

Deelrapport betreffende
Dijkvak Zuidermeerdijk km. 36,0

**Dijkversterking IJsselmeerdijk
Noordoostpolder;
Geotechnische aspecten**

Opdrachtnummer: V-1233/041

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
/02	juli 1995	stabiliteit huidige situatie	
/03	augustus 1995	aanvullend grondonderzoek	
/04	november 1995	grondwaterstroming en stabiliteit	
/041	januari 1996	grondwaterstroming en stabiliteit n.a.v. aanvullend grondonderzoek -concept-	
/041	augustus 1996	grondwaterstroming en stabiliteit n.a.v. aanvullend grondonderzoek -definitief-	

INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK	3
3.1 Terreinonderzoek	3
3.2 Laboratoriumonderzoek	4
4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	5
4.1 Bodemopbouw	5
4.2 Geometrie dijklichaam	6
5. GEOTECHNISCH ADVIES	7
5.1 Grondwaterstroming	7
5.2 Microstabiliteit en interne erosie	7
5.3 Opbarsten kleibekleding	8
5.4 Stabiliteit binnentalud dijklichaam	9

BIJLAGEN

	<u>nr.</u>
- Sonderingen	DKM 371 t/m DKM 373
- Boorstaat, volumegewicht, watergehalte en poriëngetal	B371
- Volumegewicht en watergehalte	1-K37
- Samendrukkingsproeven en Cv-waarde bepaling	2-K37 t/m 5-K37
- Triaxiaalproeven	6-K37 en 7-K37
- Stabiliteitsberekening huidige situatie km. 36,0	1-K36

1. INLEIDING

Op 22 december 1993 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. te Lelystad van Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied te Lelystad, de opdracht voor het uitvoeren van een grondonderzoek alsmede het uitbrengen van een geotechnisch advies ten behoeve van de dijken in de Provincie Flevoland.

De betreffende dijkenvakken welke onder deze opdracht vallen zijn :

- Oostelijk Flevoland - Vanaf de Houtribsluizen tot aan de Roggebotsluis.
- Noordoostpolder - Vanaf Lemmer tot aan de Ramspolbrug.

Voor dit project zijn door Fugro Ingenieursbureau B.V. onder opdrachtnummer V-1233 en V-1239 verscheidene grondonderzoeken uitgevoerd en worden adviezen uitgebracht voor maatgevend gestelde dwarsprofielen.

Voor dit dijkvak is op 26 juli 1995 opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een aanvullend grond- en laboratorium onderzoek.

Dit rapport bevat de resultaten van het grondonderzoek (hoofdstuk 3 en 4) en het geotechnische advies (hoofdstuk 5) voor het betreffende dwarsprofiel.

Het geotechnisch advies omvat een analyse van de macro- en de microstabiliteit van het dwarsprofiel van de Zuidermeerdijk ter plaatse van kilometer 36,0.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

Voor de vergunningsaanvraag conform artikel 33 van de Waterstaatswet dienen een aantal grondmechanische en geohydrologische aspecten te worden onderzocht.

In het vooroverleg met de opdrachtgever zijn in totaal 20 dwarsprofielen gekozen welke maatgevend worden gesteld voor bepaalde dijkvakken. Het dwarsprofiel dat in dit rapport wordt uitgewerkt is gelegen aan de Zuidermeerdijk in de Noordoostpolder.

Dit dwarsprofiel zal in de toekomst niet worden verhoogd.

Bovenstaande gegevens zijn door de opdrachtgever verstrekt.

3. GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK

In het verleden is voor de aanleg van de dijken een grondonderzoek uitgevoerd bestaande uit boringen. Deze boringen zijn gebruikt om de bodemopbouw onder het dijklichaam te schematiseren. Zie voor de boringen de tekening genoemd "Situatie en uitkomsten boringen" blad nr. 2 van kaart nr. 60 van d.d. 12-010-1937 behorende bij bestek nr. 268 van de toenmalige dienst Zuiderzeewerken.

In januari 1995 grondonderzoek verricht op diverse locaties langs het traject Urk - Ramspol. In verband met slechte terreinomstandigheden heeft t.p.v. km. 36,0 geen grondonderzoek plaatsgevonden. In augustus 1995 is opnieuw opdracht verleend voor aanvullend grondonderzoek op het traject Urk - Ramspol. In het kader van deze opdracht is grondonderzoek verricht t.p.v. km 37,0. In de navolgende paragrafen wordt bovengenoemd grond- en laboratoriumonderzoek besproken.

3.1 Terreinonderzoek

Het terreinonderzoek heeft t.p.v. km. 37,0 bestaan uit 3 sonderingen en 1 boring.

De sonderingen zijn vanaf een standaard sondeertruck uitgevoerd met de elektrische Fugro-(kleefmantel)conus conform norm NEN 3680, waarbij het verticaal sonderen is gecontroleerd door middel van een in de conus ingebouwde hellingmeter.

Fugro Ingenieursbureau B.V. is in het bezit van het komo-procescertificaat nummer K2519/94 voor elektrisch sonderen, gebaseerd op de beoordelingsrichtlijn BRL 2364.

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken DKM 371, DKM 372 en DKM 373, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van MV.

Op de grafieken van de kleefmantelsonderingen 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 met de grondsoort heeft, zodat een goede indicatie van de laagopbouw van de bodem en de aard van de verschillende lagen (klei, zand of veen) is verkregen.

Opdr.:	V-1233/04
Km.:	36,0
Blz.:	3

De boring is uitgevoerd met een standaard boortruck. Het resultaat van de uitgevoerde boring is gegeven op boorstaat B 371, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van MV. Tijdens het boren zijn geroerde grondmonsters genomen en is met het Ackerman steekapparaat elke meter een ongeroerd monster gestoken.

De onderzoekslocaties zijn door Fugro Ingenieursbureau B.V. uitgezet. Hierbij heeft de door de sondeerbaas gemaakte tekening als basis gediend.

3.2 Laboratoriumonderzoek

In totaal zijn tijdens het boren met de boortruck 8 ongeroerde monsters gestoken. Daarnaast zijn van de verschillende bodemlagen geroerde monsters genomen. De geroerde en ongeroerde monsters zijn in het gecertificeerde laboratorium van Fugro te Arnhem nader geclassificeerd.

Van 8 ongeroerde monsters is in het laboratorium het volumegewicht, het watergehalte en het poriëngehalte bepaald.

Op 2 ongeroerde monsters zijn 5-traps samendrukkingsproeven uitgevoerd volgens de methode van Keverling Buisman. Tijdens de derde belastingstrap is met de methode van Taylor de consolidatiecoëfficiënt bepaald. Op 2 ongeroerde monsters zijn geconsolideerde ongedraineerde meertraps triaxiaalproeven (CU) uitgevoerd. Op een monster wordt een triaxiaalproef uitgevoerd om een nadere indruk te krijgen omtrent de sterkte-eigenschappen van de aangetroffen afzettingen. In de bijlage zijn de resultaten van het laboratoriumonderzoek opgenomen.

4. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

4.1 Bodemopbouw

Op basis van het beschikbare grondonderzoek kan de bodemgesteldheid naast het dijklichaam globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1a is weergegeven.

Tabel 1a: Globale bodemgesteldheid naast het dijklichaam t.p.v. B371 op 34 m vanuit de kruin.

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
maaiveld tot -5,0	ZAND
-5,0 tot -6,5	KLEI
-6,5 tot -7,5	VEEN
-7,5 tot -8,6	KLEI
-8,6 tot -9,5	VEEN
-9,5 tot -10,0	ZAND

De bodemgesteldheid onder de kruin van het dijklichaam kan globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 1b is weergegeven.

Tabel 1b: Globale bodemgesteldheid onder de kruin van de dijk t.p.v. DKM 373 op 8 m vanuit de kruin.

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
kruin dijk tot -7,3	ZAND
-7,3 tot -8,6	KLEI
-8,6 tot -9,5	VEEN
-9,5 tot -10,0	ZAND

De diepte van de grondverbetering is aangenomen tot NAP - 7,3 m. De dikte van de holocene lagen onder het dijklichaam bedraagt ca. 2,2 m.

De stijghoogte van het eerste watervoerende pakket bedraagt volgens de waterstaatkundige kaart van de geohydrologische atlas van het IJsselmeergebied ca. NAP - 5,0 à - 5,5 m.

Het peil van het Ketelmeer wordt in de zomer gehandhaafd op NAP - 0,4 m en in de winter op NAP - 0,2 m.

Het maatgevend hoogwater (MHW) is door de opdrachtgever opgegeven en bedraagt NAP + 2,60 m.

4.2 Geometrie dijklichaam

Voor de hoogten van het dijklichaam en het achterland wordt verwezen naar de ontwerp-tekening van de dijk ter plaatse van het betreffende dwarsprofiel en naar de hoogtemeting van de dijk welke door de opdrachtgever is uitgevoerd.

Ontwerp-tekening "Situatie en Dwarsprofielen", blad 1 van kaart 60 d.d. 12-1-1937 van de toenmalige dienst Zuiderzeewerken.

Hoogtemeting in dwarsprofiel op tekening "Zuidermeerdijk Dwarsprofielen" van Rijks-waterstaat Directie Flevoland.

Enkele kenmerkende uitgangspunten voor de geometrie zijn:

- ✓ • de sloot ligt op een afstand van 22,5 m van de insteek van het binnentalud van het dijklichaam;
- het gemiddelde talud van het dijklichaam aan landzijde bedraagt 1 : 3,6 (1 verticaal : 3,6 horizontaal);
- ✓ • de kruinhoogte bedraagt NAP + 3,88 m;

5. GEOTECHNISCH ADVIES

5.1 Grondwaterstroming

Met behulp van het numerieke grondwaterstromingsmodel MSEEP is bij maatgevende omstandigheden de grondwaterstroming door de dijk berekend. Uitgangspunten bij de berekening zijn:

- de grondwaterstroming is stationair verondersteld (conservatieve aanname);
- de buitenwaterstand is gelijk gesteld aan MHW;
- de binnenwaterstand is gelijk gesteld aan de geschatte diepteligging van de aanwezige drainage ca. NAP -4,5 m op ca. 23 m vanuit de kruin;
- geometrie is hierbij geschematiseerd als een doorlatend dijklichaam (zand, $k_{hor} = 4 \cdot 10^{-5}$ m/s en $k_{vert} = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s) dat is afgedekt met een laag klei en/of keileem die als ondoorlatend is aangenomen.

Voor het kweldebiet door het dijklichaam wordt gevonden: $Q = 2,3 \cdot 10^{-5}$ m³/m/s.

De freatische lijn treedt, door de aanwezigheid van drainage, niet uit in het talud. Het kwelwater wordt via de drainage in de sloot geloosd.

5.2 Microstabiliteit en interne erosie

Omdat geen sprake is van in het binnentalud uittredend water, behoeft de microstabiliteit van het talud niet te worden gecontroleerd.

Omdat geen sprake is van een geconcentreerde uittreding van water juist achter het binnentalud, is controle op interne erosie niet nodig.

5.3 Opbarsten kleibekleding

Uit de berekeningen met het grondwaterstromingsprogramma MSEEP is bij MHW de maximale wateroverdruk (p_{\max}) onder de kleibekleding bepaald. Het opbarsten van het binnentalud dient nu gecontroleerd te worden conform de "Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken" (deel 1, par. 11.6.2).

Bij de aanwezigheid van horizontale afdekkende lagen moet worden voldaan aan de voorwaarde dat:

$$F_{\text{opb}} \geq 1.0$$

met

$$F_{\text{opb}} = \{\rho_d \cdot g \cdot d\} / \{\gamma_n \cdot \gamma_d \cdot p_{\max}\}$$

waarin:

ρ_d = soortelijke massa afdeklaag in kg/m (ontwerpwaarde);

g = versnelling van de zwaartekracht (9,81 m/s²);

d = laagdikte in m;

γ_n = schadefactor (1,1);

γ_d = factor voor modelonzekerheden (1,1);

p_{\max} = maximale waterdruk onder de afdeklaag in kN/m²;

In dit geval bedraagt de maximale waterdruk (p_{\max}) 2,4 kN/m² en de minimale laagdikte 0,5 m, de veiligheid tegen opbarsten van het binnentalud bedraagt derhalve 2,5.

5.4 Stabiliteit binnentalud dijklichaam

Voor de huidige situatie en de bodemopbouw wordt verwezen naar hoofdstuk 4: Terrein- en Bodemgesteldheid.

Uit het grondonderzoek blijkt dat tot een diepte van gemiddeld ca. NAP - 8,4 m holocene bodemlagen voorkomen. Deze lagen bezitten een beperkte sterkte tegen afschuiven, waardoor instabiliteit van een aangebrachte ophoging kan optreden.

Teneinde inzicht te verkrijgen in de stabiliteit van het dijklichaam zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met behulp van het computerprogramma MSTAB. Dit programma berekent de stabiliteit van gelaagde grondmassieven volgens de methode "Bishop", rekening houdend met waterdrukken en bovenbelastingen. Voor de met dit model berekende veiligheden wordt over het algemeen uitgegaan van een minimum van 1,4 (zie par. 4.5, hoofddocument). De resultaten van een dergelijke berekening zijn bijna altijd een goede benadering van de veiligheid van het meest kritische glijvlak.

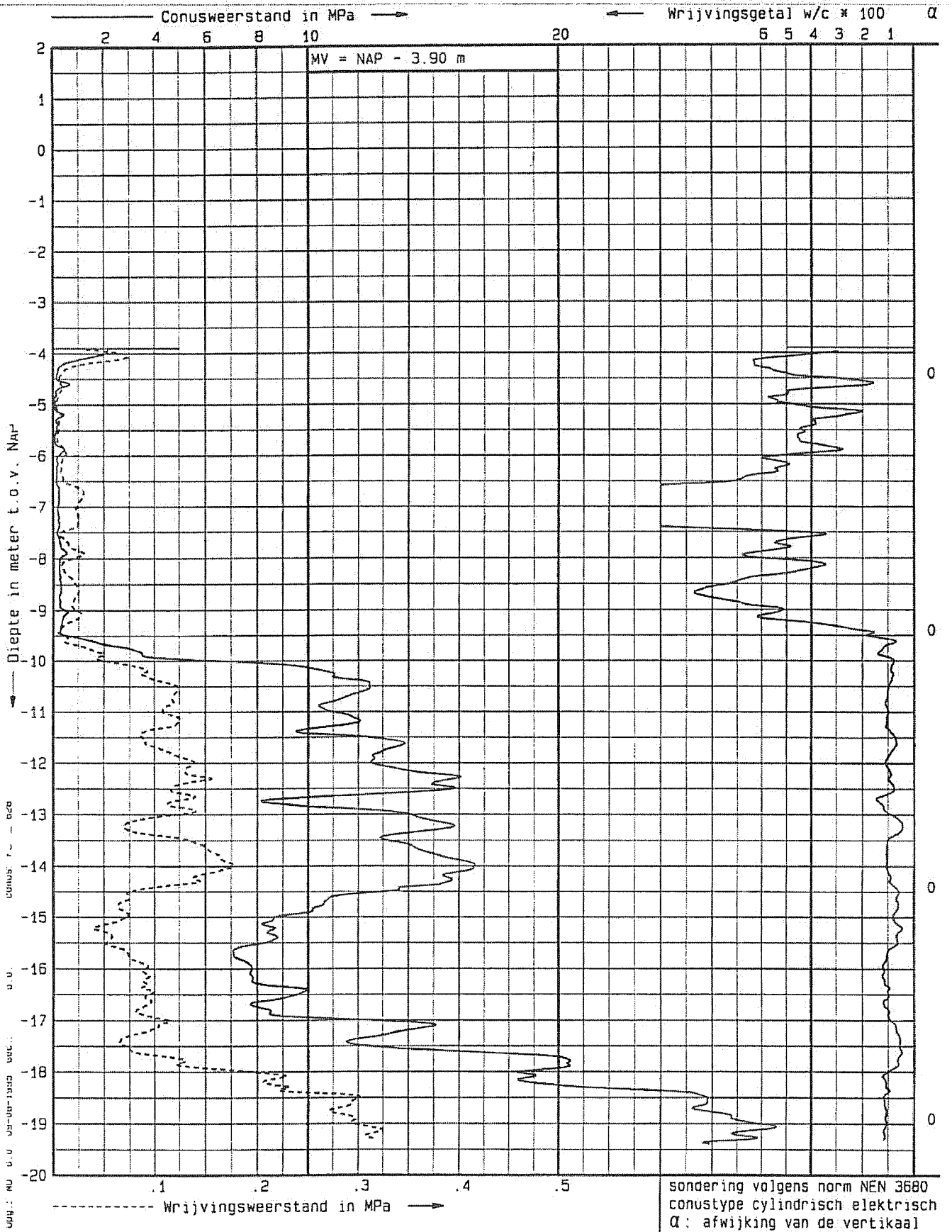
De berekeningen zijn gebaseerd op de representatieve waarden van de bodemparameters die in tabel 2 zijn gegeven en de met MSEEP berekende freatische lijn. De benodigde parameters zijn ingeschat m.b.v. de resultaten van het laboratoriumonderzoek aangevuld met ervaringscijfers.

Tabel 2: bodemparameters stabiliteitsberekeningen

Omschrijving	γ [kN/m ²]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
KLEI, bekledingslaag	15	22,5	5
ZAND tot -5,0	15 - 17	25	0
KLEI	13	18	3
VEEN	10,5	17	2
KLEI van -7,5 tot -8,6	13	19	3
VEEN, basisveen	10,5	17	2
ZAND	17 - 20	30	0

Uit de berekeningen blijkt dat de veiligheid tegen afschuiven in de huidige situatie $F_{\min} = 1,4$ bedraagt. De situatie t.p.v. km. 36 is dus kritiek t.a.v. macrostabiliteit. Het berekeningsresultaat is weergegeven op de bijlage 1-K36.

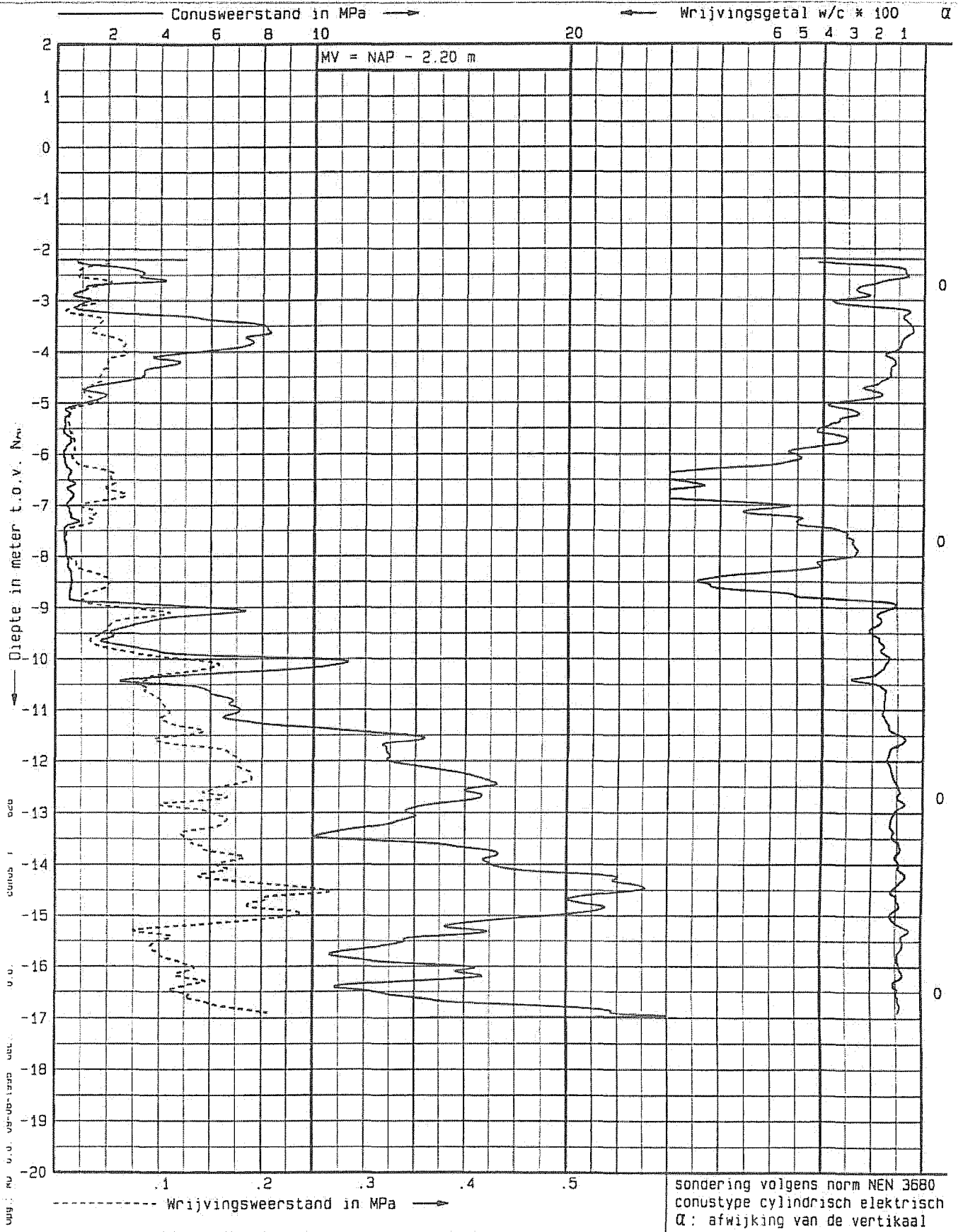
Dit dijklichaam zal niet worden verhoogd en behoeft derhalve niet verder te worden gecontroleerd.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

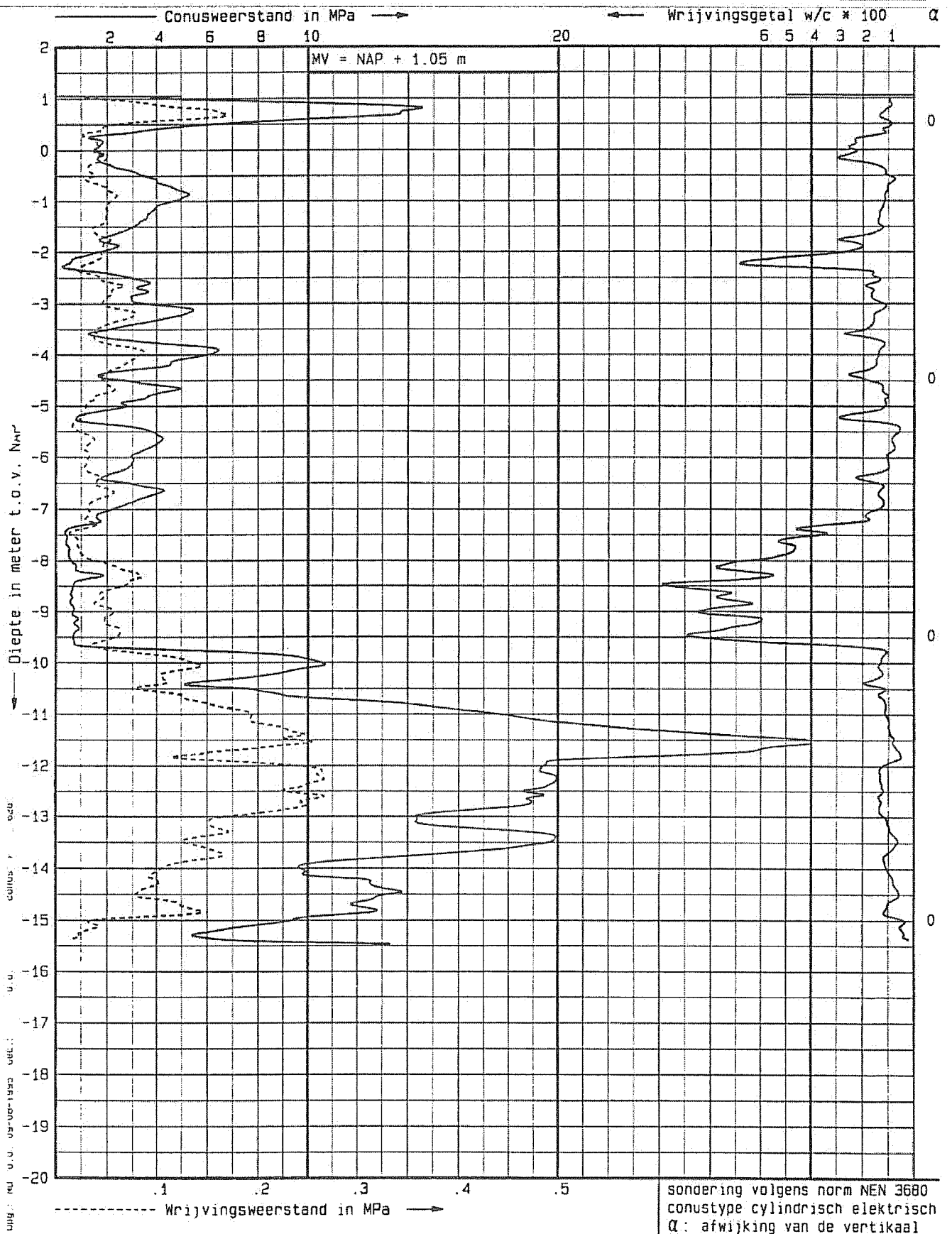
Opdr. V-1233
 Sond. DKM 371



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

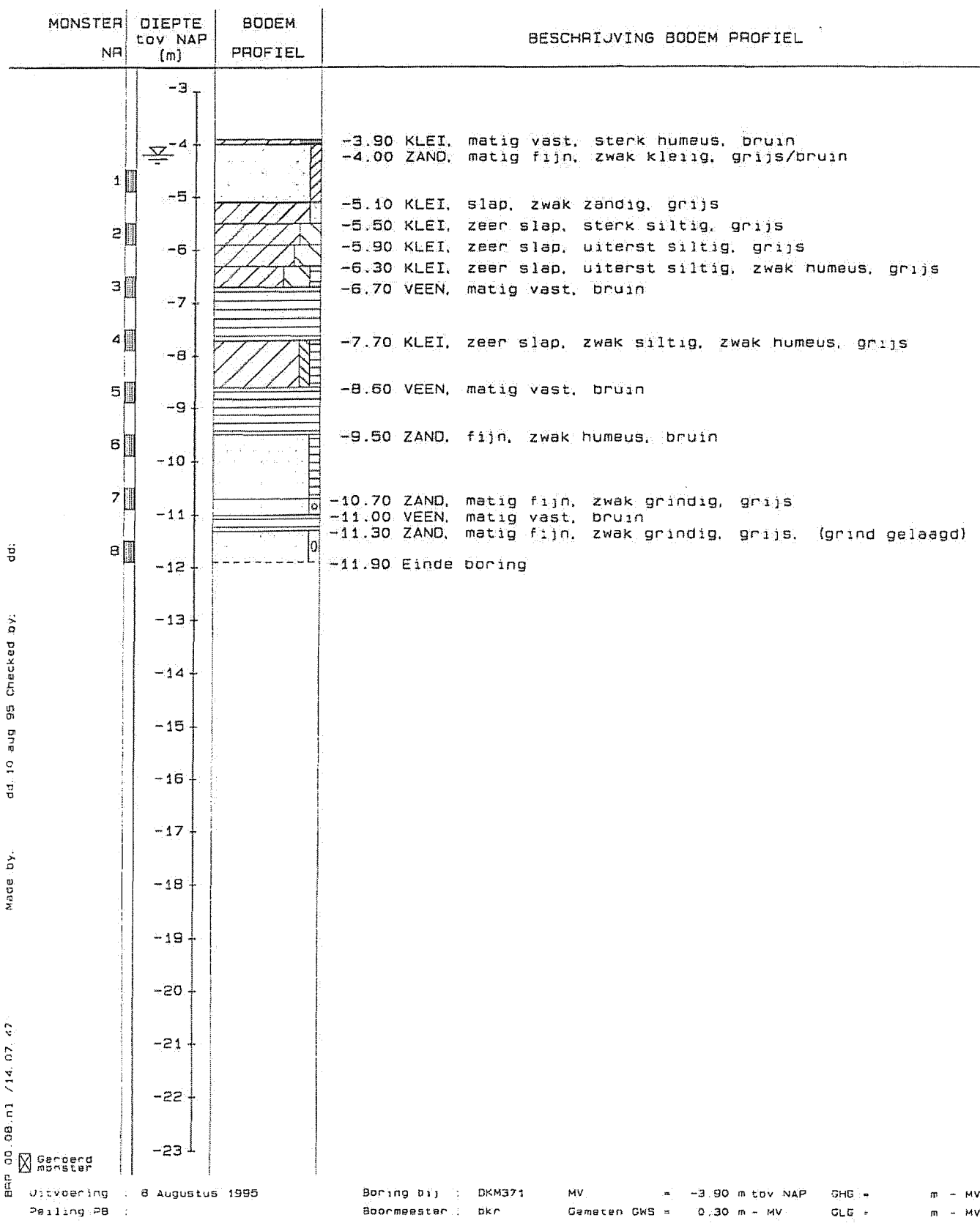
Opdr. V-1233
 Sand. DKM 372



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233
 Sond. DKM 373



BORING VOLGENS NEN 5119

IJSSELMEERDIJKEN, NOORDOOSTPOLDER

Opdr. V-1233

Boring B371

Opdrachtnummer V-1233
Project dijkversterking noordoostpolder
Datum rapport 04-Sep-1995



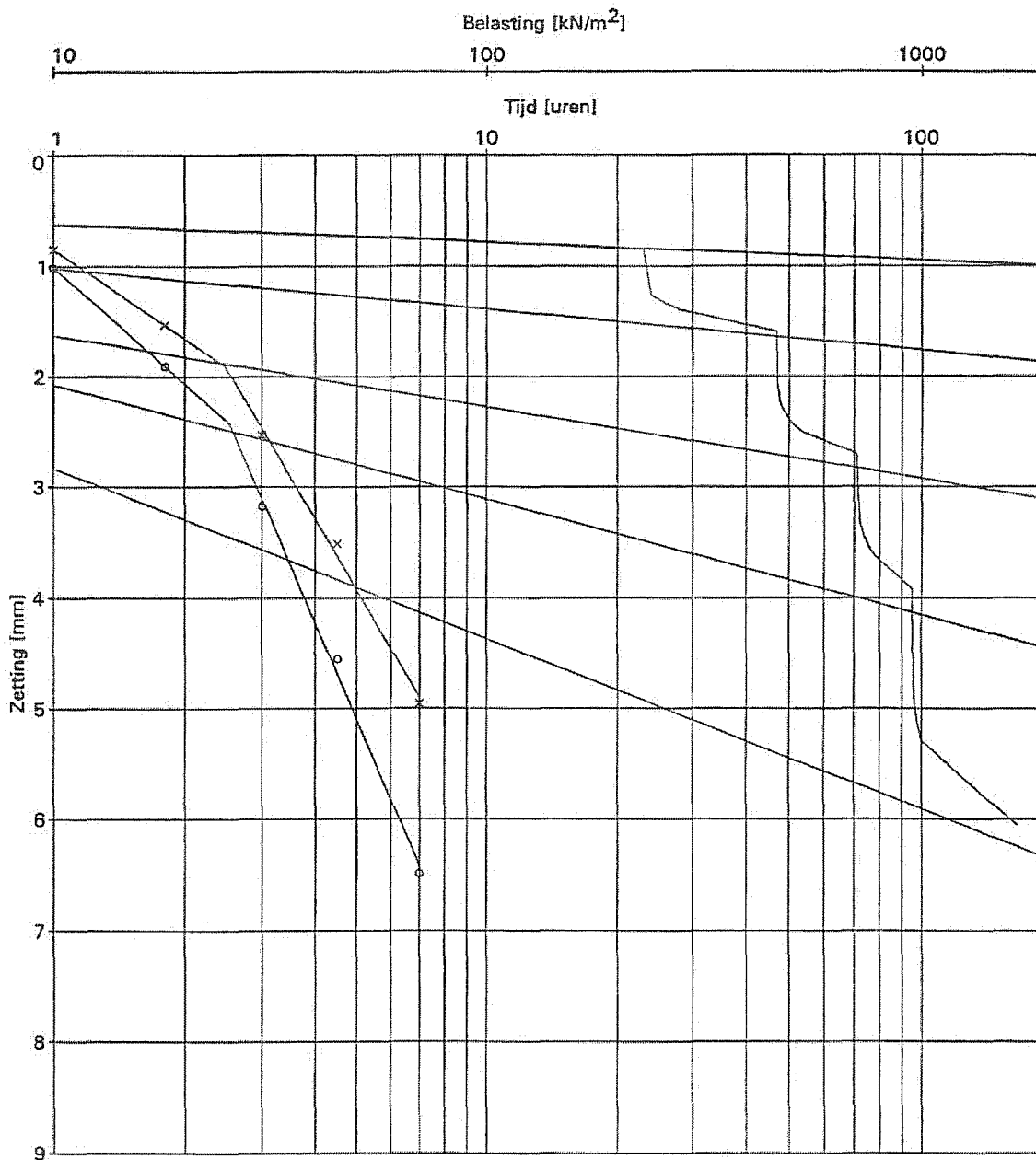
VOLUMEGEWICHT EN WATERGEHALTE

boring- nummer	monster- nummer	diepte tov. mv. [m]	volumiegewicht nat [kN/m3]	volumiegewicht droog [kN/m3]	watergehalte % [m/m]	poriënvolu- me % [v/v]	verzadig- gingsgraad %
8371	1	0.80	16.6	11.4	46.1	56.2	95.3
8371	2	1.80	15.9	9.9	61.6	62.1	99.7
8371	3	2.80	12.6	5.3	136.1		
8371	4	3.80	12.3	4.8	157.2		
8371	5	4.80	11.2	3.9	185.3		
8371	6	5.80	16.7	12.7	31.3	51.0	79.7
8371	7	6.80	11.1	3.0	267.8		
8371	8	7.80	17.6	14.4	22.5	44.8	73.7

Opgesteld door: *Vln*

Gecontroleerd: *A*

Opdr.: V-1233
Bijl.: 1-K37



Made by: \\\\l:\rfd:13-sop-95 Checked by: \\\\l:\rfd:13-sop-95

AHM OEDO 00.15 /11:16:38/3.OED

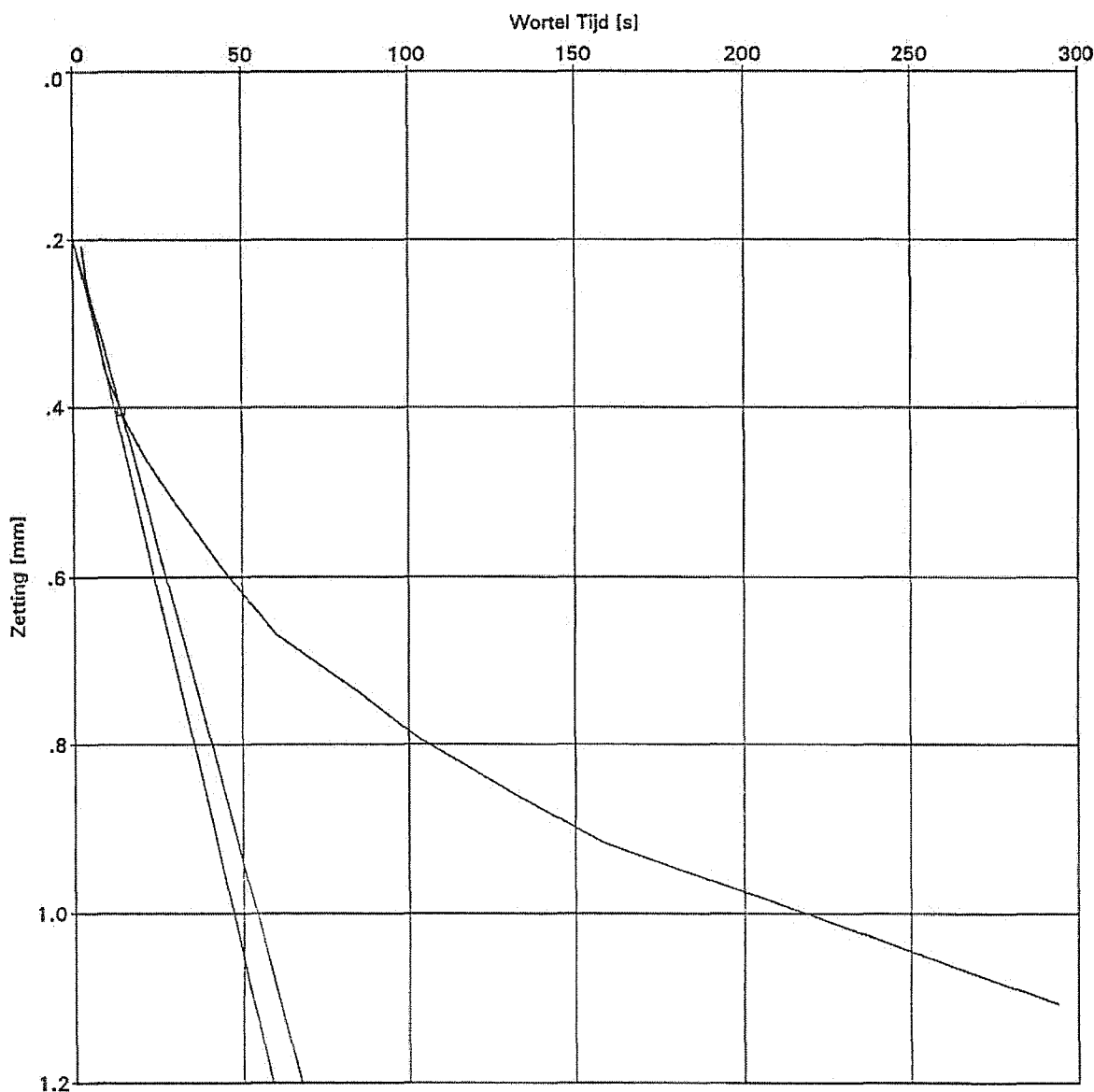
Boring : B371
 Monster : 3
 Diepte-MV : 2.95 m
 Grondsoort : VEEN, mineraalarm, bruin/zwart

Vg nat = 10.0 kN/m³
 Vg droog = 1.5 kN/m³
 Watergehalte = 573.0 %

C1	=	7.7
C2	=	2.8
Pg	=	25 kPa
1/Cp1	=	.0583
1/Cs1	=	.0178
1/Cp2	=	.1435
1/Cs2	=	.0524
Hoogte	=	20.0 mm
Diameter	=	65.0 mm

Samendrukkingsproef methode KEVERLING BUISMAN
 Dijkversterking Noordoostpolder

Opdr. V-1233
 2-K37

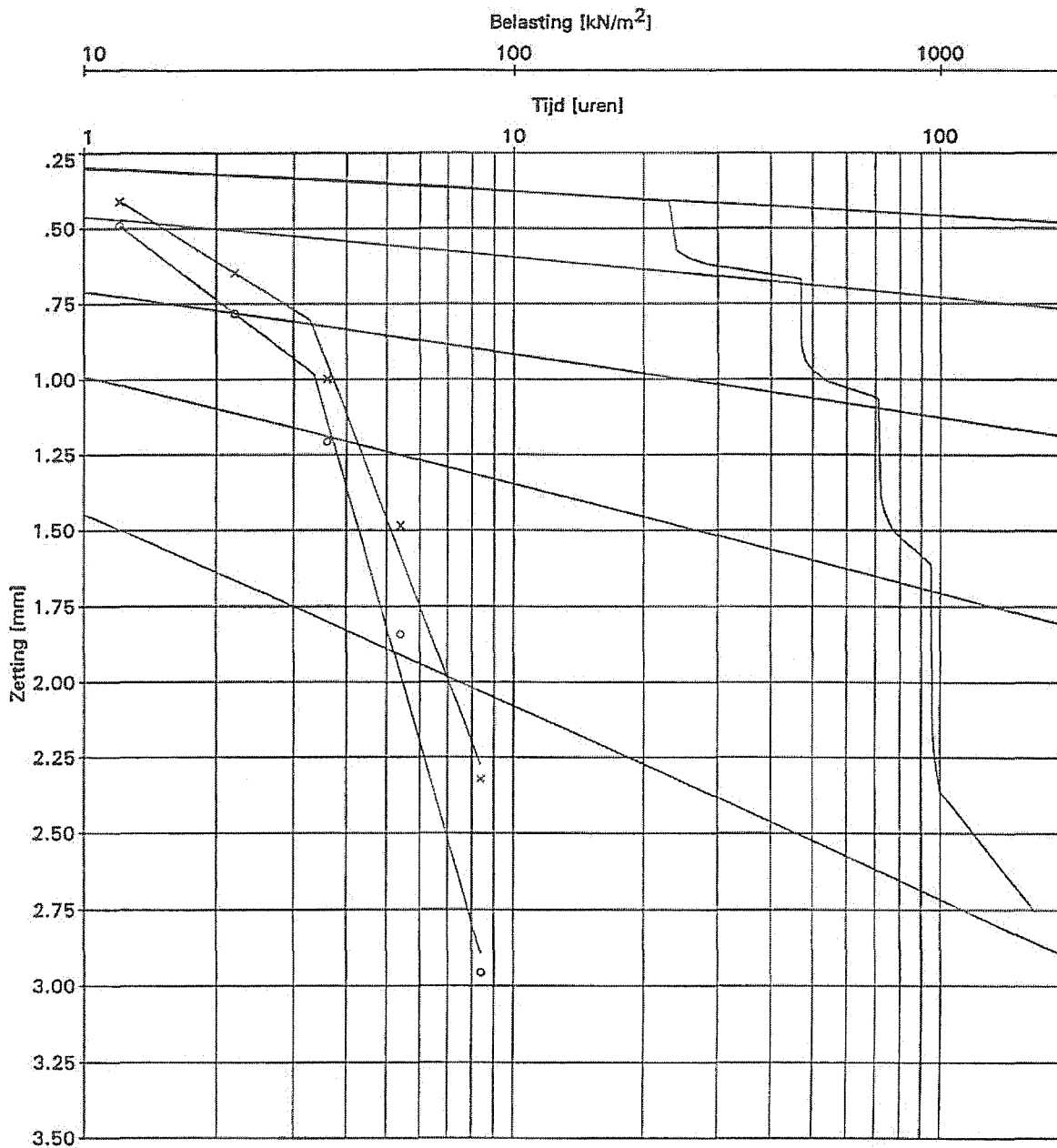


Meds by/... d:13-aop-95 Checked by: V4cdd: 13-53-95 S

Boring : B371
 Monster : 3
 Diepte-MV : 2.95 m
 Grondsoort : VEEN, mineraalarm,
 bruin/zwart
 Belastingstrap : 3
 Belasting P : 30. kN/m²
 Belasting dP : 12. kN/m²
 Hoogte : 18.402 mm

Consolidatie		50	90	%
H	=	.116	.209	mm
H100	=	.232	.232	mm
t	=	48	196	s
c _v	=	3.3E-01	3.6E-01	mm ² /s
m _v	=	1.1E+00	1.1E+00	mm ² /N
k _v	=	3.5E-06	3.7E-06	mm/s

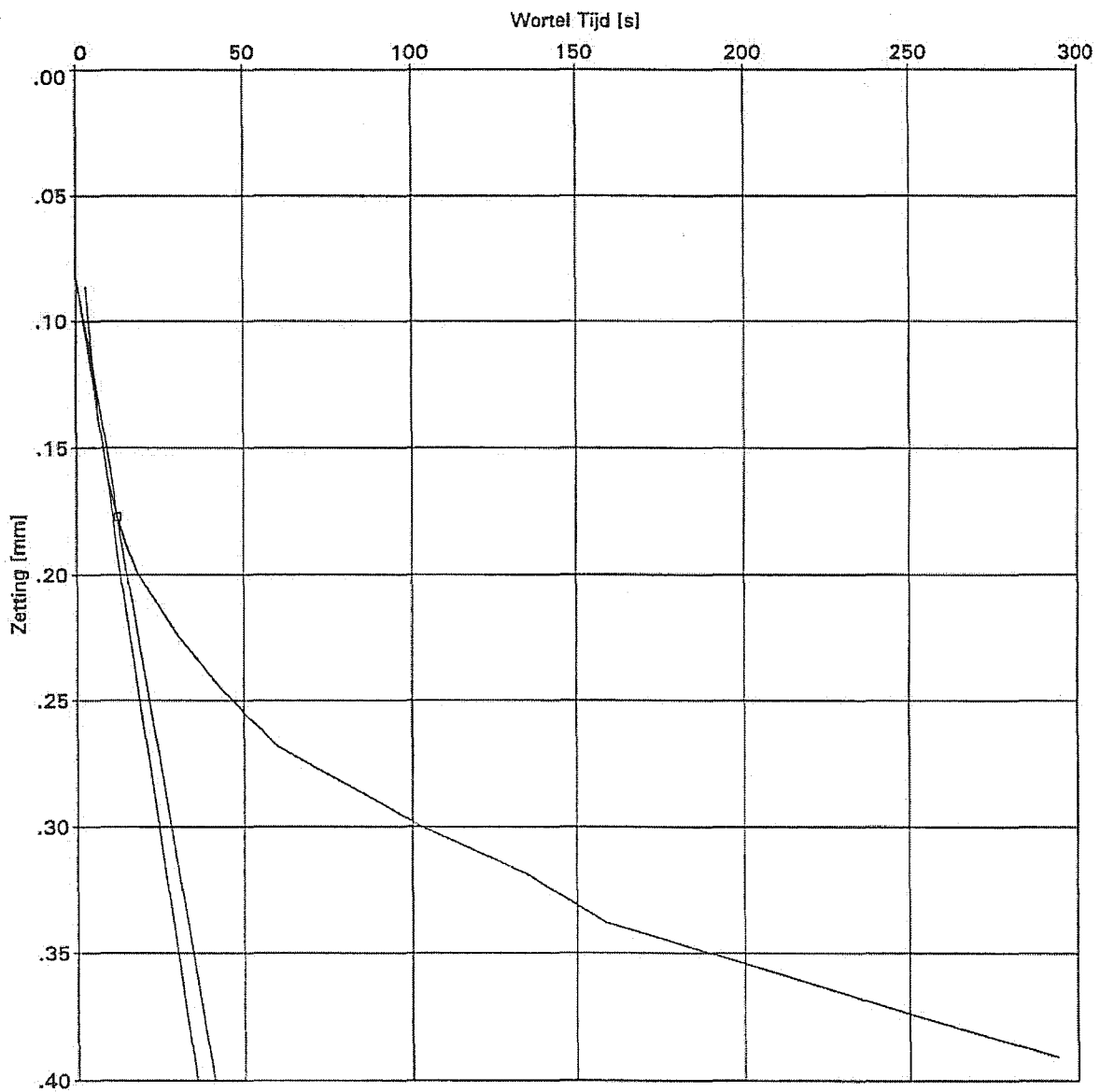
AHM ...00.09.15 /11:16:57/3.0ED



Mide byv. Jd:13-eep-95 Checked by:Vd:dd: 15-03-95

AHM OEDO 00.15 / 11:22:36/15.OED

Boring	: B371	C1	=	26.6
Monster	: 5	C2	=	5.5
Diepte-MV	: 4.80 m	Pg	=	33 kPa
Grondsoort	: KLEI, sterk siltig, matig humeus, grijs/bruin	1/Cp1	=	.0200
		1/Cs1	=	.0044
Vg nat	= 11.3 kN/m ³	1/Cp2	=	.0796
Vg droog	= 3.7 kN/m ³	1/Cs2	=	.0256
Watergehalte	= 206.4 %			
		Hoogte	=	19.7 mm
		Diameter	=	65.0 mm



Made by: .dd:13-sep-95 Checked by: V.A.dd: 13-sep-95

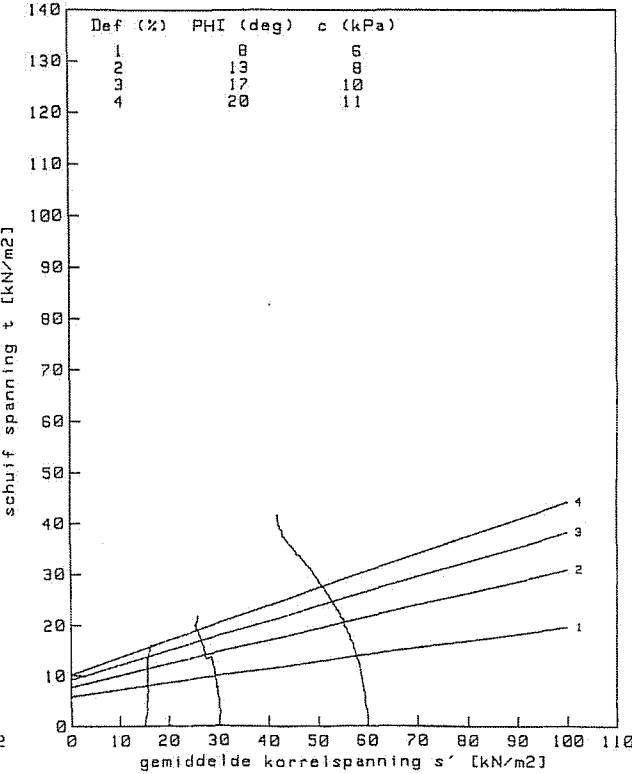
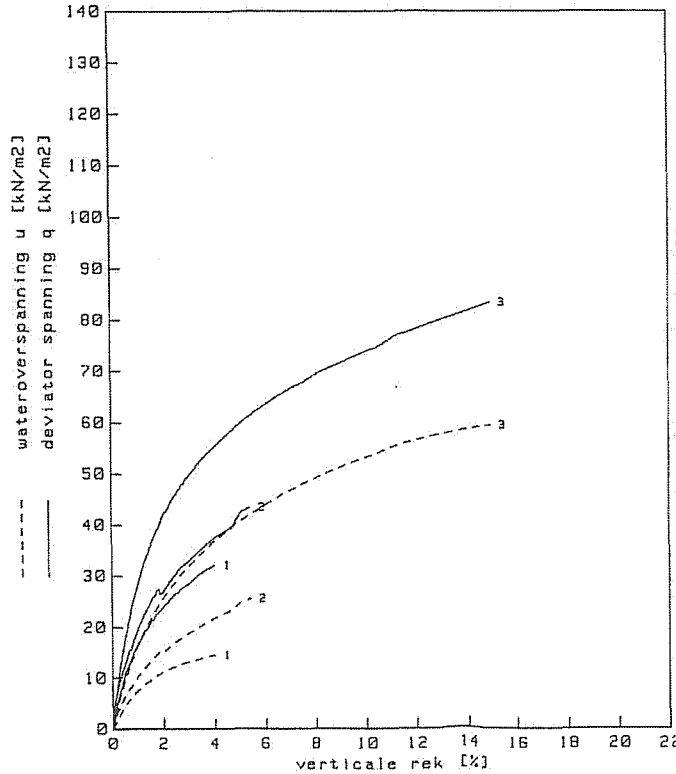
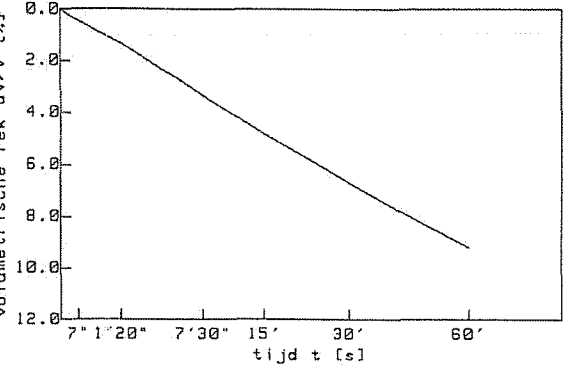
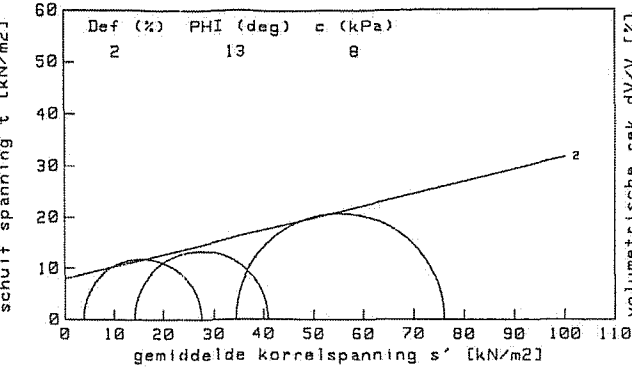
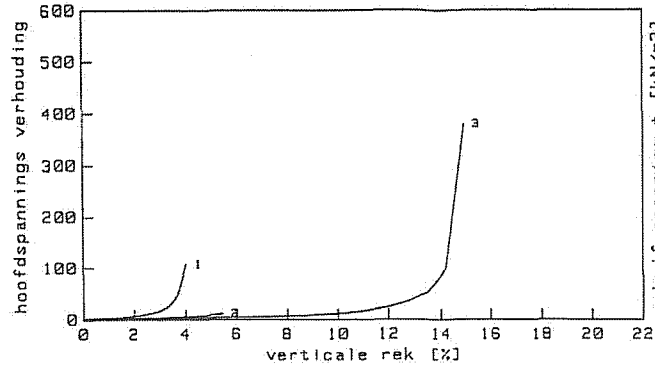
Boring : B371
 Monster : 5
 Diepte-MV : 4.80 m
 Grondsoort : KLEI, sterk siltig, matig humeus, grijs/bruin

 Belastingstrap : 3
 Belasting P : 36. kN/m²
 Belasting dP : 14. kN/m²
 Hoogte : 19.028 mm

Consolidatie		50	90	%
H	=	.053	.095	mm
H100	=	.106	.106	mm
t	=	35	149	s
c _v	=	5.0E-01	5.1E-01	mm ² /s
m _v	=	4.0E-01	4.0E-01	mm ² /N
k _v	=	1.9E-06	2.0E-06	mm/s

AFM - JO 09.15 /11:22:51/5.OED

TRIAX_STRT 910827/10-24-01/ HP5816
 Gemeente Vln ddi:13 Sep 1995
 Geocentrid : v d. ddi: 15-9-95



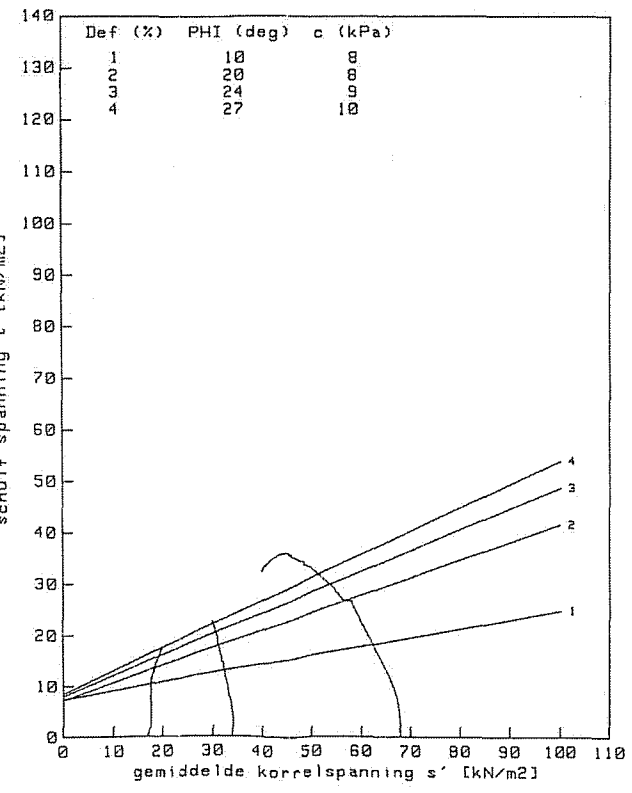
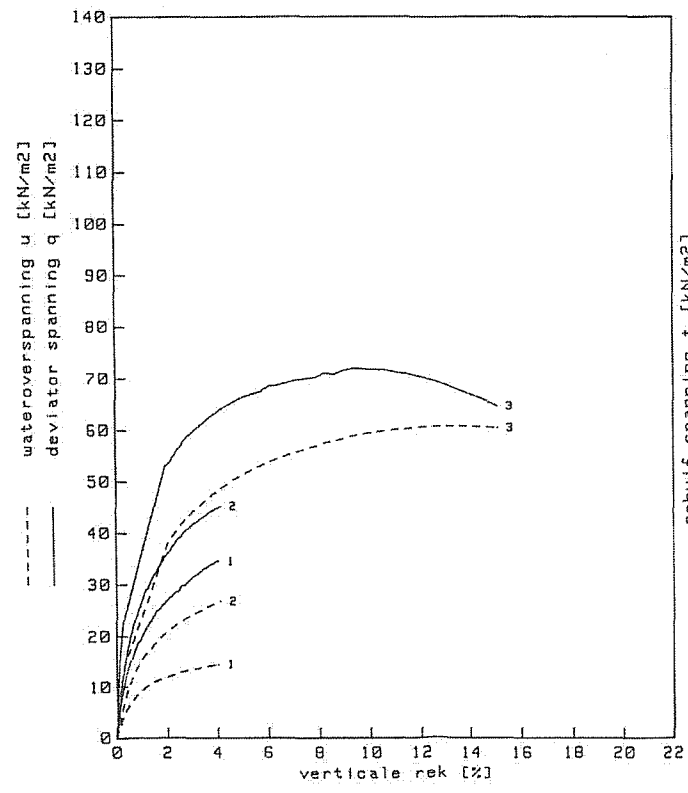
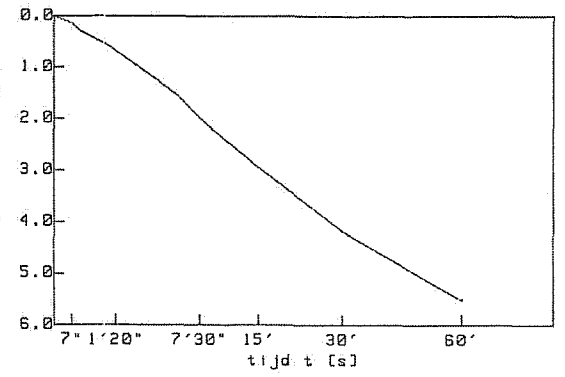
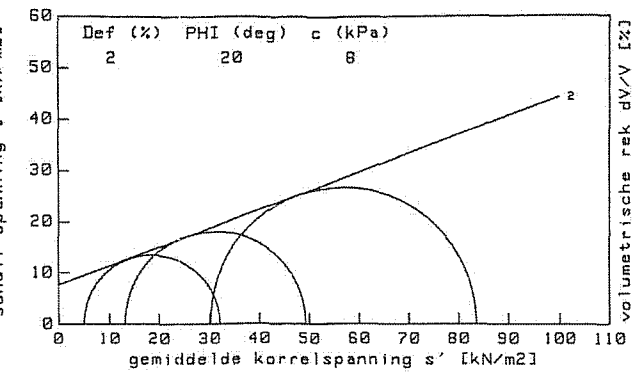
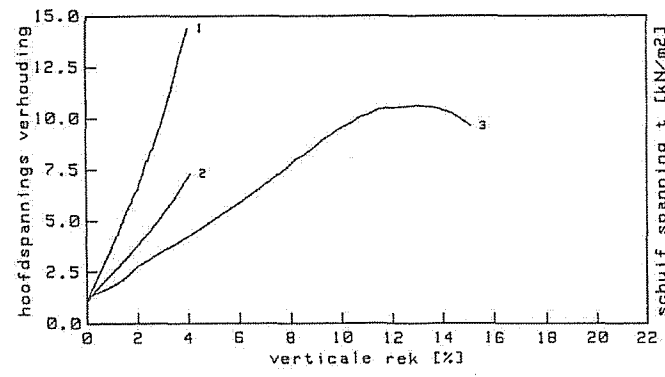
Boring : B371
 Monster : 3
 Diepte - M.V. : 2.85 m.
 Grondsoort : Veenvormig
 bruin/zwart

Soort monster : ONGEROED
 Test techniek : Meer traps
 Vervormingssnelheid : 6 %/uur

= INITIEEL =			
Watergehalte	: 504.8	-	- %
Nat volume gewicht	: 9.7	-	- kN/m3
Droog volume gewicht	: 1.6	-	- kN/m3
Hoogte	: 76.0	-	- mm
Diameter	: 38.0	-	- mm
Belastingstrap	: 1	2	3
Back pressure	: 300.	300.	300. kN/m2
Consolidatiedruk	: 15.	30.	60. kN/m2
B factor na verz.	: 1.00	-	-
Celdruk	: 315.	330.	360. kN/m2
S _u	: 16.1	21.8	41.7 kN/m2
ε ₅₀	: 1.0	1.2	2.0 %
E ₅₀	: 1.7	1.8	2.1 MN/m2



TRIRX_STAT 910827/101.14104/ HP9816
 Gemeente vln ddt13 Sep 1985
 Geconfrid t v d d: i3-9-85



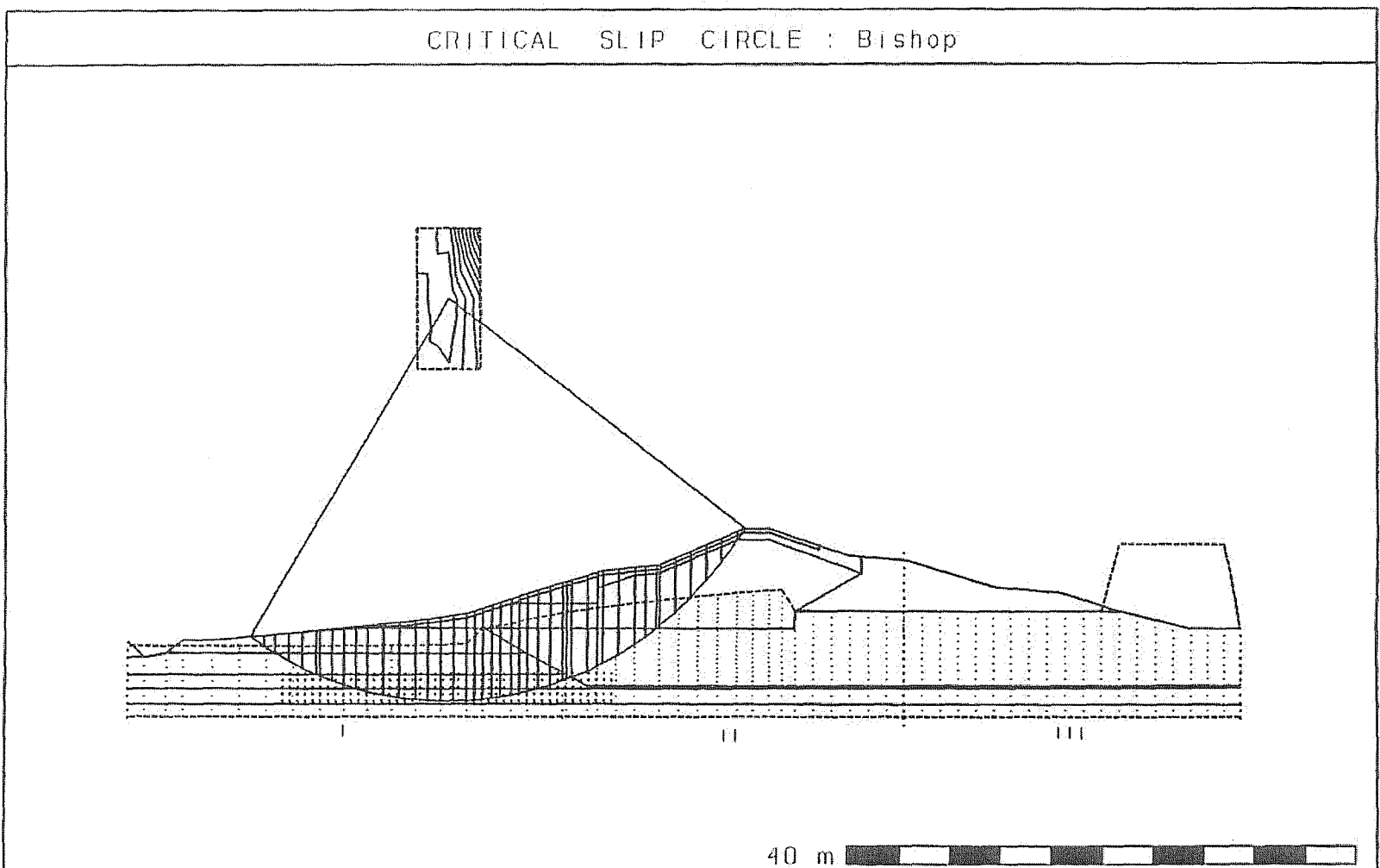
Boring : B371
 Monster : 5
 Diepte - M.V. : 4.70 m.
 Grondsoort : Klei sterk siltig matig humeus grijs/bruin
 Soort monster : ONGEROERD
 Test techniek : Meer traps
 Vervormingssnelheid : 6 %/uur

= INITIEEL =

Watergehalte	: 166.7	-	-	%
Nat volume gewicht	: 12.1	-	-	kN/m ³
Droog volume gewicht	: 4.5	-	-	kN/m ³
Hoogte	: 76.0	-	-	mm
Diameter	: 38.0	-	-	mm

Belastingstrap	: 1	2	3	
Back pressure	: 300.	300.	300.	kN/m ²
Consolidatiedruk	: 17.	34.	68.	kN/m ²
B factor na verz.	: .96	-	-	
Celdruk	: 317.	334.	368.	kN/m ²
S _u	: 17.3	22.7	36.0	kN/m ²
ε ₅₀	: .7	.7	1.0	%
E ₅₀	: 2.5	3.3	3.7	MN/m ²

STABILITEIT BINNENTALUD HUIDIGE SITUATIE
 ZUIDERMEERDIJK NOORDOOSTPOLDER KM 36,0



FUGRO GEOTECHNIEK	$X_m = 25.00 \text{ m}$	$R = 28.49 \text{ m}$	$iso 1 = 1.410$
Lic:0057 Cop:N1	$Y_m = 20.00 \text{ m}$	$F_{min} = 1.410$	$iso 11 = 1.502$
GD MSTAB [6.0]	Dijkverzwarening Noordoostpolder		
File : V1233K36	Zuidermeerdijk km 36,0		

Opdr. : V-1233/041
 Bijl. : 1-K36



