Onderzoek naar de veiligheid van de boezemkade van de polder Vierambacht

A-74.006

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen

Inhoudsopgave polder Vierambacht.

		bladz.
1.	Inleiding	1
2.	Beschrijving van de polder, de boezem en de kade	2
2.1.	De polder	2
2.1.1.	Ligging	2
2.1.2.	Oppervlakte en peilen	2
2.1.3.	Economische belangen	2
2.1.4.	Gevolgen van een doorbraak	3
2.2.	De boezem	3
2.2.1.	Oppervlakte en peilen.	3
2.2.2.	Mogelijkheden tot compartimentering.	3
2.2.3.	Gevolgen van een doorbraak	4
2.3.	De kade	4
2.3.1.	Lengte van de kade	4
2.3.2.	Beschrijving van de kade aan de hand van de gemeten dwarsprofielen	4
2.3.3.	Beschrijving van de kade	5
2.3.4.	Vreemde objecten	6
3.	Geschiedenis en toekomst	8
3.1.	Geschiedenis	8
3.1.2.	Enkele gegevens van de kade bij de aanleg	8
3.2.	Toekomst	9
4.	Geologische beschrijving	10
4.2.	Overzicht van de geologische geschiedenis	10
5.	Grondonderzoek	12
5.1.	Keuze van de te onderzoeken dwarsprofielen	12
5.2.	Uitvoering van het grondonderzoek	12
5.3.	Metingen van het freatisch vlak	14
5.4.	Keuze van profielen voor stabiliteitsonderzoek	15
6.	Maatgevende boezemstand	17
7.	Stabiliteitsonderzoek	18
8.	Beoordeling van de veiligheid van de gehele kade	19
9.	Samenvatting	20

Bijlagenlijst Vierambacht

Bijl.nr.	Tek. nr.	Omschrijving
1	A2.74.89	Situatie
2	A5.74.90	Dwarsprofiel 1 en 2
3	A5.74.91	Dwarsprofiel 3 en 4
4	A5.74.92	Dwarsprofiel 5 en 6
5	—	Bijlagen L.G.M.-brief, betreffende geologische beschrijving.
6	—	Bijlagen L.G.M.-brief, betreffende grondonderzoek.
7	—	L.G.M.-rapport CO-22246-0/I
8	A1.75.63	Foto 1 t/m 3
9	A1.75.64	Foto 4 t/m 6
10	A1.75.65	Foto 7 t/m 9
11	A1.75.66	Foto 10 t/m 12

1. Inleiding.

In het kader van het systematisch kadeonderzoek is een onderzoek ingesteld naar de veiligheid van de boezemkade rond de polder Vierambacht. Deze polder behoort tot het Hoogheemraadschap van Rijnland en ligt in de provincie Zuid-Holland.

De kade beschermt een groot, diepliggend, agrarisch gebied met enkele woongebieden (o.a. Woubrugge).

Het onderzoek is uitgevoerd in de kaden langs de Woudwetering, Braassemermeer, het Paddegat en de Leidsche Vaart. Er is een verkenning uitgevoerd, waarbij onder meer dwarsprofielen zijn gemeten, de bestaande geologische en bodemkundige gegevens zijn geanalyseerd en gegevens omtrent onderhoud en gedrag van de kade werden verzameld. Het grondmechanisch onderzoek en de rapportering hierover is verricht door het Laboratorium voor Grondmechanica (L.G.M.). Tevens is gebruik gemaakt van gegevens uit de archieven van Rijnland, die de Technische Dienst van het Hoogheemraadschap van Rijnland beschikbaar heeft gesteld.

2. Beschrijving van de polder, de boezem en de kade.

2.1. De polder.

2.1.1. Ligging.

De ten noorden van Alphen aan de Rijn liggende polder wordt aan twee zijden door boezemwater begrensd: In het noorden door de Leidsche Vaart, de Braassemermeer en het Paddegat; in het westen door de Woudwetering. In het zuiden wordt de polder van de polder Oudshoorn gescheiden door de ringdijk en in het oosten door een polderkade van de Uiteindsche- en Middelpolder (foto 1).

2.1.2. Oppervlakte en peilen.

De waterstaatkundige oppervlakte van de polder is 1745 ha. Het zomerpeil is N.A.P.-5,38 m en het winterpeil is N.A.P.- 5,43 m. Enkele gebieden vormen hierop een uitzondering:

a) In de Vaarsloot en in de wateringen aan weerszijde van de weg in de Ridderbuurt wordt hetzelfde peil gehandhaafd als in de polder Oudshoorn (zomerpeil N.A.P.-2,25 m en winterpeil N.A.P.-2,38 m).
b) In het polderdeel ten zuiden van de Heuvelweg en ten westen van de Vaarsloot wordt het peil gehandhaafd tussen N.A.P.-5,00 m en N.A.P.-5,38 m.
c) In het noordoosten van de polder, oostelijk van de weg naar Langeraar is het zomerpeil N.A.P.-5,20 m en het winterpeil N.A.P.-5,35 m.

Het gedeelte van de polder tussen de Ringdijk en de Heuvelweg wordt opgespoten tot N.A.P.-3,80 m (foto 2).

2.1.3. Economische belangen en aantal inwoners.

De belangen in de polder liggen hoofdzakelijk in de agrarische sector. Bovendien liggen enige woongebieden geheel of gedeeltelijk in de polder, zoals: Woudse Dijk, Woubrugge en Ridderbuurt. Op het opgespoten gebied (2.1.2.) zullen 4600 woningen worden gebouwd. Het huidige inwonertal kan op 6500 à 7000 worden geschat.

In de polder ligt de provinciale weg Alphen aan de Rijn-Leimuiden.

2.1.4. Gevolgen van een doorbraak.

Bij een doorbraak van een boezemkade van de polder Vierambacht wordt de inundatiediepte bij vrije toestroming van boezemwater meer dan 2,00 m. De eventuele slootberging van de polder is hierbij niet in rekening gebracht en er is uitgegaan van de oorspronkelijke maaiveldhoogte (geen opspuitingshoogte). De aangrenzende polders, die van de polder Vierambacht zijn gescheiden door binnenkaden, inunderen niet. De Uiteindsche Middelpolder heeft een gemiddelde maaiveldhoogte van N.A.P.-1,50 m, terwijl de tussenkaden en -boezem nog hoger liggen. Komt er in de polder Vierambacht ± 2,50 m water te staan, dan ligt dit waterniveau op N.A.P.-2,00 m, wat ongeveer gelijk is aan het slootpeil in de Uiteindsche Middelpolder. Voor de polder Oudshoorn geldt hetzelfde. Door de opspuitingen (zie punt 2.1.2.) in deze polder ligt het maaiveld in deze polder hoger dan het niveau van het water in de geïnundeerde polder Vierambacht.

2.2. De boezem.

2.2.1. Oppervlakte en peilen.

Rijnlands boezem heeft een oppervlakte van ca. 4000 ha. Het peil van de boezem wordt in de zomer zoveel mogelijk gehouden tussen N.A.P.-0,55 m en N.A.P.-0,60 m. In de winter ligt het peil tussen N.A.P.-0,60 m en N.A.P.-0,65 m.

2.2.2. Mogelijkheden tot compartimentering.

De boezemwateren, die aan de polder Vierambacht grenzen, zijn niet van de rest van Rijnlands boezem te scheiden. Wel zijn er in de direkte omgeving boezemscheidingen aanwezig. Ten tijde van de verkenning waren wel enkele scheidingen in ontwerp, onder andere in de Heimanswetering en in de Oude Wetering. Deze scheidingen zullen in de toekomst wel een afsluiting kunnen vormen tussen de boezemwateren rond de polder en het overige boezemwater.

2.2.3. Gevolgen van een doorbraak.

Bij een volledige inundatie van de polder zoals in 2.1.4. is berekend, daalt de boezem 1,10 m tot 1,30 m (hierbij is van een ongecompartimenteerde boezem uitgegaan). Deze sterke daling zal hinderlijk zijn voor de scheepvaart. Ook zullen de buitentaluds van aangrenzende boezemkaden door de plotselinge waterstandverlaging afschuiven.

2.3. De kade.

2.3.1. Lengte van de kade.

De kade langs de Woudwetering heeft een lengte van 3 km. De kade langs het Paddegat en de Braassemermeer heeft een lengte van 2,75 km. De kade langs de Leidsche Vaart heeft een lengte van 3,5 km.

2.3.2. Beschrijving van de kade aan de hand van de gemeten dwarsprofielen.

De dwarsprofielen 1 en 2 zijn gemeten over de kade van de voormalige Zwetpolder in het noord-westen van de polder. Zowel bij dwarsprofiel 1 als bij dwarsprofiel 2 ligt er voor de kade vlietland van 3,00 à 4,00 m breedte (foto 3). Dit vlietland ligt maar enkele centimeters hoger dan de boezem, indien deze een stand heeft van N.A.P.-0,60 m. Bij iets hogere waterstand ligt het vlietland onder water. Het binnen- en buitentalud lopen flauw op tot het hoogste punt van de kade. Hierdoor is de knik van de binnen- en buitenkruinlijn moeilijk te onderscheiden.

Het binnentalud heeft een helling van 1 : 5 of flauwer. Ter plaatse van dwarsprofiel 2 is het binnentalud niet vlak, maar bolvormig. Achter de bobbel is het talud iets steiler (1 : 3). Bij dwarsprofiel 1 ligt de teensloot 30,00 m en bij dwarsprofiel 2, 50,00 m uit de kade. De dwarsprofielen 3, 4 en 5 komen qua vorm sterk met elkaar overeen.

Dwarsprofiel 3 ligt nog aan de Braassemermeer. De dwarsprofielen 4 en 5 liggen aan de Leidsche Vaart. Voor de kade ter plaatse van dwarsprofiel 3 ligt vlietland (zie profielen 1 en 2).

De kruin van de kade, direkt langs de boezem, ligt op N.A.P.+0,10 m (ter plaatse van dwarsprofiel 5 N.A.P.). Naast deze groene kruin ligt (naar binnen) een 4,00 m à 5,00 m brede asfaltweg, die ongeveer op N.A.P. ligt. Het binnentalud bij deze profielen heeft een helling van 1 : 3 of flauwer. De teensloot ligt op 30,00 m à 40,00 m uit de kade. Het buitentalud bij de profielen 4 en 5 wordt verdedigd door grof puin. Het buitentalud van profiel 5 heeft onder boezemniveau, op N.A.P.-0,80 m, een berm. Het buitentalud van profiel 3 is onverdedigd (vlietland). Dwarsprofiel 6 is gemeten over het gedeelte van de noordelijke kade van de polder tegenover de Langeraarsche Plassen. Dit profiel vertoont weer grote overeenkomst met de profielen 1 en 2. Er ligt geen weg op de kruin en het binnentalud heeft een flauwe helling (1 : 5 à 1 : 7). De kruinbreedte is 4,00 m à 5,00 m. De kruinhoogte is N.A.P.-0,12 m Het vlietland voor de kade ontbreekt, maar voor de kade ligt, evenals bij profiel 5, een berm op N.A.P.-0,75 m. De teensloot ligt op ruim 40 meter uit de binnenkruinlijn.

2.3.3. Beschrijving van de kade.

Langs de Woudwetering ligt bebouwing van Woubrugge (foto 4 en 5). De kruin van de kade is zeer breed (tot 100 m), terwijl het binnentalud op vele plaatsen onderbroken wordt door op- en afritten van en naar huizen, die aan en achter de teen van de kade staan. Tussen de bebouwing en het binnentalud loopt in de lengte-richting van de kade, een 4,00 m à 5,00 m brede asfaltweg. Op enkele plaatsen zijn uitlopers van de boezem dwars op de kade tot de weg gemaakt ten behoeve van jachtwerfjes en fabrieken. Het buitentalud wordt door vele soorten beschoeiingen verdedigd, zoals: houten- en betonnen damwanden, betonnen muren en geïmproviseerde beschoeiingen. Het kadegedeelte ten zuiden van de bebouwing tussen de betonfabriek en de Heuvelweg is een groene kade. Tussen de kade en de boezem ligt hier een sloot en de bovengenoemde weg (foto 6). Direkt achter de kade zijn opspuitingen verricht door de gemeente Alphen aan de Rijn.

De zes dwarsprofielen, die gemeten zijn over de kade langs het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart

geven een goed beeld van de kade langs deze drie boezemwateren. De gehele kade om de voormalige Zwetpolder is bekleed met een grasmat (foto 7), die op vele plaatsen vernield is door groot vee. De teensloot ligt steeds op grote afstand van de kade en het binnentalud is flauw (zie punt 2.3.2.). Hierdoor krijgt de kade een zeer ruim profiel. De overhoogte van de kruin is op enkele plaatsen minimaal. De in punt 2.3.2. bij dwarsprofiel 2 geconstateerde onregelmatigheden in het binnentalud, komen op meerdere plaatsen voor. Er is geen kwel geconstateerd. Het gedeelte van de kade, waar een weg op de kruin ligt, vanaf 100 m voorbij dwarsprofiel 2 tot Langeraar is minder onregelmatig van vorm, doordat het binnentalud iets steiler is (foto 8).

Langs de Braassemermeer ligt voor de kade vlietland (zie de profielen 1, 2 en 3)(foto 9 en 10).
Langs de Leidsche Vaart ligt geen vlietland voor de kade, maar wordt het buitentalud op vele plaatsen verdedigd door grof puin (foto 11) (alleen in de bocht, die de Leidsche Vaart maakt ligt vlietland voor de kade). Bij Woudse Dijk en Langeraar ligt boezemland met bebouwing erop voor de kade (foto 12).
De kade tegenover de Langeraarsche Plassen is weer een groene kade. De kruin is overal 4,00 à 5,00 m breed. Het binnentalud vertoont dezelfde onregelmatigheden als bij de kade om de voormalige Zwetpolder. De in punt 2.3.2. genoemde kruinhoogte en taludhelling zijn representatief voor dit kade gedeelte. De teensloot ligt overal op ongeveer 40 m uit de kade en ook hier wordt het buitentalud op vele plaatsen verdedigd door grof puin.

2.3.4. Vreemde objecten.

Op de kade langs de Woudwetering staat vrijwel de gehele bebouwing van Woubrugge.
Er zijn in de bebouwde kom allerlei soorten oeververdedigingen aangelegd; op vele plaatsen zijn inhammen en het boezemland, waarop de bebouwing staat, ten behoeve van jachthavens en fabrieken. Er liggen bovendien vele distri-

butieleidingen in de kade en er staat in de bebouwde kom van Woubrugge vrij veel begroeiing (struiken, boomgroepen) op de kade. Op de binnenberm van de weg op het kadegedeelte van de betonfabriek tot het gemaal staan knotwilgen.
Op of in de kade langs het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart zijn geen vreemde objecten aanwezig.
Voor de gedeelten van deze kade ter plaatse van Woudse Dijk en Langeraar geldt hetzelfde als voor de kade in Woubrugge.

3. Geschiedenis en toekomst.

3.1. Geschiedenis.

3.1.1. De droogmakerij, de polder Vierambacht, is ontstaan in 1744 toen de gronden,waaruit de polder bestaat,ontveend werden, waardoor zogenaamde veenplassen ontstonden, die een gevaar gingen opleveren voor de omliggende gebieden. De polder is ontstaan uit een negental kleine polders of gedeelten ervan. Dit waren de Zwetpolder, de Vroonlandsche polder, de Heerewegse polder, de Middelpolder, de Uiteindsche polder, de Heuvelpolder, de Kalkovensche polder, de Kleine polder en de Grote polder.
Na de droogmaking zijn er enkele doorbraken geweest (1744, 1767 en 1788). Bij de laatste doorbraak is de polder volledig geinundeerd tot een hoogte van meer dan 3,50 m (vergelijk met punt 2.1.4.). Bij de droogmaking van de nieuwe polder was deze nog niet overal ontveend. Het zuiden en het noordoosten van de polder zijn respectievelijk 30 en 12 jaar, na het ontstaan van de droogmakerij, ontveend en drooggelegd.

3.1.2. Enkele gegevens van de kade bij de aanleg.
Als eerste eis werd gesteld, dat de kade op vaste grond gelegd moest worden. Hierbij dacht men niet aan het ontgraven van de grond tot een vaste zand-of kleilaag, maar men bedoelde ermee, dat de kade op droge veengrond gelegd moest worden. De kade kreeg op die veengrond een breedte aan de voet van 5 roeden (ongeveer 19 meter) en een kruinbreedte van 1 roede (3,78 m). Werd de polder verder ontveend, dan moest na ontvening de kade aan de voet 7 roeden (ong. 26,50 m) breed zijn. Dit kwam eropneer dat er aan binnentaludzijde 2 roeden bijkwam.
De minimum waakhoogte werd toen op 80 à 90 cm bepaald.
Door deze opbouw van de kade, die op vele gedeelten door plaatselijke omstandigheden aangepast is, komt de kade aan haar huidige onregelmatige profiel. In de loop

der tijden is de kade meerdere malen met plaatselijk of aangevoerd materiaal verhoogd om een behoorlijke waakhoogte te handhaven.
De opbouw van de kade zou er van de kruin tot de voet aldus uit moeten zien:

a. geroerde opgebrachte grond - veen, zand, klei.
b. geroerd veen - afkomstig uit de polder.
c. ongeroerd veen - eigenlijke ondergrond van de kade; samengeperst door het gewicht van de kade.
d. zeeklei - Calais afzettingen.

3.2. Toekomst.

In de punten 2.1.2. en 2.1.3. is al even gesproken over het gebied in de polder dat opgespoten wordt met zand ten behoeve van woningbouw voor de gemeente Alphen aan de Rijn. Dit omvat globaal het gebied ten zuiden van de Heuvelweg, waarbij een smalle strook tussen dit gebied en de Heuvelweg vrijgehouden wordt voor de aanleg van een nieuwe secundaire weg, die van de Woudwetering langs de Heuvelweg, via de polder Oudshoorn naar het Aarkanaal moet gaan lopen. De opgespoten gebieden (men is al bijna klaar) hadden voor de opspuiting een gemiddelde maaiveldhoogte van N.A.P.-4,70 m. Hierop spuit men 1,00 m zand, terwijl het slootpeil wordt gehandhaafd.
Men heeft berekend, dat na zakkingen en zettingen er ± 1,00 m droog materiaal overblijft. Het is de bedoeling, dat er 4600 woningen op dat gebied worden gebouwd. Het inwoneraantal van de polder komt daardoor 15.000 à 16.000 hoger te liggen. De gemeente Alphen aan de Rijn heeft geen plannen voor verdere bebouwing (opspuitingen) in de polder. Dit geldt ook voor de gemeente Woubrugge.

4. Geologische beschrijving.

4.1. Het L,G.M. heeft een geologische beschrijving van het gebied gegeven, waarbij van de volgende gegevens is gebruik gemaakt:

1) Archiefgegevens van boringen en sonderingen uitgevoerd door het L.G.M.
2) Toelichting bij de nieuwe Geologische kaart van Nederland.
3) Geologische kaart van Nederland 31 kwartblad I en III
4) "De rivierstreek" door Dr. T. Vink.
5) "Geologie van Nederland" door Dr. F.J. Faber.
6) "Kaarten van Rijnland, Delfland en Schieland 1611 - 1615".

In de profielen van de bijlagen 5K1 en 5K2 zijn mede boor- en sondeerresultaten van het L.G.M. verwerkt, die binnen 200 m ter weerszijden van de profielen zijn uitgevoerd, alsmede de recente resultaten van het vooronderzoek.
Bij de interpretatie van de sondeerresultaten werd de grafiek van Dr. Ir. Begemann gebruikt, waarbij grondsoorten zijn gekoppeld aan de verhouding van de plaatselijke kleef- en sondeerwaarde. Op bijlage 5P1 is het betreffende deel van de Geologische kaart van Nederland op schaal 1 : 25000 overgenomen. Deze kaart verschaft gegevens over de bovenste lagen van het achterland van de kaden (de polders).

4.2. Overzicht van de geologische geschiedenis.

Tijdens de laatste ijsperiode in het laat-Pleistoceen werden de periglaciale afzettingen (Formatie van Twente) gevormd, welke door eolische zanden (dekzanden) worden vertegenwoordigd. In het begin van het Holoceen begon de zeespiegelrijzing als gevolg van het afsmelten van het landijs door klimaatverbetering. De nadering van de zee had tot gevolg, dat de grondwaterspiegel werd verhoogd, wat er toe bijdroeg, dat veenvorming kon optreden.
Het op deze wijze ontstane veen wordt Basisveen genoemd.
In dit veenlandschap drong de stijgende zee steeds verder binnen. Er ontstond een marien pakket, dat over het

algemeen bovenin uit kleien en onderin uit siltige zanden met kleilaagjes of kleien bestaat (Formatie van Calais). De granulaire samenstelling van deze Calais-afzettingen werd bepaald door het stromingspatroon. Door locale stroomversnellingen konden geulen worden uitgeschuurd, waarna deze met grovere sedimenten werden opgevuld. Op die plaatsen, waar de sedimentatie een rustig verloop heeft gehad, werden fijne sedimenten (kleien) afgezet.
De hierna volgende daling van de zeespiegel, gepaard gaande met de vorming van een duinbarrière langs de kust, gaf aanleiding tot nieuwe veengroei. Het aldus gevormde veenpakket wordt samengevat onder de naam Hollandveen.
De tweede transgressie heeft het hier besproken gebied niet bereikt.
De recente geologische geschiedenis van de polders stond onder invloed van menselijke en atmosferische invloeden, die in het bijzonder de bovenste lagen van de polder (Hollandveen) wat de kwaliteit of continuïteit betreft, vrij sterk aantastten.

Ter plaatse van de kaden komen in principe de volgende profielen voor:

Opgebracht materiaal (kan ontbreken[x)])	Anthropogene gronden
Veen (kan ontbreken[x)])	Hollandveen
Klei met plantenresten zand, kleiig of klei zandig (plantenresten, schelpresten)	Formatie van Calais
Veen	Basisveen
Zand	Formatie van Twente

x) Zie bijlage 5K1.

5. Grondonderzoek.

5.1. Keuze van de te onderzoeken dwarsprofielen.

Bij de keuze van de door het L.G.M. te onderzoeken dwarsprofielen is van de volgende gegevens gebruik gemaakt:

a) De resultaten van de verkenning.
b) De geologische beschrijving van het gebied.
c) De geschiedenis van de kade.

Volgens het voorgaande is de kade in de volgende gedeelten te splitsen:

5.1.1. De kade langs de Woudwetering komt, vanwege zijn zware profiel en hooggelegen achterland, niet voor grondonderzoek in aanmerking.

5.1.2. De kade langs het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart hebben over de gehele lengte ongeveer eenzelfde profiel. In profiel 1, 3 en 5 is onderzoek gedaan om na te gaan of de grondsamenstelling van deze profielen dezelfde is, zoals de geologische beschrijving veronderstelt. In profiel 6, tegenover de Langeraarse Plassen is onderzoek gedaan, omdat wordt verondersteld dat de grondopbouw in het kadegedeelte ten zuiden van de Langeraarse weg meer veen te verwachten is en de opbouw van de kade daardoor afwijkt van het gedeelte ten noorden van de Langeraarse weg (ter plaatse van profiel 1, 3 en 5).

5.2. Uitvoering van het grondonderzoek.

Het L.G.M. heeft in de profielen 1, 3, 5 en 6 grondonderzoek uitgevoerd en verslag uitgebracht in brief CO-22246-0/21, die in het onderstaande is verwerkt.

Het L.G.M. heeft het volgende veldwerk uitgevoerd: 7 middelzware sonderingen nos. 1-1 en 1-2; 3-1 en 3-2; 4-1 en 4-2; 6-1. 14 continu boringen 29 mm nos. 1-1 t/m 1-4; 3-1 t/m 3-3; 4-1 t/m 4-3 en 6-1 t/m 6-4. Het aantal en de situering van de boringen in de uitgekozen profielen werd in overeenstemming met de afmetingen en de vorm van de kade vastgesteld dat wil zeggen in het

gebied dat voor een mogelijk stabiliteitsonderzoek van belang kan zijn. In principe één ter plaatse van de kruin van de kade gecombineerd met een middelzware sondering, en twee in het binnentalud. Waarschijnlijk door grote stukken hout in het veen ter plaatse van de boringen 1-2, 3-2 en 4-1 werd de gevraagde diepte niet gehaald. Om deze reden werden de naastliggende onderzoekpunten nos. 1-2, 3-2 en 4-2 ook met middelzware sonderingen aangevuld om de onderlinge correlaties tussen de grondopbouw en de sondeerwaarden te kunnen vaststellen.
Van de boringen zijn in het laboratorium de volumegewichten per halve meter lengte bepaald. Tevens zijn de grondsoorten beschreven en de boorresultaten gefotografeerd. Aan de uitgelegde en in de lengte doorgesneden grondmonsters zijn met behulp van een handpenetrometer de vastheden van de diverse lagen gemeten. De penetrometerwaarden (p) zijn grafisch weergegeven naast de boorprofielen.

De resultaten van alle boringen zijn getekend in de dwarsprofielen op de bijlagen 6D1 t/m 6D3.

De resultaten van de sonderingen zijn met de betreffende boringen op de bijlagen 6S1 t/m 6S7 weergegeven, waarbij de gemeten conusweerstanden en de plaatselijke wrijvingsweerstanden in kg/cm^2 tegen de diepte in m ten opzichte van N.A.P. zijn uitgezet.
De bijlagen 6F1 t/m 6F14 bevatten foto's van de boorresultaten.

De vaste Pleistocene zandlaag wordt bij de sonderingen op een diepte van N.A.P.-10,50 m à N.A.P.-11,00 m aangetroffen.
Ter plaatse van de kruin van de kaden zien de grondprofielen van beneden naar boven, in ouderdomsafname er als volgt uit: bovenop de Pleistocene zanden komt eerst een dik pakket voor, dat in principe uit twee delen bestaat.
Het onderste, dikste deel, is ter plaatse van de profielen 1 t/m 3 uit iets zandige kleien en ter plaatse van de profielen nos. 4 t/m 6 uit siltige zanden samengesteld, afwisselend door een aantal dunne kleilaagjes. Het bovenste

deel van dit pakket bestaat uit een vrij dunne kleilaag met plantenresten (dunner dan 1 m). Dit gehele complex behoort tot de Formatie van Calais.

Oorspronkelijk heeft boven op deze Formatie het Hollandveen gelegen, dat echter in de polder vrijwel geheel is verdwenen. Ter plaatse van de kaden is dit veenpakket nog wel aanwezig.

De kaden zelf zijn voornamelijk uit veen opgebouwd. De onderkant van de veenlaag neemt in diepte vanaf het westen naar het oosten af, namelijk van ca. N.A.P.-6,00 m in het profiel no. 1 naar ca. N.A.P.-4,50 m in het profiel no. 6. De dikte van het veen varieert van profiel naar profiel en hangt meer of minder af van de hoeveelheid opgebrachte specie. In de kruinboringen nos. 3-1 en 4-1 ligt op het veen geen ander opgebracht materiaal zodat de veenlaag daar tot aan het maaiveld reikt. In de overige onderzochte profielen is wel ander opgebracht materiaal aanwezig. Dit bestaat hoofdzakelijk uit kleien. De grootste dikte heeft deze kleilaag in boring no. 6-1, namelijk ca. 2 m.
Een duidelijke afwijking met betrekking tot de grondgesteldheid van het kadelichaam werd ter plaatse van het profiel no. 1 geconstateerd.
Zij bestaat onder de kadekruin uit kleien met dunne veenlaagjes. Onder het binnentalud worden verder naar het achterland meer zandige gronden aangetroffen.
Voor een nauwkeurig beeld van de grondopbouw van de kaden wordt verwezen naar de betreffende bijlagen.

5.3. Metingen van het freatisch vlak.

In alle profielen zijn open peilbuizen geplaatst om de hoogte van het freatisch vlak te kunnen bepalen. De peilbuizen zijn gedurende twee maanden waargenomen. In deze periode is een natte en een droge periode voorgekomen. Een verschil in hoogte van het freatisch vlak is in deze natte en droge periode duidelijk geconstateerd.

In de natte periode lag het freatisch vlak in alle profielen 0,25 m à 0,40 m hoger dan in de droge periode. Het is dus bij de stabiliteitsberekeningen van belang om de invloed te kennen van een verhoging van het freatisch vlak op de evenwichtscoëfficiënt.

Het freatisch vlak heeft in alle profielen vrijwel hetzelfde verloop. In profiel 2, 3, 5 en 6 ligt het freatisch vlak aan de teen bijna aan het oppervlak. Bij de stabiliteitsberekeningen zal daarom ook een geval worden berekend waarbij de teen is verzadigd met water.
Bij profiel 1 ondergaat de freatische lijn onder de kruin een sterke daling. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van het relatief ondoorlatende kleipakket onder de kruin en het relatief doorlatende veenpakket aan de teen van de kade.

5.4. Keuze van profielen voor stabiliteitsonderzoek.

Wat betreft de profielvorm is de gehele onderzochte kade vrijwel identiek. Profiel 3 en 4 hebben het steilste binnentalud en daardoor een iets ongunstiger vorm voor de stabiliteit dan de overige profielen.

Het merendeel van de kade bestaat uit veen, wel of niet door maximaal 2 m opgebrachte specie afgedekt. Slechts het kadegedeelte ter plaatse van het profiel no. 1 is hoofdzakelijk uit kleiige materialen opgebouwd.
Onder de kaden (oorspronkelijke lagen) komt in alle profielen eerst klei met plantenresten voor. Daaronder zet zich tot aan het Pleistoceen een pakket voort, dat ongeveer vanaf het westen tot aan het profiel no. 3 over het algemeen uit kleien of zandige kleien, en vanaf profiel no. 4 verder in oostelijke richting uit siltige zanden is gevormd.

De conusweerstanden en de volumegewichten van bovengenoemde lagen zijn in de onderstaande tabel verzameld:

	γ in t/m^3	conusweerstand in kg/cm^2
opgebracht materiaal	1,3 à 1,9	10 à 30
veen	gem. 1,05	5 à 10
klei met plantenresten	gem. 1,35	3 à 5
kleien of zandige kleien	gem. 1,45	3 à 5
siltige zanden	gem. 1,75	20 à 60

Er kan uit het bovenstaande worden geconcludeerd dat profiel 3 of 4 het meeste voor een stabiliteitsonderzoek in aanmerking komen. De keuze is gevallen op profiel 3. Men mag stellen dat dit profiel qua vorm, grondopbouw en verloop van het freatisch vlak als het ongunstigste van de kade kan worden aangemerkt. Als de stabiliteit van dit profiel dus voldoende is, kan de rest van de kade zonder meer als stabiel worden aangenomen.

Door middel van handboringen is getracht inzicht te verkrijgen in hoeverre profiel 1 als representatief voor een kadegedeelte mag worden gezien. Hierop wordt in hoofdstuk 8 nader ingegaan.

6. Maatgevende boezemstand.

In het rapport "Systematisch kadeonderzoek 1972" is een beschouwing gegeven over het voorkomen van een maatgevend peil op Rijnlands boezem. In dit rapport wordt een boezemstand van N.A.P.-0,35 m als maatgevend beschouwd. Deze stand zal bij de stabiliteitsberekeningen (hoofdstuk 7) worden gehanteerd.

7. Stabiliteitsonderzoek.

In hoofdstuk 5.4. is de keuze gemotiveerd van profiel 3, dat aan een nader stabiliteitsonderzoek is onderworpen. Een beschrijving van het onderzoek en de resultaten is in rapport CO-22246-0/I gegeven. Dit rapport is als bijlage 7 toegevoegd.

Uit het onderzoek blijkt dat laag 5, 6 en 7 van het meeste belang zijn voor de stabiliteit. Het grootste gedeelte van het glijvlak gaat door deze lagen en deze leveren een groot deel van het weerstrevend moment. De bij de celproeven gevonden c'-waarden zijn gemiddeld hoger dan die in Delfland in identieke lagen zijn gevonden (zie hiervoor rapport S-74.096). Als men met de gemiddelde ondergrenswaarden van Delfland een berekening uitvoert, komt de evenwichtsfaktor bij gemeten freatische lijn op 1,35 en bij de hoge freatische lijn op ongeveer 1,2. Uit onderzoek in de polders in de nabijheid van de polder Vierambacht, zoals de polders Oudendijk, Gnephoek en de Drooggemaakte Veender- en Lijkerpolder, blijkt dat de laagste waarde werd waargenomen in de polder Oudendijk. Het gemiddelde van vijf monsters was hier c'=0,025 en ϕ'=22,50. Als men met deze waarden een berekening uitvoert, komt de evenwichtsfaktor bij gemeten freatisch vlak op 1,44 en bij een hoog freatisch vlak op 1,3.

Gezien het bovenstaande lijkt de laatste berekening de werkelijkheid meer te benaderen, dan die met de gemiddelde ondergrenswaarden uit Delfland.

Profiel 3 kan dus als voldoende stabiel worden aangemerkt.

8. Beoordeling van de veiligheid van de gehele kade.

Uit de hoofdstukken 2 t/m 7 kunnen de volgende conclusies worden getrokken, wat betreft de veiligheid van de kade.

8.1. De kade langs de Woudwetering kan vanwege zijn grote afmetingen in het noorden en zijn hoog gelegen achterland in het zuiden als voldoende veilig worden gekwalificeerd.

8.2. Van de kaden langs het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart is profiel 3 wat betreft zijn vorm, grondopbouw en hoogte van het freatisch vlak representatief te stellen voor het grootste gedeelte van de kade. Er kan zelfs worden gesteld dat er geen ongunstiger profiel dan profiel 3 is aan te wijzen.

Het stabiliteitsonderzoek in dit profiel heeft uitgewezen dat de kade als voldoende stabiel kan worden beschouwd, maar dat hij geen overmaat aan stabiliteit bezit.
De kade kan daarom juist als veilig worden aangemerkt.

Bij het grondonderzoek bleek dat profiel 1 een afwijkende grondsamenstelling en hoogte van het freatisch vlak heeft. Deze afwijkingen werken echter ten gunste van de stabiliteit van de kade (zie ook L.G.M.-rapport). Profiel 1 is echter maar representatief voor een klein kadegedeelte. Aanvullende handboringen hebben uitgewezen dat de kade over een lengte van ± 300 m dezelfde grondopbouw heeft als profiel 1.

9. Samenvatting.

9.1. Er is een onderzoek ingesteld naar de veiligheid van de boezemkaden rond de polder Vierambacht (1745 ha). De kaden liggen langs de Woudwetering, het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart. De totale lengte van de kaden bedraagt ± 9,5 km.

De kaden beschermen een diepgelegen agrarisch gebied, waarin enkele wooncentra zijn gelegen. Er wordt een gedeelte van de polder opgespoten om hier een grote uitbreiding van de gemeente Alpen aan de Rijn op te bouwen.

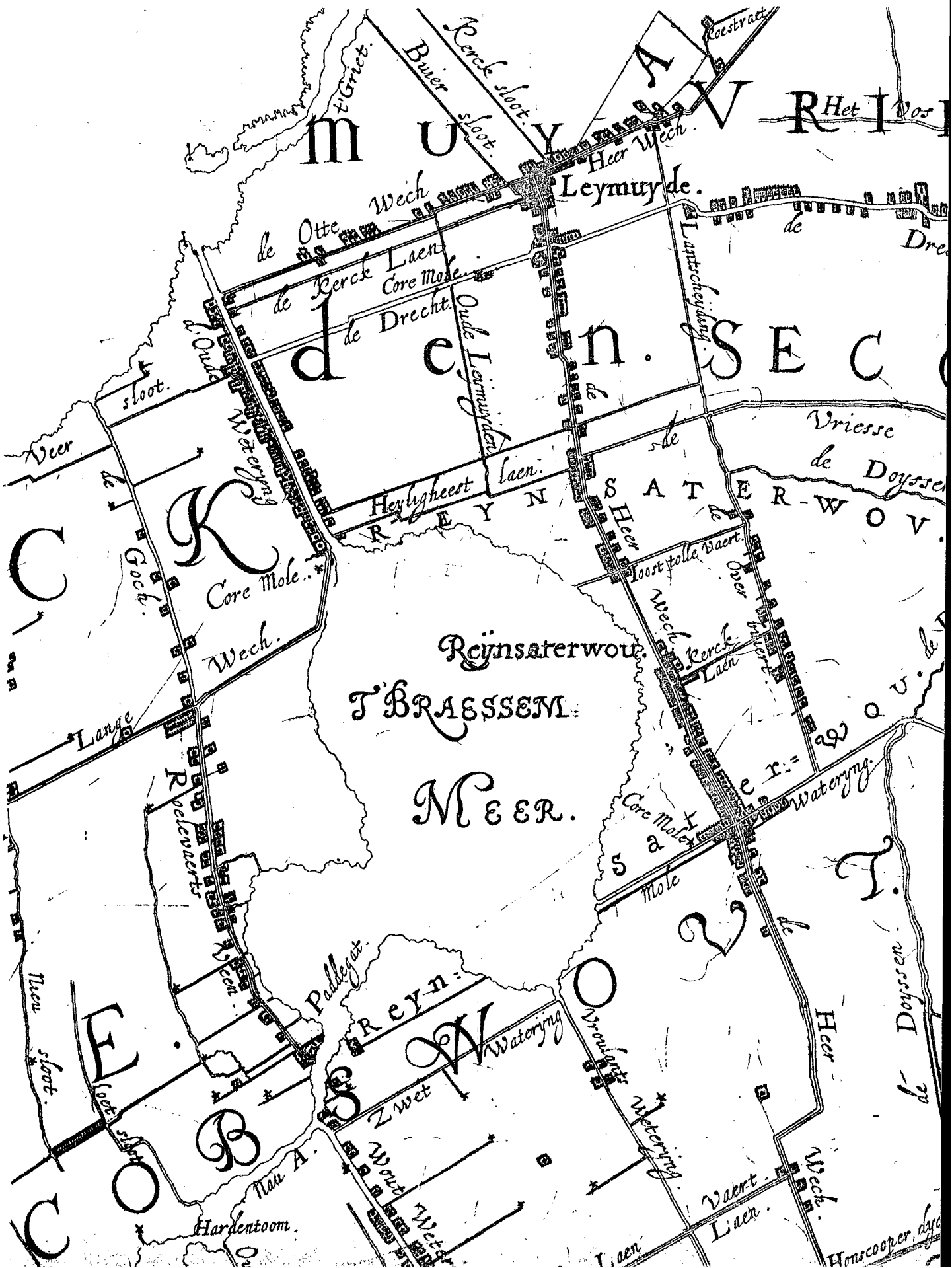
9.2. De kade langs de Woudwetering heeft een kruin die zeer breed is (tot ± 100 m). Aan deze kade staat veel bebouwing van het dorp Woubrugge. In het zuiden ligt achter de kade het hooggelegen opgespoten terrein waarop de geplande stadsuitbreiding zal komen. De kade is vanwege zijn grote afmetingen en hooggelegen achterland niet verder onderzocht en zonder meer als veilig gekwalificeerd.

9.3. De kade langs het Paddegat, de Braassemermeer en de Leidsche Vaart heeft over zijn gehele lengte ongeveer hetzelfde profiel. De kruinbreedte is 4 à 5 meter. De kruinhoogte is ongeveer N.A.P.-0,10 m. De helling van het binnentalud is gemiddeld 2 : 7. Voor sommige kadegedeelten ligt vlietland.
De kade heeft (op ongeveer 300 m na) dezelfde grondopbouw. Onder de kruin bevindt zich een pakket opgebracht zandig materiaal. Hieronder ligt tot N.A.P.-5,00 m een veenlaag, waaronder een 1 meter dikke kleilaag met plantenresten. Hieronder ligt een zandig kleipakket tot N.A.P.-8,00 m. Het vaste zandpakket ligt op N.A.P.-11,00 m à 12,00 m.

Een stabiliteitsonderzoek in dit gedeelte heeft uitgewezen dat de kade stabiel is. De evenwichtsfaktor is ongeveer 1,3. De kade kan daarom juist als veilig worden aangemerkt.

Het kadegedeelte met een lengte van ongeveer 300 m is qua profiel hetzelfde als de rest van de kade. Het is echter opgebouwd uit stugge klei. Er komt nagenoeg geen veen voor. De grondsamenstelling is daarom gunstiger voor de stabiliteit. Ook de ligging van het freatisch vlak is gunstiger voor de stabiliteit dan bij de rest van de kade. De kade kan daarom zonder verder onderzoek als veilig worden gekwalificeerd.

CO-22246-0


Leymuyde.
Reijnsaterwout.
T'BRAESSEM.
MEER.
Core Mole.
Heer Wech.
Kerck Laen.
Heylugheest laen.
Oude Leymuyden.
Lantscheydingh.
Watering.
Padlegat.
Hardentoom.
Vroutenz Wetering.
Vaert Laen.
Wech.
Large
Veer
sloot.
Goch.
Buier sloot.
Kerck sloot.
Roestract
Vriesse
Doyssen
Loost tolle Vaert.
Over Vaert.
Reijn:
Zwet
Wout
Nieu sloot.
Loet sloot.
Homscooper dijc

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

SITUATIE

SCHAAL 1:25.000

30
40

BIJL: P 2

CO-22246-0

SITUATIE DWARSPROFIELEN
POLDER VIERAMBACHT

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

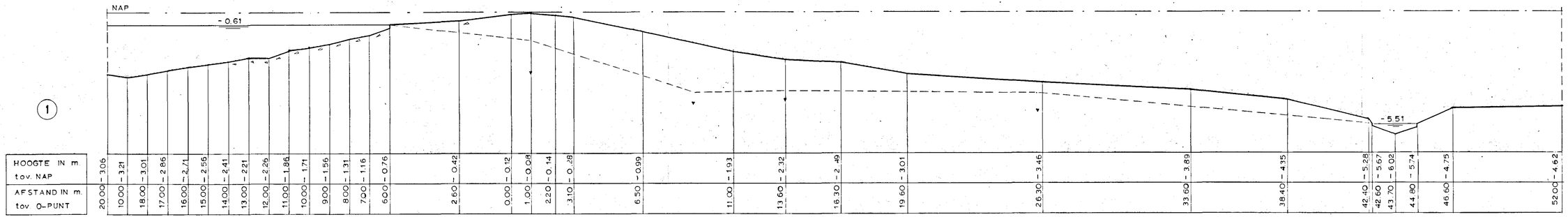
gem	get	gez
COW 1974	L.S. 3-74	

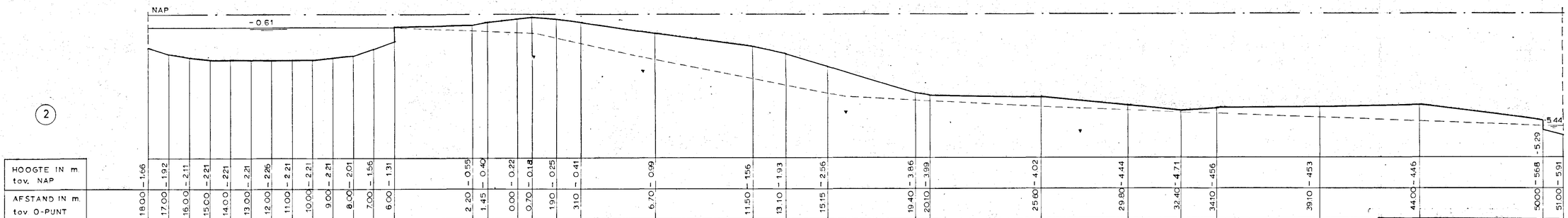
SCHAAL 1:25.000

A 2

WERKNR
TEK. NR 74.89

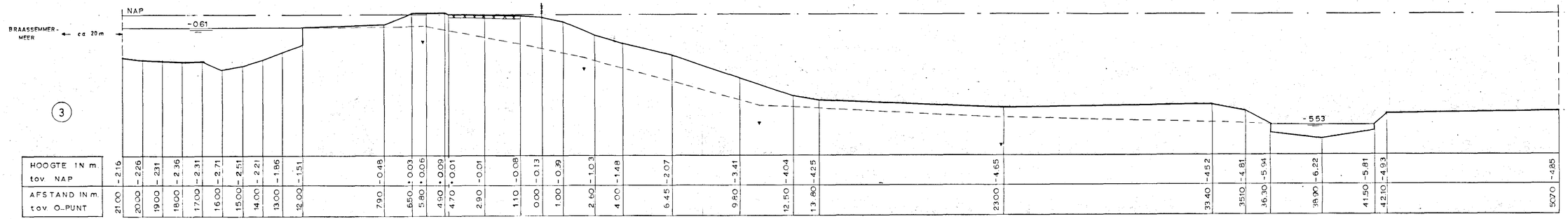
5



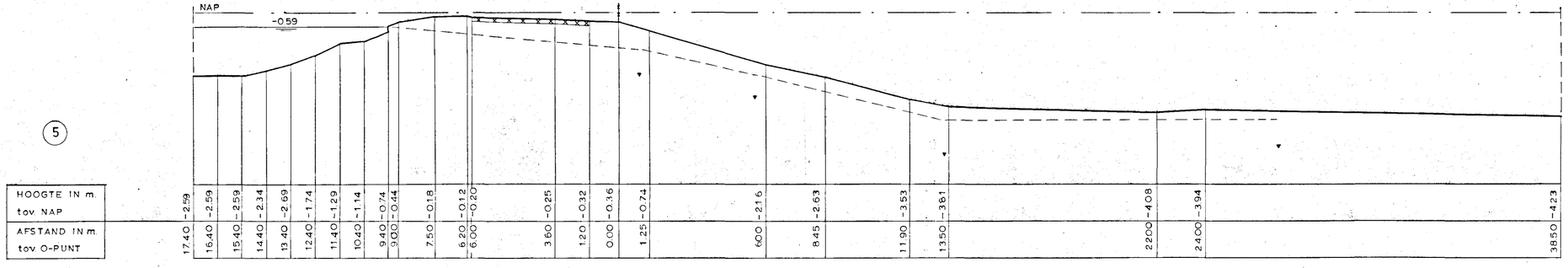


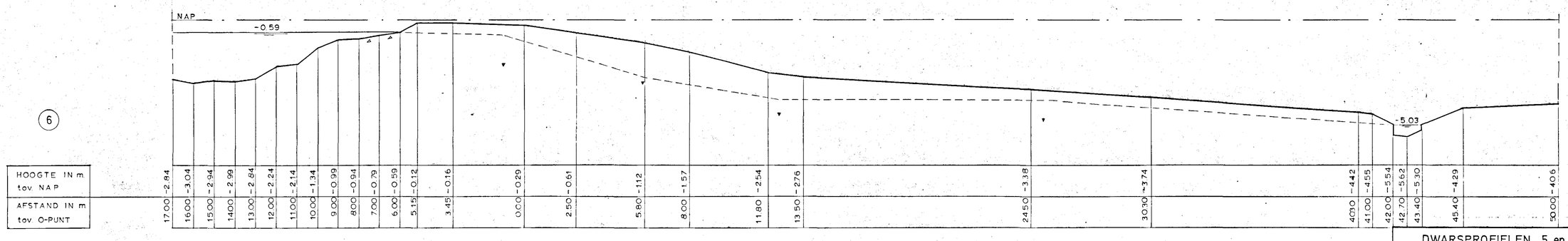
--- FREAT LIJN
← HART FILTER

DWARSPROFIELEN 1 en 2 POLDER VIERAMBACHT				BIJLAGE 2
				SCHAAL 1:100
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	gel	gez	A5
	COW 2-74	L.S. 6-74		WERKNR.
				TEK. NR. 7490


NAP
-0.61
BRAASSEMMER-MEER
ca 20 m
3
-5.53

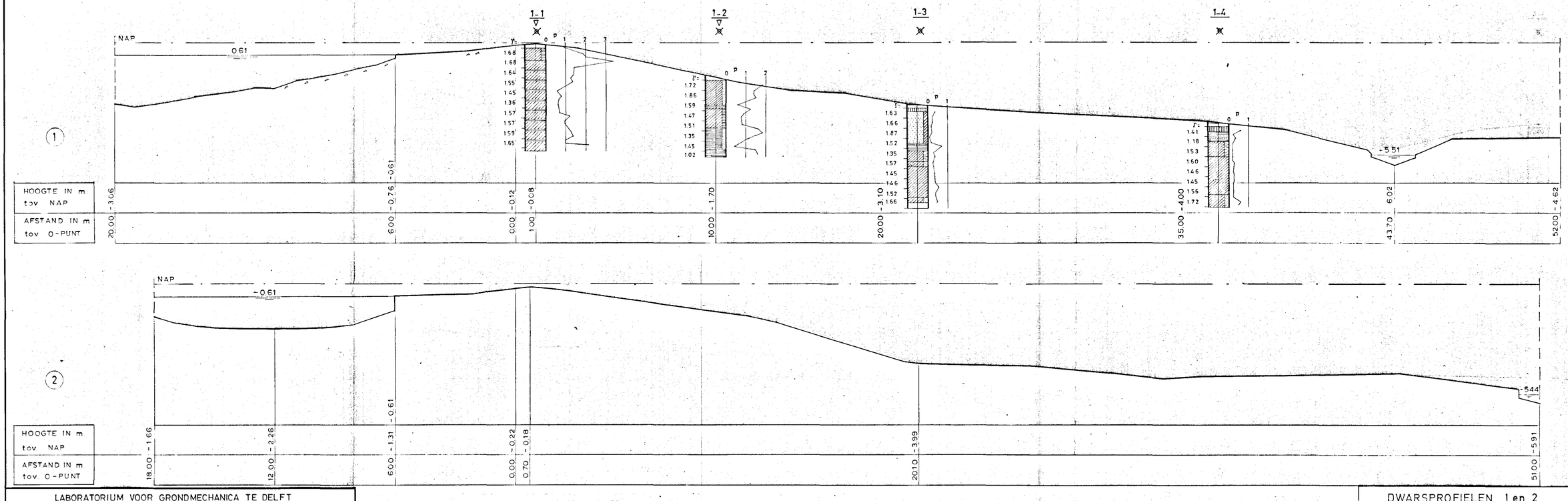
| | | |





--- FREAT. LIJN
HART FILTER

DWARSPROFIELEN 5 en 6 POLDER VIERAMBACHT				BIJLAGE 4
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	gct	gez	SCHAAL 1:100
	COW 2-74	L.S. 3-74		A5 WERKNR. TEK. NR. 7492



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT
SCHAAL 1:100
DWARSPROFIELEN 1en2

30	BIJL:	D 1
90	CO-22246-0	

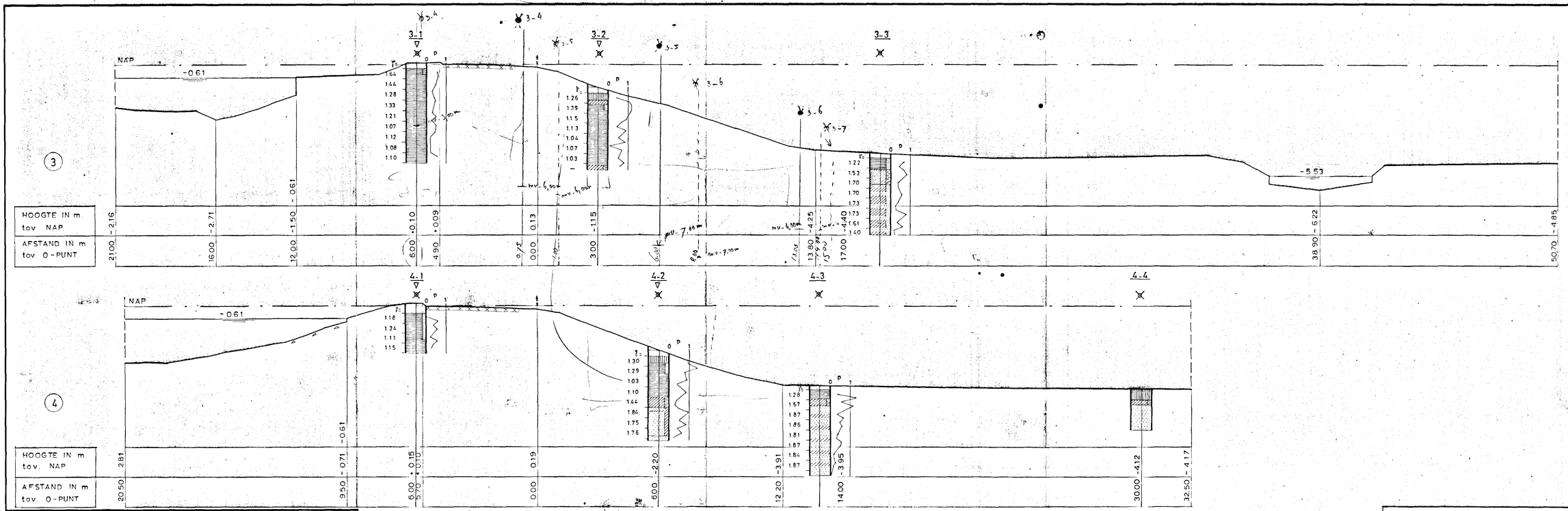
LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

DWARSPROFIELEN 1 en 2
POLDER VIERAMBACHT

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

gem	gek	gez
COW 2-74	L.S. 3-74	

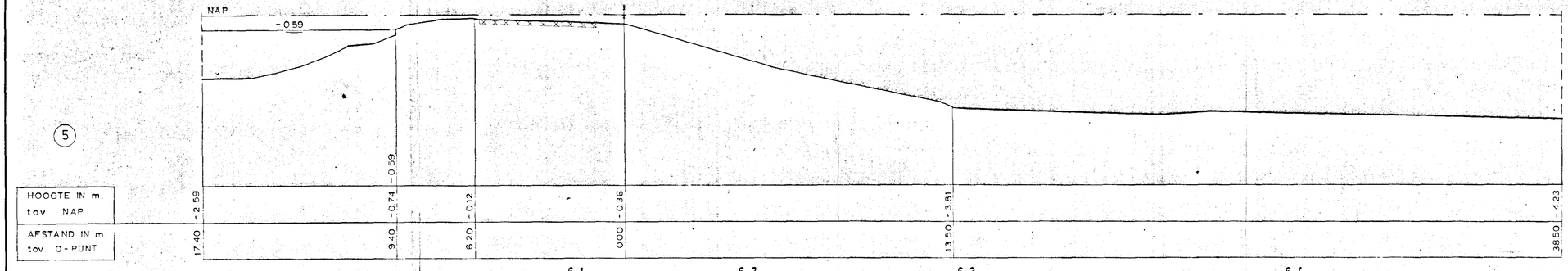
BIJLAGE
SCHAAL 1:100
A5
WERKNR
TEK NR 74 93

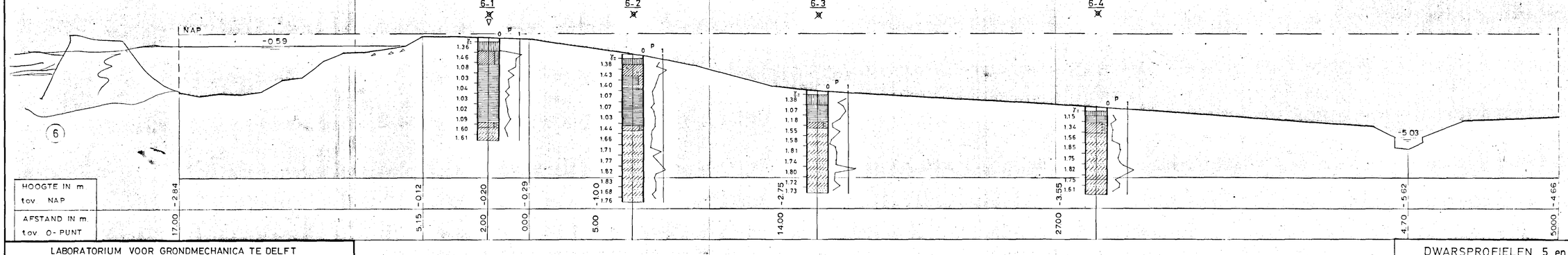


LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT			
KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT. SCHAAL 1:100	RW Rijkswaterstaat 30 90	BIJL: D 2	
DWARSPROFIELEN 3 en 4		CO-22246-0	

DWARSPROFIELEN 3 en 4 POLDER VIERAMBACHT		BIJLAGE
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem COW 2-74 / gez L.S. 3-74 / gez	SCHAAL 1:100
		A5 WERKNR TEK NR 74.9.1





LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

SCHAAL 1:100

DWARSPROFIELEN 5 en 6

30	90	BIJL: D 3
90		CO-22246-0

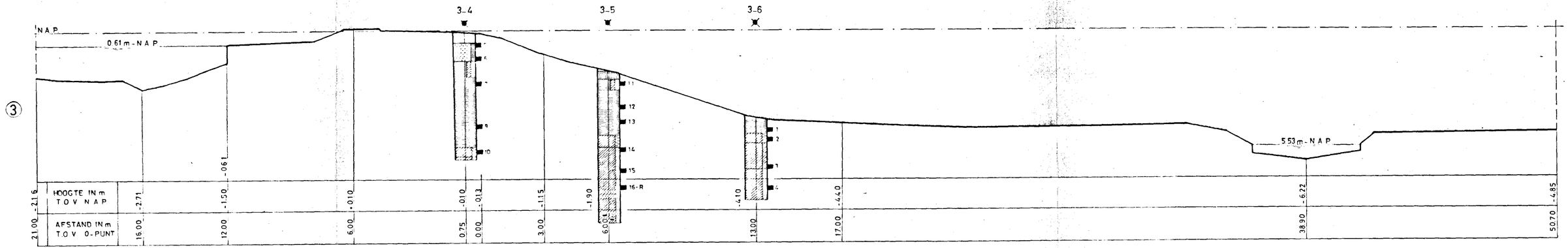
LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

DWARSPROFIELEN 5 en 6
POLDER VIERAMBACHT

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

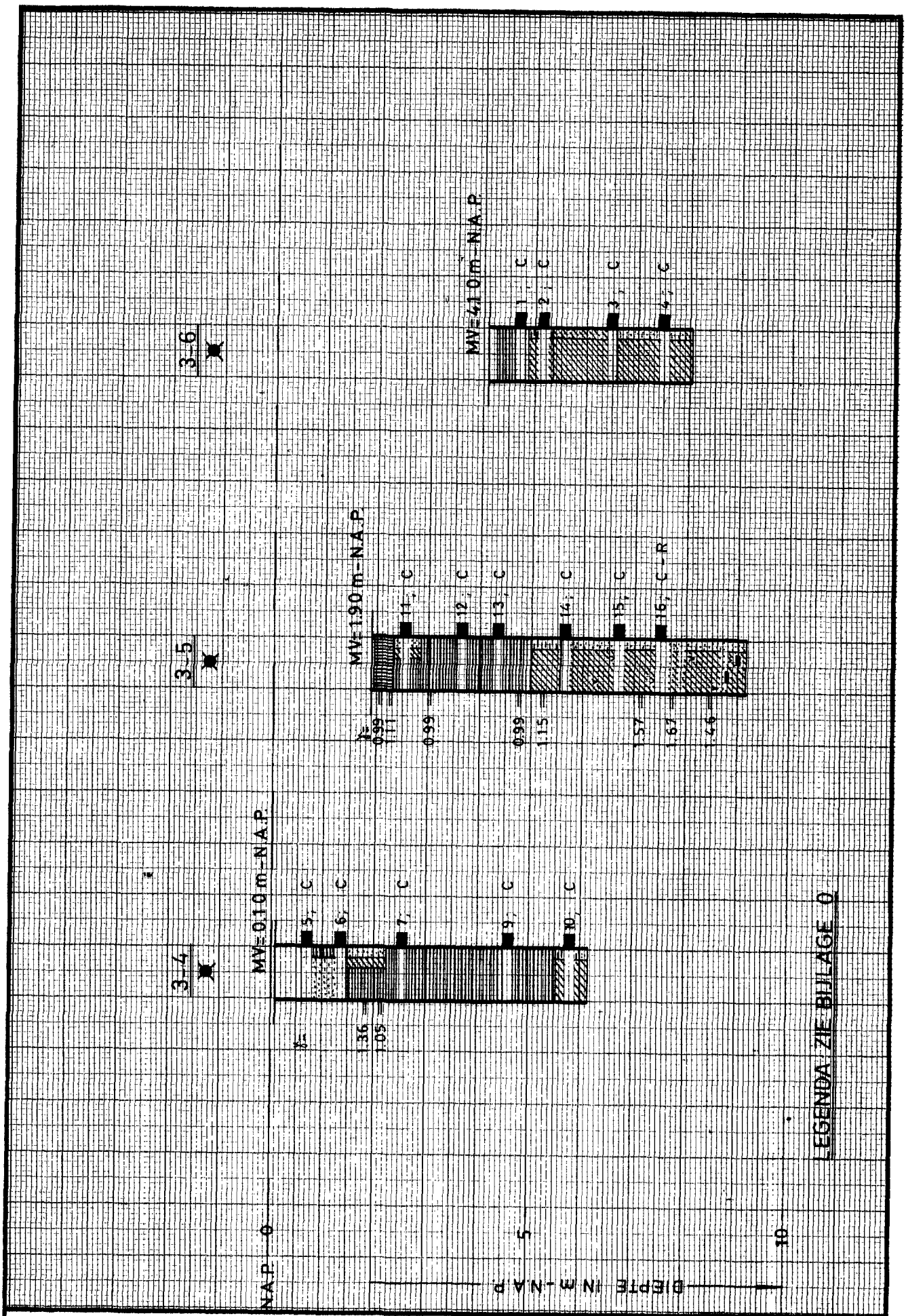
gem	gek	gez
COW	L.S.	
2-74	3-74	

BIJLAGE
SCHAAL 1:100
A5
WERKNR
TEK NR 7495



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT			
KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT SCHAAL 1:100		BIJL D 4	
DWARSPROFIEL 3		CO-22246-C	

LEGENDA ZIE BIJLAGE 0

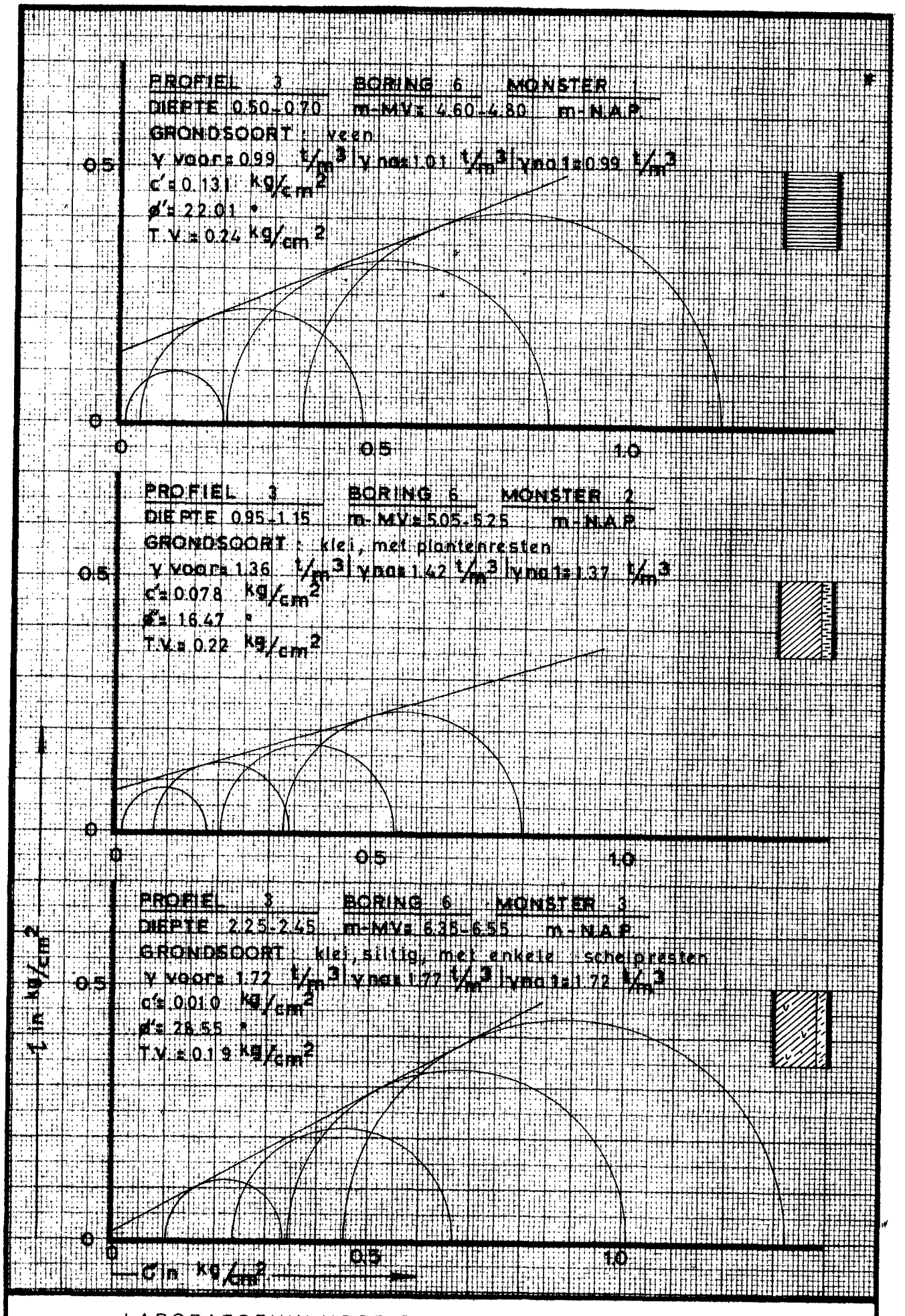


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT. SCHAAL 1:100	RW 940925		BIJL: B 1
BORINGEN 3-4, 3-5 en 3-6	A_4		CO-22246-0

4486

2955

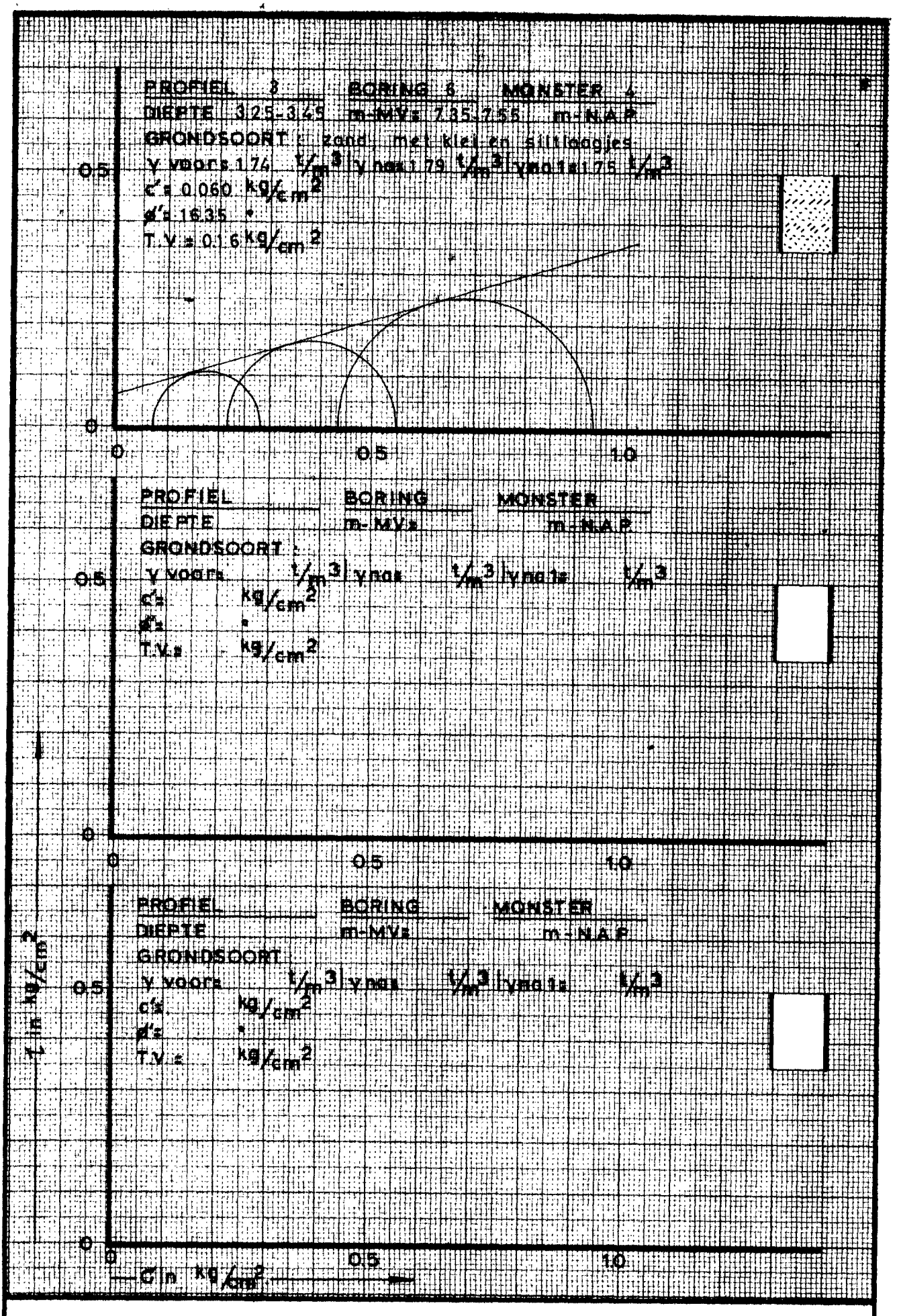


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT	RW		BIJL: C 1
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

4486

2955

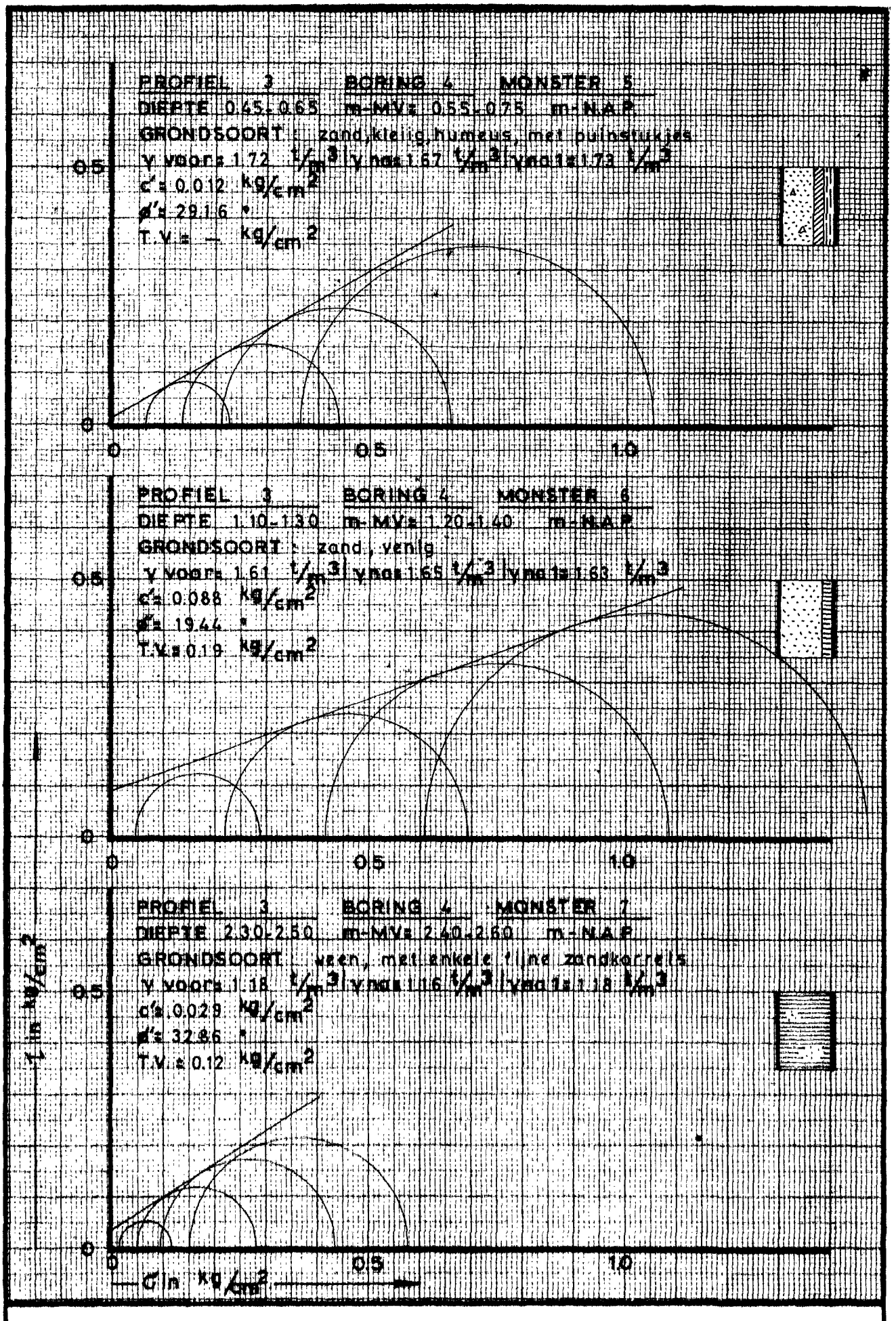


LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT	RW		BIJL: C 2
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

4486

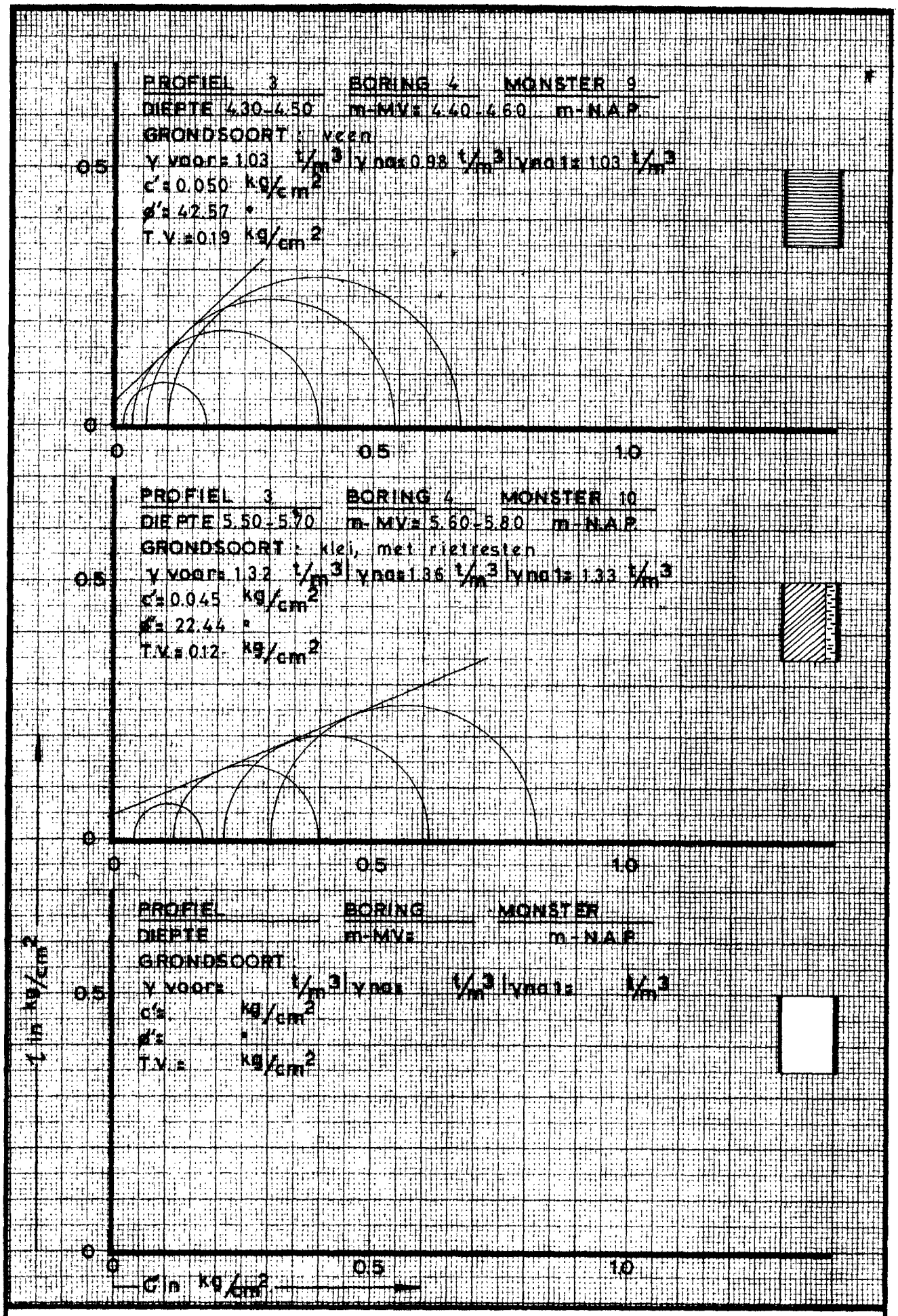
2955



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT	RW		BIJL: C 3
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

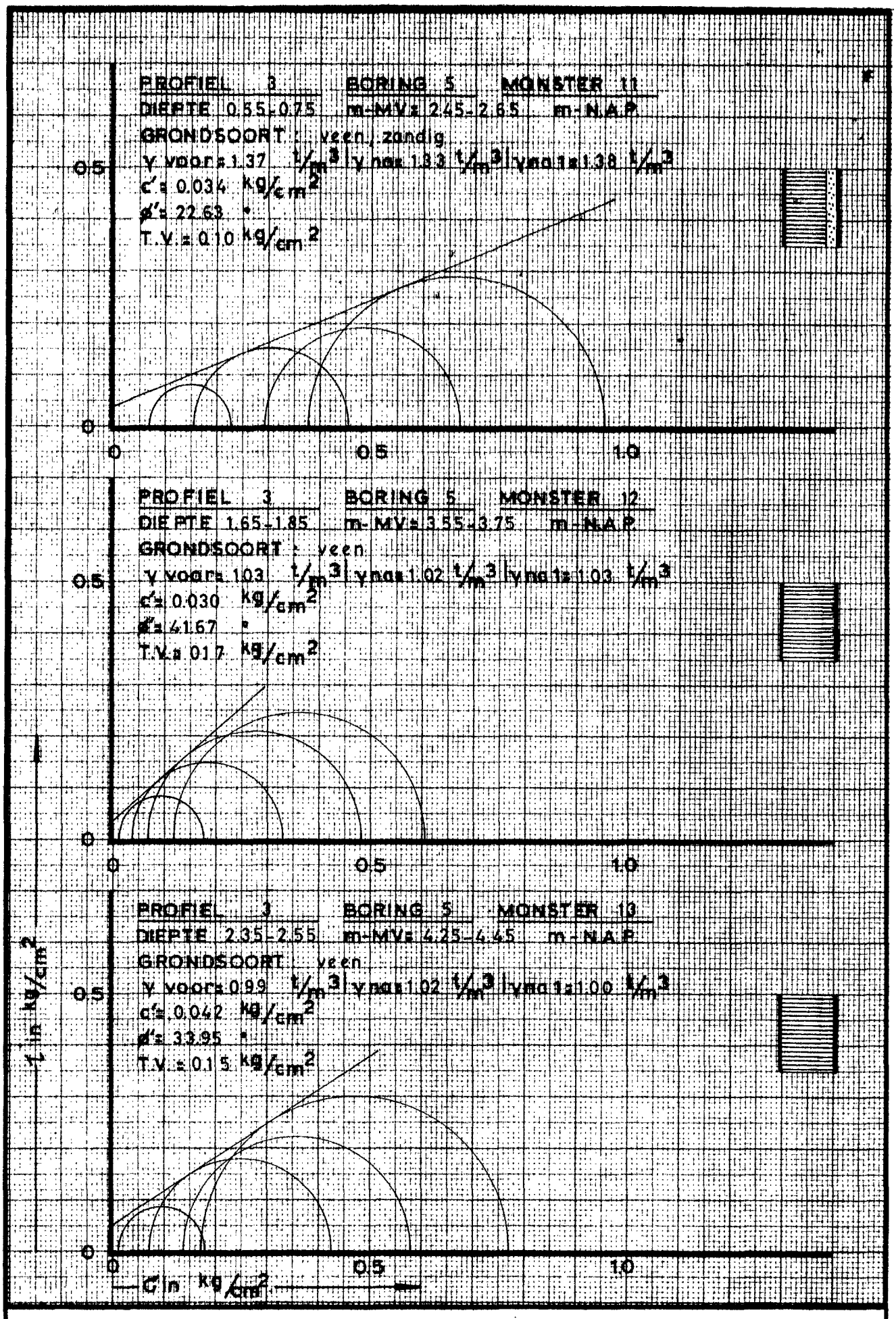
4486 2955



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT	RW		BIJL: C 4
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

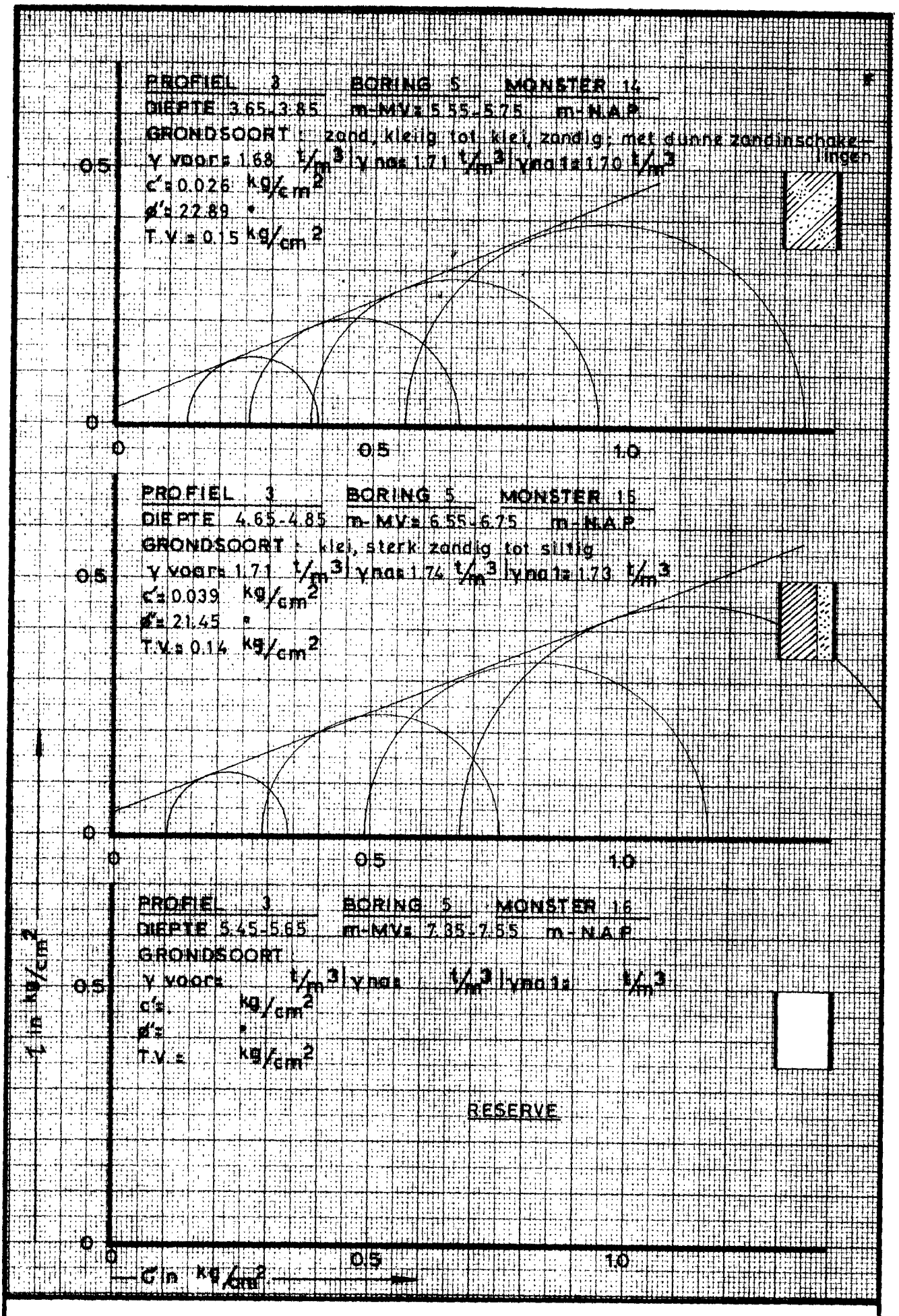
4486 2955



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT	RW		BIJL: C 5
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

4486 2955



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT			BIJL: C 6
CELPROEVEN	A4		CO: 22246-0

4486

2955

F.L. = freatische lijn
P.B. = pulsboring
S.B. = steekboring
c.b. = continuboring 29 mm
C.B. = continuboring 66 mm
p.b = peilbuis
wsm = waterspanningsmeter

γ = volume gewicht in t/m^3
p = hand penetrometerwaarde in kg/cm^2
T.V. = torvane-waarde in kg/cm^2
c' = cohesie in kg/cm^2
ϕ' = hoek van inwendige wrijving

x laagjes
y stukjes
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde

= beproefd monster - C = celproef
γ = volume gewicht
H = horizontale doorlatendheid
V = verticale doorlatendheid
Sa= samendrukkingsproef
R = reserve

1.70= γ

= continuboring 29 mm
= continuboring 66 mm
= pulsboring
= steekboring
X = oppervlakteboring
= diepsondering
= middelzware sondering
= waterspanningsmeter
= peilbuis

n = evenwichtsfactor =

$$\frac{c' + tg\,\phi' \text{ beschikbaar}}{c + tg\,\phi \text{ benodigd voor evenwicht}}$$

zand, klei, veen, planten-resten, hout
slib, puin, grind, teel-aarde, schelpen
koolas, humus, leem

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

BIJLAGE O

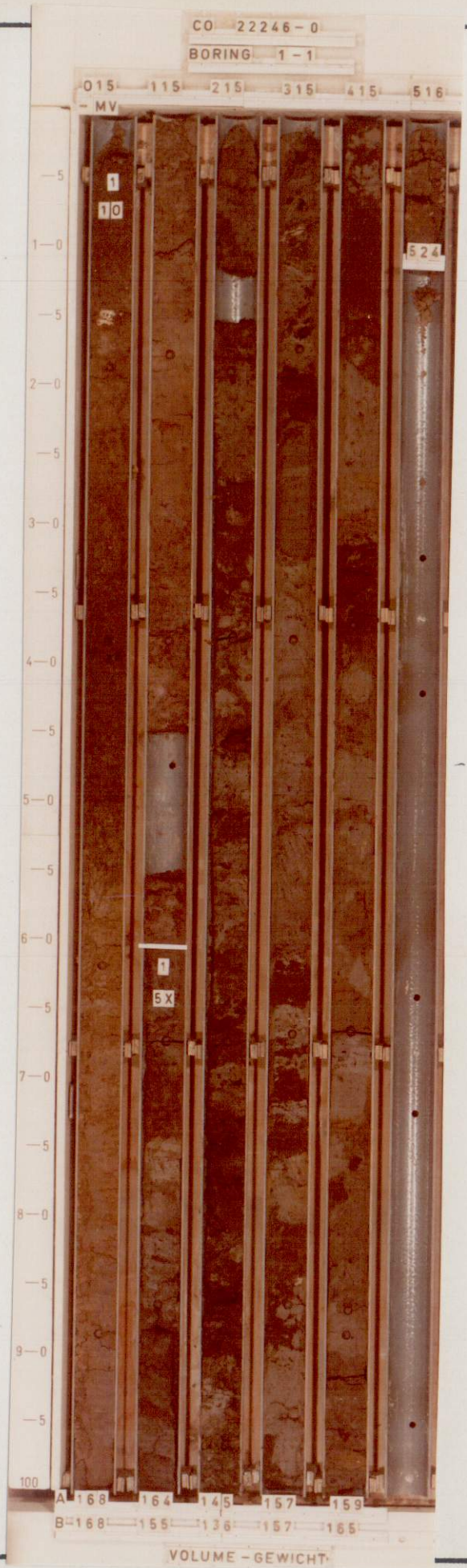
LEGENDA

A4

CO-22246-0

4486

2955



— LEGENDA —

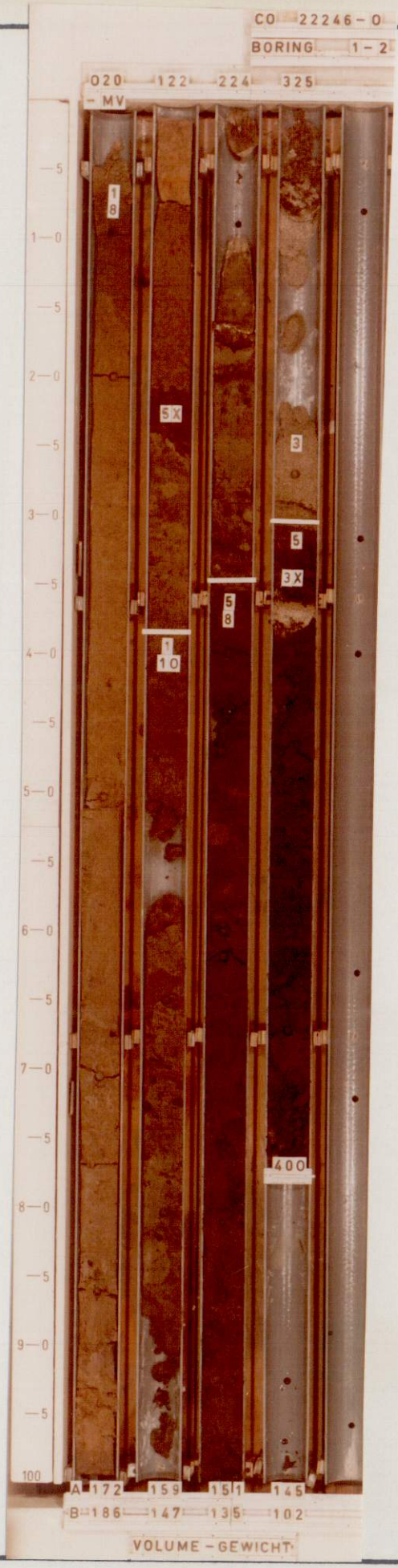
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 1
FOTO BORING : 1-1		A_4	CO-22246-0

4486

2955



— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 2
FOTO BORING : 1-2	A_4		CO 22246-0

4486

2955

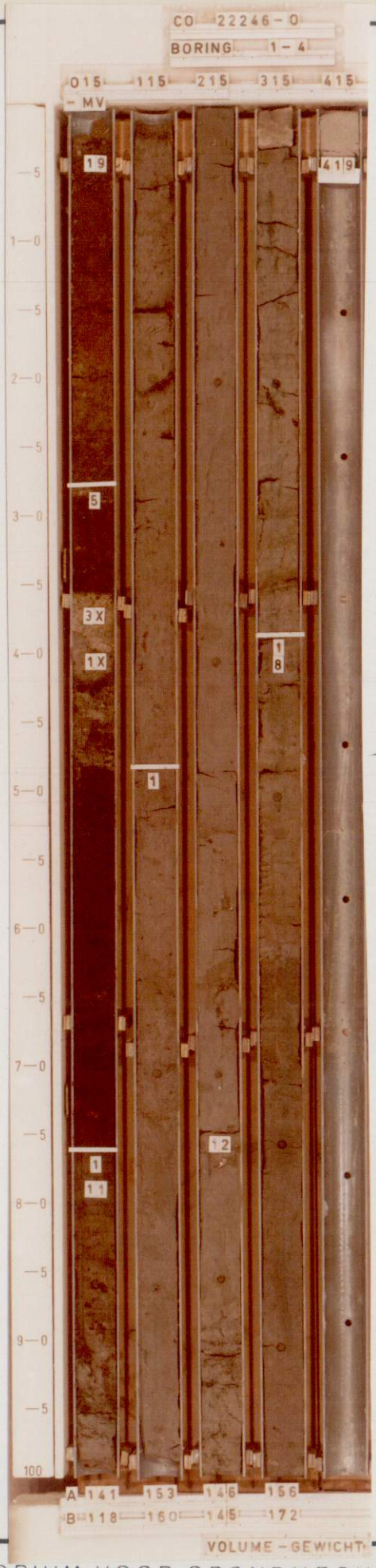
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.		BIJL. F 3
FOTO BORING : 1-3	A_4	CO-22246-0

4486 2955



— LEGENDA —

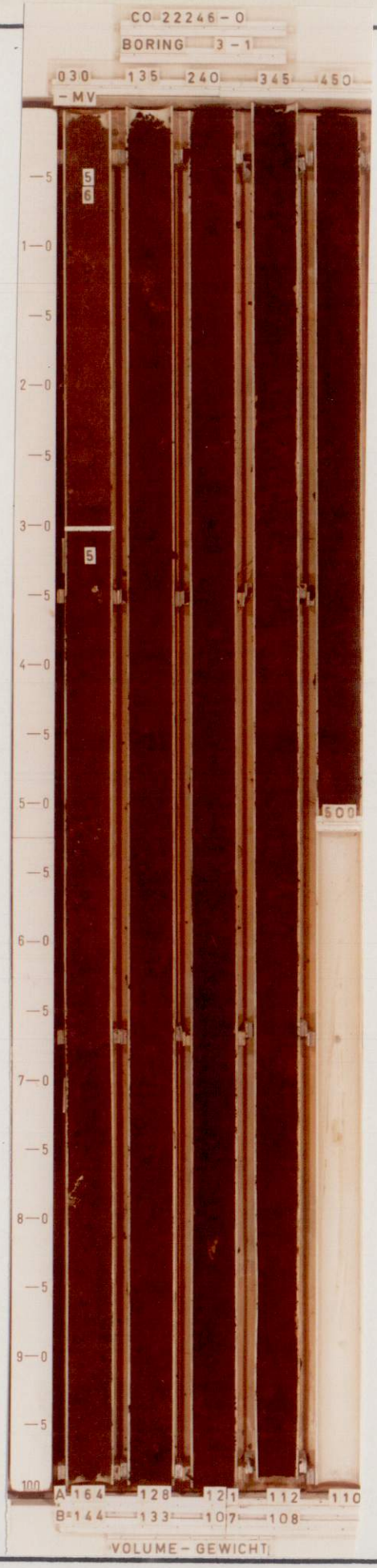
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 4
FOTO BORING : 1-4	A_4		CO-22246-0

4486

2955



— LEGENDA —

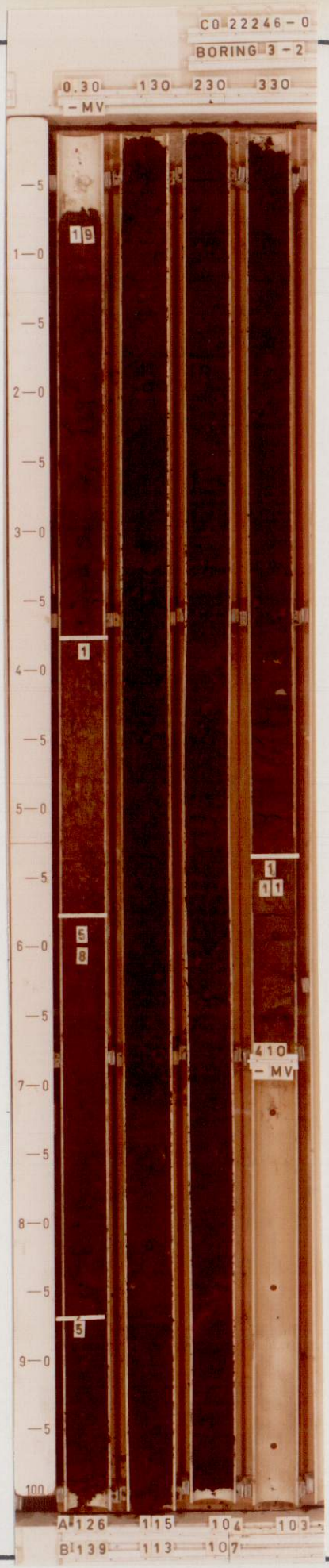
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 5
FOTO BORING : 3-1	A_4		CO÷22246-0

4486

2955



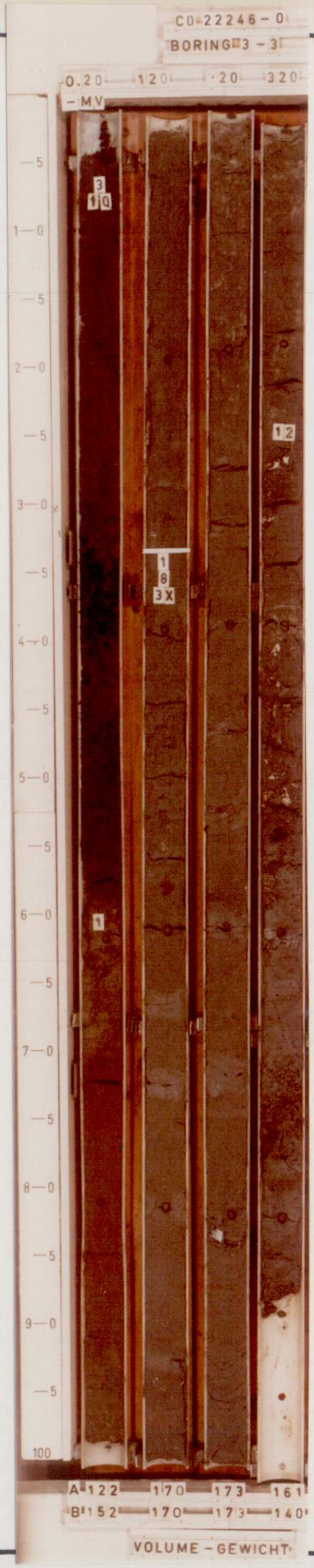
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 6
FOTO BORING : 3-2	A_4		CO÷22246-0

4486 2955



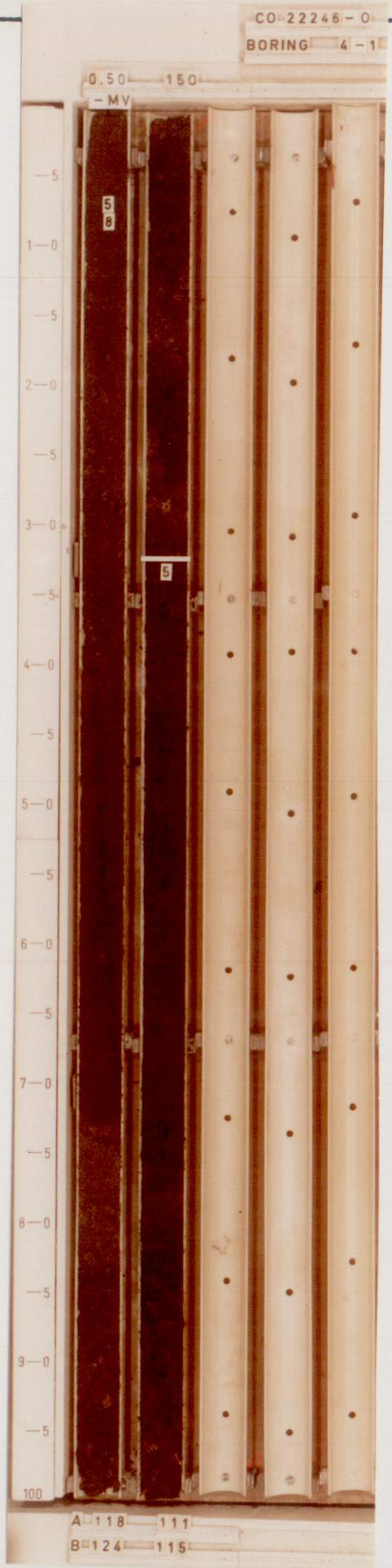
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 7
FOTO BORING : 3-3	A_4		CO-22246-0

4486 2955



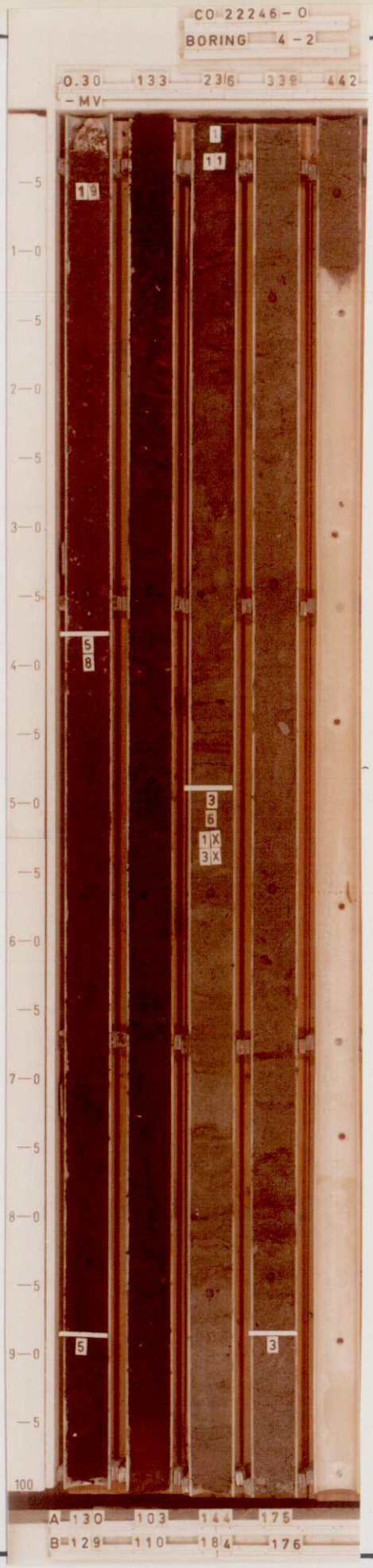
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 8
FOTO BORING : 4-1	A_4		CO÷22246-0

4486 2955



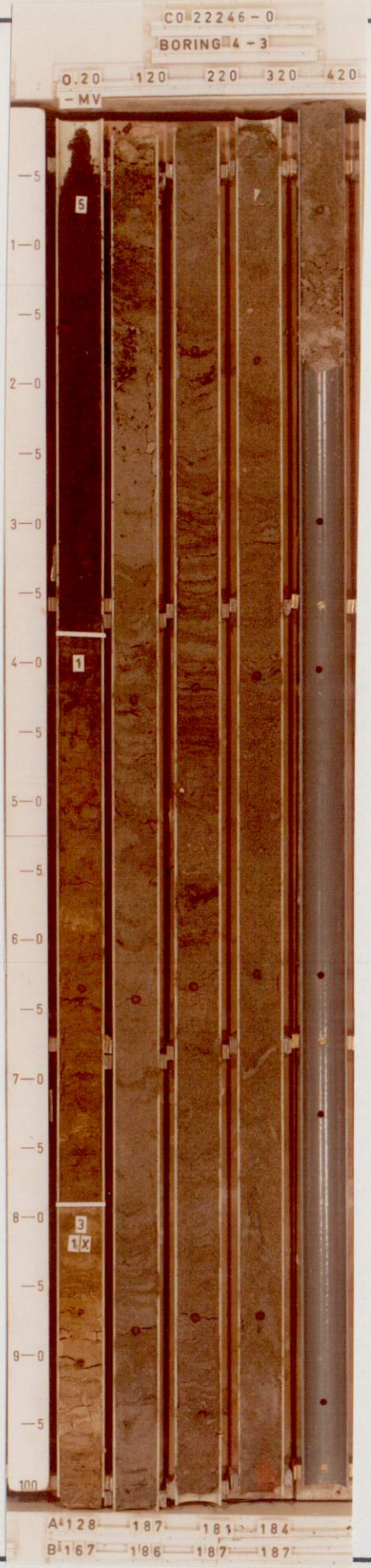
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 9
FOTO BORING : 4-2	A_4		CO-22246-0

4486 2955



— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 10
FOTO BORING : 4-3	A_4		CO÷22246-0

4486 2955

— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.		BIJL. F 11
FOTO BORING : 6-1	A_4	CO-22246-0

4486 2955

— LEGENDA —

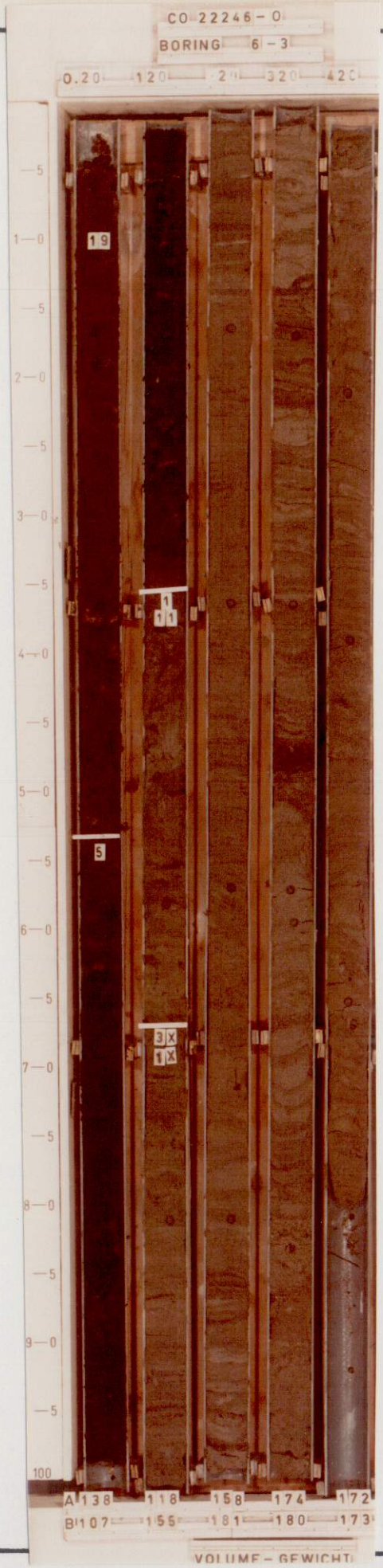
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 12
FOTO BORING : 6-2		A_4	CO 22246-0

4486

2955



— LEGENDA —

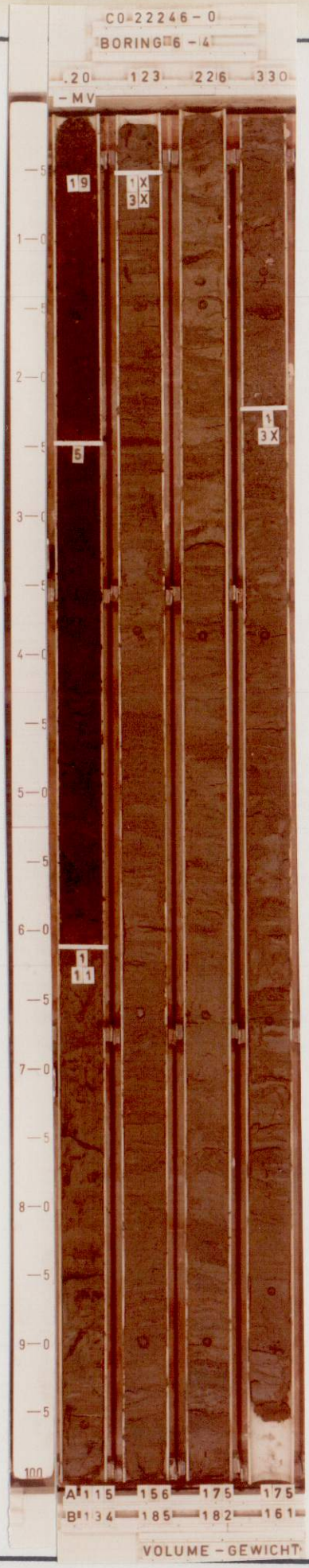
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 13
FOTO BORING : 6-3	A_4		CO-22246-0

4486

2955



— LEGENDA —

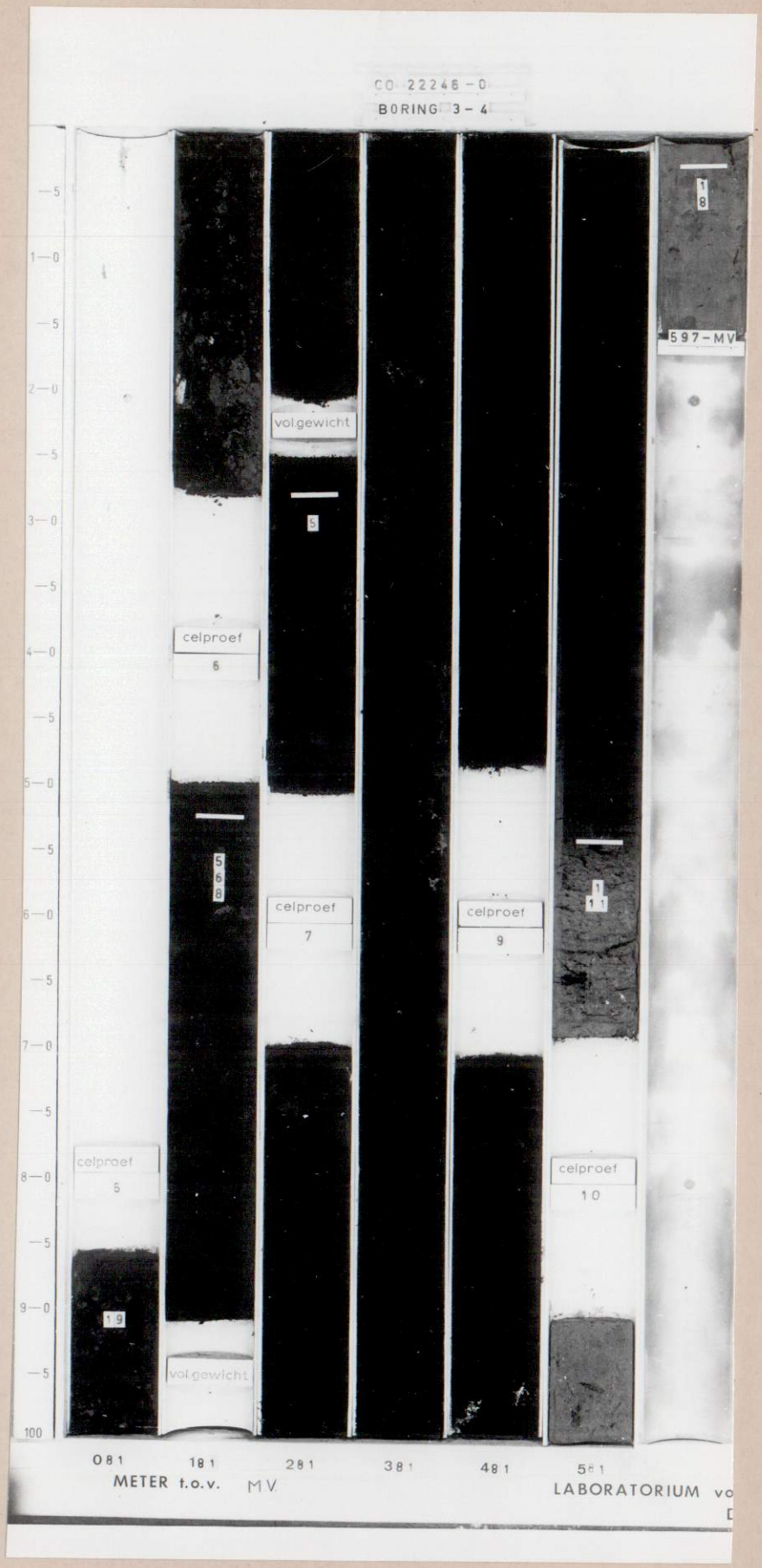
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 14
FOTO BORING : 6-4	A_4		CO-22246-0

4486

2955



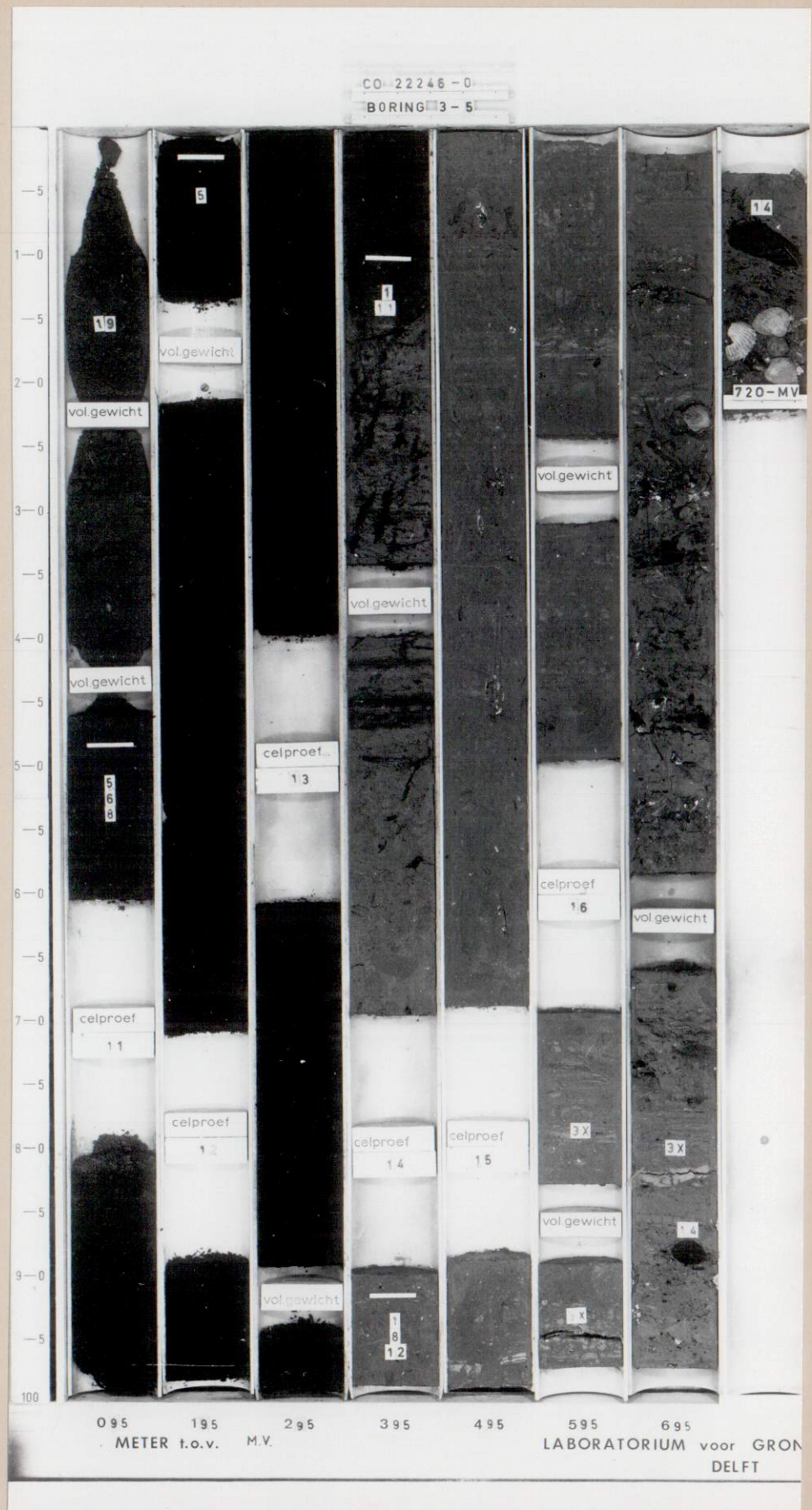
— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL. F 15
FOTO BORING : 3-4	A_4		CO 22246-0

4486 2955



— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
X laagjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

FOTO BORING : 3-5

30
30

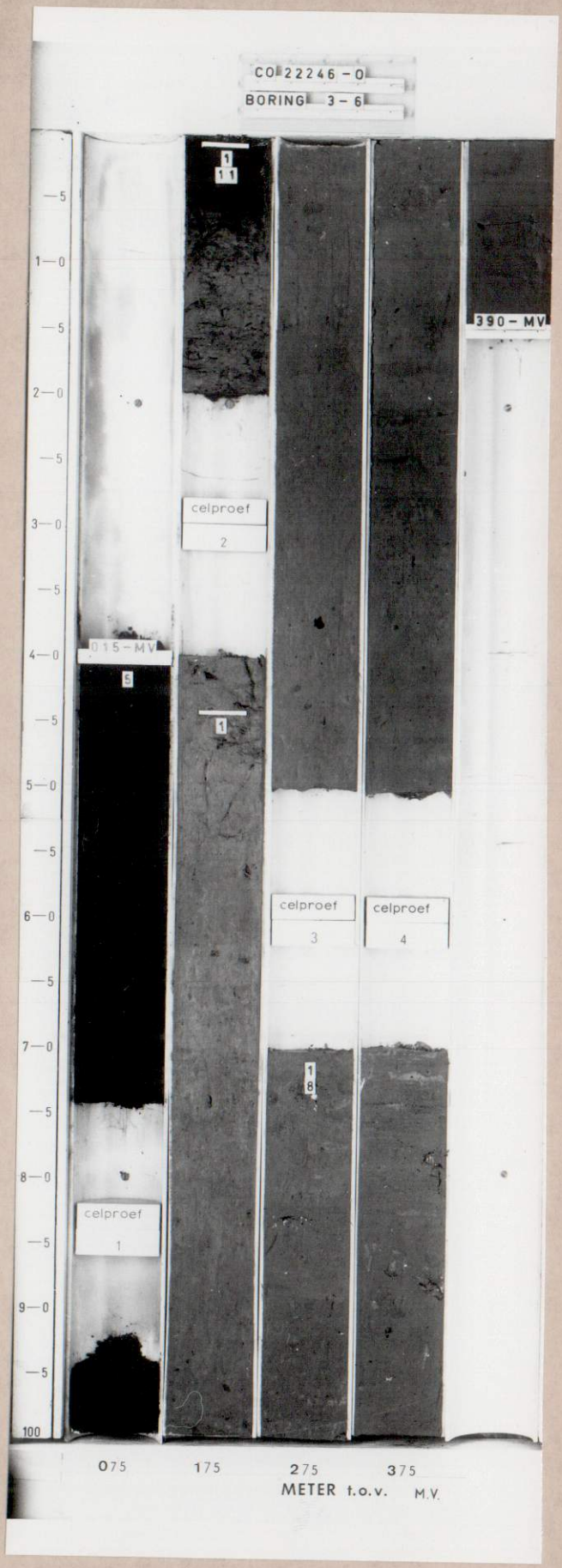
BIJL. F 16

CO ÷ 22246-0

FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3



— LEGENDA —

1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde
x laagjes
y stukjes

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

FOTO BORING : 3–6

BIJL. F 17

A4

CO-22246 -0

4486

2955

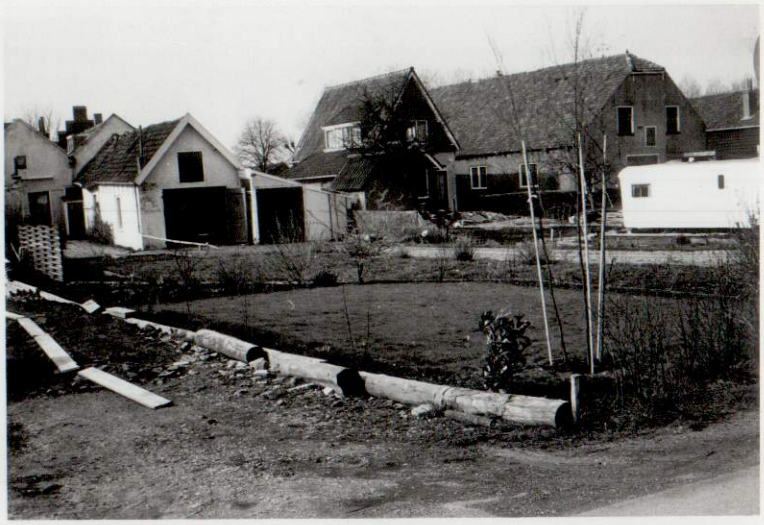


FOTO 4

F OTO 5

FOTO 6

FOTO 7

FOTO 8

FOTO 9

FOTO 10

FOTO 11

FOTO 12

grondmechanica delft

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA
STICHTING WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

BULAGE 7.

STABILITEITSONDERZOEK AAN EEN DWARSPROFIEL VAN DE BOEZEMKADE LANGS DE VIERAMBACHTPOLDER.

CO-22246-0-I

december 1974.

* Werkzaamheden ten behoeve van opdrachtgevers worden slechts uitgevoerd op voorwaarde dat de opdrachtgever afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling en zich verplicht tot vrijwaring voor iedere aansprakelijkheid jegens derden.
Het rapport mag slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd na schriftelijke toestemming.

In het kader van een onderzoek naar de standzekerheid van de boezemkaden is in opdracht van het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen (C.O.W.) door het Laboratorium voor Grondmechanica (L.G.M.) een stabiliteitsonderzoek uitgevoerd aan een dwarsprofiel van de boezemkade langs de Vierambachtpolder.
De resultaten van het onderzoek worden in dit rapport vermeld.

Algemene gegevens betreffende het onderzoek.

Aantal onderzochte profielen	:	1
Aantal continuboringen 66 mm	:	3
Totale boorlengte	:	17,25 m
Aantal celproeven	:	14
Periode terreinwerk	:	27-6-1974

Inleiding:

Dit stabiliteitsonderzoek is een vervolg op een door het L.G.M. uitgevoerd vooronderzoek in een 4-tal profielen (nos. 1, 3, 4 en 6). De resultaten van dit vooronderzoek zijn in het eind-rapport van het C.O.W. vermeld.

Het vooronderzoek heeft bestaan uit de uitvoering van middelzware sonderingen en continuboringen 29 mm.

Naar aanleiding van dit vooronderzoek is één profiel no. 3 uitgekozen voor een volledig stabiliteitsonderzoek.

Het profiel no. 3 (zie bijlage P1) bevindt zich in de kade langs de Braassemermeer. Dit kadeprofiel heeft een betrekkelijk steil binnenbeloop en bestaat hoofdzakelijk uit veen.

Omvang van het onderzoek.

Ter verkrijging van ongeroerde grondmonsters en aanvullende gegevens omtrent de grondlagenopbouw zijn 3 continu gestoken boringen met een diameter van 66 mm uitgevoerd.

In het laboratorium zijn uit de boorresultaten 14 monsters genomen, waarop langzame celproeven zijn uitgevoerd, om de wrijvingseigenschappen van de diverse grondlagen in volledig geconsolideerde toestand te bepalen.

Verder zijn van een aantal monstertjes uit de boringen de volumegewichten bepaald. De volumegewichten zijn naast de wrijvingseigenschappen van belang voor de bepaling van de aandrijvende en weerstandbiedende krachten bij de stabiliteitsberekeningen.

Na het nemen van de monsters voor de laboratoriumproeven zijn de overige boorresultaten beschreven en gefotografeerd. Deze foto's zijn als bijlagen F15 t/m F17 bij dit rapport gevoegd.

Op de bijlage B1 zijn de boorprofielen getekend, waarnaast tevens de volumegewichten en de plaatsen van de celproefmonsters staan aangegeven.

Om een indruk van de laagopbouw in de kade te verkrijgen zijn deze boorprofielen nogmaals getekend in het dwarsprofiel op bijlage D4.

De celproefresultaten zijn grafisch weergegeven op de bijlagen C1 t/m C6.

Het verloop van de freatische lijnen in het dwarsprofiel is bepaald aan de hand van door het C.O.W. geplaatste peilbuizen. Deze peilbuizen zijn gedurende enige weken waargenomen tegelijkertijd met de waterstand in de boezem en in de kwelsloot. Daarnaast heeft het C.O.W. gegevens verstrekt omtrent de maatgevende boezemwaterstand.

Met de verkregen gegevens is een laagopbouw van de profielen vastgesteld, waarbij aan de diverse lagen bepaalde grondeigenschappen zijn toegekend, die per laag constant worden verondersteld. Het is duidelijk dat deze rekenmodellen slechts een benadering van de werkelijkheid zullen zijn, daar nooit een continu beeld van de ondergrond wordt verkregen, er spreiding in de proefresultaten optreedt, etc.

Met de rekenmodellen is een aantal stabiliteitsberekeningen uitgevoerd, waarbij cirkelvormige glijvlakken zijn toegepast.

De berekeningen zijn met twee verschillende freatische lijnen uitgevoerd, te weten:

Fl-1: een freatische lijn, waarvan het verloop is bepaald aan de hand van de peilbuiswaarnemingen.

Fl-2: een freatische lijn, waarvan het verloop is aangenomen bij de maatgevende boezemwaterstand van 0,35 m - N.A.P.

De toegepaste laagverdelingen en grondeigenschappen, alsmede de resultaten van de stabiliteitsberekeningen zijn op bijlage G1 weergegeven.

Resultaten.

Profiel no. 3

De aangetroffen grondslag is van boven naar beneden als volgt (zie bijlage D4):

Onder de kruin van de kade, d.i. vanaf ca N.A.P. tot een diepte van ca 1½ m, ligt een zwaar zandig pakket (opgebrachte grond). Tussen dit zand en een diepte van ca 5 m - N.A.P. bevindt zich een veenlaag. Onder het veen komt eerst een kleilaag met plantenresten van ca 1 m dikte, en daarna zet zich een zandig kleipakket voort tot tenminste de bereikte boordiepte van ca 8 m - N.A.P.

Voor een nauwkeuriger beeld van de ligging der lagen wordt verwezen naar de bijbehorende bijlagen.

Celproeven (C1 t/m C6 en B1).

De hierbij toegepaste procedure van de z.g. langzame celproeven werd in het L.G.M. speciaal voor het onderzoek van de boezemkaden ontwikkeld; zij bestaat uit:

- het opmeten en het wegen van het uitgekozen grondmonster voor en na de proef.
- de registratie van het gedrag van het monster bij een 4-tal belastingstrappen. Elke trap bestaat in principe uit: het belasten van het monster, een consolidatieperiode, en het "mohren" van het monster (onder het mohren wordt verstaan een verlaging van de horizontale spanningen om het stadium van bezwijken van het monster te benaderen).

In het navolgende zijn de afwijkingen in het verloop van de celproeven vermeld. Van de beproefde monsters, waarover geen aantekeningen worden gedaan, kan aangenomen worden, dat deze normaal en bevredigend zijn verlopen.

Monster no. 4 (zand met klei en siltlaagjes).

Bij de vierde trap ontstond een lek in de rubber omhulling van het monster, hetgeen een voortijdig bezwijken van dit monster veroorzaakte. De eerste drie belastingstrappen zijn goed verlopen, zodat de uitkomsten van deze proef normaal konden worden gebruikt.

Rekenmodel (bijlage G1.

Het profiel werd eerst lithostratigrafisch en daarna op basis van de gevonden grondeigenschappen van de monsters in 7 lagen verdeeld. De veenlaag no. 4 werd op grond van de ontstaanswijze en de wrijvingseigenschappen nog in drie delen gesplitst, te weten:
laag 4A zegge-veen, iets veraard; laag 4B veraard veen,
laag 4C zegge-bos-veen.

De lagen 1, 2, 3, 4A, 4B en 7 zijn alle door één monster vertegenwoordigd. Voor de lagen nos. 4C, 5 en 6 is het gemiddelde genomen van de in elke laag gelegen monsters.

De toegepaste laagverdeling is getekend op bijlage G1.

De berekende minimum evenwichtsfactoren zijn in de onderstaande tabel vermeld; de bijbehorende glijcirkels zijn op bijlage G1 ingetekend.

Fl-1	n = 1,58
Fl-2	n = 1,42

Aanvullende berekeningen

Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken, dat de kade t.p.v. het profiel no. 3 voor beide berekende gevallen met Fl-1 en Fl-2 een voldoende mate aan stabiliteit bezit. Deze gunstige uitkomsten worden o.a. veroorzaakt door de vrij hoge c'-waarden, die voor enige lagen in de desbetreffende proeven zijn gemeten. Hiermee zijn voornamelijk de lagen 4B en 7 bedoeld; de laag 4B bestaat uit verweerd veen van de formatie Hollandveen; de laag 7 is door klei met plantenresten van de Calais formatie gevormd. De gemeten c'-waarden in beide lagen zijn hoger dan tot nu toe als gemiddelde voor deze grondsoorten werd gevonden. Dit blijkt uit de door het C.O.W. opgestelde grafieken (zie C.O.W. rapport no. S74.096 "Beschouwing van de resultaten van de celproeven van het systematisch kade-onderzoek"). Aan de andere kant blijkt uit deze grafieken, dat bij deze lagere c'-waarden weer hogere ϕ'-waarden behoren, dan in dit profiel voor de betrokken lagen 4B en 7 zijn gevonden.

Teneinde de mogelijke invloed van de gevonden waarden na te kunnen gaan, zijn nog extra glijvlakberekeningen uitgevoerd, onder gebruikmaking van de waarden uit de bovengenoemde grafieken. Voor de laag 4B is ingevoerd $c' = 0.02$ kg/cm^2 en $\phi' = 31^\circ$, voor de laag 7 $c' = 0.02$ kg/cm^2 en $\phi' = 20.50^\circ$. De berekeningen zijn uitsluitend met de freatische lijn Fl-2 uitgevoerd.

De berekende minimum evenwichtsfactor is n = 1,29. De hierbijbehorende minimum glijcirkel blijkt dezelfde te zijn als voor Fl-1 is gevonden bij de eerste berekeningen.

Naast deze berekeningen is nog een geval bekeken, waarbij het verloop van de freatische lijn zeer ongunstig is aangenomen (Fl-3). De bedoeling van deze berekening is om een benadering te geven van de evenwichtstoestand in de kade bij verzadiging. De gevonden evenwichtsfactor is n = 1,31. De grondeigenschappen zijn die van het eerste stel berekeningen.

Samenvatting en conclusie

Met de in het profiel gevonden grondeigenschappen vertoont de kade voldoende stabiliteit. Dit wordt o.a. veroorzaakt door de gunstige wrijvingseigenschappen van de betrokken grondlagen. Het is duidelijk dat in de lengterichting van de kade een natuurlijke spreiding van deze eigenschappen moet worden verwacht, zodat het niet ondenkbaar is, dat plaatselijk lagere waarden kunnen voorkomen die meer het gemiddelde van deze grondsoorten benaderen. Dit zou tot gevolg kunnen hebben dat op die plaatsen de evenwichtsfactor van de kade onder de toelaatbare grens zakt. Voor profiel 3 wordt onder deze omstandigheden een te lage waarde van 1,29 berekend.

Opgemerkt moet nog worden dat in het kadedeel langs de Braassemermeer, dat door het profiel no. 1 wordt gepresenteerd, een andere grondopbouw voorkomt. Omdat de vorm van dit profiel no. 1 vrijwel gelijk is aan die van het profiel no. 3, doch de opbouw van dit kadedeel gunstiger blijkt te zijn (kleikade), wordt verwacht, dat dit kadedeel voldoende stabiel is. Uit eerdere berekeningen dien aangaande blijkt namelijk dat een kleikade stabieler is dan eén die geheel of gedeeltelijk uit veen is opgebouwd, doch overigens uitwendig dezelfde vorm heeft.

Uit dien hoofde wordt een stabiliteitsonderzoek in dit laatste deel niet nodig geacht. Over de lengte van dit kadedeel is door het C.O.W. een nader onderzoek ingesteld, waarvan in het eindrapport van het C.O.W. de resultaten worden vermeld.

Opgesteld door:

P.V.F.S. Krajíček

F.J. van Duren

Bij dit rapport behoren de volgende bijlagen

O	legenda
P1	situatie 1:25000
D4	dwarsprofiel 1:100
B1	boorprofielen
C1 t/m C6	celproefresultaten
G1	resultaten van stabiliteitsberekeningen
F15 t/m F17	foto's van boorresultaten

BIJLAGE 6

grondmechanica delft

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA
STICHTING WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

Stieltjesweg 2, Delft
Postbus 69
Telefoon 015-569223 *
Postgiro 234342
Bank: Bank Mees en Hope NV Delft
No. 25.92.35.911

ARCHIEFEXEMPLAAR

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen,
Bankastraat 137,
's-Gravenhage.

onderwerp : Kadeonderzoek Polder Vierambacht.
bijlagen :
dict/type : Kjc/vAm
kenmerk : dt.: 26-10-1973 ons kenmerk : CO-22246-0/21 dt.: 13 juni 1974

Inleiding:

Met betrekking tot het systematisch onderzoek naar de standzekerheid van de boezemkaden doen wij U hierbij toekomen de resultaten van het vooronderzoek aan de boezemkaden van de bovengenoemde polder.

Wij hebben van U ontvangen:

1) de situatie van de betrokken polder 1 : 25000 tek.no. 74.89
2) dwarsprofielen nos. 1 t/m 6 1 : 100 tek. nos. 74.93-95
3) copie van Uw interne rapport "De resultaten van de visuele verkenning".

Voor de topografische gegevens alsmede het geologische-historische overzicht van de kaden verwijzen wij naar onze brief CO-22246- en -47 van 11 juni 1974.

Omvang onderzoek.

In het kader van dit onderzoek zijn door ons uitgevoerd:

7 middelzware sonderingen nos. 1-1 en 1-2; 3-1 en 3-2; 4-1 en 4-2; 6-1.
14 continu boringen 29 mm nos. 1-1 t/m 1-4; 3-1 t/m 3-3; 4-1 t/m 4-3 en 6-1 t/m 6-4.

Verzoeke bij beantwoording datum en kenmerk van deze brief te vermelden.

* Werkzaamheden ten behoeve van opdrachtgevers worden slechts uitgevoerd op voorwaarde dat de opdrachtgever afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling en zich verplicht tot vrijwaring voor iedere aansprakelijkheid jegens derden.
Het rapport mag slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd na schriftelijke toestemming.

Het aantal en de situering van de boringen in de uitgekozen profielen werd in overeenstemming met de afmetingen en de vorm van de kade vastgesteld dat wil zeggen in het gebied dat voor een mogelijk stabiliteitsonderzoek van belang kan zijn. In principe één ter plaatse van de kruin van de kade gecombineerd met een middelzware sondering, en twee in het binnentalud. Waarschijnlijk door grote stukken hout in het veen ter plaatse van de boringen 1-2, 3-2 en 4-1 werd de gevraagde diepte niet gehaald. Om deze reden werden de naastliggende onderzoekpunten nós. 1-2, 3-2 en 4-2 ook met middelzware sonderingen aangevuld om de onderlinge correlaties tussen de grondopbouw en de sondeerwaarden te kunnen vaststellen.
Van de boringen zijn in het laboratorium de volumegewichten per halve meter lengte bepaald. Tevens zijn de grondsoorten beschreven en de boorresultaten gefotografeerd. Aan de uitgelegde en in de lengte doorgesneden grondmonsters zijn met behulp van een handpenetrometer de vastheden van de diverse lagen gemeten. De penetrometerwaarden (p) zijn grafisch weergegeven naast de boorprofielen.

De resultaten van alle boringen zijn getekend in de dwarsprofielen op de bijlagen D1 t/m D3.

De resultaten van de sonderingen zijn met de betreffende boringen op de bijlagen S1 t/m S7 weergegeven, waarbij de gemeten conusweerstanden en de plaatselijke wrijvingsweerstanden in kg/cm^2 tegen de diepte in m ten opzichte van N.A.P. zijn uitgezet.
De bijlagen F1 t/m F14 bevatten foto's van de boorresultaten.
Het opmeten van de dwarsprofielen alsmede de plaatsbepaling en de waterpassing van de onderzoekpunten werd door Uw meetdienst verricht. De tijdens het waterpassen van de dwarsprofielen waargenomen waterstanden in de boezem en in de kwelsloot zijn in de dwarsprofielen ingetekend.

Aangetroffen grondslag (zie bijlagen D1 t/m D3 en S1 t/m S7).

De vaste Pleistocene zandlaag wordt bij de sonderingen op een diepte van 10,5 à 11,0 m - N.A.P. aangetroffen.
Ter plaatse van de kruin van de kaden zien de grondprofielen van beneden naar boven, in ouderdomsafname er als volgt uit: Bovenop de Pleistocene zanden komt eerst een dik pakket voor, dat in principe uit twee delen bestaat. Het onderste, dikste deel is ter plaatse van de profielen 1 t/m 3 uit iets zandige kleien en ter plaatse van de profielen nos. 4 t/m 6 uit siltige zanden samengesteld, afgewisseld door een aantal dunne kleilaagjes. Het bovenste deel van dit pakket bestaat uit een vrij dunne kleilaag met plantenresten (dunner dan 1 m). Dit gehele complex behoort tot de Formatie van Calais.

Oorspronkelijk heeft boven op deze Formatie het Hollandveen gelegen, dat echter in de polder vrijwel geheel is verdwenen. Ter plaatse van de kaden is dit veenpakket nog wel aanwezig.

De kaden zelf zijn voornamelijk uit veen opgebouwd. De onderkant van de veenlaag neemt in diepte vanaf het Westen naar het Oosten af, n.l. van ca 6 m - N.A.P. in het profiel no. 1 naar ca 4,5 m - N.A.P. in het profiel no. 6. De dikte van het veen varieert van profiel naar profiel en hangt meer of minder af van de hoeveelheid opgebrachte specie. In de kruinboringen nos. 3-1 en 4-1 ligt op het veen geen ander opgebracht materiaal zodat de veenlaag daar tot aan het maaiveld reikt. In de overige onderzochte profielen is wel ander opgebracht materiaal aanwezig. Dit bestaat hoofdzakelijk uit kleien. De grootste dikte heeft deze kleilaag in boring no. 6-1, n.l. ca 2 m.
Een duidelijke afwijking met betrekking tot de grondgesteldheid van het kadelichaam werd ter plaatse van het profiel no. 1 geconstateerd. Zoals in ons geologische rapport werd vermeld, werd vermoedelijk een gedeelte van de kade langs de Braassermermeer verlegd. De nieuwe kade werd op het toen aanwezige maaiveld van de polder aangebracht dat wil zeggen op de enkele dm dikke veenlaag.

Zij bestaat onder de kadekruin uit kleien met dunne veenlaagjes. Onder het binnentalud worden verder naar het achterland meer zandige gronden aangetroffen.
Voor een nauwkeurig beeld van de grondopbouw van de kaden wordt verwezen naar de betreffende bijlagen.

Grondmechanische aspecten en conclusie.

1. Het typische beeld van alle kadeprofielen is dat zij geknikte, lange binnentaluds hebben. Het steilste deel hiervan ligt in de profielen nos. 1, 2, 5 en 6 onder ca 1 : 5 en in de profielen nos 3 en 4 onder 1 : 3,3. De rest - ongeveer twee derde - van deze binnenbelopen ligt zeer flauw n.l. minder dan 1 : 13. De afstanden tussen de kruin van de kade en de teensloot zijn aanzienlijk, en bewegen zich tussen 38 m en 47 m. Op de kruin van de kade ligt ter plaatse van de profielen nos. 3, 4 en 5 een asfaltweg, die aan de buitenkruinlijn door een enkele dm verhoogde berm wordt begrensd. Voor de smalle, iets onder N.A.P. liggende kruin van de groene kade ter plaatse van de profielen nos. 1 en 2 ligt een soort 3 à 5 m breed vlietland.
De polder (het achterland) ligt gemiddeld op 4,70 m - N.A.P.

2. In principe kunnen wij twee afzonderlijke grondgesteldheden van het kadelichaam onderscheiden. Het merendeel van de kade bestaat uit veen, wel of niet door maximaal 2 m opgebrachte specie afgedekt. Slechts het kadegedeelte ter plaatse van het profiel no. 1 is hoofdzakelijk uit kleiige materialen opgebouwd.
Onder de kaden (oorspronkelijke lagen) komt in alle profielen eerst klei met plantenresten voor. Daaronder zet zich tot aan het Pleistoceen een pakket voort, dat ongeveer vanaf het Westen tot aan het profiel no. 3 over het algemeen uit kleien of zandige kleien, en vanaf profiel no. 4 verder in Oostelijke richting uit siltige zanden is gevormd.

De conusweerstanden en de volumegwichten van bovengenoemde lagen zijn in de onderstaande tabel verzameld.

	γ in t/m^3	conusweerstand in kg/cm^2
opgebracht materiaal	1,3 à 1,9	10 à 30
veen	gem. 1,05	5 à 10
klei met plantenresten	gem. 1,35	3 à 5
kleien of zandige kleien	gem. 1,45	3 à 5
siltige zanden	gem. 1,75	20 à 60

3. Uit het bovenstaande krijgen wij het vermoeden dat de kaden ter plaatse van de profielen nos. 3 en 4 geen overmaat aan stabiliteit bezitten. Voor dit vermoeden spreekt het vrij steile binnenbeloop voor een veenkade (1 : 3,3). Daar de ondergrond (Calais formatie) in het gebied waar zich het profiel no. 3 bevindt, uit slappe kleilagen bestaat, stellen wij voor om dit profiel no. 3 aan een volledig stabiliteitsonderzoek te onderwerpen. Naar gelang van de uitslag van deze berekeningen kan later worden beslist of ook nog het profiel no. 4 doorberekend moet worden. Eventueel zou dit ter vereenvoudiging kunnen geschieden met de gevonden wrijvingswaarden van profiel no. 3, met aangenomen waarden voor de siltige zanden.
De grondopbouw van de kade ter plaatse van het profiel no. 1, waar in het kadelichaam hoofdzakelijk kleimaterialen voorkomen, geeft, afgezien van de lage kruinhoogte, geen directe aanleiding om hier onvoldoende stabiliteit te verwachten. Uit dien hoofde wordt een nader stabiliteitsonderzoek in deze kade niet nodig geacht.
Opgemerkt wordt, dat in ons geologische rapport gegevens zijn verstrekt over de ligging van het verlegde kadegedeelte. Het is wellicht van belang deze grenzen door middel van handboringen nader vast te stellen. OK

Bij de profielen 4 t/m 6 komen vrij hoog gelegen sterk zandige lagen voor. Het komt ons gewenst voor de waterspanningen in deze zandlaag zorgvuldig vast te stellen.

waterspanningen in de zandlagen glijdende van pr 3 en 6

Opgesteld door:

P.V.F.S. Krajíček.

Hoogachtend,

stab. cudes in 3 ok.

F.J. van Duren.

Bij deze brief behoren de volgende bijlagen:

0	legenda
P1	situatie schaal 1 : 25000
D1 t/m D3	dwarsprofielen nos. 1 t/m 6 schaal 1 : 100
S1 t/m S7	sondeerresultaten
F1 t/m F14	foto's van boorresultaten.

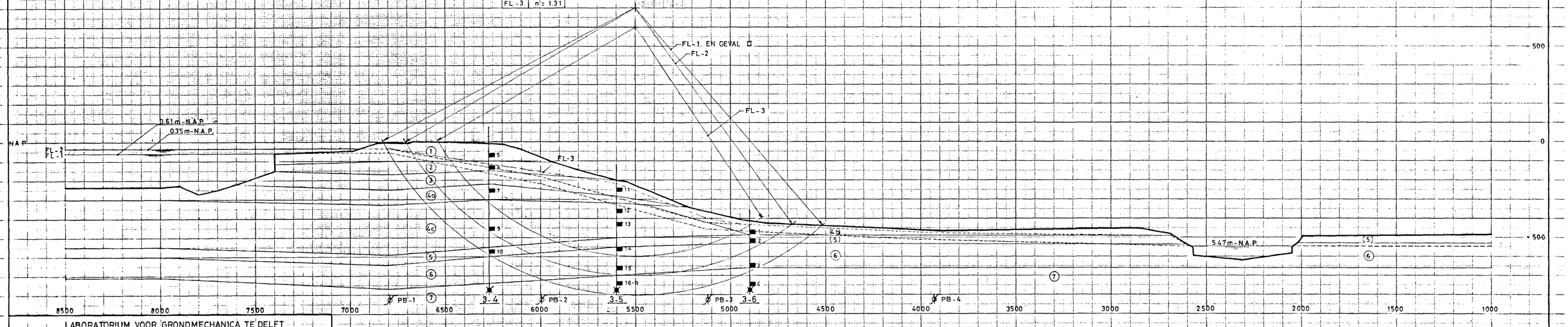
MONSTER	γ'	c'	φ'	GRONDSOORT
1	0.99	0.131	22.01	5
2	1.37	0.078	16.47	1, 11
3	1.72	0.010	28.55	1, 7, 12
4	1.75	0.060	16.35	3, 1x, 7x
5	1.73	0.012	29.16	3, 6, 9, 14
6	1.63	0.088	19.44	3, 10
7	1.18	0.029	32.86	5, 8
9	1.03	0.050	42.57	5
10	1.33	0.045	22.44	1, 11
11	1.38	0.034	22.63	5, 8
12	1.03	0.030	41.67	5
13	1.00	0.042	33.95	5
14	1.70	0.026	22.89	3, 6
15	1.73	0.039	21.45	1, 8, 7

LAAG	γ'	c'	φ'	MONSTER	GRONDSOORT
1	1.73	0.012	29.16	5	3, 6, 9, 14
2	1.63	0.088	19.44	6	3, 10
3	1.38	0.034	22.63	11	5, 8
4a	1.18	0.029	32.86	7	5, 8
4b	1.01	0.131	22.01	1	5
4c	1.02	0.041	39.40	9-12-13	5
5	1.35	0.062	19.46	10-2	1, 11
6	1.72	0.025	24.30	14-15-3	1, 3, 7, 12
7	1.75	0.060	16.35	16R-4	3, 1x, 7x

	c'	φ'	GEVAL □
4b	0.020	31.00	
7	0.020	20.50	

Overeenkomstig rapport
no: S.74.096 van het C.O.W.

FL-1	n'= 1.58		
FL-2	n'= 1.42	GEVAL □	n = 1.29
FL-3	n'= 1.31		



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT

SCHAAL 1:100

GLIJVLAKKEN PROFIEL 3

30 90

BIJL. G 1

CO-22246-0

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

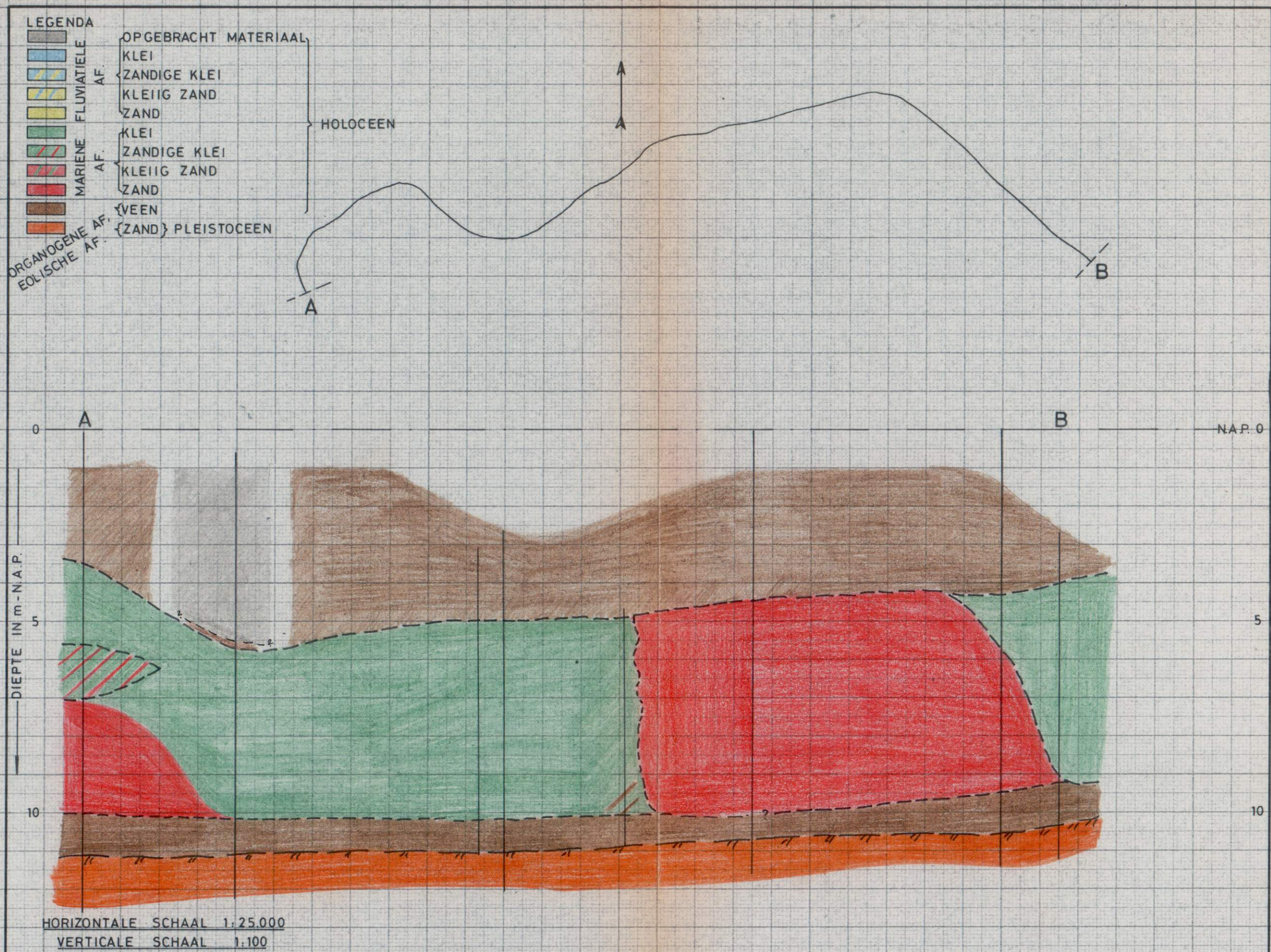
LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT				
KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL: P1	
SITUATIE	SCHAAL 1:25.000	30 / 40		CO-22246-0

SITUATIE DWARSPROFIELEN				
POLDER VIERAMBACHT				SCHAAL 1:25.000
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem	get	gez	A 2
	COW 1974	L.S. 3-74		WERKNR. TEK. NR. 74.89

BIJLAGE 5.

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT				
KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.			BIJL: P1	
SITUATIE SCHAAL 1:25.000	30 / 40		CO-22246-0	

SITUATIE DWARSPROFIELEN POLDER VIERAMBACHT				
CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN	gem COW 1974	get L.S. 3-74	gez	SCHAAL 1:25.000
				A 2 — WERKNR. TEK. NR. 74.89



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

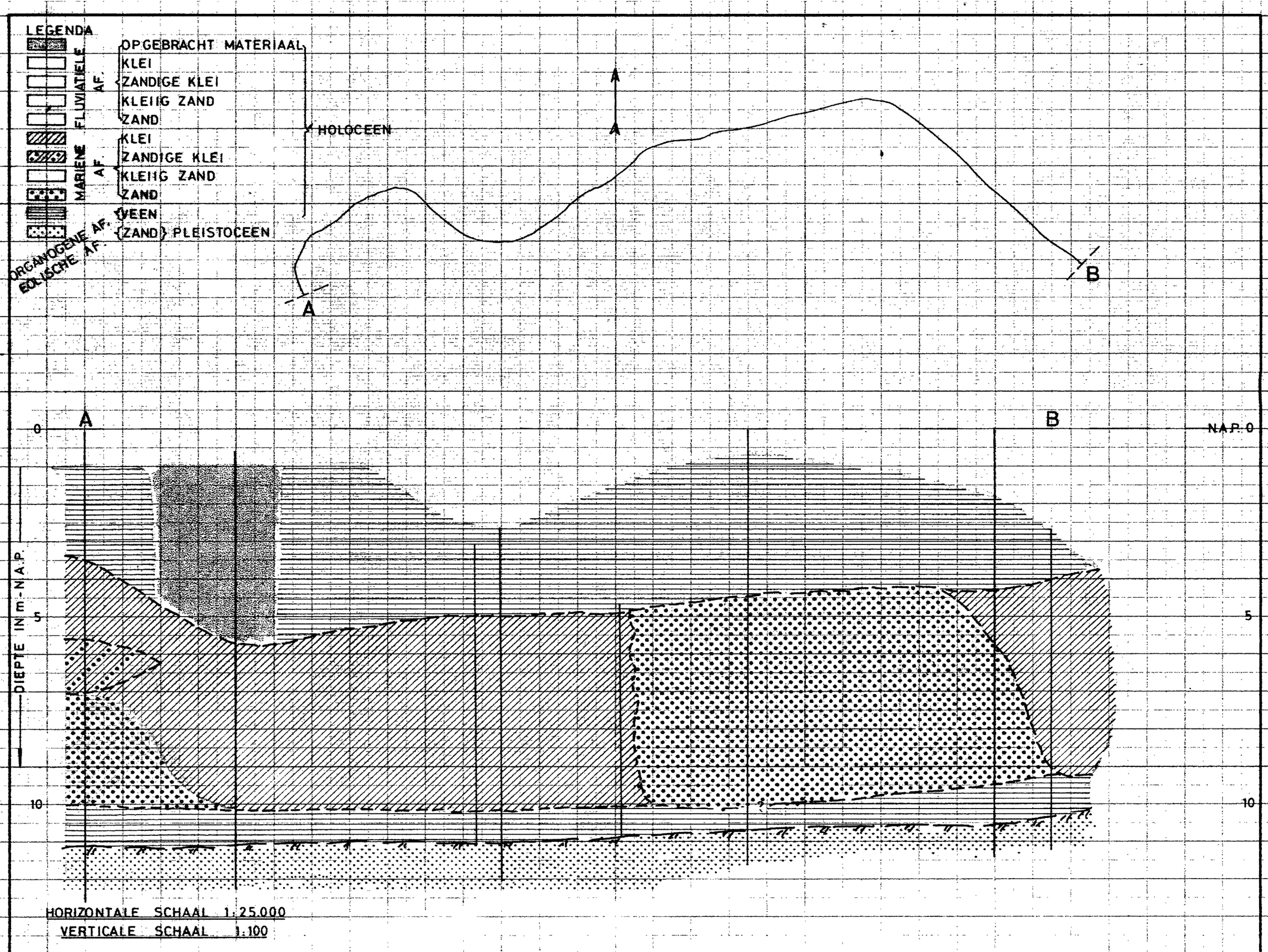
KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

BIJL: K1

GEOLOGISCH PROFIEL A-B

30
40

CO-22246-0



LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT

BIJL. K 1

GEOLOGISCH PROFIEL A-B

30
40

CO-22246-0

BULAGE 6.

F.L. = freatische lijn
P.B. = pulsboring
S.B. = steekboring
c.b. = continuboring 29 mm
C.B. = continuboring 66 mm
p.b = peilbuis
wsm = waterspanningsmeter

γ = volume gewicht in t/m^3
p = hand penetrometerwaarde in kg/cm^2
T.V. = torvane-waarde in kg/cm^2
c' = cohesie in kg/cm^2
ϕ' = hoek van inwendige wrijving

x laagjes
y stukjes
1 klei
2 zand fijn
3 zand
4 zand grof
5 veen
6 kleihoudend
7 slibhoudend
8 zandhoudend
9 humushoudend
10 veenhoudend
11 plantenresten
12 schelpen
13 grind
14 houtresten
15 keileem
16 leem
17 puin
18 koolas
19 teelaarde

= beproefd monster - C = celproef
γ = volume gewicht
H = horizontale doorlatendheid
V = verticale doorlatendheid
Sa= samendrukkingsproef
R = reserve

1.70= γ

⊠ = continuboring 29 mm
■ = continuboring 66 mm
● = pulsboring
⊖ = steekboring
X = oppervlakteboring
▼ = diepsondering
▽ = middelzware sondering
ϕ = waterspanningsmeter
ϕ = peilbuis

n = evenwichtsfactor =

$$\frac{c' + tg\,\phi' \text{ beschikbaar}}{c + tg\,\phi \text{ benodigd voor evenwicht}}$$

zand, klei, veen, planten-resten, hout
slib, puin, grind, teel-aarde, schelpen
koolas, humus, leem

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

LEGENDA

A4

BIJLAGE O

CO-22246-0

4486 2955

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER OUDSHOORN.

SITUATIE

SCHAAL 1: 25.000

W 940518 | 30 | 40

BIJL: P 2

CO-22247-0

SITUATIE DWARSPROFIELEN
POLDER OUDSHOORN

CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

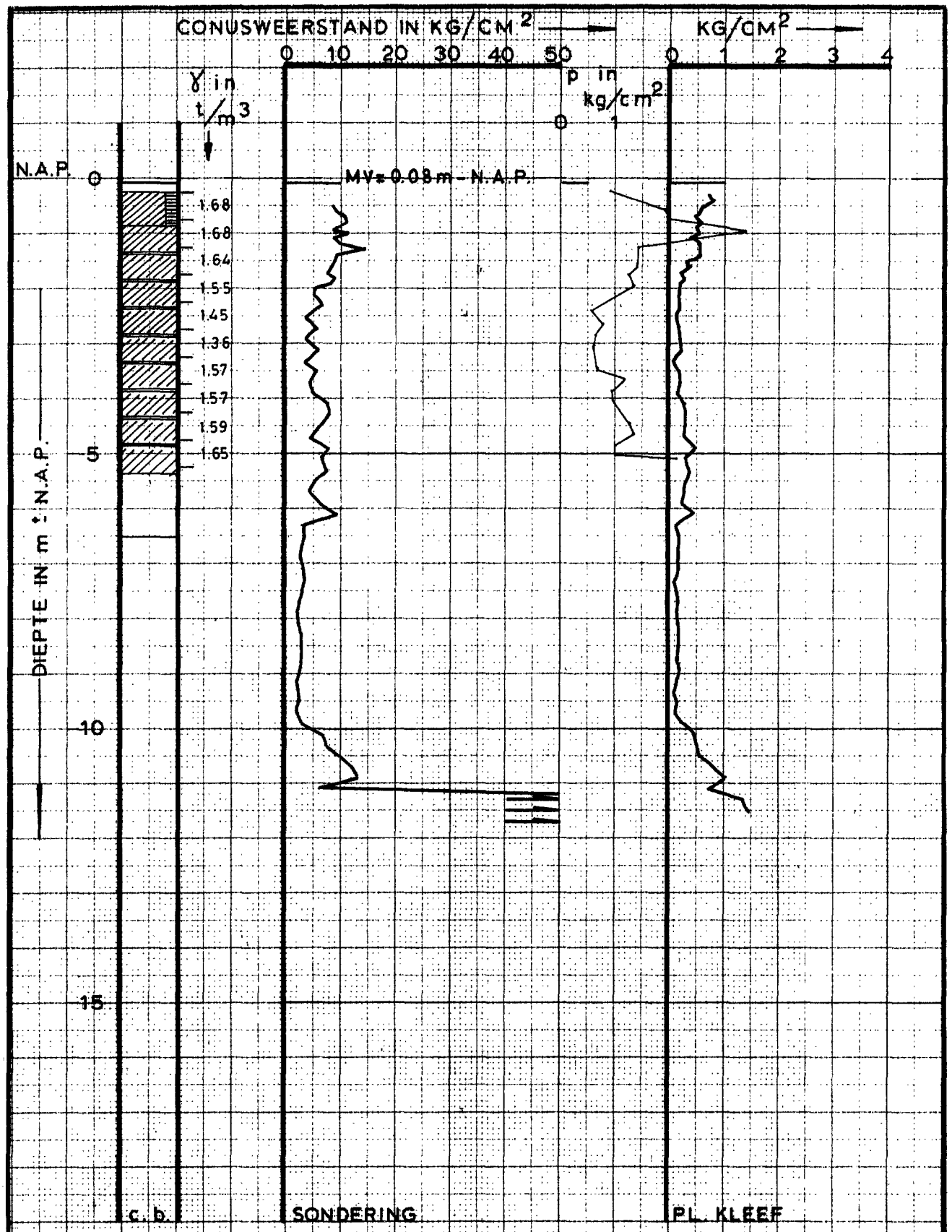
gem	get	gez
COW 1974	L.S. 3-74	

SCHAAL 1: 25.000

A 2

WERKNR

TEK NR 74.86



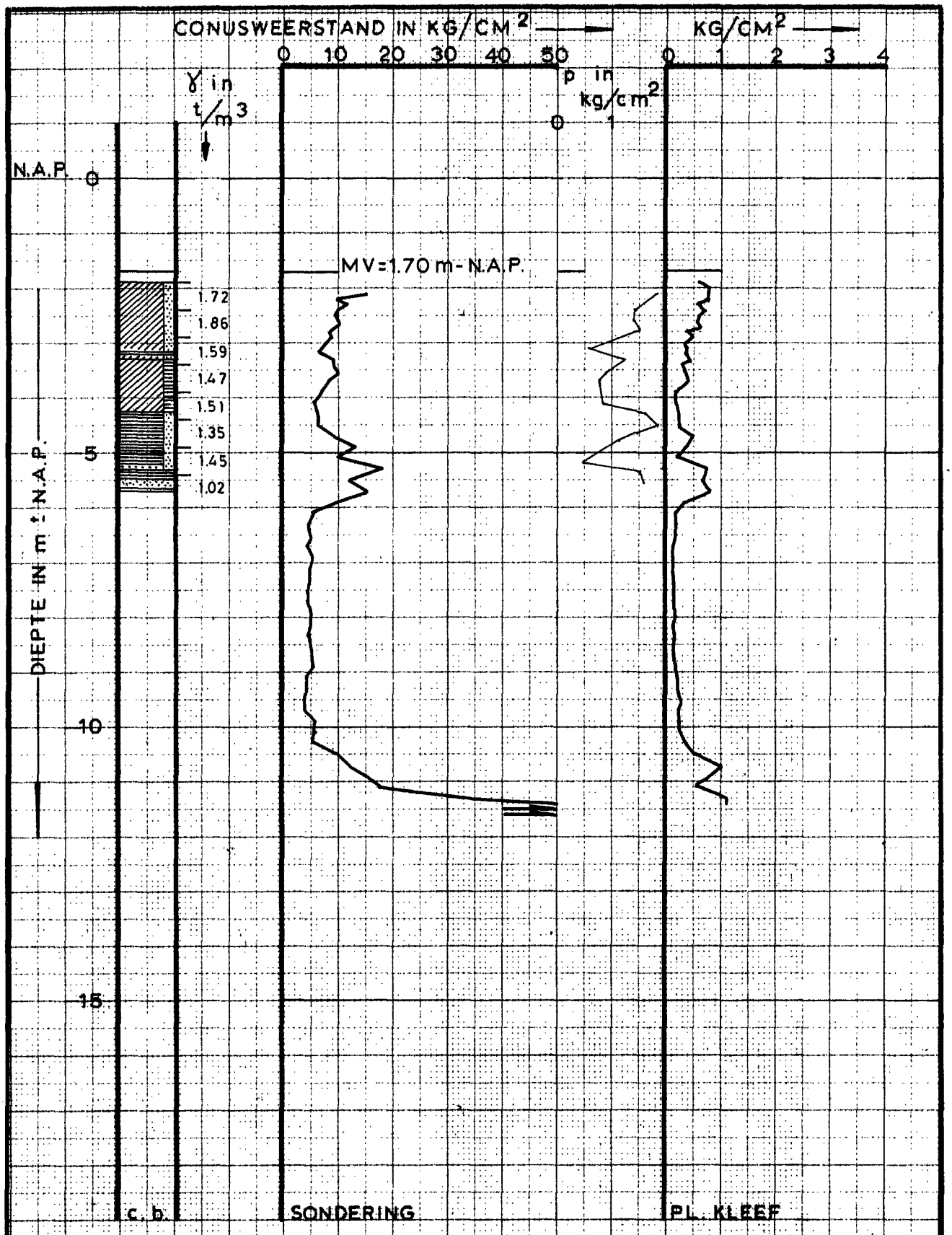
PROFIEL NO:	1
PUNT NO:	1-1

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.	QW FU0520		BIJL: S 1
BORING, SONDERING EN PL. KLEEF	A4		60-22246-0

4486 2955



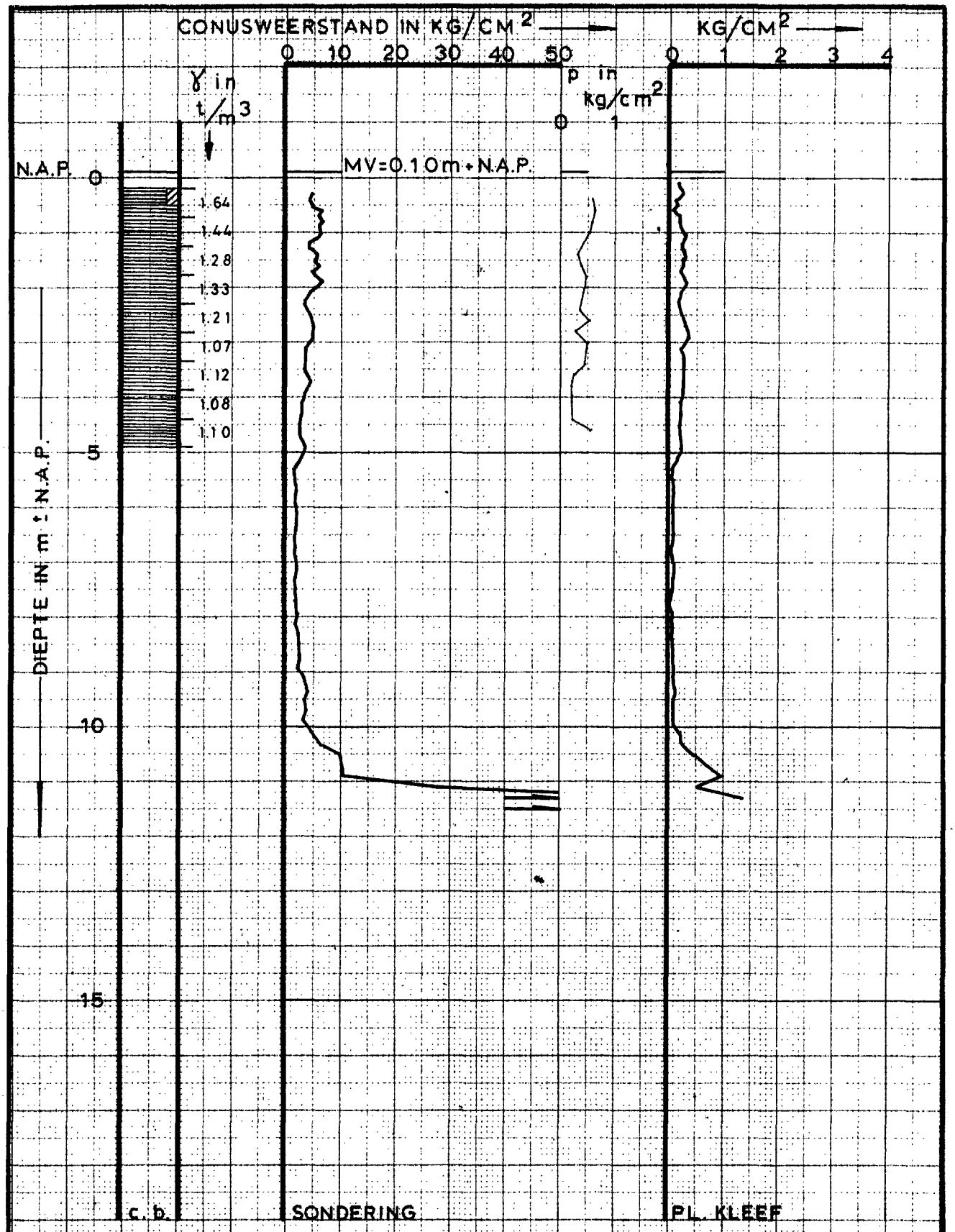
PROFIEL NO:	1
PUNT NO:	1-2

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.	RW 7405.2		BIJL: S 2
BORING, SONDERING EN PL. KLEEF	A4		co. 22246-0

4486 2955



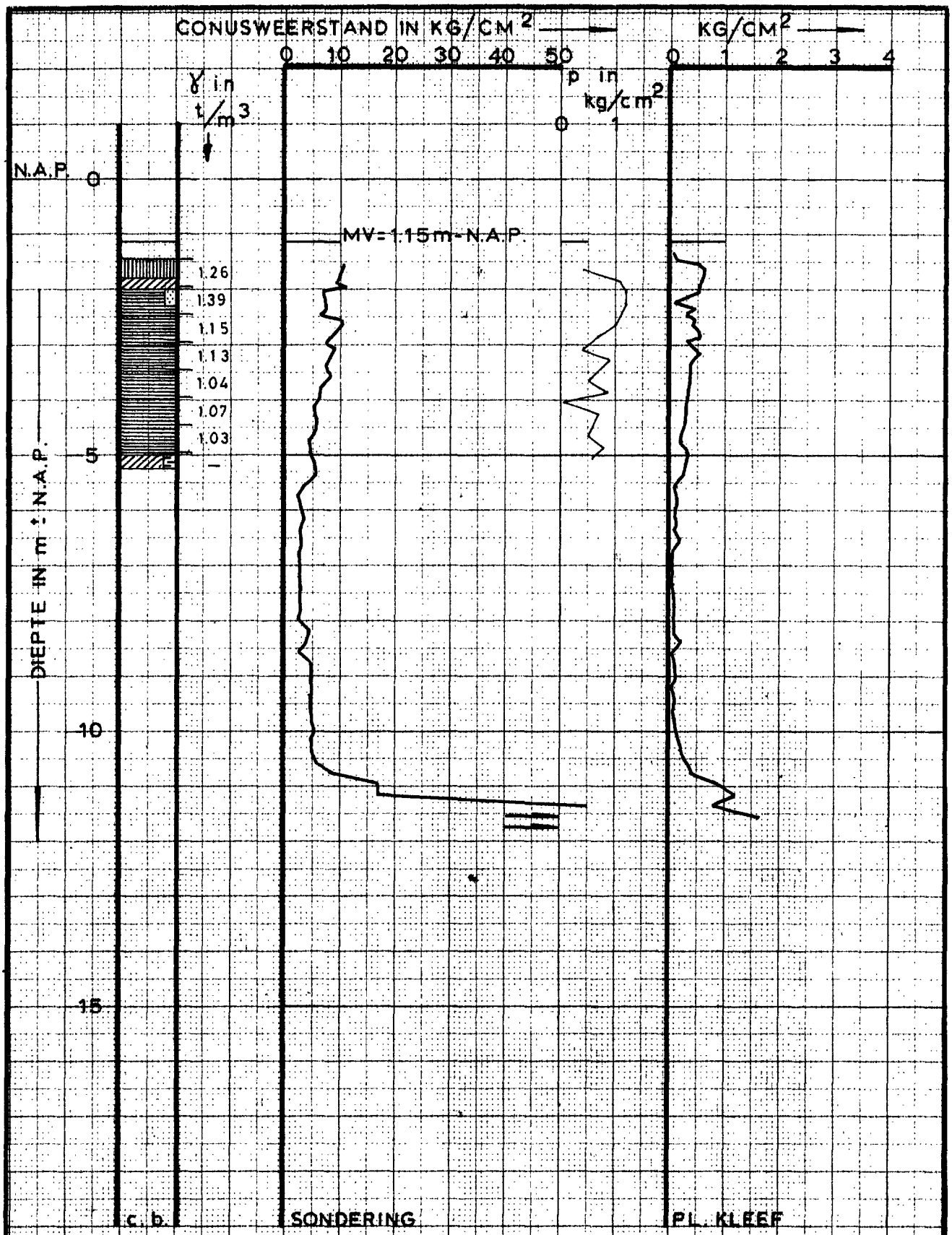
PROFIEL NO:	3
PUNT NO:	3-1

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.	RW 940518		BIJL: S 3
BORING, SONDERING EN PL. KLEEF	A4		co-22246-0

4486 2955



PROFIEL NO: 3

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

PUNT NO: 3-2

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

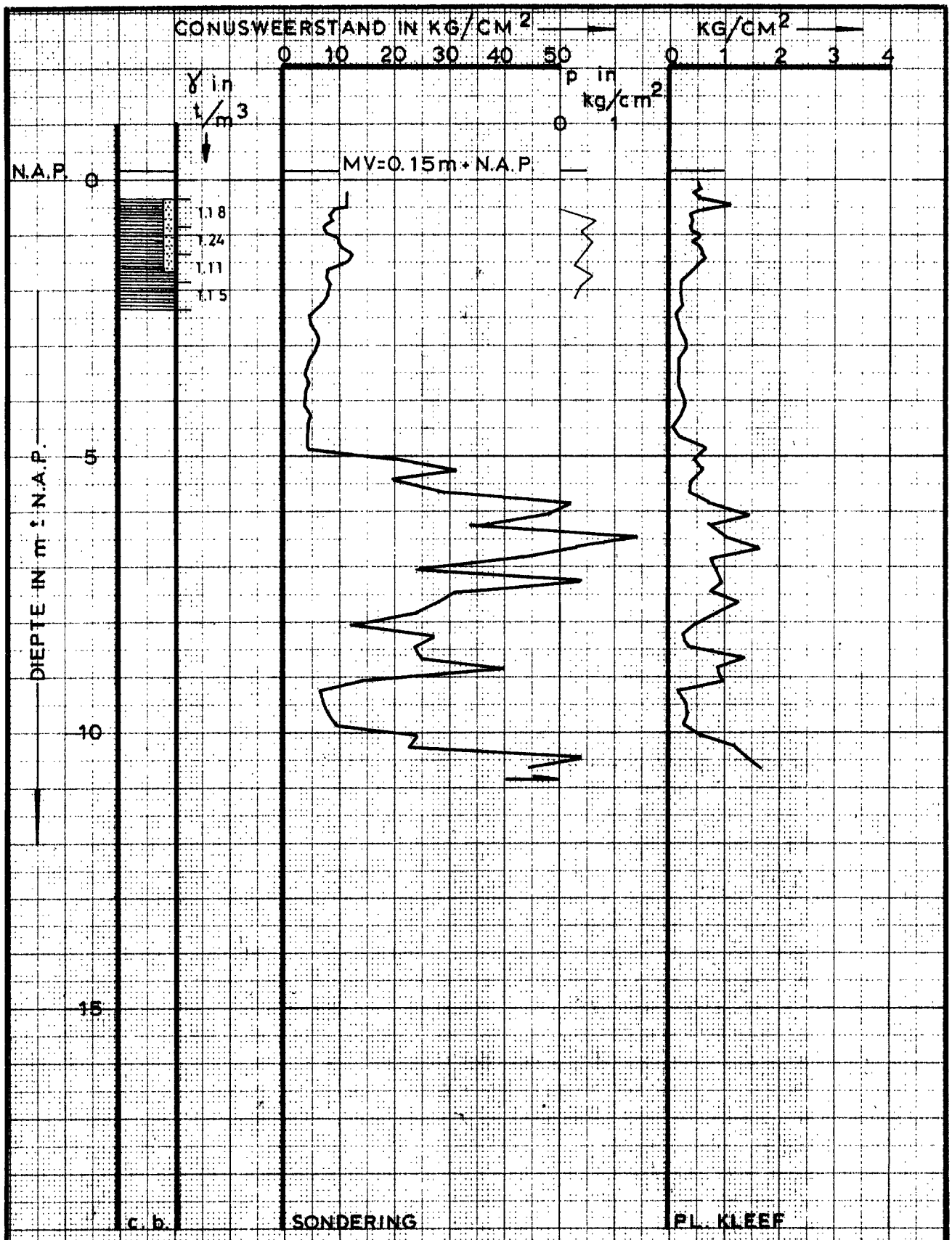
BIJL: S 4

BORING, SONDERING EN PL. KLEEF

A4

22246-0

4486 2935



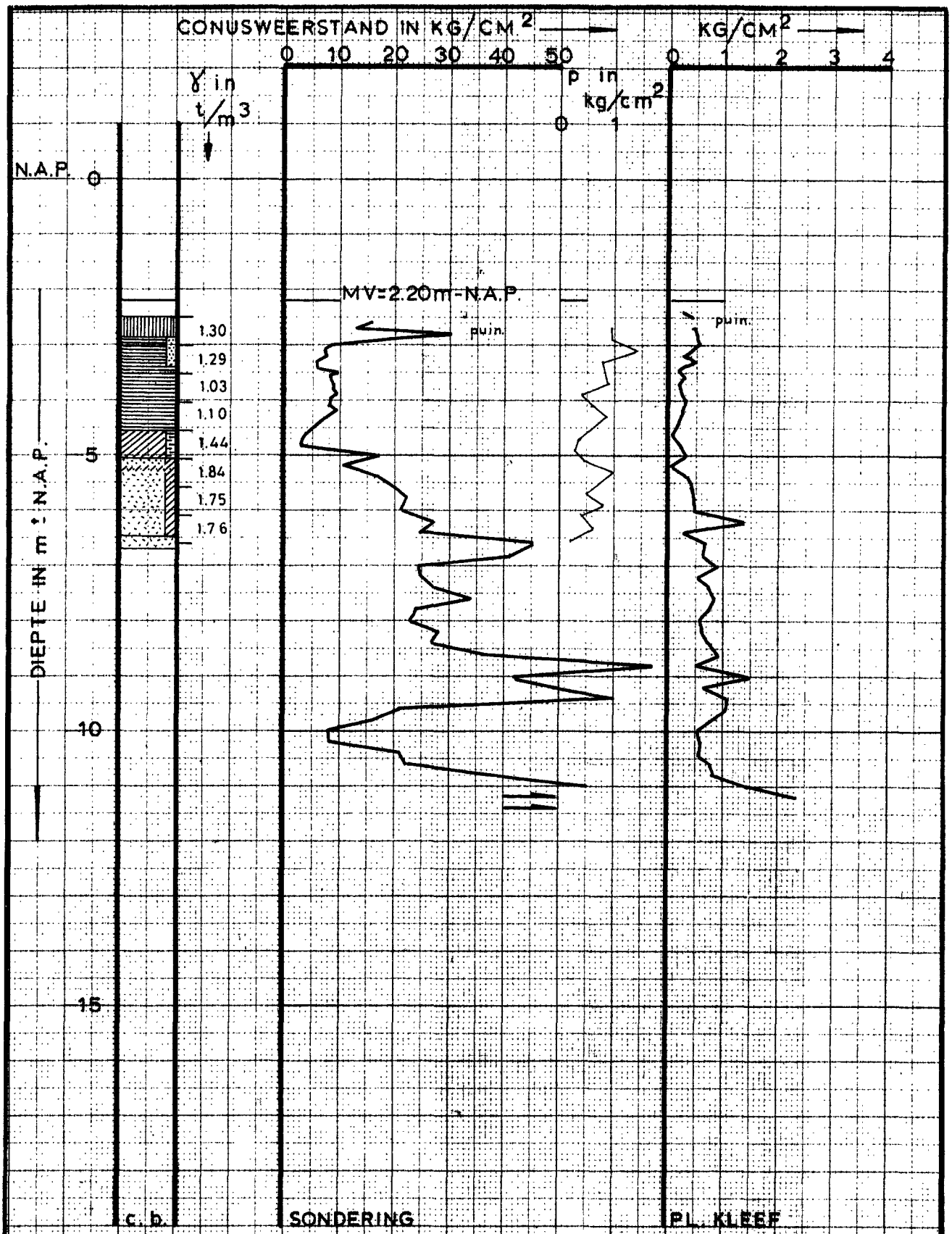
LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

PROFIEL NO:	4
PUNT NO:	4-1

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.	RW 740528	BIJL: S 5
BORING, SONDERING EN PL. KLEEF	A4	60-22246-0

4486 2955



LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

PROFIEL NO: 4

PUNT NO: 4-2

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

BORING, SONDERING EN PL. KLEEF

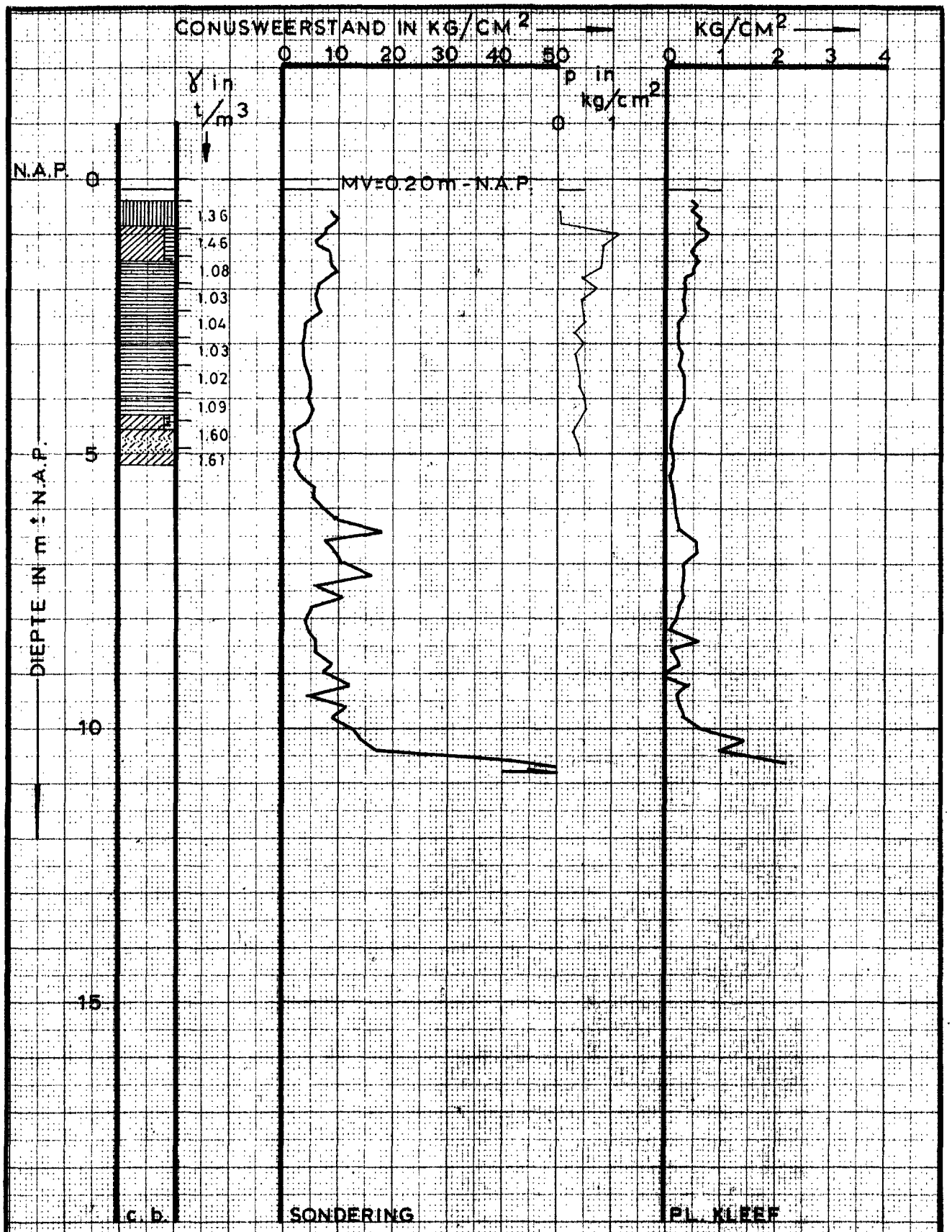
RW 74/058

A4

BIJL: S 6

co-22246-0

4486 2955



PROFIEL NO: 6

PUNT NO: 6-1

LEGENDA: ZIE BIJLAGE 0

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA TE DELFT

KADEONDERZOEK POLDER VIERAMBACHT.

BORING, SONDERING EN PL. KLEEF

BIJL: S 7

No. 22246-0

4486

grondmechanica delft

LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA
STICHTING WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM

Stieltjesweg 2, Delft
Postbus 69
Telefoon 015-569223 *
Postgiro 234342
Bank: Bank Mees en Hope NV Delft
No. 25.92.35.911

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen,
Bankastraat 137,
's-Gravenhage.

onderwerp : Kadeonderzoek Polders Vierambacht en Oudshoorn.
bijlagen :
dict/type : Kjc/vAm
kenmerk : dt.: 26-10-1973 ons kenmerk: CO-22246-0/20 CO-22247-0/13 dt.: 11 juni 1974

Zoals is afgesproken geven wij U hierbij een overzicht van de geologische opbouw van het gebied, waarin de bovengenoemde polders zijn gelegen, speciaal met betrekking tot de ondergrond van de kaden.

Lijst van de gebruikte literatuur:

1) Archiefgegevens van boringen en sonderingen uitgevoerd door het L.G.M.
2) Toelichting bij de nieuwe Geologische kaart van Nederland.
3) Geologische kaart van Nederland 31 kwartblad I en III.
4) "De rivierstreek" door Dr. T. Vink.
5) "Geologie van Nederland" door Dr. F.J. Faber.
6) "Kaarten van Rijnland, Delfland en Schieland 1611-1615".

Algemene gegevens:

In de profielen van de bijlagen K1 en K2 zijn mede boor- en sondeerresultaten van het L.G.M. verwerkt, die binnen 200 m ter weerszijden van de profielen zijn uitgevoerd, alsmede de recente resultaten van het vooronderzoek.

Verzoeke bij beantwoording datum en kenmerk van deze brief te vermelden.

* Werkzaamheden ten behoeve van opdrachtgevers worden slechts uitgevoerd op voorwaarde dat de opdrachtgever afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling en zich verplicht tot vrijwaring voor iedere aansprakelijkheid jegens derden.
Het rapport mag slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd na schriftelijke toestemming.

Bij de interpretatie van de sondeerresultaten werd de grafiek van Dr. Ir. Begemann gebruikt, waarbij grondsoorten zijn gekoppeld aan de verhouding van de plaatselijke kleef en de sondeerwaarde.
Op beide bijlagen P1 is het betreffende deel van de Geologische kaart van Nederland op schaal 1 : 25000 overgenomen. Deze kaart verschaft gegevens over de bovenste lagen van het achterland van de kaden (de polders). Verder is op deze kaart het verloop van de waterkering langs de Braassemermeer aangegeven, zoals deze in het jaar 1611 zou zijn geweest volgens lit. 6.

Topografie: (zie Topografische kaart no. 31 kwartbladen A en C schaal 1 : 25000).

De betrokken polders liggen op het grondgebied van de gemeenten Woubrugge, Rijnsaterwoude, Ter Aar en Alphen a/d Rijn.
Bij de door het C.O.W. samen met het L.G.M. uitgevoerde terreinverkenning werd besloten slechts de noordelijke kaden van de Polder Vierambacht voor een onderzoek aan te wijzen. De kaden keren vanaf het westen achtereenvolgens de wateringen het Paddegat, de Braassemermeer, de Ringvaart en de Leidsche Vaart.
In de polder Oudshoorn werden de kaden langs de Kromme Aar en het Aarkanaal voor een onderzoek voorgesteld.

Overzicht van de geologische geschiedenis.

Tijdens de laatste ijsperiode in het laat-Pleistoceen werden de periglaciale afzettingen (Formatie van Twente) gevormd, welke door eolische zanden (dekzanden) worden vertegenwoordigd.
In het begin van het Holoceen begon de zeespiegelrijzing als gevolg van het afsmelten van het landijs door klimaatsverbetering. De nadering van de zee had tot gevolg, dat de grondwaterspiegel werd verhoogd, wat er toe bijdroeg, dat veenvorming kan optreden.

Dit is een mogelijke verklaring, waarom deze kade voornamelijk uit opgebrachte specie bestaat.
De recente geologische geschiedenis van de polders stond onder invloed van menselijke en atmosferische invloeden, die in het bijzonder de bovenste lagen van de polder (Hollandveen) wat de kwaliteit of continuiteit betreft, vrij sterk aantastten.

Samenvatting (zie ook bijlage K1 en K2).

Ter plaatse van de kaden komen in principe de volgende profielen voor (niet op schaal)

1. Polder Vierambacht

opgebracht materiaal (kan ontbreken x))	Anthropogene gronden
veen (kan ontbreken x))	Hollandveen
klei met plantenresten zand, kleiig of klei zandig (plantenresten, schelpresten)	Formatie van Calais
veen	Basisveen
zand	Formatie van Twente

x) Zie bijlage K1.

2. Polder Oudshoorn.

klei	Formatie van Tiel
zand met klei, kleilaagjes of klei met zandlaagjes	Formatie van Tiel
zand	Formatie van Twente

Opgesteld door:

P.V.F.S. Krajíček.

Hoogachtend,

F.J. van Duren.

Bijlagen: Copie van kaartgedeelte uit 1611, schaal ± 1 : 25000.

P1 Uittreksel van de Geologische kaart schaal 1 : 25000 met ingetekende contouren van de ligging van de waterkeringen in 1611.

K1 en K2 Geologische lengte profielen van de boezemkaden
schaal 1 : 25000 lengte
schaal 1 : 100 hoogte

Het op deze wijze ontstane veen wordt Basisveen genoemd. In dit veenlandschap drong de stijgende zee steeds verder binnen. Er onststond een marien pakket, dat over het algemeen bovenin uit kleien en onderin uit siltige zanden met kleilaagjes of kleien bestaat (Formatie van Calais). De granulaire samenstelling van deze Calais-afzettingen werd bepaald door het stromingspatroon. Door locale stroomversnellingen konden geulen worden uitgeschuurd, waarna deze met grovere sedimenten werden opgevuld. Op die plaatsen, waar de sedimentatie een rustig verloop heeft gehad, werden fijne sedimenten (kleien) afgezet.
De hierna volgende daling van de zeespiegel, gepaard gaande met de vorming van een duinbarriere langs de kust, gaf aanleiding tot nieuwe veengroei. Het aldus gevormde veenpakket wordt samengevat onder de naam Hollandveen.
De tweede transgressie heeft het hier besproken gebied niet bereikt; wel stond het grootste deel van de polder Oudshoorn onder invloed van de Aar, een zijtak van de Oude Rijn. Waarschijnlijk is oorspronkelijk ter plaatse van de huidige Aarbedding een diepe wadgeul ontstaan waar doorheen de rijzende zee in de Calais-tijd binnendrong. Deze zeerijzing veroorzaakte, dat de oorspronkelijke sedimenten i.q. het Basisveen totaal, en gedeeltelijk het oppervlak van de Pleistocene dekzanden werden weggeschuurd. Na de regressie werd de wadgeul tot een riviergeul omgevormd. Door de eroderende werking van de rivier (de Aar) is de geul vaak nog verder verdiept.
Toen de aanvoer van vaste stoffen voor goed de erosie ging overtreffen, legde de rivier het getransporteerde materiaal neer. Zo werd de geul langzaam opgevuld. De grofheid van de aangevoerde sedimenten kan vrij sterk uiteenlopen; van fijn grind tot klei toe. Het zo ontstane pakket van fluviatiele afzettingen valt onder de Formatie van Tiel.
Na de bedijking van de polders, die omstreeks de middeleeuwen werd voltooid, werden de polders drooggemalen (de Vierambacht in 1736). Of hierna nog dijkdoorbraken zijn opgetreden is ons niet bekend. Wel is op basis van de hierbijgaande kaart van 1611 geconstateerd, dat de kade ter plaatse van het profiel no. 1 werd verlegd (zie ook bijlage P1).