ [°]	COHESIE c' [kPa]	OPMERKINGEN
					γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_{dr} [kN/m ³]							
1 2 3	-2,0		-2,00 Zand (matig fijn), bruinzwart											
	-3,0		-2,10 Zand (matig fijn), grijs											
	-4,0		-4,00 Klei, uiterst siltig, zwak humeus, grijs, (met zandlensjes)	-4,30	18,7		14,7	27,1	43,3	94,2				
	-5,0		-4,10 Zand (zeer fijn), matig siltig, schelpen, grijs, (met kleilensjes)	-4,60	15,8		10,1	56,7	61,1	95,6				
	-6,0		-4,20 Zand (zeer fijn), matig siltig, grijs, (met kleilensjes)	-4,90	12,7		6,2	104,3						
			-4,80 Veen (matig vast), bruin											
		-4,95 Zand (matig fijn), zwak siltig, bruingrijs												
			-6,20 Einde boring											

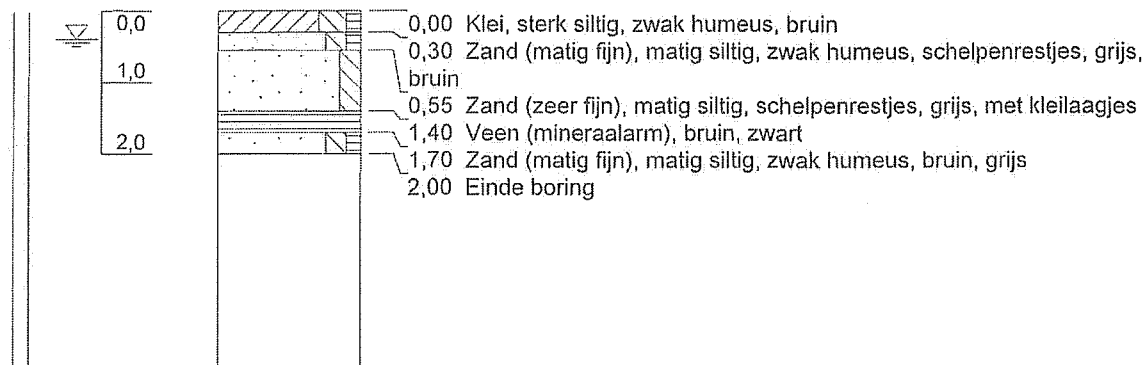
Uitvoering : 06.09.2000 Boring bij : DKMP 3 MV : NAP -2,00 m. GHG : MV - m. X :
 Pelling PB : Boormeester : BKH Gemeten GWS : MV - m. GLG : MV - m. Y :

BORING VOLGENS NEN 5119
 17 WINDTURBINES LANGS NOORDERMEERDIJK IN DE NOORDOOSTPOLDER

Opdr. : Q1528
 Boring : B5

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB1



Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

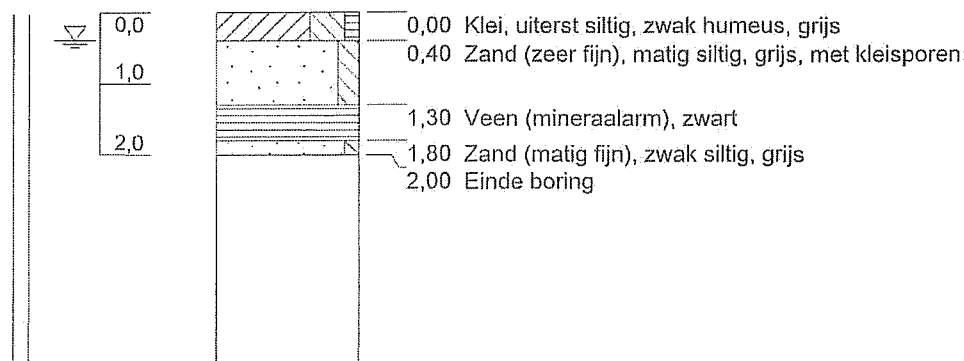
Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV - 0,20 m.

GHG : MV m.
GLG : MV m.

X :
Y :

HB2



Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

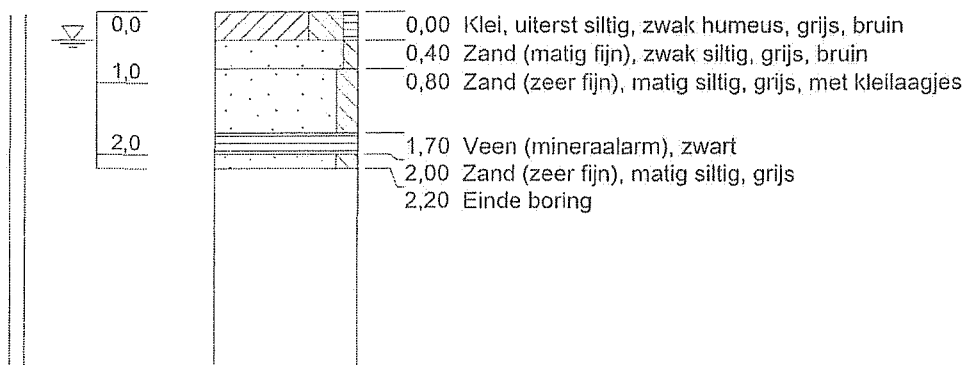
Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV - 0,40 m.

GHG : MV m.
GLG : MV m.

X :
Y :

HB3



Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

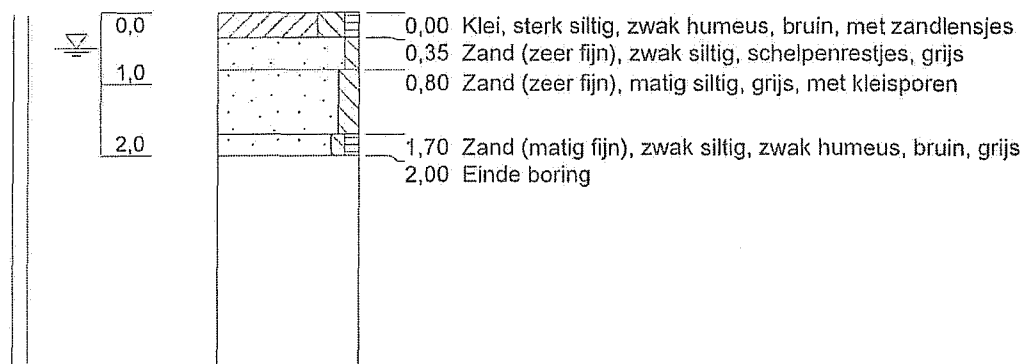
MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV + 0,30 m.

GHG : MV m.
GLG : MV m.

X :
Y :

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB4

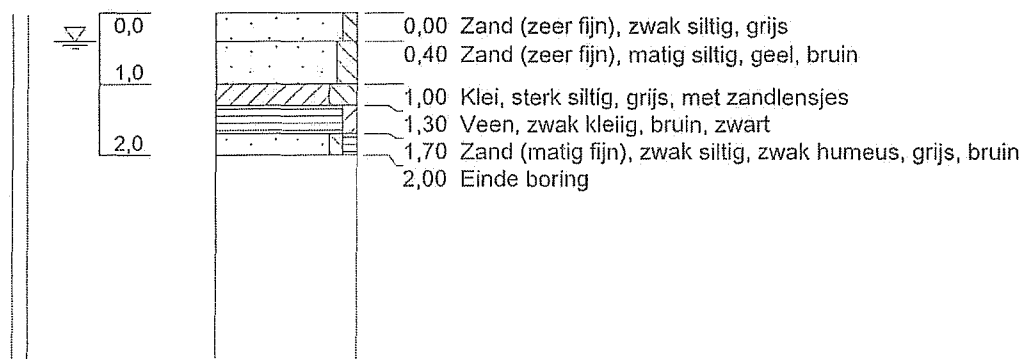


Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,50 m. GLG : MV m. Y :

HB5

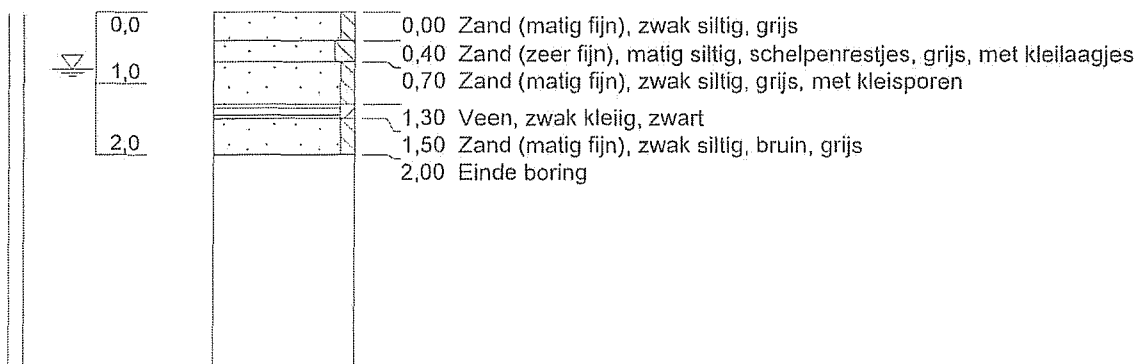


Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,30 m. GLG : MV m. Y :

HB6



Uitvoering : 20.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV m. Y :

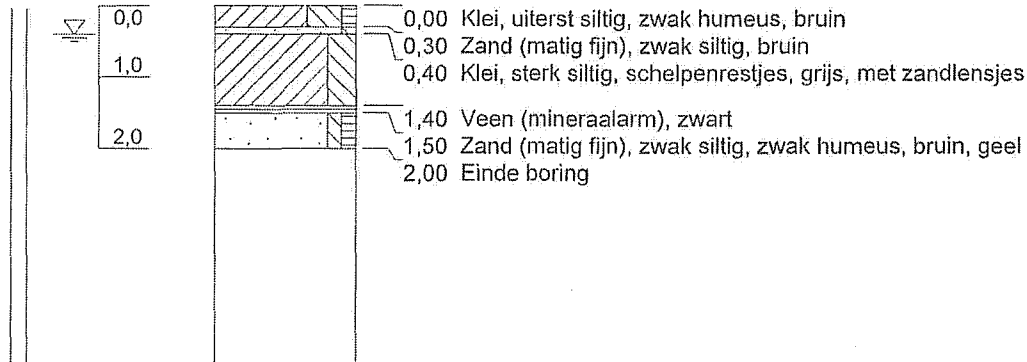
BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB4
HB5
HB6

MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB7

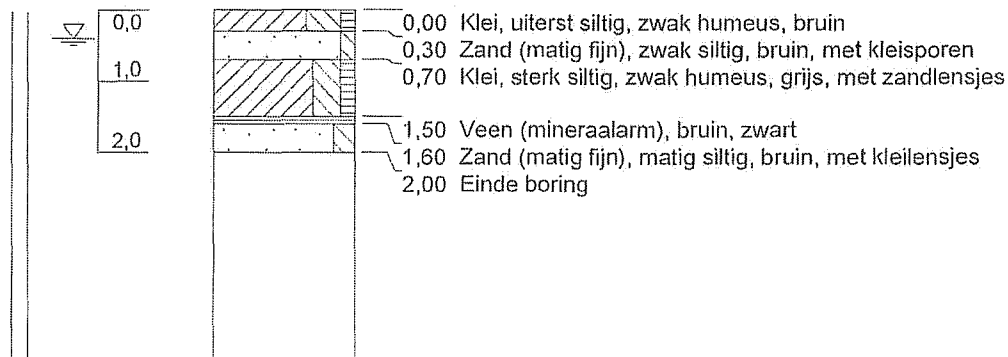


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,20 m. GLG : MV m. Y :

HB8

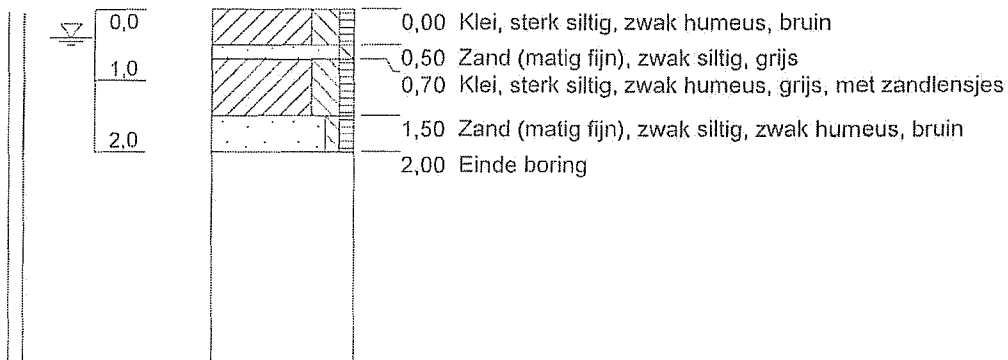


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,40 m. GLG : MV m. Y :

HB9



Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,30 m. GLG : MV m. Y :

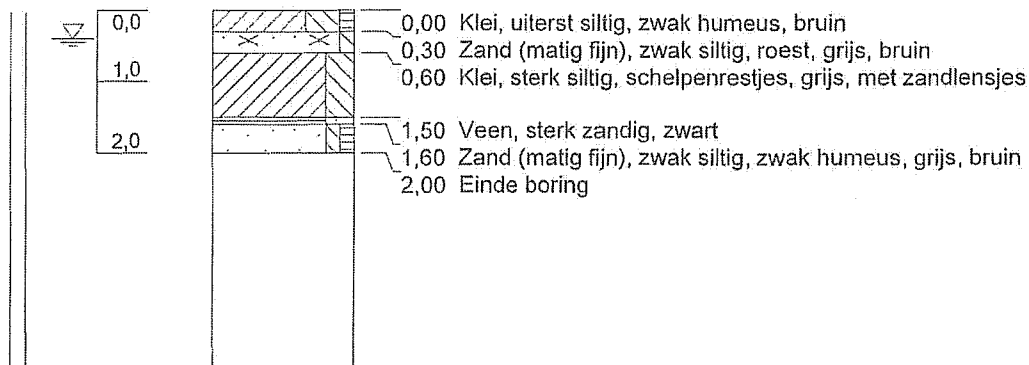
BORING VOLGENS NEN 5119
17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB7
HB8
HB9



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB10

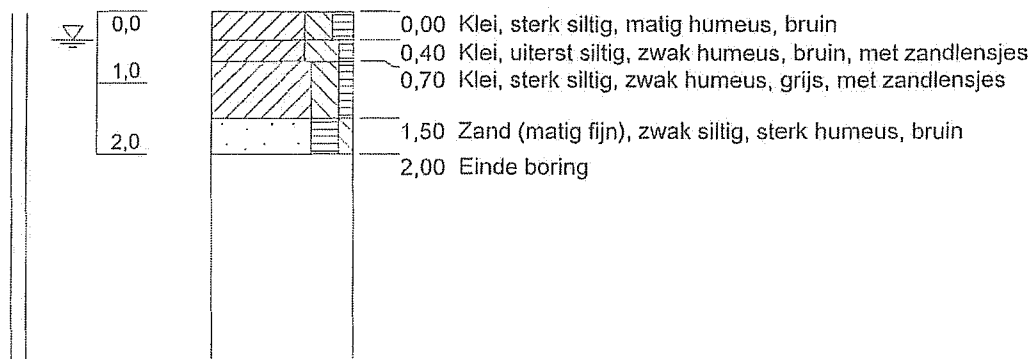


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV -0,40 m. GLG : MV m. Y :

HB11

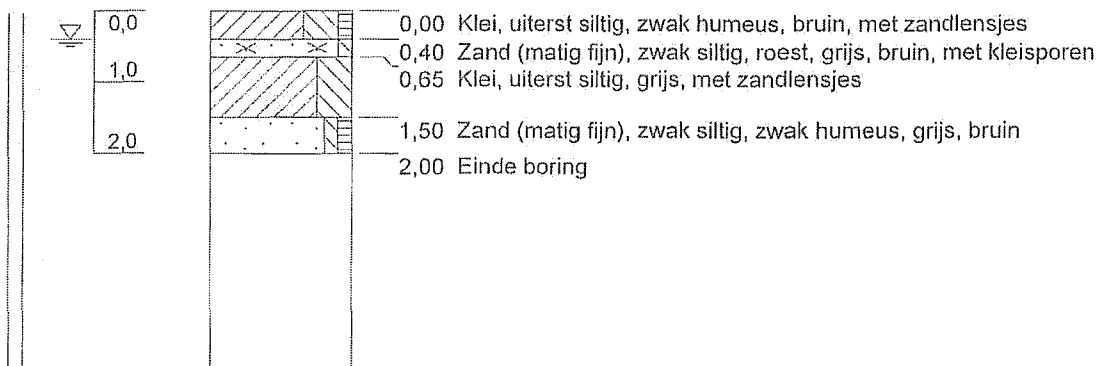


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV -0,30 m. GLG : MV m. Y :

HB12



Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV -0,20 m. GLG : MV m. Y :

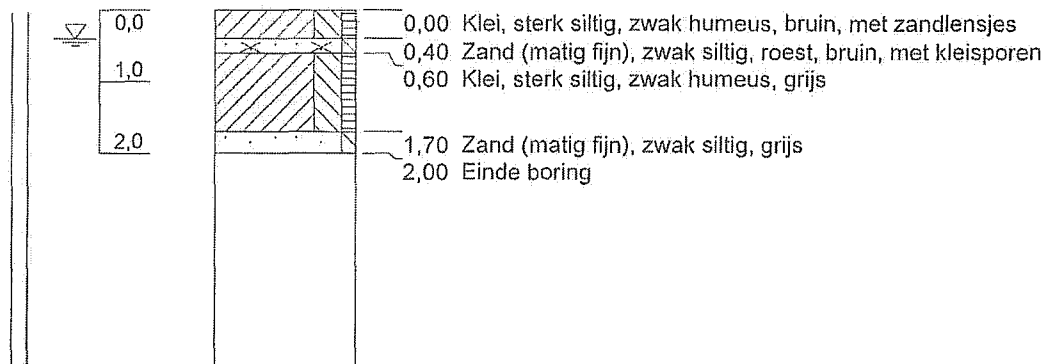
BORING VOLGENS NEN 5119
17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB10
HB11
HB12



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB13

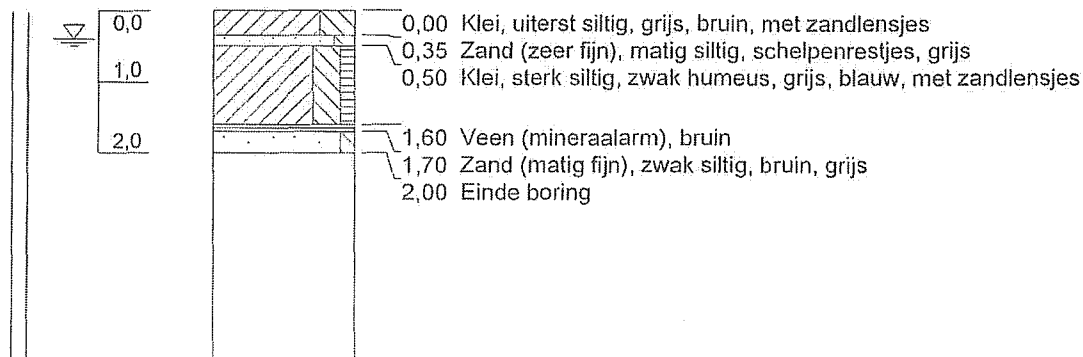


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,40 m. GLG : MV m. Y :

HB14

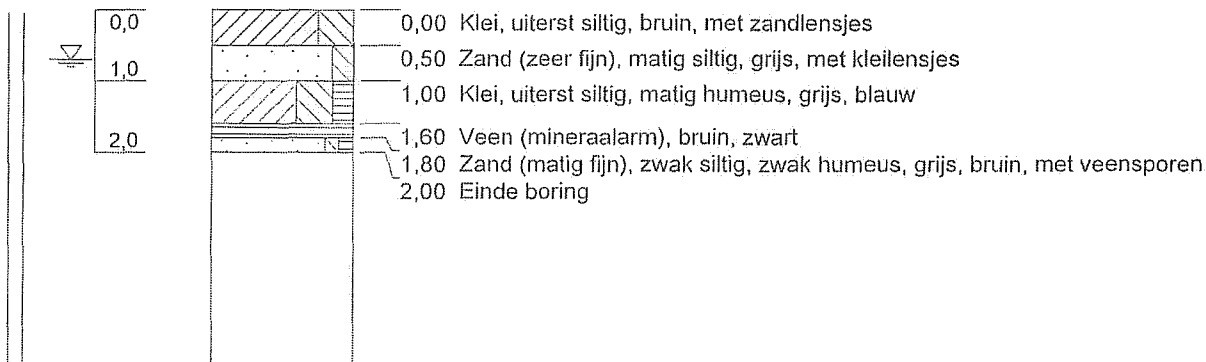


Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,20 m. GLG : MV m. Y :

HB15



Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,70 m. GLG : MV m. Y :

BORING VOLGENS NEN 5119

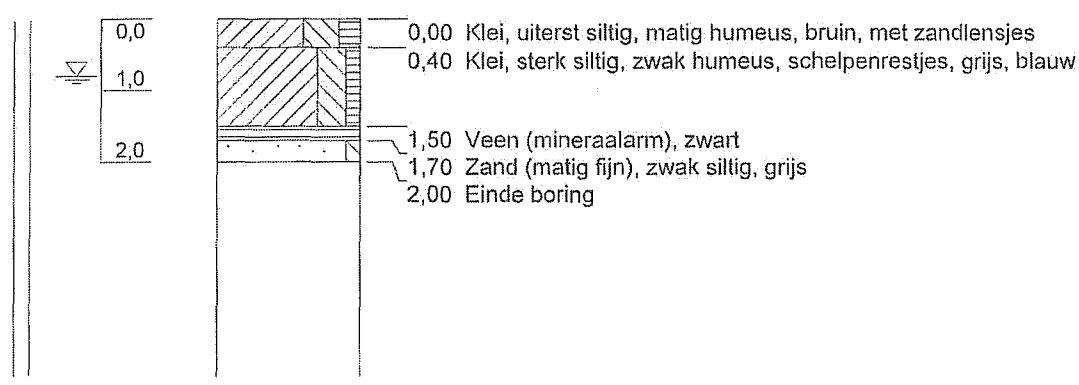
17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB13
HB14
HB15



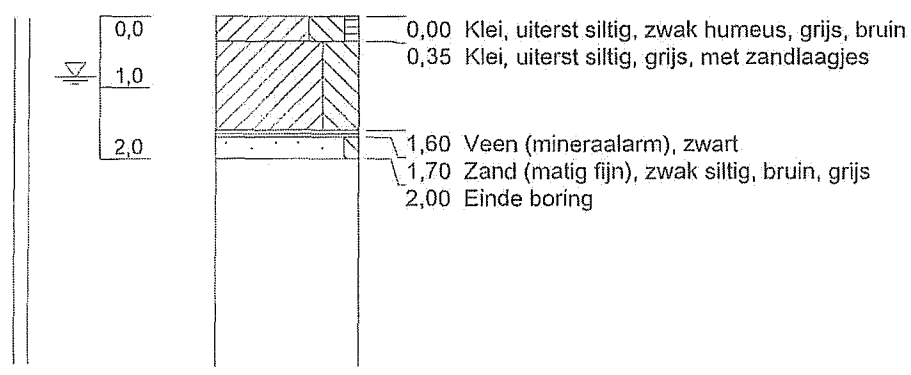
MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB16



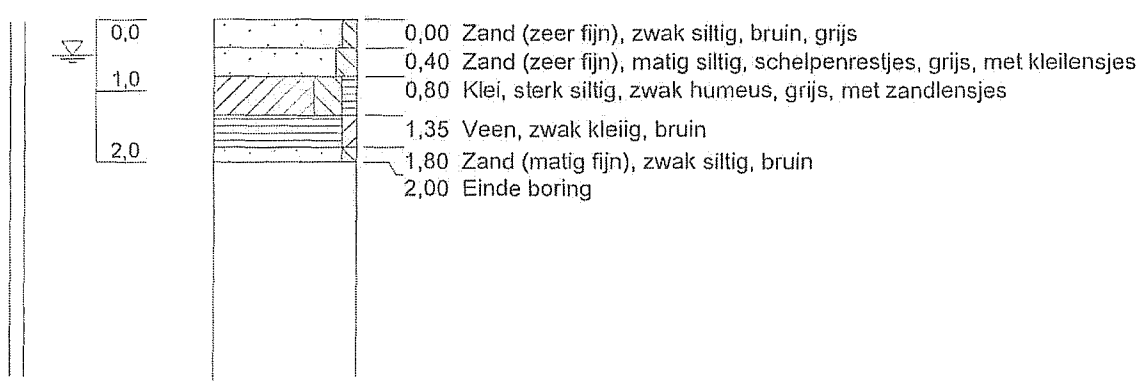
Uitvoering : 19.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV m. Y :

HB17



Uitvoering : 19.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,85 m. GLG : MV m. Y :

HB18



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,50 m. GLG : MV m. Y :

BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

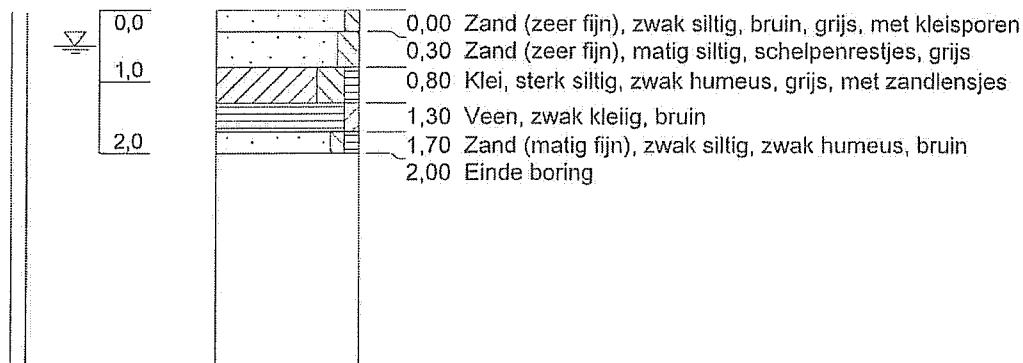
Opdr. : Q-1528
Boring : HB16
HB17
HB18

Geodetisch 1:2500 / wv



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB19

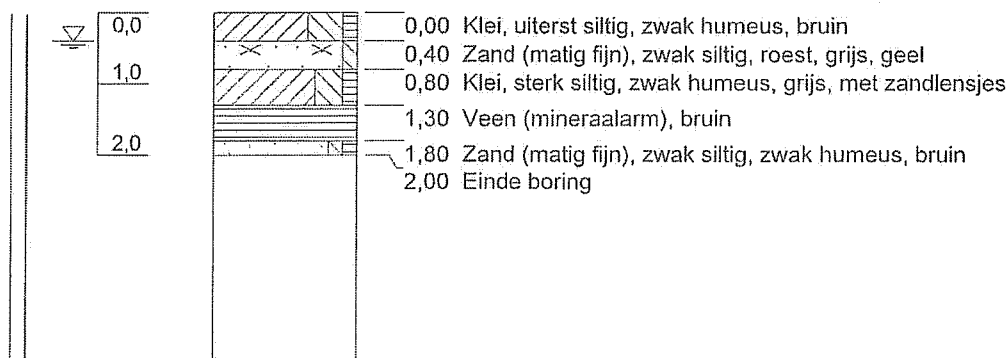


Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,50 m. GLG : MV m. Y :

HB20

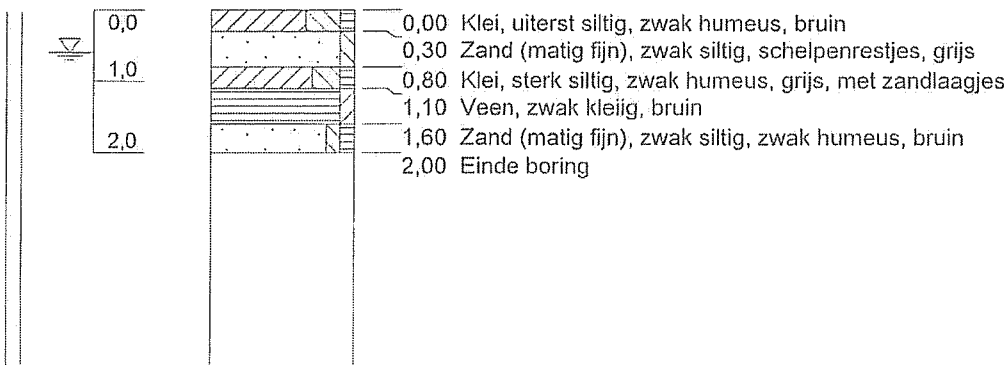


Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,20 m. GLG : MV m. Y :

HB21



Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV - 0,60 m. GLG : MV m. Y :

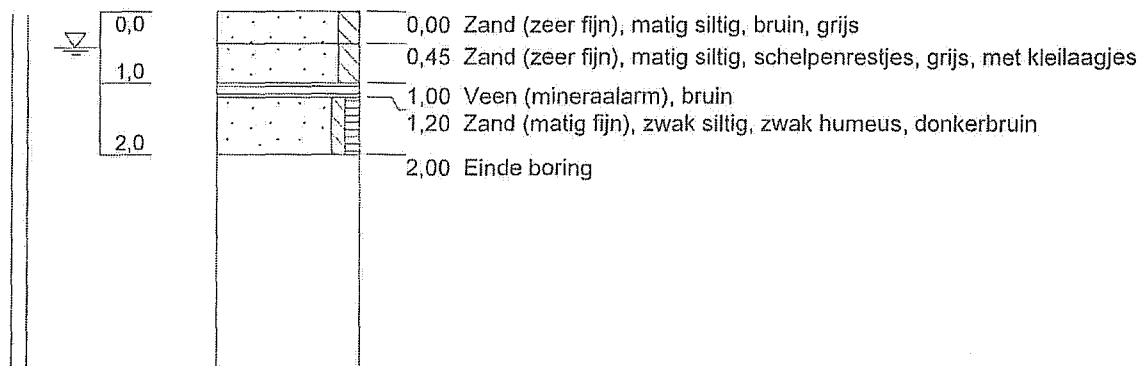
BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB19
HB20
HB21

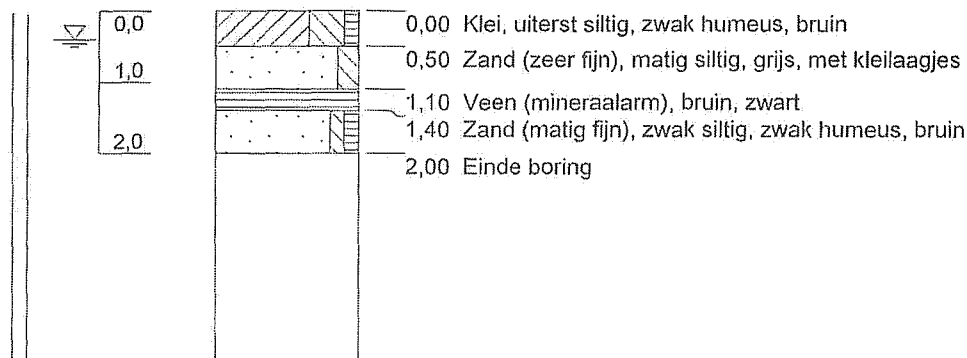
MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB22



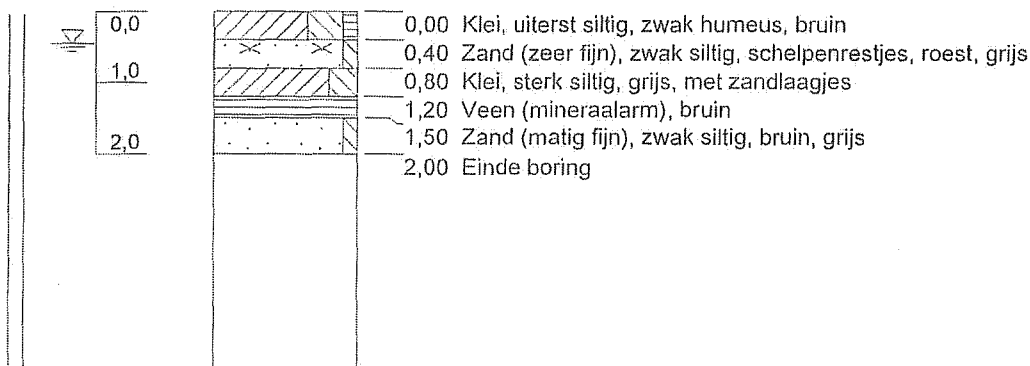
Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,50 m. GLG : MV m. Y :

HB23



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,20 m. GLG : MV m. Y :

HB24



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,45 m. GLG : MV m. Y :

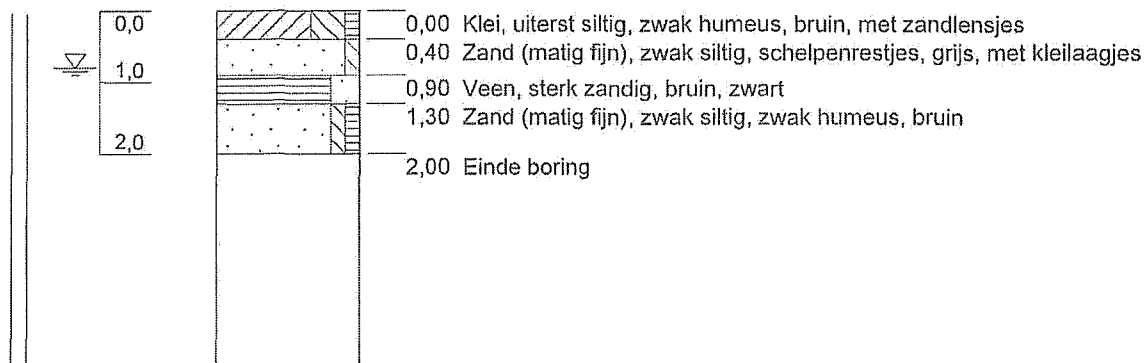
BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
 Boring : HB22
 HB23
 HB24

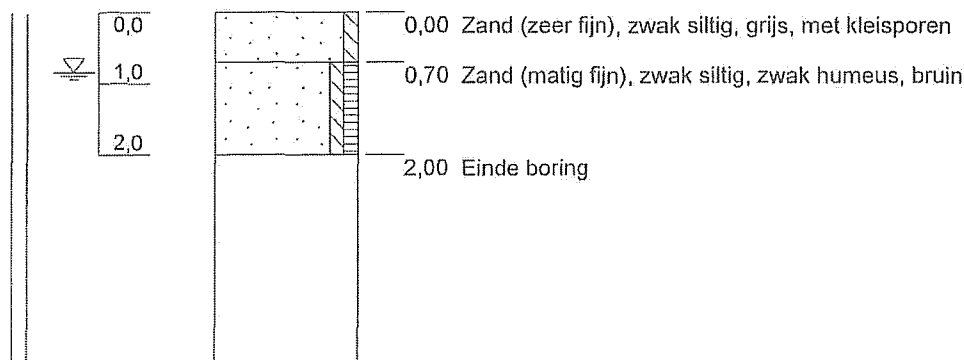
MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB25



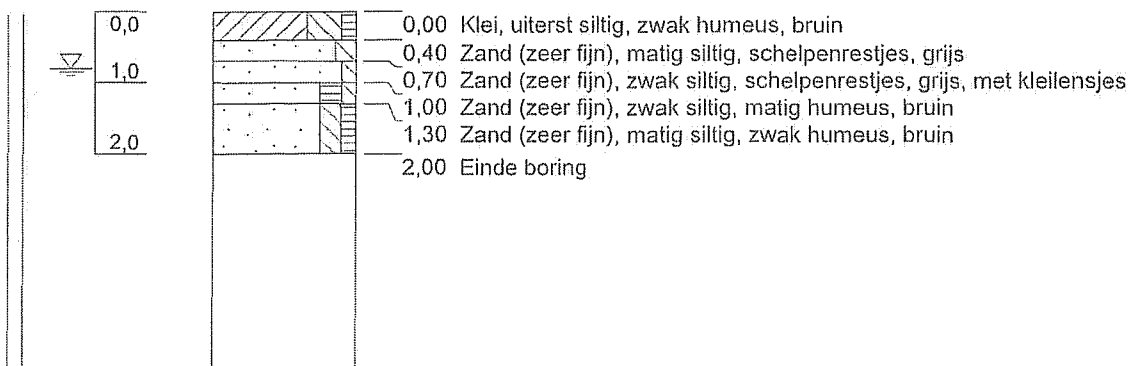
Uitvoering : 18.12.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV m. Y :

HB26



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,85 m. GLG : MV m. Y :

HB27



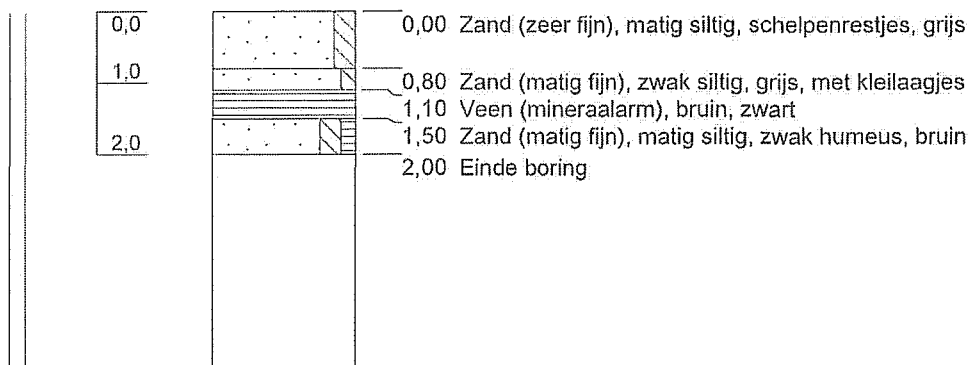
Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 0,80 m. GLG : MV m. Y :

BORING VOLGENS NEN 5119
 17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
 Boring : HB25
 HB26
 HB27

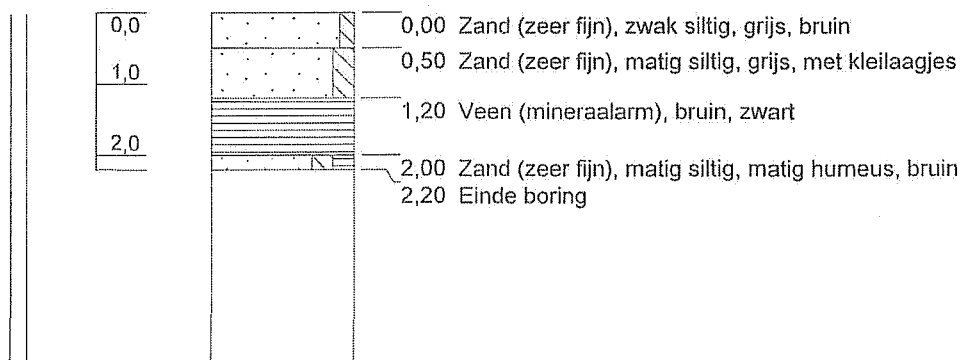
MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB28



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

HB29



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV : m. GLG : MV m. Y :

HB30



Uitvoering : 18.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

02-000a RL / 02.11.2006 / swt

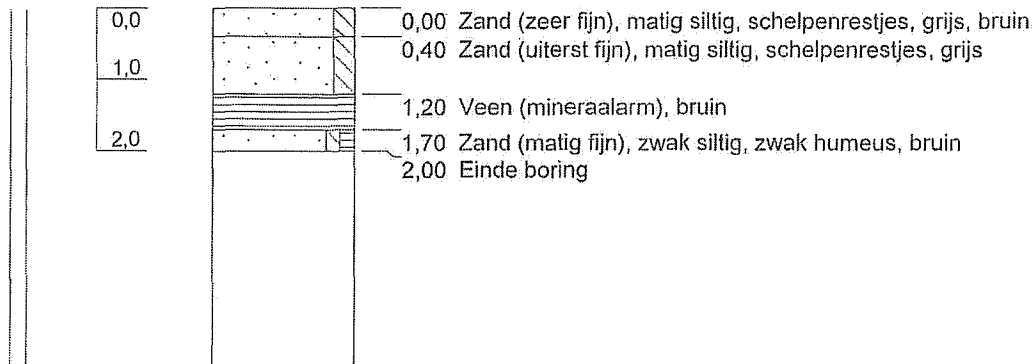
BORING VOLGENS NEN 5119
 17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
 Boring : HB28
 HB29
 HB30



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB31

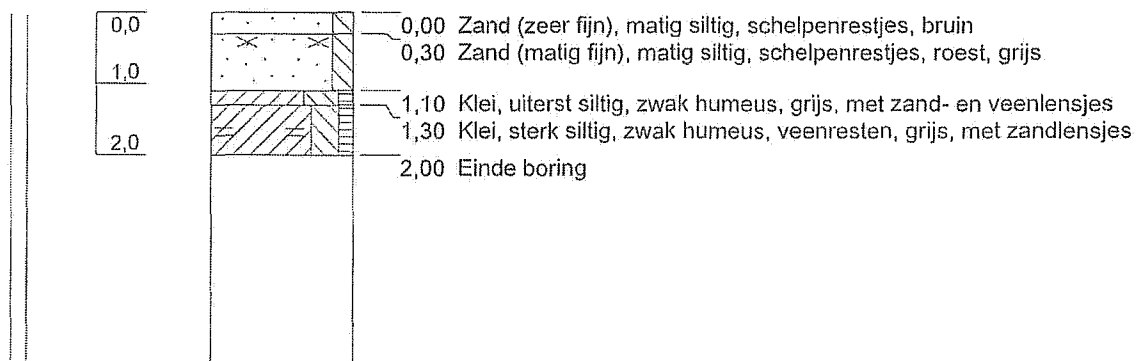


Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

HB32

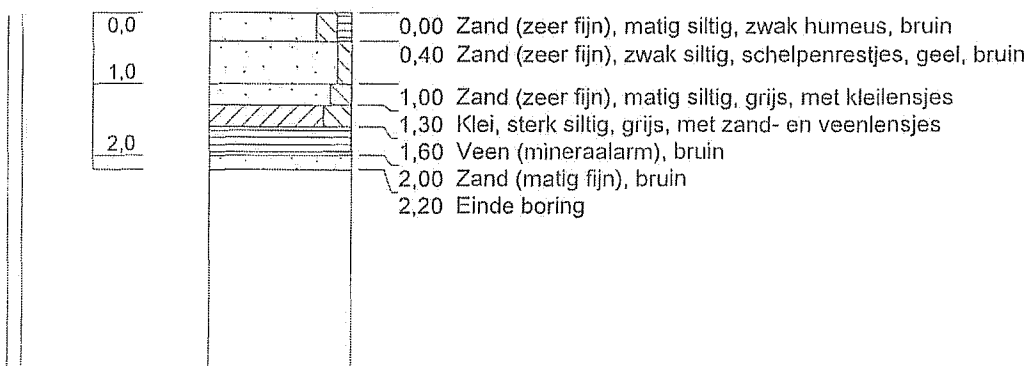


Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

HB33



Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m. GHG : MV m. X :
Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

Geotechniek, 18.10.2000, 1:00

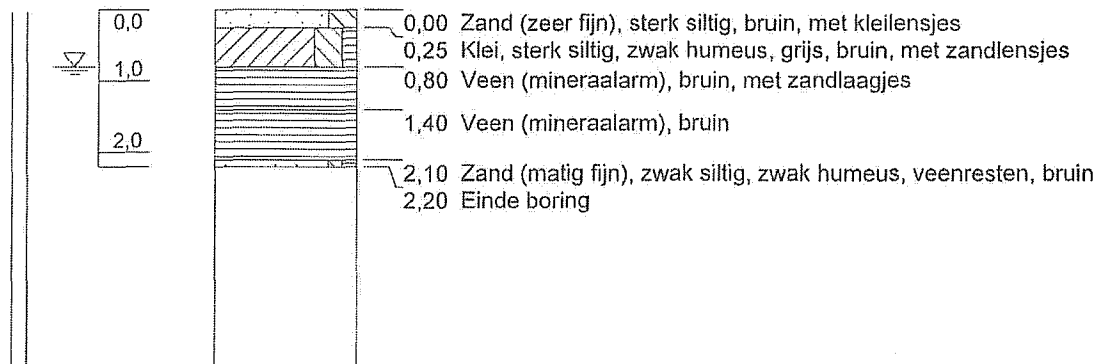
BORING VOLGENS NEN 5119
17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB31
HB32
HB33



MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB34



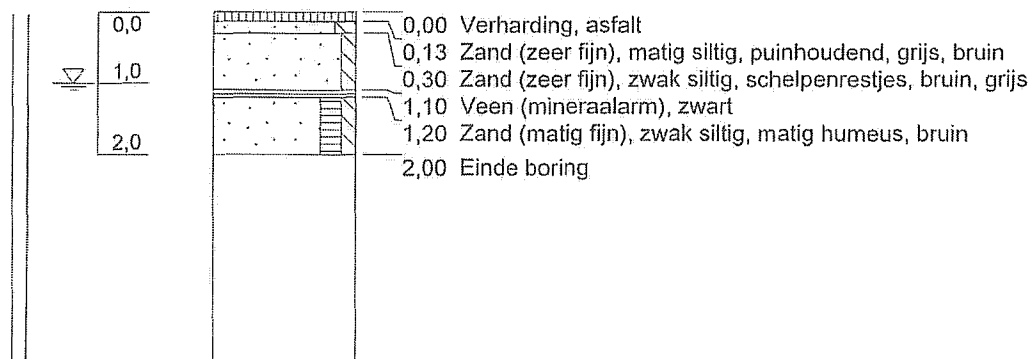
Uitvoering : 18.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV - 0,80 m.

GHG : MV m. X :
GLG : MV m. Y :

HB100



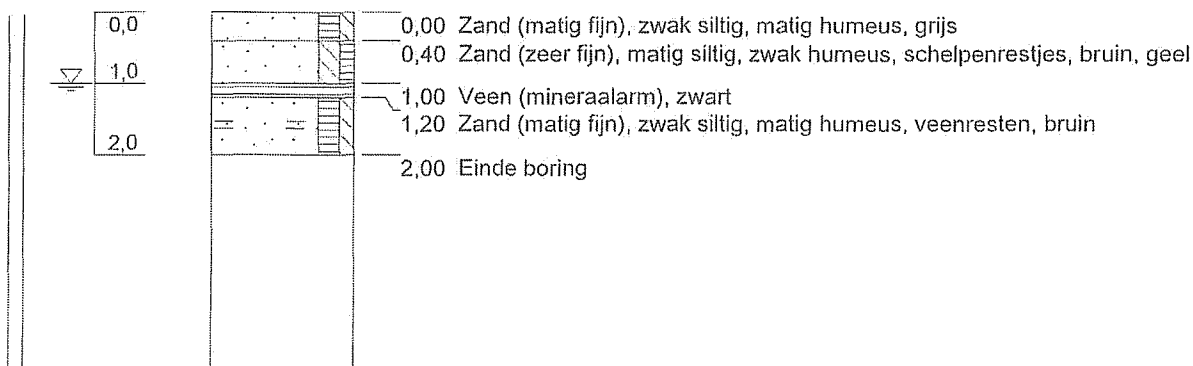
Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV :- 1,00 m.

GHG : MV m. X :
GLG : MV m. Y :

HB101



Uitvoering : 19.10.2000
Peiling PB :

Boring bij :
Boormeester : Bkh

MV : NAP m.
Gemeten GWS : MV - 1,00 m.

GHG : MV m. X :
GLG : MV m. Y :

G:\GD\m\101_112500\101

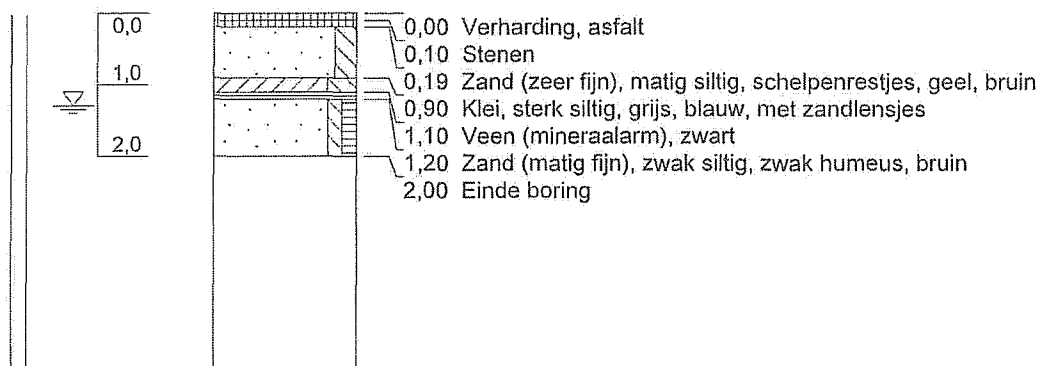
BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
Boring : HB34
HB100
HB101

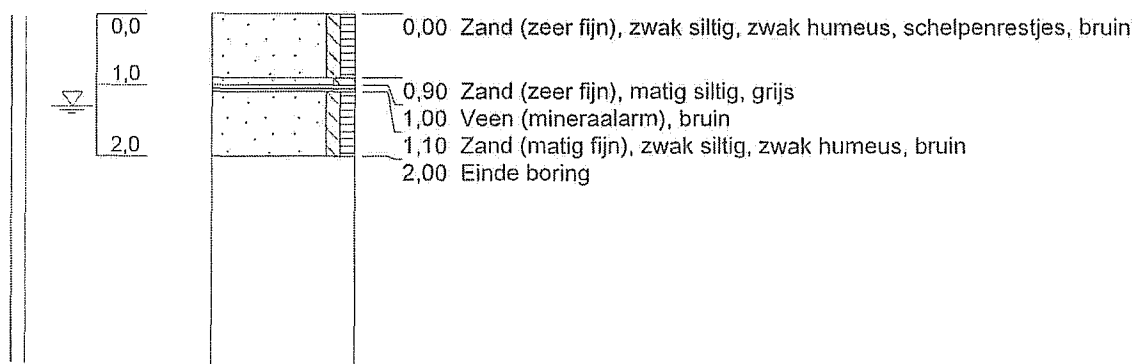
MONSTER NR	DIEPTE t.o.v. MV [m]	BODEM PROFIEL	BESCHRIJVING BODEM PROFIEL
------------	----------------------	---------------	----------------------------

HB102

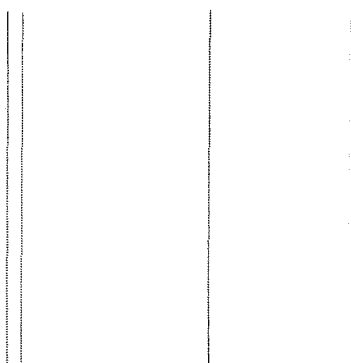


Uitvoering : 19.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 1,30 m. GLG : MV m. Y :

HB103



Uitvoering : 19.10.2000 Boring bij : MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : Boormeester : Bkh Gemeten GWS : MV - 1,30 m. GLG : MV m. Y :



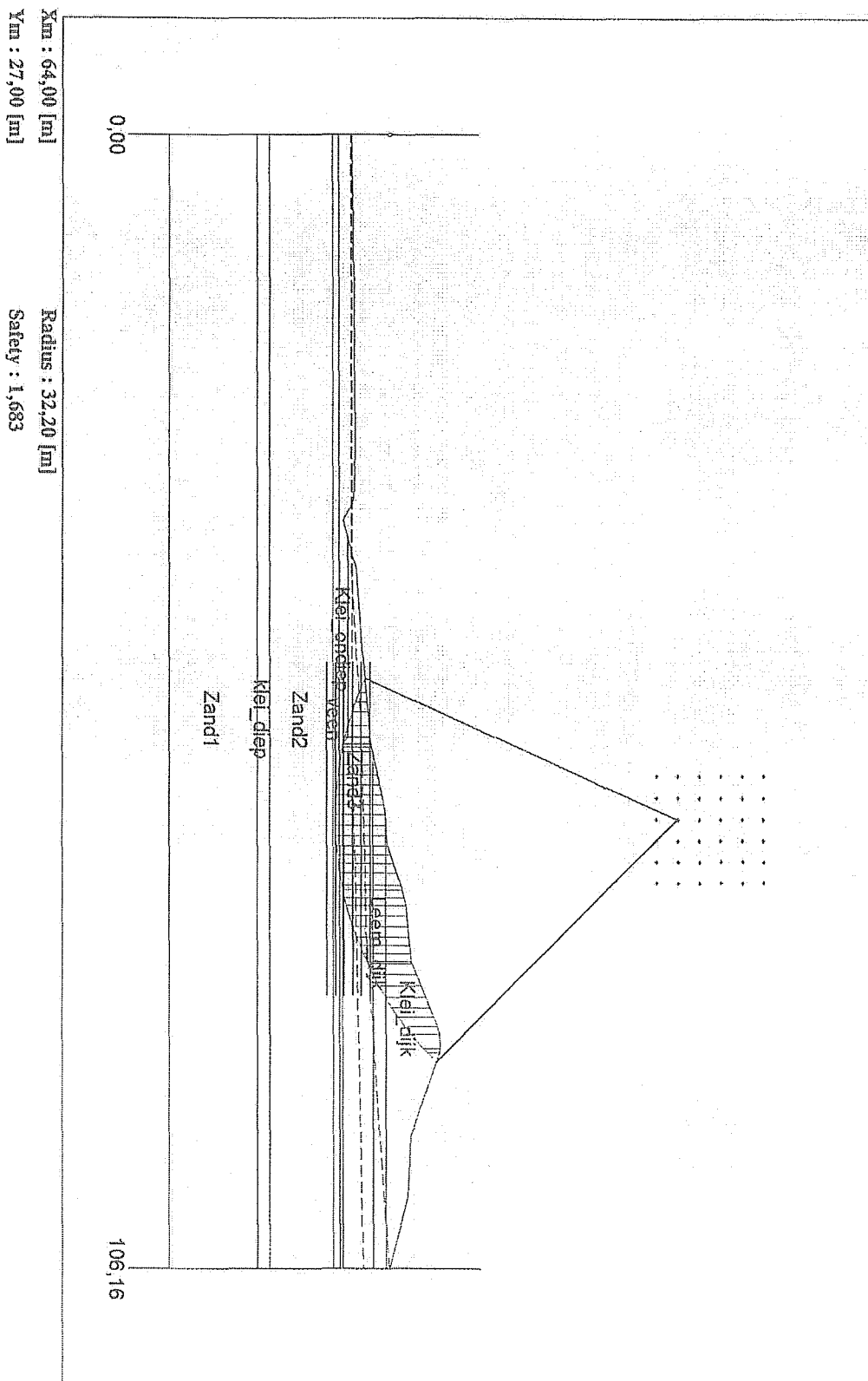
Uitvoering : \$STARTD\$ Boring bij : \$BORINGBIJ\$ MV : NAP m. GHG : MV m. X :
 Peiling PB : \$SPEILBDATUM\$ Boormeester : \$SUPERVISOR\$ Gemeten GWS : MV m. GLG : MV m. Y :

BORING VOLGENS NEN 5119

17 Windturbines langs de Noordermeerdijk

Opdr. : Q-1528
 Boring : HB102
 HB103

Critical Circle Bishop

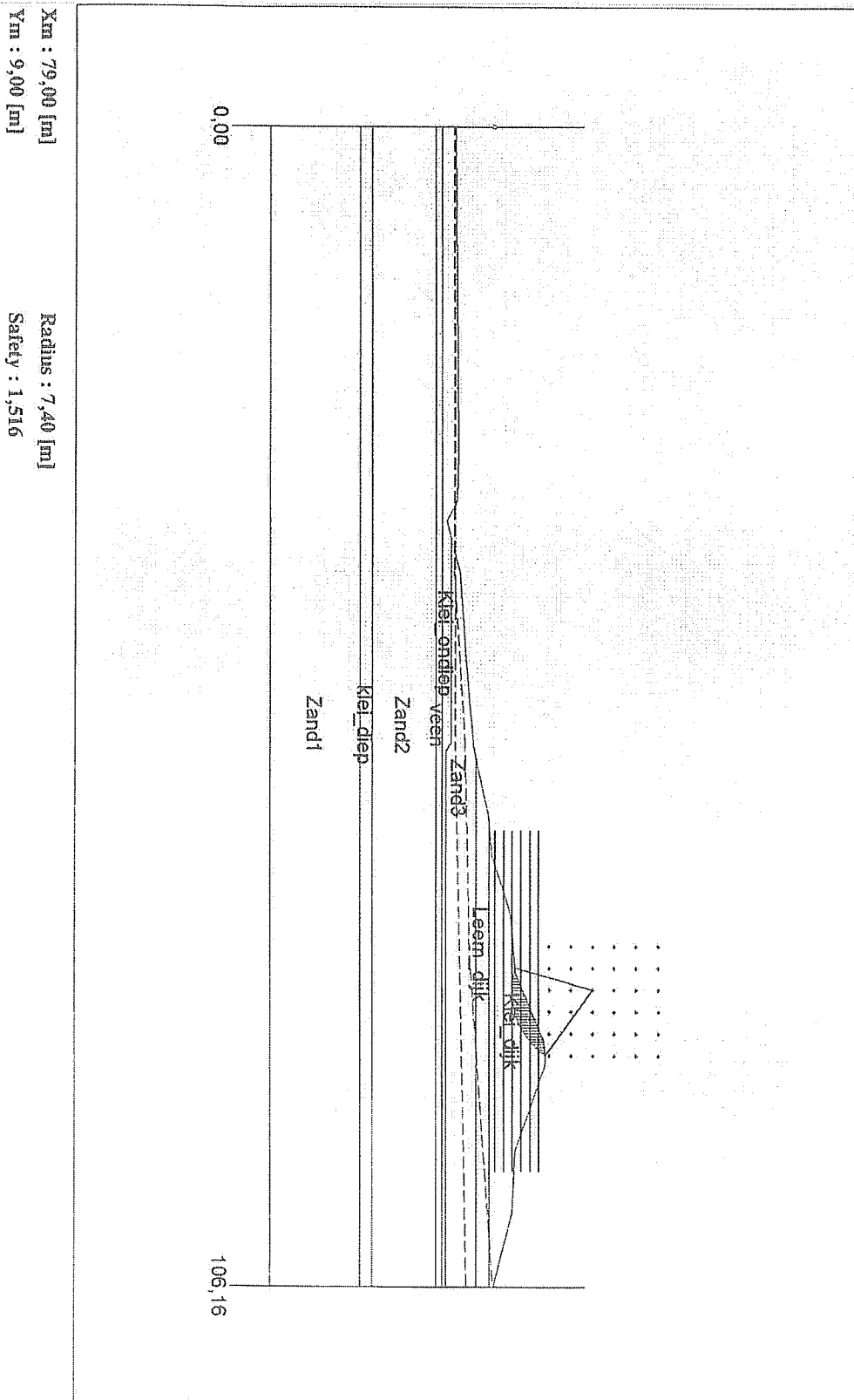


Stabiliteitsberekening Noordermeerdijk
stabiliteit binnentalud nulsituatie (zomerpeil IJsselmeer)

17 Windturbines aan de Noordermeerdijk in de Noordoostpolder

Opdr. nr.: Q-1528
Bijlage: 5A

Critical Circle Bishop



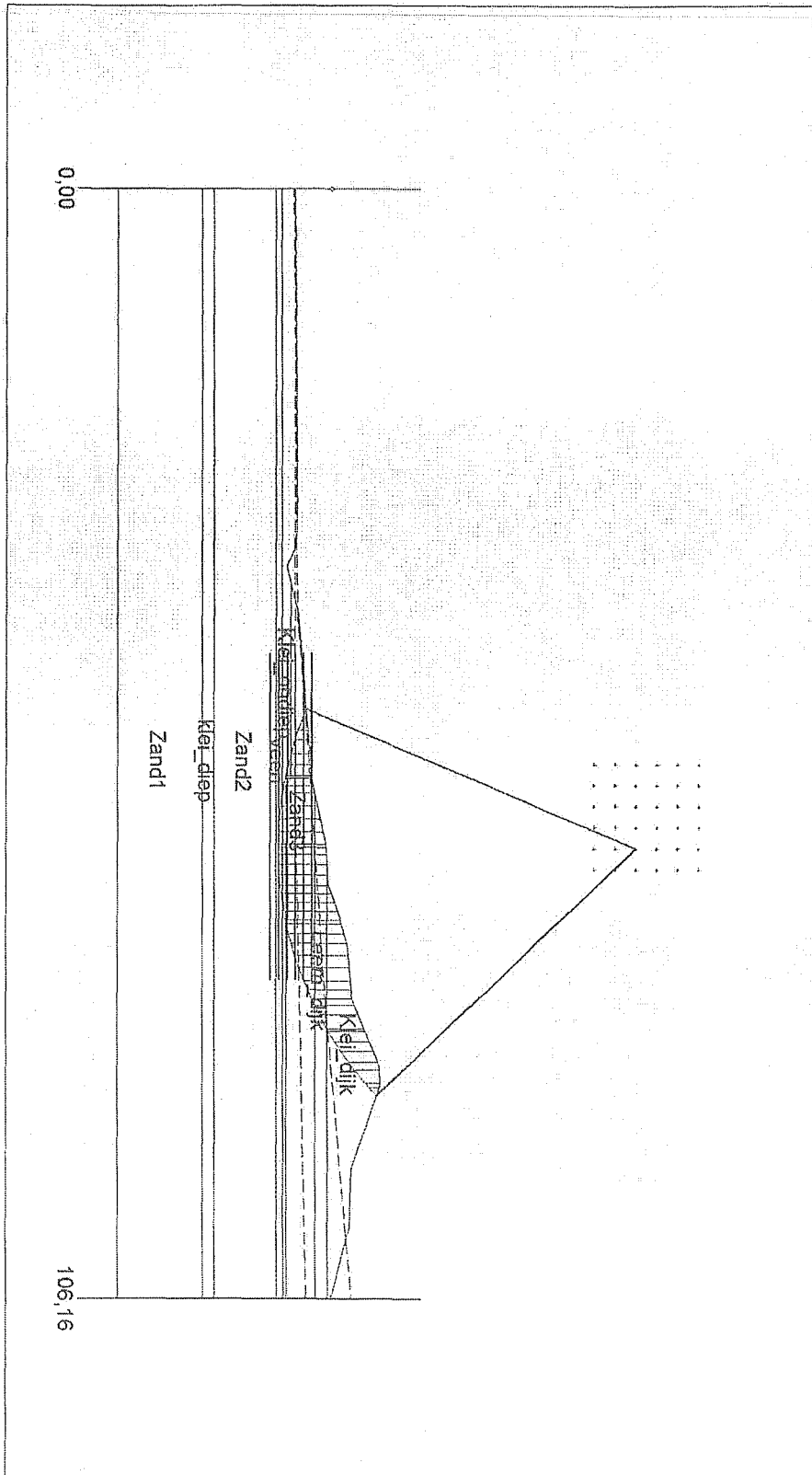
Stabiliteitsberekening Noordermeerdijk
stabiliteit binnentalud nulsituatie (zomerpeil IJsselmeer)

17 Windturbines aan de Noordermeerdijk in de Noordoostpolder

Opdr. nr.: Q-1528
Bijlage: 5B



Critical Circle Bishop



Xm : 63,00 [m]
Ym : 29,00 [m]

Radius : 34,20 [m]
Safety : 1,475

Stabiliteitsberekening Noordermeerdijk
stabiliteit binnentalud nulsituatie (Maatgevend Hoog Water)

17 Windturbines aan de Noordermeerdijk in de Noordoostpolder

Opdr. nr.: Q-1528
Bijlage: 6

RICHTLIJNEN GRONDVERBETERING

Aan het zand te stellen eisen

De grondverbetering dient uitgevoerd te worden met geschikt zand. Nieuw aan te voeren zand moet voldoen aan de eisen voor zand in zandbed volgens de Standaard RAW Bepalingen. Het zand moet worden onderzocht op korrelverdeling, korrelvorm, gloeiverlies en verdichtbaarheid. Van nature aanwezige zand dient vooraf te worden beoordeeld op de specifieke eisen voor het te maken werk. De vereiste eigenschappen zijn:

- De korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient bij voorkeur niet meer te bedragen dan 10%; indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is 15 % [m/m] toelaatbaar.
- De gelijkmatigheidscoëfficiënt D_{60}/D_{10} dient bij voorkeur tenminste 2,0 te bedragen, waarbij:
 D_{10} = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 % [m/m]
 D_{60} = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 % [m/m].
- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn.
- Het gloeiverlies mag maximaal 3% [m/m] bedragen.
- De "Proctor"-curve, waarmee de verdichtbaarheid wordt aangegeven en waarin het watergehalte is uitgezet tegen de droge dichtheid, dient rond de maximum dichtheid een flauw verloop te hebben.
- Indien relevant dient door middel van een triaxiaalproef te worden aangetoond, dat de benodigde hoek van inwendige wrijving kan worden gerealiseerd, bij de in het werk voor te schrijven verdichtingsgraad.

In bepaalde gevallen kan het wenselijk en/of noodzakelijk zijn om strengere of minder strenge eisen aan het zand te stellen in verband met de specifieke eisen van de beoogde toepassing.

Verdichtingswijze

Voor een optimale verdichting van zand met bovengenoemde eigenschappen wordt de volgende werkwijze geadviseerd:

- Het ontgravingsniveau aftrillen alvorens de eerste laag wordt aangebracht.
- De grondverbetering in lagen aanbrengen en verdichten met een trilplaat of trilwals in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend.
- De laagdikte afstemmen op de aan te wenden verdichtingsapparatuur en de eigenschappen van het zand. In de onderstaande tabel is hiervoor een indicatie gegeven.

Apparaat	Gewicht	Laagdikte
trilplaat	1 à 2 kN	0,2 m
trilplaat	3 à 5 kN	0,3 m
hand-trilwals	6 à 8 kN	0,3 m
zelfrijdend (tril)wals	80 à 120 kN	0,3 – 0,5 m
zelfrijdend (tril)wals	≥ 120 kN	0,5 m