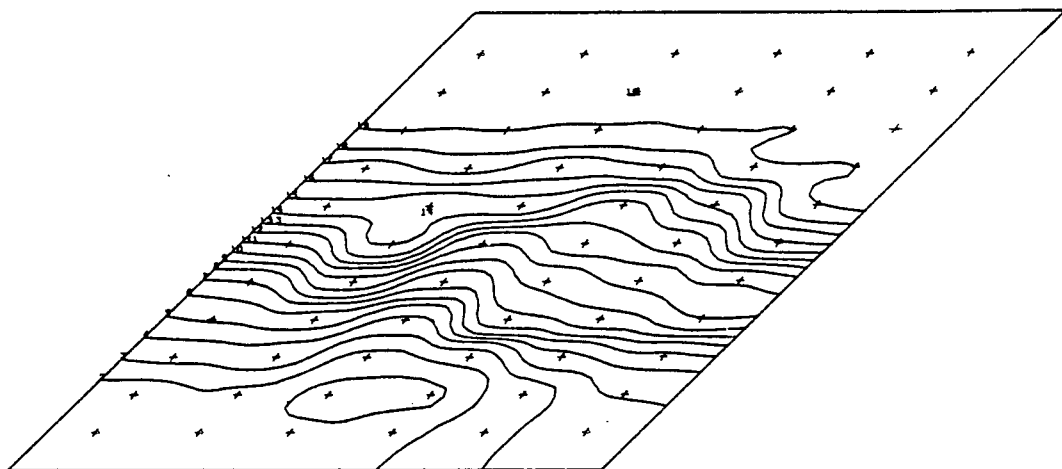


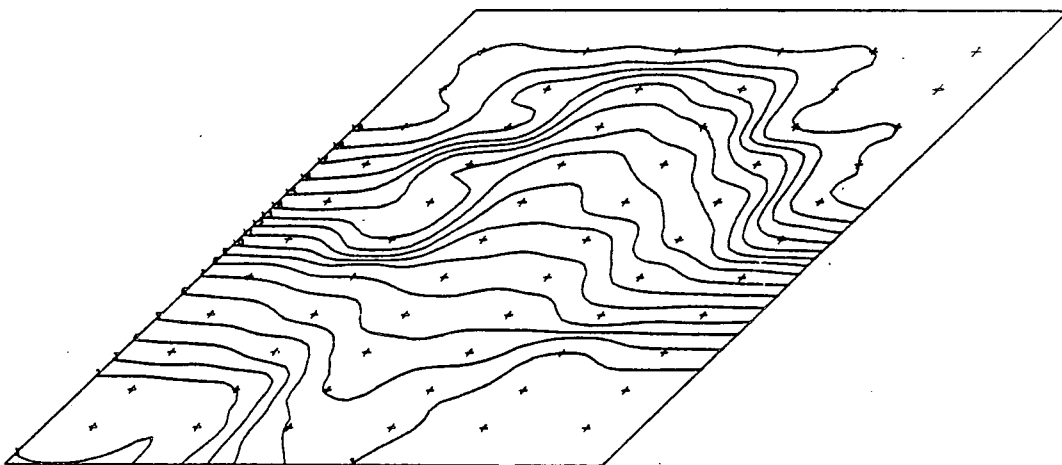


BB 85.22

laboratorium voor grondmechanica delft
delft soil mechanics laboratory



STATISTISCHE ANALYSE ZETTINGSVLOEIINGEN



laboratorium voor grondmechanica

stichting waterbouwkundig laboratorium



postbus 69, 2600 AB delft
stieltjesweg 2, delft
telefoon 015-569223
telex: 38234 soil nl
postgiro: 234342
bank: mees en hope nv delft
rek.nr. 25.92.35.911
(giro: 6400)
k.v.k. S 145040 delft

STATISTISCHE ANALYSE ZETTINGSVLOEIINGEN

CO-416670/12

juni 1985

Opgesteld in opdracht van:
DELTADIENST, RIJKSWATERSTAAT

Projectleider : ir. F. Silvis
Projectbegeleider: ir. J. Lindenberg
Afdeling WATERBOUWKUNDIGE CONSTRUCTIES
Afdelingshoofd : ir. P. Lubking



Inhoudsopgave

blz.:

1.	Inleiding	1
2.	Statistische analyse van enige zettingsvloeiings(cor)- relatie figuren	3
2.1.	Inleiding	3
2.2.	Relatie tussen evenwichtshelling na optreden vloeifing en kuildiepte voor vloeifing	4
2.3.	Relatie tussen kuildiepte voor vloeifing en diepte waar- over de aanzethelling optreedt na de vloeifing	12
2.4.	Relatie tussen gemiddelde steilste helling over 5 m hoogte voor optreden vloeifing en kuildiepte voor vloei- fing	15
2.5.	Conclusies statistische analyse	16
3.	Nadere analyse gegevens van Wilderom	18
3.1.	Inleiding	18
3.2.	Vergelijking van enkele peilraaien voor de vloeifing in en naast het invloedsgebied van de vloeifing	22
3.2.1.	Leendert Abrahampolder raai VII Val 21-2-1894	23
3.2.2.	Leendert Abrahampolder raai VIII Val 14-3-1906	23
3.2.3.	Anna Frisopolder raai IVa Val 20-2-1905	24
3.3.	Vergelijking van peilingen in één raai van enkele jaren voor de vloeifing tot aan de vloeifing	26
3.3.1.	Leendert Abrahampolder raai VII Val 21-2-1894	26
3.3.2.	Leendert Abrahampolder raai VIII Val 14-3-1906	29
3.3.3.	Anna Frisopolder raai IVa Val 20-2-1905	30
3.3.4.	Scherpenissepolder raai XXXIX Val 2-4-1912	33
3.3.5.	Scherpenissepolder raai XXXVIII Val 13-4-1933	35
3.4.	Relatie kuildiepte-gemiddelde steilste aanzethelling over 5 m hoogte voor gebieden waar geen vloeifingen zijn opgetreden en een vergelijking tussen deze steilste aanzethellingen met die uit gebieden waar wel vloei- fingen zijn opgetreden.	36



Inhoudsopgave (vervolg)

blz.:

4.	Vallen langs de platen van Ossenis	41
4.1.	Inleiding	41
4.2.	Analyse van een drietal plaatvallen	41
4.2.1.	Plaat van Ossenis raai 3.43 + 39. Val 2-10 juli 1981	42
4.2.2.	Plaat van Ossenis raai 3.45. Val tussen 10 dec. - 18 jan. 1981/1982	43
4.2.3.	Plaat van Ossenis raai 3.45. Val tussen 24 jan. - 22 febr. 1983	44
4.3.	Resumé plaatvallen	45
5.	Samenvatting en conclusies	46



1. Inleiding

De gegevens van Wilderom [4] uit Resultaten van het vooroeveronderzoek langs de Zeeuwse Stroom betreffende zettingsvloeiingen en afschuivingen zijn door Davis [3] bewerkt. Daarbij zijn correlaties gelegd tussen vele geometrische parameters.

De correlatiestudie van Davis is een belangrijke basis geweest bij de vaststelling van onder meer de bestortingscriteria bij de randen van de bodembescherming van de stormvloedkering.

Met name de aanbevelingen voor nader onderzoek uit Inventarisatie adviespraktijk zettingsvloeiingen [7] van Lindenberg zijn de aanleiding geweest tot en hebben de opzet bepaald van deze studie.

De in dit rapport uitgewerkte studie heeft onder andere ten doel:

- het onderzoeken of er afhankelijkheden bestaan tussen de verschillende geometrische parameters die bij zettingsvloeiingen onderscheiden kunnen worden en het omschrijven van die afhankelijkheden;
- het formuleren van statistische voorwaarden waaraan moet worden voldaan, opdat het trekken van conclusies uit de correlatiegrafieken geoorloofd is;
- het vaststellen of er een correlatie bestaat tussen geometrische parameters van vooroevers en het al of niet optreden van een zettingsvloeiing;
- de invloed nagaan van:
 - * de afstand tussen de verschillende raaien;
 - * de keuze van de maatgevende raai;
 - * de tijdsduur tussen 2 opeenvolgende peilingen;
 - * de tijdsduur tussen peiling en vloeiing.

Daartoe wordt in hoofdstuk 2 een statistische analyse uitgevoerd van een drietal belangrijke zettingsvloeiingscorrelatiefiguren.

Twee daarvan zijn afgeleid uit het (schade)profiel van een oevertal. De derde heeft betrekking op een veel gebruikte geometrische grootheid voor optreden van een vloeiing, namelijk de gemiddeld steilste helling over 5 m taludhoogte.



In hoofdstuk 3 wordt voor een aantal vallen nagegaan in hoeverre de juiste geometrische eigenschappen zijn gebruikt bij de verrichte valleninventarisatie en de daaruit afgeleide correlaties.

Daartoe wordt nagegaan in hoeverre elders - in raaien die ook beïnvloed worden door de val - steilere hellingen voorkomen dan in de karakteristieke raai. Dat is de raai, waaraan de geometrische eigenschappen zijn ontleend voor de correlatiefiguren.

Een tweetal andere aandachtspunten zijn de mogelijke versteiling van een vooroever tot aan het moment van vloeien en het verband tussen de steilste helling over 5 m hoogte en de geuldiepte. Dit verband wordt afgeleid uit raaistaten van onbeschermde vooroevers in verwekingsgevoelige gebieden waarin gedurende enkele jaren na de betreffende peilingen geen oevervallen zijn opgetreden. De uitkomst wordt vergeleken met eenzelfde figuur waarbij alleen de gegevens gebruikt zijn van de laatste peiling voor een oeverval.

In hoofdstuk 4 wordt een drietal plaatvallen nader geanalyseerd. Enkele belangrijke redenen hiervoor waren de aanwezige maandelijkse peilgegevens en de geringe onzekerheid over de aanwezige grondsoort, namelijk losgepakt zand.

Tenslotte zal in hoofdstuk 5 deze studie samengevat worden. De conclusies en aanbevelingen voor nader onderzoek staan hier ook vermeld.

Deze studie is in opdracht van de Deltadienst uitgevoerd door ir. F. Silvis van het Laboratorium voor Grondmechanica.



2. Statistische analyse van enige zettingsvloeiings (cor)relatiefiguren

2.1. Inleiding

De gegevens van Wilderom [4] uit Resultaten van het Vooroeveronderzoek langs de Zeeuwse Stroom betreffende zettingsvloeiingen en afschuivingen zijn door Davis [3] bewerkt. Daarbij zijn correlaties gelegd tussen vele parameters.

Deze correlatiestudie van Davis is een belangrijke basis geweest bij de vaststelling van onder meer de bestortingscriteria bij de randen van de bodembescherming van de stormvloedkering.

De in dit rapport uitgewerkte studie heeft onder andere ten doel na te gaan in hoeverre er sprake is van een significante correlatie tussen de tegen elkaar uitgezette grootheden en hun eventueel verband met het al of niet optreden van een zettingsvloeiing.

In dit hoofdstuk zullen de volgende correlatiefiguren nader beschouwd worden:

1. Relatie evenwichtshelling na optreden vloeiing tegen kuildiepte voor vloeiing. Zie bijlage 1.
2. Relatie kuildiepte voor de vloeiing tegen de diepte waarover de aanzethelling optreedt. Zie bijlage 7.
3. Relatie steilste helling over 5 m hoogte voor optreden vloeiing tegen kuildiepte voor vloeiing. Zie bijlage 9.

De genoemde grootheden worden verklaard in en onder figuur 3.2. Het profiel na de val wordt veelal geschematiseerd tot een steil gedeelte (de aanzethelling) en een flauw gedeelte (de evenwichtshelling).



2.2. Relatie tussen evenwichtshelling na optreden vloeifog en kuil- diepte voor vloeifog

Bijlage 1 geeft in een figuur de relatie weer tussen de evenwichtshelling na optreden vloeifog (uitgezet langs de y-as) en de kuildiepte voor vloeifog (uitgezet langs de x-as). Er is sprake van een grote spreiding in de waarnemingen.

Achtereenvolgens zullen afgeleid/berekend worden:

- een frequentietabel
- regressielijnen
- betrouwbaarheidsintervallen
- correlatiecoëfficiënt
- onafhankelijkheidstest
- toetsing lineaire regressie.

Bij de statistische verwerking van de te onderzoeken relaties is gebruik gemaakt van Dixon en Massey: Introduction to statistical analysis [6].

Veronderstellingen

Er wordt verondersteld dat zowel y als x stochastische variabelen zijn. Vandaar de onderstreping van y en x . De regressiefunctie van y naar x wordt gedefinieerd als de conditionele verwachting van y bij een gegeven $x = x (\mu_{y,x})$.

Tevens wordt verondersteld dat y en x simultane normale verdelingen hebben (bivariate normal distribution).

Dat wil zeggen dat de verdeling van y -waarden voor elke vaste x normaal is en de variantie $\sigma^2_{y,x}$ constant is.

Eveneens geldt dat de verdeling van x -waarden voor elke vaste y normaal is en dat de variantie $\sigma^2_{x,y}$ constant is.



De notatie $\sigma^2_{x.y}$ stelt dus de variantie van $\underline{x}$ voor bij een vaste y .
Evenzo staat $\mu_{y.x}$ voor de regressielijn van $\underline{y}$ als functie van x .
Als extra veronderstelling wordt geponeerd dat er sprake is van lineaire regressie. In een later stadium zal deze veronderstelling getoetst worden.

Frequentieverdeling

Aan de hand van bijlage 1 is onderstaande frequentieverdeling te maken.
De verticale as ($\underline{y}$) op de bijlage is onderverdeeld in eenheden van 0,005 en de horizontale as ($\underline{x}$) in eenheden van 5 m.

y	x-variabele							Σn	$\Sigma x_1 \cdot n_1$
	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5		
0.100		1		1	2	3		7	222,5
0.095					1			1	32,5
0.090			1		3	1		5	157,5
0.085				2	2		1	5	162,5
0.080					1			1	32,5
0.075		1	2	2	1			6	150
0.070			1	1	1	3		6	195
0.065	1	1	3		3	2		10	270
0.060		3			4	1		8	220
0.055		2	2	1	2		1	8	215
0.050	2	2	4	4	2	1		15	362,5
0.045		3	3	2		1		9	212,5
0.040	1		2	1	1			5	117,5
0.035			4	2				6	145
Σn	4	13	22	16	23	12	2	92	

Tabel 2.1.: frequentieverdeling van $\underline{y}$ en $\underline{x}$

$\underline{y}$ → evenwichtshelling na optreden vloeifing

$\underline{x}$ → kuil diepte voor optreden vloeifing



Uitwerking van de frequentieverdeling levert:

$$\begin{array}{ll} \bar{x} = 27,120 \text{ m} & \bar{y} = 0,0625 \\ s_x = 7,384 \text{ m} & s_y = 0,0186 \\ \Sigma x^2 = 72625 \text{ m}^2 & \Sigma y^2 = 0,3915 \\ \Sigma x = 2495 \text{ m} & \Sigma y = 5,755 \\ N = 92 & \Sigma xy = 160,863 \end{array}$$

$\bar{x}$ de gemiddelde kuildiepte bedraagt 27,12 m
 s_x de steekproef standaardafwijking 7,38 m
 N de steekproefgrootte, het totaal aantal waarnemingen
 $\bar{y}$ de gemiddelde evenwichtshelling is 0,0625 ofwel 1 : 16.

Regressielijnen

De vergelijking van de regressielijn van y op x luidt:

$$\mu_{y.x} = A + B(x - \bar{x}) \quad (1)$$

De geschatte waarden zijn $A = \bar{y}$ en voor $B = b$ met

$$b = \frac{\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / N}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / N} \quad (2)$$

De steekproefvariantie van y (bij vaste x) luidt:

$$s_{y.x}^2 = \frac{N-1}{N-2} (s_y^2 - b^2 s_x^2) \quad (3)$$

Substitutie van de uit de frequentieverdeling berekende grootheden levert de volgende vergelijkingen en uitkomsten:

Regressielijn van y op x :

$$\begin{array}{l} \mu_{y.x} = 0,0625 + 9,654 \cdot 10^{-4} (x - 27,12) \\ s_{y.x} = 0,0173. \end{array}$$



Evenzo kan de regressielijn van $\underline{x}$ op y berekend worden:

$$\mu_{x.y} = 27,12 + 151,93 (y-0,0625)$$

$$s_{x.y} = 6,86.$$

Beide regressielijnen zijn getekend in bijlage 2.

De gevonden tendens luidt: evenwichtshelling na vloeiing is steiler bij grotere kuildiepten.

Toets voor lineaire regressie

Om de hypothese van lineaire regressie te toetsen wordt een variantie-analyse toegepast. In plaats van de hypothese dat voor elke x de verwachting gelijk is of niet, wordt nu gekeken of de gemiddelden van groepen op een rechte lijn liggen.

In plaats van een constante variantie voor elke groep x -waarden wordt nu de variantie binnen de groepen vergeleken met de variantie van de afwijkingen van de groepsgemiddelden (ten opzichte van de geschatte regressielijn).

	kwadraten sommen	aantal vrijheidsgraden	variantieschatters	F-ratio
totaal	$\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{N}$	$N-1$		
binnen-groepen	$\Sigma y^2 - \Sigma \frac{(\Sigma y)^2}{n}$ per x -categorie (totaal k -categorieën)	$N-1$	s_p^2	
tussen-groepen	$\Sigma \frac{(\Sigma y)^2}{n} - \frac{(\Sigma y)^2}{N}$	$k-1$		
regressie	$b^2 \{ \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} \}$	1		
"about regression"	tussengroepen minus regressie	$k-2$	$s_{a.r}^2$	$\frac{s_{a.r}^2}{s_p^2}$

Tabel 2.2.: variantie-analyse tabel



Substitutie van de reeds berekende grootheden levert de variantie-analyse tabel voor $\mu_{y.x}$: de regressielijn van y bij gegeven x .

	kwadratensommen	aantal vrijheids- graden	variantie- schatters	F-ratio
totaal	0,0315	91		
binnen- groepen tussen- groepen	$\frac{0,0252}{0,0063} -$	$\frac{85}{6} -$	$0,296 * 10^{-3}$	
regres- sie "about regres- sion"	$\frac{0,0046}{0,0017} -$	$\frac{1}{5} -$	$0,340 * 10^{-3}$	1,15

Tabel 2.3.: variantie-analyse tabel

De lineariteitstest houdt in dat als de hypothese: lineaire regressie waar is en er sprake is van een simultane normale verdeling van x en y dat de F-verhouding een $(k-2, N-k)$ steekproefverdeling heeft. Hierin is N weer het totaal aantal waarnemingen en k het aantal groepen waarin de y -waarden voorkomen. Uit de tabel volgt $F = 1,15$ met een $F(5,85)$ verdeling.

Uit bijlage 6 blijkt dat $F_{.95}(5,85) = 2,33 > 1,15$, zodat de hypothese niet a priori verworpen wordt.

Conclusie: toepassing van de lineaire regressietheorie is toegestaan.



Er kan bewezen worden, dat:

$t = \frac{(\bar{y} - A)\sqrt{N}}{s_{y \cdot x}}$ een t-verdeling heeft met (N-2) vrijheidsgraden.

$t = \frac{(b - B) s_x \sqrt{N-1}}{s_{y \cdot x}}$ een t-verdeling heeft met (N-2) vrijheidsgraden.

$\chi^2 / df = \frac{s_{y \cdot x}^2}{\sigma_{y \cdot x}^2}$ een χ^2 / df verdeling heeft met (N-2) vrijheidsgraden met df-degrees of freedom-aantal vrijheidsgraden.

De tabel voor de t-verdeling is weergegeven op bijlage 3, terwijl bijlage 4 een tabel geeft voor de χ^2 / df verdeling.

Aangezien de veronderstelling is gedaan dat beide stochastische variabelen x en y een normale verdeling bezitten, kunnen betrouwbaarheids intervallen aangegeven worden. Bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van $\alpha\%$ geldt:

$$\bar{y} + t_{\frac{1}{2} \alpha} * \frac{s_{y \cdot x}}{\sqrt{N}} < A < \bar{y} + t_{1 - \frac{1}{2} \alpha} * \frac{s_{y \cdot x}}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

$$b + t_{\frac{1}{2} \alpha} * \frac{s_{y \cdot x}}{s_x \sqrt{N-1}} < B < b + t_{1 - \frac{1}{2} \alpha} * \frac{s_{y \cdot x}}{s_x \sqrt{N-1}} \quad (5)$$

$$\frac{s_{y \cdot x}^2}{\chi^2_{1 - \frac{1}{2} \alpha / df}} < \sigma_{y \cdot x}^2 < \frac{s_{y \cdot x}^2}{\chi^2_{\frac{1}{2} \alpha / df}} \quad (6)$$



Als de onbetrouwbaarheidsdrempel 5% wordt gekozen, dan geldt:

$$t_{1 - \frac{1}{2} \alpha} = t_{0,975} = + 1,99 \text{ en } t_{\frac{1}{2} \alpha} = t_{0,025} = - 1,99$$

$$\chi^2_{0,975/90} = 1,31 \quad \text{en} \quad \chi^2_{0,025/90} = 0,729.$$

Substitutie in de formule (4) t/m (6) levert:

regressielijn van $\underline{y}$ op $\underline{x}$	regressielijn van $\underline{x}$ op $\underline{y}$
$0,0589 < A < 0,0661$	$25,69 < A' < 28,54$
$4,765 \cdot 10^{-4} < B < 14,541 \cdot 10^{-4}$	$74,99 < B' < 228,87$
$0,0151 < \sigma_{\underline{y} \cdot \underline{x}} < 0,0202$	$5,24 < \sigma_{\underline{x} \cdot \underline{y}} < 9,41$

De spreiding is erg groot. Bij een kuildiepte van 40 m bijvoorbeeld is de kans 95% dat de evenwichtshelling na optreden van de vloeïng ligt tussen $1 : 9^1$ en $1 : 24^7$ bij substitutie van de gemiddelde schattingen van A, B en $\sigma_{\underline{y} \cdot \underline{x}}$. (Zie bijlage 2).

Toets op onafhankelijkheid

Een belangrijk statistisch probleem is het aantonen van de afhankelijkheid van twee stochastische variabelen $\underline{x}$ en $\underline{y}$. Dat kan door het toetsen van de nulhypothese H_0 dat de variabelen onafhankelijk zijn.

Bij verwerping van deze nulhypothese wordt de afhankelijkheid beschouwd als te zijn aangetoond.

Daar al verondersteld is dat $\underline{x}$ en $\underline{y}$ een simultane normale verdeling bezitten, is deze hypothese gelijkwaardig met de nulhypothese

$$H_0 : B = 0.$$

(Een onafhankelijk criterium is namelijk dat $\bar{y}$ gelijk is voor elke waarde van $\underline{x}$; in geval van lineaire regressie komt dat overeen met $B = 0$).



De procedure is nu als volgt:

1. Hypothese $H_0 : B = 0$. Alternatieven $B < 0$ of $B > 0$.
 2. Kies onbetrouwbaarheidsdrempel $\alpha = 5\%$.
 3. Als toetsingsgrootte wordt gebruikt $t = \frac{(b-B)s_x \sqrt{N-1}}{s_{y \cdot x}}$ met een t -verdeling met $N-2$ vrijheidsgraden met $B = 0$.
Substitutie levert $t = 3,93$.
 4. De hypothese H_0 wordt verworpen als $t < t_{\frac{1}{2}\alpha}^{(N-2)}$ of $t > t_{1 - \frac{1}{2}\alpha}^{(N-2)}$.
Uit bijlage 2 volgt de kritieke zone $t < -1,99$ of $t > 1,99$.
 5. Er blijkt $t = 3,93 > 1,99$.
 6. Conclusie: de hypothese H_0 moet verworpen worden en daarmee is de afhankelijkheid tussen de evenwichtshelling na optreden vloeïng (y) en de kuildiepte voor vloeïng (x) dus bewezen.
- N.B. Toetsen van $B' = 0$ levert hetzelfde resultaat op.

Correlatiecoëfficiënt

Een goede schatting voor de correlatiecoëfficiënt ρ luidt:

$$r = \frac{1}{N} \frac{\sum x y - \sum x \sum y / N}{s_x \cdot s_y} = \sqrt{BB'}$$

Substitutie van de reeds berekende grootheden levert $r = 0,38$.

Met behulp van bijlage 5 kan als 95% betrouwbaarheidsinterval voor de correlatiecoëfficiënt gevonden worden: $0,17 < \rho < 0,54$.



2.3. Relatie tussen kuildiepte voor vloeiing en diepte waarover de aanzethelling optreedt na de vloeiing

Het door Davis afgeleide verband tussen oorspronkelijke kuildiepte en de diepte waarover de aanzethelling optreedt is weergegeven in bijlage 7. In figuur 3.2. van paragraaf 3.1. zijn beide grootheden getekend. Op het eerste gezicht is de spreiding in de waarnemingsgegevens hier kleiner dan in het vorige geval. Er wordt dan ook een hogere correlatiecoëfficiënt verwacht en een smaller 95% betrouwbaarheidsinterval. De kuildiepte y die op de verticale as is uitgezet, wordt verdeeld in veelvouden van 5 m.

De inscharingsdiepte x die op de horizontale as is uitgezet wordt verdeeld in veelvouden van 2,5 m.

Met behulp hiervan is uit bijlage 7 de volgende frequentieverdeling te maken.

y-variabele	x-variabele							Σn_i	$\Sigma x_i \cdot n_i$
	3,75	6,25	8,75	11,25	13,75	16,25	18,75		
42,5						3	1	4	67,5
37,5				1	5	2	1	9	131,25
32,5		1	1	3	6	9	1	21	296,25
27,5			2	5	9	2		18	230,00
22,5		3	7	6	5			21	216,25
17,5	2	9	1	3				15	106,25
12,5	1	3						4	22,5

Tabel 2.4.: frequentieverdeling van y en x

y → kuildiepte voor optreden vloeiing

x → diepte waarover aanzethelling optreedt



De volgende statistische grootheden zijn uit deze tabel te berekenen:

$$\begin{array}{llll} \bar{x} & = 11,630 & \text{m} & \bar{y} = 26,848 \\ s_x & = 3,850 & \text{m} & s_y = 7,567 \\ \Sigma x^2 & = 13793,75 & \text{m}^2 & \Sigma y^2 = 71525 \\ \Sigma x & = 1070 & \text{m} & \Sigma y = 2470 \\ \Sigma xy & = 30750 & \text{m} & N = 92 \text{ waarnemingen.} \end{array}$$

Met behulp van de theorie die vermeld is in paragraaf 2.2. zijn de onderstaande gegevens berekend.

Regressielijn van y op x luidt:

$$u_{y.x} = A + B (x - \bar{x}) \approx \bar{y} + b (x - \bar{x}) = 26,85 + 1,499 (x - 11,63)$$

$$s_{y.x} = 4,921$$

Dit houdt in dat bij een vaste x (diepte aanzethelling) de y-waarden met 95% waarschijnlijkheid liggen tussen de gemiddelde waarde die volgt uit de regressielijn plus of min $1,99 * 4,92 = +$ of $- 9,8$ m. De spreiding is dus erg groot.

De waarden A, B en $\sigma_{y.x}$ liggen met 95% betrouwbaarheid tussen

$$17,055 < A < 36,641.$$

$$1,232 < B < 1,766$$

$$4,30 < \sigma_{y.x} < 5,76.$$



Regressielijn van x op y luidt:

$$\begin{aligned}\mu_{x.y} &= A' + B' (y - \bar{y}) \approx \bar{x} + b' (y - \bar{y}) = 11,63 + 0,388 * \\ &\quad (y - 26,848) \\ s_{x.y} &= 2,504.\end{aligned}$$

Dit wil zeggen dat bij een vaste y (kuildiepte) het 95% betrouwbaarheidsinterval ligt tussen het gemiddelde dat volgt uit de regressielijn + of - $1,99 * 2,504 = + \text{ of } - 4,98$ m.

De geschatte waarden voor A' , B' en $\sigma_{x.y}$ liggen met 95% betrouwbaarheid tussen:

$$\begin{aligned}11,11 &< A' < 12,15 \\ 0,252 &< B' < 0,524 \\ 2,19 &< \sigma_{x.y} < 2,93.\end{aligned}$$

Beide regressielijnen zijn met het 95% betrouwbaarheidsinterval getekend in bijlage 8.

De schatter r voor de correlatiecoëfficiënt ρ bedraagt nu $r = 0,75$. Uit bijlage 5 blijkt met 95% betrouwbaarheid dat $0,63 < \rho < 0,83$.

De toetsingsgrootte t voor de onafhankelijkheidstest wordt nu $t = 11,2 > t_{0,975} = 1,99$. Derhalve zijn de kuildiepte voor vloeiing en de diepte waarover de aanzethelling optreedt na de vloeiing duidelijk afhankelijk van elkaar.



2.4. Relatie tussen gemiddelde steilste helling over 5 m hoogte voor optreden vloeifng en kuildiepte voor vloeifng

In bijlage 9 heeft Davis de gemiddelde steilste helling over 5 m hoogte voor optreden van de vloeifng tegen de kuildiepte voor vloeifng uitgezet. Daarbij is een onderverdeling gemaakt naar het tijdsverloop dat ligt tussen de laatste peiling voor de vloeifng en het tijdstip van de vloeifng.

In de bijlage 10 zijn de gegevens per tijdsverloop afgebeeld. De berekende regressielijnen zijn reeds ingetekend. De belangrijkste berekende gegevens zijn hieronder samengevat.

bijlage 10	t = 0-2	t = 3-4	t = 5-8	t > 9	
periode	0-2	3-4	5-8	> 9	maanden
$\bar{x}$	25,54	26,56	25,31	27,76	[m]
$\bar{y}$	0,382	0,481	0,483	0,391	-
1 : 1/ $\bar{y}$	1:2 ⁶	1:2 ¹	1:2 ¹	1:2 ⁶	-
$s_{x.y}$	6,83	9,89	8,12	7,89	[m]
$s_{y.x}$	0,125	0,120	0,196	0,110	-
r	0,481	0,162	-0,024	-0,044	-
(on)afh.	afh.	onafh.	onafh.	onafh.	-

Tabel 2.5.: samenvatting berekeningen

t = tijdsverloop in maanden tussen de laatste peiling voor de vloeifng en het tijdstip van de vloeifng.

Alle overige symbolen zijn verklaard in paragraaf 2.2.

De bedoeling van de uitsplitsing naar tijdsverloop tussen laatste peiling voor de vloeifng en datum van de vloeifng is om na te gaan of bijvoorbeeld de steilste hellingen over 5 m hoogte steiler worden naarmate het genoemde tijdsverloop korter is. Dat dat niet het geval is, blijkt uit de vorige tabel.



Er kan echter nog een veel belangrijker conclusie getrokken worden op statistische gronden. . Uit de (on)afhankelijkheidstest blijkt alleen in bijlage 10 (tijdsverloop 0 - 2 maanden) sprake te zijn van een zekere afhankelijkheid tussen kuildiepte en steilste helling over 5 m hoogte. In alle andere gevallen zijn de tegen elkaar uitgezette grootheden onafhankelijk van elkaar.

De vraag kan gesteld worden of het beeld van bijlage 9 representatief is voor het binnenkort optreden van een zettingsvloeiing. Daarom zal in paragraaf 3.4. een soortgelijke figuur gemaakt worden van onbeschermd oevers in verwekingsgevoelige grondslag, waarin gedurende enkele jaren na de beschouwde peiling geen vloeiingen zijn opgetreden. Beide figuren zullen daar ook nog op een andere wijze gepresenteerd worden, waarbij de kuildiepte als irrelevante parameter weggelaten is.

2.5. Conclusies statistische analyse

In dit hoofdstuk zijn met behulp van statistische berekeningsmethoden bij enkele figuren van Davis regressielijnen, correlatiecoëfficiënten en betrouwbaarheidsintervallen berekend.

Hierbij is ervan uitgegaan dat de tegen elkaar uitgezette grootheden simultane normale verdelingen bezitten.

Uit de berekeningen blijkt dat er veelal sprake is van een kleine correlatie, die gepaard gaat met een grote spreiding van de waarnemingen.

Deze grote spreiding kan het gevolg zijn van de grondeigenschappen die vrij veel kunnen variëren of verschillende plaatselijke omstandigheden zoals uittredend grondwater na een (extreem) getijverschil, waterstroming langs het talud etc.



Het kan ook het gevolg zijn van het tegen elkaar uit willen zetten van grootheden die niets met elkaar te maken hebben, of het gebruiken van te weinig parameters in één figuur of zelfs van verkeerde grootheden.

Het is de vraag of wel de juiste geometrische eigenschappen gebruikt zijn in de verrichte valleninventarisatie.

Alle grootheden zijn namelijk afgeleid uit de peilingen voor en na de vloeïng van de karakteristieke raai. Dat is die raai, waarbij het grootste verschil aanwezig is tussen de peilingen voor en na de vloeïng. Het is zeer wel mogelijk dat in naastliggende raaien (die ook beïnvloed worden door de vloeïng) steilere hellingen voorkomen, waar de vloeïng uiteindelijk begonnen is.

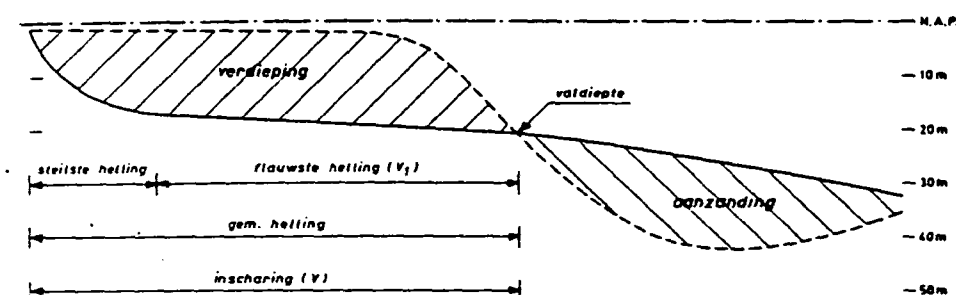
Daarom zal in het volgende hoofdstuk gebruik gemaakt worden van de originele Wilderom-gegevens om na te gaan in hoeverre de door Davis gebruikte gegevens juist zijn. Daar zal tevens aandacht worden besteed aan een mogelijke versteiling van de oevers tot aan de laatste peiling voor de vloeïng.



3. Nadere analyse gegevens van Wilderom

3.1. Inleiding

Wilderom geeft in 'Resultaten van het vooroeveronderzoek langs de Zeeuwse Stromen' [4] een overzicht van de plaats en het aantal oever- en dijkvallen die tussen 1800 en 1978 zijn opgetreden. Zie bijlage 11. In die studie zijn uitgebreide gegevens verzameld van 200 oeverinstabiliteiten. Figuur 3.1. en 3.2. geven de relevante grootheden weer.



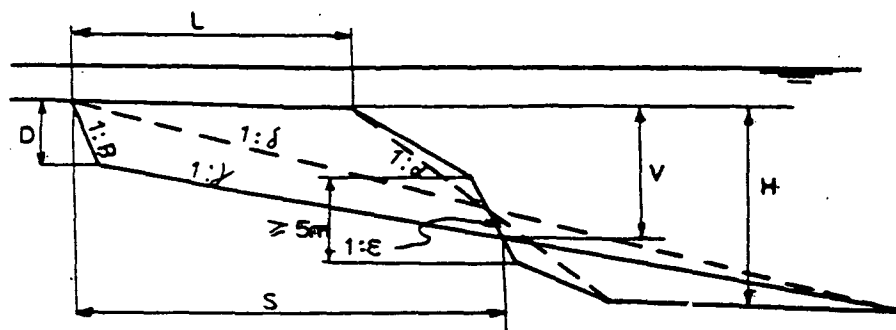
figuur 3.1.: dwarsprofiel zettingsvloeiing

De inventarisatie omvat de volgende gegevens:

- | | |
|------------|--|
| data: | <ul style="list-style-type: none">• laatste peiling voor de val• val opgetreden of ontdekt• eerste peiling na de val |
| diepten: | <ul style="list-style-type: none">• geuldiepte• basis val |
| hellingen: | <ul style="list-style-type: none">• steilste helling voor de val• gemiddelde helling voor de val• gemiddelde helling na de val |
| afstanden: | <ul style="list-style-type: none">• van valdieptelijn tot lijn van inscharing• van valdieptelijn tot steilste helling na de val |



- waterstanden:
- getijverschil kort voor de val
 - tijdstip extreme waterstand voor de val
 - aantal dagen tussen extreme waterstand en de val
- grondgesteldheid:
- grondslag ter plaatse van de val
 - diepte van en afstand tot eventuele boring
 - verplaatste hoeveelheid massa
 - percentage teruggevonden grond (bijna nooit bekend).



figuur 3.2.: schematisatie zettingsvloeiing

Enkele gebruikte termen worden verduidelijkt met figuur 3.2. en onderstaande tekst.

- 1 : α gemiddelde helling voor de val
- 1 : ϵ steilste helling over 5 m hoogte of meer voor de val
- H geuldiepte voor de val
- 1 : δ gemiddelde helling na de val
- 1 : γ flauwste helling na de val (na maken onderscheid in een steil talud gedeelte bovenin en een flauw hellend gedeelte onderin)
- 1 : β aanzethelling na de val (steil talud gedeelte bovenin)
- D diepte waarover aanzethelling optreedt
- V valdiepte (snijden taludprofielen voor en na de val)
- S inscharing
- L lengte aantasting vooroever.



De grondmechanische instabiliteiten worden ingedeeld in zettingsvloeiingen of vallen en afschuivingen.

Zettingsvloeiingen of vallen worden onderscheiden in oevervallen en plaatvallen al naar gelang de val aan de kustzijde of zeezijde van de geul optreedt. Een bijzonder geval van een oeverval is een dijkval: daarbij verdwijnt niet alleen de vooroever maar ook (een deel van) de zeedijk.

Bij een zettingsvloeiing wordt er in het algemeen een grote hoeveelheid grond verplaatst en resulteert een flauwe eindhelling. Als oorzaak van een val wordt gezien een zodanige verhoging van de waterspanning in de poriën, dat de contactdruk tussen de korrels onderling wordt opgeheven zodat de massa zich als een zware vloeistof kan gaan gedragen. De reductie van de schuifweerstand van de grond is hierbij van belang [7]. Karakteristiek voor een afschuiving is dat de uiteindelijke schade (de verplaatste hoeveelheid grond) kleiner is en de gemiddelde eindhelling steiler is dan na een zettingsvloeiing. Als oorzaak voor een afschuiving wordt geen waterspanningstoename of een reductie van de schuifweerstand verondersteld.

In dit hoofdstuk zal een aantal oevervallen bestudeerd worden, terwijl in hoofdstuk 4 een drietal plaatvallen nader zal worden uitgewerkt. Bij de keuze van de vallen uit [4] is gezocht naar vloeiingen met een periode van minder dan één maand tussen de laatste peiling voor optreden van de val en de datum optreden van de val. De peilingen vinden normaal gesproken één maal per jaar plaats. Door het tijdsinterval zo kort mogelijk te houden geeft de laatste peiling voor de val een redelijke indicatie van de steilheid van de hellingen vlak voor de vloeiing.

Tevens zijn de locaties gekozen uit oevers waar verwekingsgevoelig zand aanwezig was. In bepaalde gevallen is onder dit jonge zeezand de oude kerngrond aanwezig.

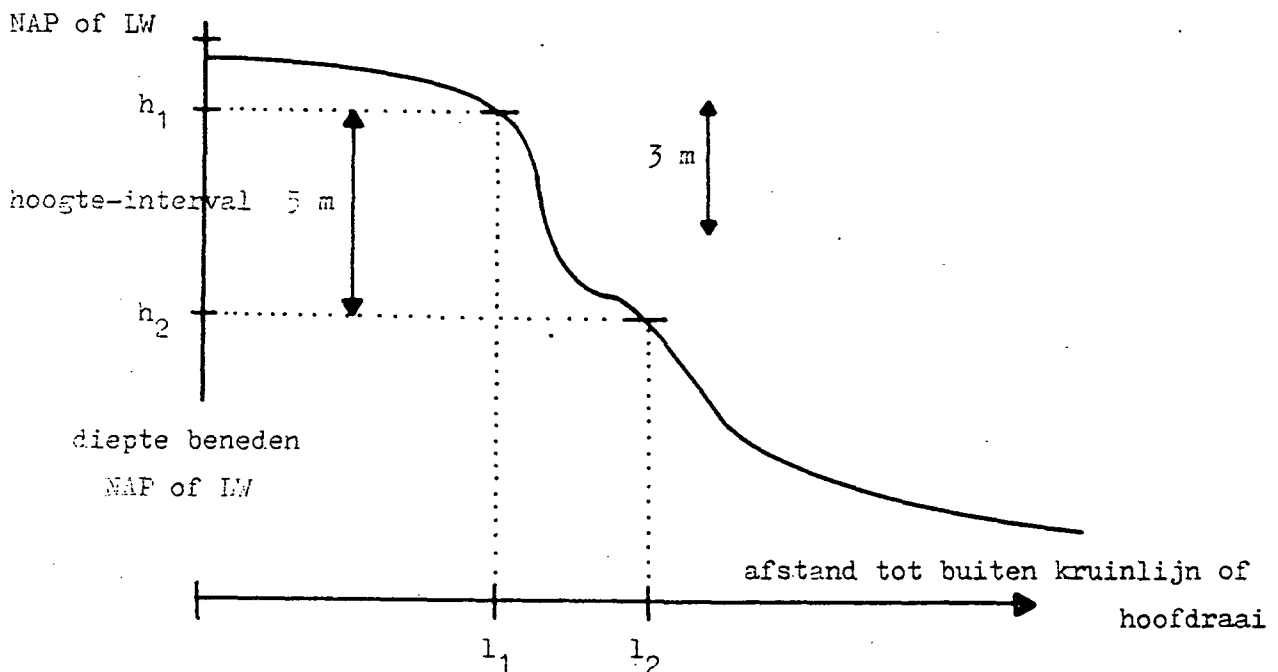
Aan de hand van de originele raaistaten worden voor deze oevervallen de hellingen bepaald over 5 meter taludhoogte. Deze hoogte van 5 m wordt enerzijds willekeurig genoemd, anderzijds wordt deze waarde toch als redelijk en praktisch gezien.



Er wordt verondersteld, dat een in principe verwekingsgevoelige laag een grotere dikte moet hebben dan 5 meter, voordat verweking daadwerkelijk zal kunnen plaatsvinden. Er moest echter een bepaalde keuze gemaakt worden om de gegevens te kunnen normeren ten behoeve van onderlinge vergelijking. Op deze manier wordt tevens aansluiting gevonden bij de voorstellingswijze van Davis [3].

(Hierbij is dus niet de bij de ontgrondingskuil van de SVKO gangbare voorstellingswijze gekozen waarbij de steilheid en de hoogte waarover deze voorkomt beide genoteerd worden. In dat geval was het namelijk mogelijk het profiel te schematiseren tot 2 rechte lijnen, terwijl dit niet goed mogelijk is bij de gebruikte raaigegevens).

De berekeningsgegevens zullen weergegeven worden in figuren, waarbij op de verticale as de hellingen bijgeschreven zijn 1 : 1, 1 : 2, 1 : n, terwijl op de horizontale as hoogte-intervallen aangegeven worden ten opzichte van LW (laag water) of N.A.P. De hoogte-intervallen 0 - 5 m, 1 - 6 m, 2 - 7 m etc. zijn hier naast elkaar uitgezet.



figuur 3.3.: berekening taludhelling



Voor de eerste beschouwde vloeifing zijn ook de hellingen berekend over een hoogteverschil van 3 meter. De aldaar berekende hellingen geven significant steilere hellingen weer (10 à 25% steiler). Dit is begrijpelijk daar steilere hellingen die over kleinere hoogten dan 5 m voorkomen dan wel tot uiting komen, zie ook figuur 3.3.

Van de beschouwde oevervallen zal in paragraaf 3.2. een vergelijking plaatsvinden van peilingen van een aantal raaien in en naast het invloedsgebied van een vloeifing. Er zal daar aangetoond worden dat de steilste helling in de karakteristieke raai niet noodzakelijkerwijs de steilste helling hoeft te zijn, die voorkomt in het gebied van de vloeifing.

In paragraaf 3.3. zullen voor een vijftal oevervallen de laatste 4 peilingen voor het optreden van de vloeifing met elkaar vergeleken worden. Belangrijk aandachtspunt is hier de mogelijke versteiling van het talud. Dit kan een mogelijk nieuw optredingscriterium introduceren. In paragraaf 3.4. zal de in paragraaf 2.4. geanalyseerde relatie tussen kuildiepte en gemiddelde steilste aanzethelling over 5 m hoogte ook getekend worden voor gebieden waar nog geen vloeifingen zijn opgetreden.

3.2. Vergelijking van enkele peilraaien vlak voor de vloeifing in en naast het invloedsgebied van de vloeifing

Zoals in paragraaf 3.1. vermeld is, zijn de beschouwde oevervallen gekozen uit gebieden waar de vooroevers voornamelijk bestaan uit verwekingsgevoelige grond.

Er ligt in de regel minder dan één maand tussen de laatste peiling en de optredingsdatum van de overval, zie ook bijlage 12.

De vergelijking zal plaatsvinden voor de volgende gevallen:

1. Leendert Abrahampolder raai VII , Val 21-2-1894
2. Leendert Abrahampolder raai VIII, Val 14-3-1906
3. Anna Frisopolder raai IVa , Val 20-2-1905



3.2.1. Leendert Abrahampolder raai VII - Val 21-2-1894

bijlagen 13, 14 en 15	val is van invloed op de raaien		omliggende raaien
karakteristieke raai*	VI	VII VII	
steilste helling over 5 m hoogte	1:5	1:5 ⁴	V 1:2 ⁹ VIII 1:3 ⁶

*) Onder de karakteristieke raai wordt verstaan, die raai waarbij het grootste verschil aanwezig is tussen de peiling voor en na de vloeifing. Het zijn de geometrische eigenschappen van deze raai die Wilderom en Davis hanteren.

- situatieschets: bijlage 13
- de omvang van de vloeifing bedraagt 57.10^3 m^3
- de steilste helling van raai VI is steiler dan die van de karakteristieke raai
- ondanks het feit, dat in de naastliggende raaien V en VIII veel steilere hellingen voorkomen, doen deze raaien niet mee aan de vloeifing.

3.2.2. Leendert Abrahampolder raai VIII - Val 14-3-1906

bijlagen 16 en 17	val is van invloed op de raaien				omliggende raaien
karakteristieke raai	VII	VIII VIII	IX	X	VI
steilste helling over 5 m hoogte	1:5 ²	1:3 ⁸	1:3 ²	1:3 ⁰	1:3 ⁴



- de omvang van de vloeifing bedraagt 89.10^3 m^3
- de raaien IX en X vertonen steilere hellingen dan de karakteristieke raai VIII
- bijlage 16 toont zelfs aan dat alle hellingen langs het talud voor de raaien IX en X steiler of gelijk zijn aan die van de karakteristieke raai.

3.2.3. Anna Frisopolder raai IVa - Val 20-2-1905

bijlagen 18, 19, 20, 21 en 22	val is van invloed op de raaien				omliggende raaien	
karakteristieke raai	IV	IVa	V	Va	IIIa	VI
steilste helling over 5 m hoogte	1:4 ²	1:3 ⁸	1:2 ⁸	1:3 ²	1:2 ¹	1:3 ⁸

- situatieschets: bijlage 18
- de omvang van de vloeifing bedraagt 221.10^3 m^3
- de raaien V en Va vertonen steilere hellingen dan de karakteristieke raai IVa.

Met behulp van het computerprogramma CONTOUR is voor dit geval een tekening gemaakt van de laatste peiling voor de val en de peiling direct na de val, respectievelijk de bijlagen 21 en 22.

De bijlagen 21 en 22 geven in de onderfiguur een hoogtelijnenkaart en in de bovenfiguur een 3-dimensionaal zicht op de oever.

Uit de onderfiguur is eenvoudig te zien waar de steilste hellingen voorkomen: namelijk daar waar de dieptelijnen het dichtst bij elkaar liggen. Het hoogteverschil tussen 2 naast elkaar getekende dieptelijnen bedraagt 2 meter. Deze steile hellingen zijn in de bovenfiguur herkenbaar aan de lengte van de rechthoek: hoe langer hoe steiler de helling.



Bijlage 22 geeft een beeld van het talud na de oeverval. De buitenste raaien VI en IIIa zijn weinig, maar de tussenliggende raaien zijn sterk gewijzigd. Duidelijk is ook de inscharing te zien en de steile hellingen die daarin voorkomen.

Kenmerkend voor een zettingsvloeiing zijn de flauwe hellingen na afloop van een val. Deze zijn duidelijk terug te vinden in de onderfiguur van bijlage 22: in de raaien V en IVa liggen de dieptelijnen aanmerkelijk verder uit elkaar.

Een deel van het afgevloede zand is dichtbij de oever afgezet. Dit is in te zien na een vergelijking van de stippellijnen onder de beide 3-dimensionale tekeningen. In de raaien V en IVa is een zandpakket met een dikte van 6 à 7 m afgezet.

Opmerkelijk is dat in raai Va halverwege een "bobbels" zichtbaar is. Zowel voor de vloeiing als na de vloeiing is deze duidelijk herkenbaar. Blijkbaar is deze grond niet verplaatst. Hoger op het talud bevat diezelfde raai wel 2 "kuilen", blijkbaar is de grond hier zijdelings weggelvloed naar raai V. Dat dit opzij wegvloeiën van grond meer voorkomt, zal later nog blijken bij een nadere analyse van de oevervallen van de Scherpenisse Polder.

Bij nadere beschouwing van de situatieschets van bijlage 18 blijkt dat in de betreffende raaien al vloeiingen geweest zijn op 13 maart 1895 (raai IV, IVa en V) en 4 maart 1888 (taai IVa, V, Va, VI, VIa). De volgende hypothese is nu op te stellen naar analogie van Kuitert en Krajicek [8].

Na deze 2 vallen kon zich in het relatief rustige water van deze kommen een zogenaamd "spekkoek"-pakket afzetten. Dat is een pakket dat onderin voornamelijk uit klei bestaat. Verder naar boven bevat het steeds meer zand. Dit pakket bood een redelijke bescherming aan het achterliggende losgepakte verwekingsgevoelige zand.

Door het voortgaande erosieproces van de vooroever (zie de laagwaterlijn die zich in 1902 nog aan de zeezijde van het snijpunt van de oevervallen van 1888 en 1895 bevond) nam de beschermende functie van dit spekkoek-pakket af, zodat in 1905 een dusdanig groot onbeschermd zandpakket tussen de komopvullingen aanwezig was, dat een geringe versteiling van dit zandtalud aanleiding gaf tot het ontstaan van een zettingsvloeiing. Het is zeer waarschijnlijk dat de "bobbels" in raai Va voor een groot gedeelte bestaan uit het reeds genoemde spekkoek-pakket.



3.3. Vergelijking van peilingen in één raai van enkele jaren voor de vloeifing tot aan de vloeifing

Voor een vijftal oevervallen zal met behulp van de originele raaistaten nagegaan worden of er in de tijd sprake is van een versteiling van de vooroevers. Dit zou namelijk een nieuwe optredingscriterium kunnen introduceren.

De beschouwde oevervallen zijn, zie ook bijlage 12:

- | | | |
|----|-----------------------------------|---------------|
| 1. | Leendert Abrahampolder raai VII , | Val 21-2-1894 |
| 2. | Leendert Abrahampolder raai VIII, | Val 14-3-1906 |
| 3. | Anna Frisopolder raai IVa , | Val 20-2-1905 |
| 4. | Scherpenisse raai XXXIX (H), | Val 2-4-1912 |
| 5. | Scherpenisse raai XXXVIII (F), | Val 13-4-1933 |

3.3.1. Leendert Abrahampolder raai VII, Val 21-2-1894

De situatie wordt weergegeven in bijlage 13.

Bijlage 23 toont 4 achtereenvolgende jaarlijkse peilingen van raai VII. Met behulp van deze figuur zijn de bijlagen 24 en 25 getekend, die respectievelijk de hellingen over 5 m en 3 m hoogte-intervallen weergeven.

Verplaatste hoeveelheid grond $M = 57.10^3 \text{ m}^3$.

Raai VI en VII zijn gewijzigd door de oeverval.

Grondslag: jong zeezand of grensgebied tussen oude kerngronden en jong zeezand.

Twee opeenvolgende peilingen worden in onderstaande tabel met elkaar vergeleken, waarbij alleen de steilste hellingen bij het betreffende hoogte-interval genoteerd staan. Voor een overzicht van het totale steilheden-verloop wordt verwezen naar bijlage 24.



peiling	1-2-1891	22-2-1892	7-2-1893	19-2-1894
hoogte-interval				
1/ 6 - 6/11 7/12 - 10/15 11/16 -	1:5 ⁰ * - - 1:10 ⁰ -	1:6 ²		
2/ 7 3/ 8 - 7/12 8/13 -		1:5 ⁶ - - 1:6 ⁰ - 1:6 ²		
2/ 7 - 4/ 9 4/ 9 -			1:6 ² - 1:5 ⁴ -	

*) dit betekent dat de grootste steilheid die bij de peiling van 1891 tussen het hoogte-interval 1 tot 6 m beneden LW en het hoogte-interval 6 tot 11 m beneden LW 1 : 5⁰ bedraagt.

- Er is geen sprake van een eenduidige versteiling tijdens de beschouwde jaren. In dat geval namelijk zouden de krommen in bijlage 24 elkaar niet gesneden hebben: bovenaan de peiling van 1891 daaronder 1892 en 1893 en onderaan de peiling van 1894.
- De laatste peiling is 2 dagen voor de val gemaakt. De steilste helling die daarbij voorkomt, is 1 : 5⁴ tussen 3 en 8 m beneden laagwater.
- Beneden het hoogte-interval 4/9 zijn alle hellingen van de peiling van 1894 flauwer dan die van 1893.
- De steilste helling die optreedt komt voor in de peiling van 1891. Deze treedt op tussen 3 en 8 m beneden LW en is 1 : 5.



- Tussen de peilingen van 1893 en 1894 treedt uitschuring op tussen LW en LW - 11 m. Dieper treedt afwisselend aanzanding en uitschuring op.
- Ook raai VI is sterk gewijzigd als gevolg van de val. Weliswaar zijn de steilste hellingen hier iets steiler dan bij raai VII (zie paragraaf 3.2.1.) maar ook hier blijkt tussen 1891 en 1894 geen versteiling te zijn opgetreden.
- De steilste hellingen treden op boven in het talud.

Voor de volledigheid wordt hieronder een overzicht gegeven van de gemiddelde hellingen in raai VII.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
1891	LW	LW-18,9	30	280	1 : 13 ²
1892	LW	LW-18,7	30	270	1 : 12 ⁸
1893	LW	LW-18,9	30	260	1 : 12 ²
1894	LW	LW-18,0	30	215	1 : 10 ³

De gebruikte symbolen staan verklaard in figuur 3.3.

Zoals vermeld in paragraaf 3.1. zijn voor deze oeverval ook de hellingen berekend en getekend over hoogte-intervallen van 3 meter, zie bijlage 25.

Het is duidelijk dat plaatselijk steile hellingen duidelijker tot uiting komen bij een berekening over 3 m hoogte.

Dat de verschillen aanzienlijk zijn moge blijken uit onderstaande tabel.

	$\Delta h = 3$ meter	$\Delta h = 5$ meter
1891	4/7	1 : 4 ⁷
1892	2/5 en 3/6	1 : 4 ⁷
1893	4/7 en 8/11 en 9/12	1 : 5 ³
1894	2/5 en 3/6	1 : 4 ³



De berekeningen met een hoogte-interval van 3 m leveren 10 à 25% steilere hellingen. Opvallend is dat nu wel in de laatste peiling de steilste helling voorkomt.

In het vervolg zal verder gerekend worden met een hoogteverschil van 5 m om redenen die aan het eind van paragraaf 3.1. vermeld staan.

3.3.2. Leendert Abrahampolder raai VIII, Val 14-3-1906

De situatie wordt weergegeven in bijlage 13.

Bijlage 26 toont de laatste 4 peilingen van raai VIII voor de dijkval.

Met behulp hiervan is bijlage 27 getekend: de taludhellingen.

Dijkval 2 dagen na de stormvloed van 12 maart 1906.

Verplaatste hoeveelheid massa $M = 89.10^3 \text{ m}^3$.

Raaien VII t/m X gewijzigd door dijkval.

Grondslag: jong zeezand of grensgebied tussen oude kerngronden en jong zeezand.

De vergelijking van de taludhelling van telkens 2 achtereenvolgende peilingen vindt plaats in onderstaande tabel.

peiling	30-1-1903	27-1-1904	13-2-1905	14-2-1906
hoogte-interval				
2/ 7		- 1:3 ⁸		
3/ 8 - 9/14	1:3 ⁸	-		
10/15		- 1:5 ⁸		
11/16 -	1:6 ⁸	-		
2/ 7 - 4/ 9		1:3 ⁸ -		
5/10 -		-	1:4 ⁶	
2/ 7 - 6/11			1:4 ² -	1:4 ²
7/12			1:4 ⁸ -	
8/13 -			1:5 ⁰ -	



Uit de betreffende bijlagen blijkt duidelijk dat er bijna geen sprake is van blijvende aanzanding of erosie: de 3 peilingen van 1903 - 1905 geven nagenoeg hetzelfde profiel weer. Alleen de laatste peiling geeft over de bovenste 12 meter van het talud een uitschuring weer van 2 meter.

Conclusie: van versteiling in de karakteristieke raai is geen sprake.

De oeversval beïnvloedt de raaien VII t/m X. De steilste helling komt voor in raai IX: 1 : 3². Maar ook in deze raai treedt in de jaren 1903 - 1906 geen versteiling op: de hellingen blijven over de volle taludhoogte nagenoeg gelijk, wel verschuift het talud 2 à 4 m landinwaarts. In raai X treedt ook geen versteiling op; in raai VII wel van 1 : 7⁷ naar 1 : 5², maar de absolute steilheid is tamelijk gering.

Ter vergelijking met de overige oeversvallen staat hieronder een overzicht van de gemiddelde hellingen.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
1903	LW	LW-17,9	30	165	1 : 7 ⁵
1904	LW	LW-18,2	30	165	1 : 7 ⁴
1905	LW	LW-18,6	30	180	1 : 8 ¹
1906	LW	LW-18,5	30	175	1 : 7 ⁸

3.3.3. Anna Frisopolder raai IVa, Val 20-2-1905

Voor een situatieschets wordt verwezen naar bijlage 18.

Bijlage 28 geeft de profielontwikkeling weer van raai IVa van 1902 - 1905, terwijl bijlage 29 de taludhellingen toont.

Verplaatste massa grond $M = 221 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Raaien IV, IVa, V en Va zijn gewijzigd door de oeversval.

Grondslag: jong zeezand.



peiling	jan. 1902	febr. 1903	mrt. 1904	jan. 1905
hoogte-interval				
0/ 5 - 8/13 8/13 - 22/27 22/27 -	1:4 ⁶	- 1:3 ⁰ - 1:3 ⁴		
0/ 5 - 7/12 8/13 - 20/25 20/25 - 25/30 26/31 -		1:3 ⁰ - 1:3 ⁴ -	1:6 ⁸ 1:4 ⁸	
0/ 5 - 3/ 8 3/ 8 - 10/15 10/15 - 19/24 20/25 -			1:4 ⁴ - 1:6 ⁸ -	1:4 ⁸ 1:3 ⁶

- Er is geen sprake van een versteiling over de volle hoogte van het talud.
- Tussen 1902 en 1903 is er sprake van terugschrijding van de oever door erosie tot LW - 21 m.
- Tussen 1903 en 1904 heeft aanzanding plaats gevonden tussen LW en LW - 18 m.
- Tussen 1904 en 1905 heeft op wisselende niveaus aanzanding of uitschuring plaats gevonden.
- Blijkbaar is ook hier de steilheid of versteiling in de karakteristieke raai niet de hoofdoorzaak van de vloeifing: de peiling van 1903 heeft zowel boven in het talud als onder in het talud steilere hellingen dan de peiling van 1905.

In paragraaf 3.2. bleek al dat totaal 4 raaien werden beïnvloed door de val. De steilste hellingen kwamen voor in raai V, dat is de raai die direct grenst aan de karakteristieke raai.

Van deze raai worden in onderstaande tabel de steilste hellingen met elkaar vergeleken.



hoogte-interval		steilste helling	
		1902	1905
0/ 5 - 12/17	steiler in 1905	1:5 ⁶	1:2 ⁸
13/18 - 25/30	steiler in 1902	1:4 ⁰	1:5 ⁰
26/31 - 27/32	beide gelijk	1:4 ²	1:4 ²
28/33 - 31/36	steiler in 1902	1:3 ²	1:6 ⁴

Uit de originele raaistaten blijkt dat in deze periode de LW - 10 m lijn, de LW - 15 m lijn en de LW - 20 m lijn respectievelijk 22 m, 37 m en 28 m landinwaarts zijn komen te liggen. Hier is dus sprake geweest van een constante uitschuring met van 0/5 - 12/17 een sterke versteiling.

Ook hier treedt weer de steilste helling op aan de bovenzijde van het talud. Het lijkt waarschijnlijker dat de vloeifing bij raai V is begonnen dan bij de karakteristieke raai IVa. Het is nog waarschijnlijker dat niet de steilste hellingen van de gepeilde raaien een zettingsvloeifing tot gevolg hebben gehad, maar dat de steilste helling gemeten in een raai door de snijlijn van beide vorige vallen (zie paragraaf 3.2.3.) maatgevend is geweest. Deze ligt tussen raai IVa en V in. Op basis van de in paragraaf 3.2.3. vermelde hypothese zou een verklaring kunnen zijn, dat door verdere erosie van de vooroever onder het spekkek-pakket onbeschermde losgepakte zanden bloot kwamen te liggen. Deze grondsoort wordt bij steilere hellingen eerder instabiel dan de gemeten omliggende raaien waar nog wel een spekkek-pakket aanwezig was. De geometrische eigenschappen van de karakteristieke raai zijn derhalve niet de oorzaak van een zettingsvloeifing.

Ook bij deze oeverval zijn de gemiddelde hellingen berekend. Ze zijn opgenomen in onderstaande tabel.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
1902	LW	LW-33,8	90	350	1 : 7 ⁷
1903	LW	LW-33,5	95	360	1 : 7 ⁹
1904	LW	LW-35,3	90	370	1 : 7 ⁹
1905	LW	LW-36,2	85	360	1 : 7 ⁶



Literatuurlijst

- [1] Rijkswaterstaat, Deltadienst 1982
Nota Stabiliteit rand bodembescherming SVKO
22 RABO-N-82009, 2e stand van zaken
- [2] Davis, P.J.G., 1983
Problematiek van de randen van de bodembescherming SVKO
P.T. Civiele Techniek 39, (1983), nr. 5, blz. 24-34
- [3] Davis, P.J.G., 1978
Correlatiestudie Wilderomgegevens
Appendix B van 22 RABO-N-82009 (zie 1)
- [4] Rijkswaterstaat, Dir. Waterhuishouding en Waterbeweging
Studiedienst Vlissingen (Wilderom, M.H.)
Nota 75.2, 1979, Resultaten van het vooroeveronderzoek langs de
Zeeuwse stromen
- [5] Laboratorium voor Grondmechanica (J. Lindenberg)
Tussentijds rapport aangaande schadecriteria voor vloeïngen
langs oevers en ontgrondingskuilen
Werkgroep 11, LGM CO-402321/6 en /7
- [6] Dixon en Massey, 1969
Introduction to statistical analysis
- [7] Laboratorium voor Grondmechanica (J. Lindenberg)
Verslag Inventarisatie adviespraktijk zettingsvloeïngen
januari 1985, LGM CO-416509/1
- [8] Laboratorium voor Grondmechanica (C. Kuiter en P.V.F.S. Kraji-
cek) LGM CO-416096, januari 1983.
Het ontstaan van zettingsvloeïngen langs de vooroever van de
Oud- en Nieuw-Noord Bevelandpolder
- [9] Wilderom, M.H., 1972
Plaatvallen, OTAR 57, blz. 288-305



BIJLAGEN (vervolg)

28. Anna Frisopolder IVa - Peilingen 1902-1905
29. Anna Frisopolder IVa - Taludhellingen 1902-1905
30. Situatie Scherpenissepolder circa 1900
31. Scherpenissepolder XXXIX - Peilingen 1910-1912
32. Scherpenissepolder XXXIX - Taludhellingen 1910-1912
33. Scherpenissepolder XXXVIII - Peilingen 1930-1933
34. Scherpenissepolder XXXVIII - Taludhellingen 1930-1933
35. Situatie platen van Ossensisse
36. Plaat van Ossensisse 3.43 + 39. - Peilingen april-juni 1981
37. Plaat van Ossensisse 3.43 + 39. - Taludhellingen april-juni 1981
38. Plaat van Ossensisse 3.45 - Peilingen okt.-jan. 1981-1982
39. Plaat van Ossensisse 3.45 - Taludhellingen okt.-dec. 1981
40. Plaat van Ossensisse 3.45 - Peiling nov.-febr. 1982-1983
41. Plaat van Ossensisse 3.45 - Taludhellingen nov.-jan. 1982-1983
42. Relatie steilste helling over 5 m hoogte en kuildiepte van 51 oevers waarbij de eerste jaren na peildatum geen val is opgetreden
43. Situatie Anna Frisopolder
44. Situatie Anna Frisopolder en Mariapolder
45. Situatie Mariapolder en Thoornpolder
46. Situatie Vlietepolder en Nieuw-Noord Bevelandpolder



BIJLAGEN

1. Relatie kuildiepte voor vloeifng en evenwichtshelling na vloeifng
2. Regressielijnen met betrouwbaarheidsintervallen van bijlage 1
3. Percentielen van t-verdelingen
4. Percentielen van de χ^2/df -verdelingen
5. Betrouwbaarheidsband voor de correlatiecoëfficiënt
6. F-verdeling
7. Relatie kuildiepte voor vloeifng en diepte waarover de aanzethelling optreedt na de vloeifng
8. Regressielijnen en betrouwbaarheidsintervallen van bijlage 7
9. Relatie gemiddeld steilste helling over 5 m hoogte voor optreden vloeifng en de kuildiepte voor optreden van de vloeifng
10. Regressielijnen behorend bij bijlage 9
11. Plaats en aantal oever- en dijkvallen in Zeeland van 1800 t/m 1978
12. Overzicht gebruikte oever- en dijkvallen
13. Situatie Leendert Abrahampolder circa 1900
14. Leendert Abrahampolder - Peilingen februari 1894
15. Leendert Abrahampolder - Taludhellingen februari 1894
16. Leendert Abrahampolder - Peilingen februari 1906
17. Leendert Abrahampolder - Taludhellingen 1906
18. Situatie Anna Frisopolder circa 1905
19. Anna Frisopolder - Peilingen januari 1905
20. Anna Frisopolder - Taludhellingen januari 1905
21. Anna Frisopolder - Peilingen januari 1905
22. Anna Frisopolder - Oeverval 20-2-1905
23. Leendert Abrahampolder VII - Peilingen 1890 - 1894
24. Leendert Abrahampolder VII - Taludhellingen 1890-1894. $\Delta h = 5$ m
25. Leendert Abrahampolder VII - Taludhellingen 1890-1894. $\Delta h = 3$ m
26. Leendert Abrahampolder VIII - Peilingen 1903-1906
27. Leendert Abrahampolder VIII - Taludhellingen 1903-1906



3.3.4. Scherpenissepolder, raai XXXIX (H), Val 2-4-1912

Bijlage 30 geeft een overzicht van de ligging van de raaien aan de Scherpenissepolder.

Het verloop van de peilingen van 1910 - 1912 is getekend in bijlage 31, terwijl in bijlage 32 de berekende hellingen zijn weergegeven.

Verplaatste massa grond $M = 162.10^3 \text{ m}^3$.

Grondslag: jong zeezand grenzend aan oude kern.

Alleen raai XXXIX is beïnvloed door de val.

peiling	4-3-1910	22-3-1911	8-5-1911	12-3-1912
hoogte-interval				
0/ 5 - 5/10	1:3 ⁰	-		
5/10 - 7/12		1:3 ⁰		
7/12 - 11/16	1:3 ⁶	-		
12/17 - 13/18		1:3 ⁸		
14/19	1:3 ⁶	-		
15/20 - 17/22		1:3 ⁶		
rest kleine verschillen; flauwer dan 1:5				
0/ 5 - 3/ 8		1:2 ⁶		
4/ 9 - 7/12		1:3 ⁰		
8/13 - 13/18		1:3 ²		
14/19 - 17/21		1:3 ⁶		
rest peiling 1911 flauwer; flauwer dan 1:5				
0/ 5		1:2 ⁶		
1/ 6 - 3/ 8		1:2 ⁶		
4/ 9 - 7/12		1:2 ⁸		
8/13 - 11/16		1:3 ²		
12/17 - 19/24		1:3 ⁰		
rest peiling 1911 flauwer; flauwer dan 1:5				

In bovenstaande tabel zijn telkens de taludhellingen van 2 achtereenvolgende peilingen met elkaar vergeleken.



- Het dwarsprofiel na de val is afwijkend van de vorige profielen. Er is hier sprake van een schelpvormige vloeifing. Ter plaatse van de raai is de grond voor een groot deel afgevoerd in een andere richting dan evenwijdig aan de raai. Vergelijk ook de vorm van de getekende vloeifing in raai XLII van bijlage 30.
- Tussen 8 mei 1911 en 12 maart 1912 is tot een diepte van LW - 27 m duidelijk sprake van een terugschrijden van de vooroever.

De grote overeenkomst tussen het profiel na de vloeifing en voor de vloeifing doet vermoeden dat het talud tussen LW - 12 en dieper stabiel is gebleven en dat hierop tussen LW-12 en LW-28 m een laag met een dikte van 0,5 à 2 m is afgezet. De rest van de grond is zijdelings afgevoerd. Een verklaring voor het zijdelings afstromen kan zijn dat de dieptelijnen niet $\perp$ de raairichting lopen: blijkbaar zijn de hellingen $\perp$ dieptelijnen steiler dan de hellingen gemeten in de raai zelf.

Bij bovenstaande verklaring is verondersteld dat er sprake was van een homogene grondsoort. Als de grond dezelfde samenstelling heeft, zal zij wegvloeien in de richting met de steilste helling. Er kan hier echter weer sprake zijn van de aanwezigheid van een speekkoek-pakket (zie paragraaf 3.2.3.), omdat in diezelfde raai in het voorjaar van 1885 ook al een val plaats gevonden heeft. De vorm van deze oeverval staat getekend op bijlage 30.

Het is waarschijnlijk dat de hierdoor ontstane kom opgevuld is met hoofdzakelijk klei onderin met naar boven toe meer zand. Door de grotere cohesie van dit speekkoek-pakket zijn steilere hellingen mogelijk dan in jong zeezand.

Ook hier kan de conclusie getrokken worden dat de steilste hellingen in de karakteristieke raai niet de oorzaak zijn geweest van het ontstaan van de vloeifing.

De gemiddelde hellingen worden in onderstaande tabel gegeven.



	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
1910	LW	LW-36,4	290	510	1 : 6 ⁰
1911	LW	LW-36,2	290	510	1 : 6 ¹
1911	LW	LW-31,5	290	510	1 : 7 ⁰
1912	LW	LW-34,7	290	510	1 : 6 ³

3.3.5. Scherpenissepolder, raai XXXVIII (F), Val 13-4-1933

Bijlage 30 geeft een overzicht van de ligging van de raaien.

De dwarsprofielen van de peilreeksen 1930-1933 zijn te vinden in bijlage 33. De daaruit berekende taludhellingen zijn getekend in bijlage 34.

Grondslag ter plaatse is jong zeezand grenzend aan oude kern.

De verplaatste massa grond bedraagt $231 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Alleen raai XXXVIII is beïnvloed door de oeversval. De taludhellingen worden met elkaar vergeleken in onderstaande tabel.

peiling	23-4-1930	13-5-1931	30-5-1932	23-3-1933
hoogte-interval				
0/ 5 - 3/ 8 3/ 8 - 8/13 8/13 - 10/15 11/16 - 16/21 18/23	gelijk - gelijk ~ gelijk -	1:1 ⁶ 1:1 ⁶ 1:2 ⁴ 1:3 ⁰ 1:4 ⁶		
0/ 5 - 5/10 5/10 - 7/12 8/13 - 10/15 11/16 - 12/17 13/18 14/19 -		gelijk 1:1 ⁶ - - 1:3 ⁴ -	1 : 1 ⁶ - 1:2 ² 1:3 ⁰ - 1:3 ⁴	
0/ 5 - 3/ 8 3/ 8 - 7/12 8/13 - 12/17 12/17 - 19/24 20/25 -			gelijk - 1:2 ² - gelijk	1:1 ⁶ 1:1 ⁶ 1:2 ⁸ 1:5



- In dit geval zijn de berekende hellingen aanmerkelijk steiler dan in de vorige gevallen. Op bijlage 34 zijn de waarden langs de verticale as dan ook gewijzigd.
- Hier is weer sprake van een schelpvormige vloeïng; verreweg het grootste deel van de grond is niet in de beschouwde raai afgevloed maar in een andere richting. In raai XXXVIII is wel een duidelijke versteiling waar te nemen, maar gezien het wegvloeiën van grond in een zijdelingse richting lijkt het redelijk te veronderstellen dat absolute hellingen of versteilingen in de afvloeïngsrichting de oeverval ingeleid hebben.
In 1912 is hier ter plekke ook nog een oeverval geweest. De genoemde aspecten in beide vorige paragrafen (komvulling met spekkeok-pakket) zouden ook hier van belang kunnen zijn.
Wederom kunnen de geometrische eigenschappen van de raai voor de vloeïng dus niet gerelateerd worden aan het optreden van de vloeïng.

De gemiddelde hellingen in de karakteristieke raai zijn samengevat in onderstaande tabel.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
1930	LW	LW-35,5	204	430	1 : 6 ⁴
1931	LW	LW-35,7	204	430	1 : 6 ³
1932	LW	LW-36,0	204	430	1 : 6 ³
1933	LW	LW-36,2	204	430	1 : 6 ²

3.4. Relatie kuildiepte-gemiddelde steilste aanzethelling over 5 m hoogte voor gebieden waar geen vloeïngen zijn opgetreden en vergelijking van deze steilste aanzethellingen met die uit gebieden waar wel vloeïngen zijn opgetreden

In paragraaf 2.4. is de relatie tussen de gemiddelde steilste hellingen over 5 m hoogte voor de vloeïng versus kuildiepte voor de vloeïng geanalyseerd (bijlage 9). Daar bleek dat er alleen een kleine afhankelijkheid bestond tussen steilste helling en kuildiepte in het geval dat het tijdsverloop tussen de laatste peiling en de val kleiner dan 2 maanden was (zie bijlage 10).

Bij langere perioden tussen laatste peiling en optredingsdatum van de vloeïng waren de geuldiepte en de steilste helling onafhankelijk van elkaar.



In deze paragraaf zal een soortgelijke figuur gemaakt worden, maar dan van oevers waarbij:

- de eerste 5 jaar na peilingsdatum geen vloeifngen zijn opgetreden
- op de peilingsdatum geen beschermende bestortingen aanwezig zijn

Deze figuur zal in eerste instantie op dezelfde wijze gepresenteerd worden als bijlage 9 en wel in bijlage 42.

Daar de onafhankelijkheid van de kuildiepte en de steilste helling al aangetoond is, zullen beide bijlagen ook anders gepresenteerd worden, namelijk in de vorm van een histogram met langs de horizontale as de hellingen uitgezet en langs de verticale as het aantal keren dat deze helling voorkomt.

Op deze wijze kan eenvoudig nagegaan worden of de histogrammen significant van elkaar verschillen. Met andere woorden of beide figuren essentieel van elkaar afwijken, omdat de eerste gegevens wel met het ontstaan van een zettingsvloeifng te maken hebben en de laatste gegevens niet.

De volgende gegevens zijn gebruikt.

1. Raaistaten van de Noord-Bevelandse oever uit 1965. De gebruikte raaien zijn pas bestort in 1969. Zie bijlagen 43 t/m 46.

<u>Polders</u>	<u>Raaien</u>
Anna Frisopolder	10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22
Mariapolder	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Thoornpolder	1, 2, 3, 4, 5, 6
Vlietepolder	12, 14, 16, 18, 28, 30, 32, 34, 36, 38
Nieuw Noord-Bevelandpolder	2, 4



De geuldiepten variëren van 30,5 m bij de Anna Frisopolder tot 48 m bij de Vlietepolder.

In 25 van deze 34 raaien zijn één of meerdere keren oevervallen opgetreden voor 1965. Tussen 1965 en 1969 zijn geen vloeifngen geconstateerd.

2. Raaistaten van de oever van Zeeuws-Vlaanderen uit 1970.
Eendragtspolder raaien 11, 13, 15, 16, 16B, 17, 17B, 18, 18B, 19, 19B, 20, 20B, 21, 21B, 22, 22B.

In 11 van deze 17 raaien hebben zich één of meerdere oevervallen voorgedaan voor 1970.

De oevers van de Eendragtspolder zijn onbeschermd. In 1980 zijn 2 oevervallen opgetreden (raaien 19B/20 en raaien 16/17B), in 1983 1 oeverval (raai 21B). De geuldiepten bij de Eendragtspolder variëren van 17 m tot 23 m.

Met behulp van de originele raaigegevens en de nodige berekeningen is bijlage 42 samengesteld die de steilste helling over 5 m hoogte weergeeft, uitgezet tegen de kuildiepte van de oevers. Tot enkele jaren na de gebruikte peilingen zijn geen vloeifngen opgetreden.

Uit bijlage 9 en 42 volgt:

	bijlage 9	bijlage 42
gemiddelde geuldiepte (m)	26,0	34,0
standaardafwijking geuldiepte (m)	8,0	9,6
gemiddelde steilste helling	1:2 ³⁴	1:2 ²⁵

Zeer opmerkelijk is dat de gemiddelde steilste helling van de oevers waarbij geen vallen zijn opgetreden nog steiler is dan bij oevers waarbij wel een vloeifng is opgetreden.

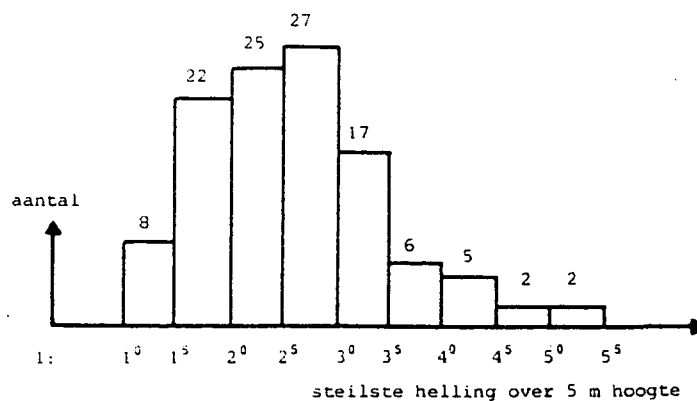


Als van de 51 beschouwde raaien nagegaan wordt in welk hoogte-interval van 5 m de steilste helling optreedt, dan blijkt dat relatief boven in het talud te zijn.

hoogte-interval	aantal	
0/ 5 - 4/ 9	6	10
5/10 - 9/14	14	7
10/15 - 14/19	9	
15/20 - 19/24	3	
20/25 - 24/29	2	
25/30 - 29/34		
30/35 - 34/39		
geuldiepte (m)	31-48	17-23

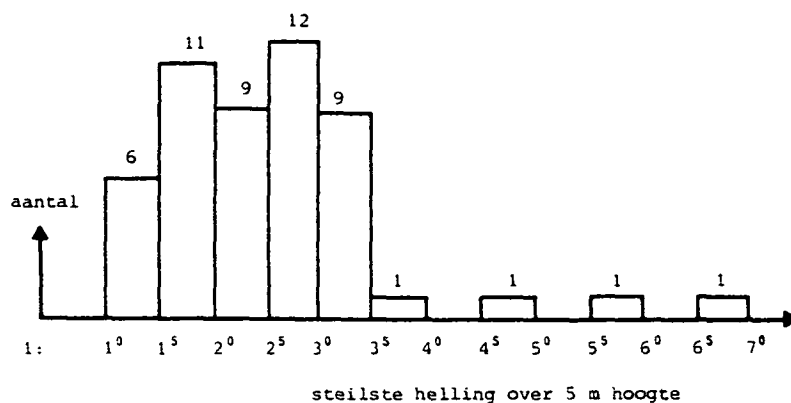
Hieronder worden de bijlagen 9 en 42 in histogramvorm gepresenteerd, waarbij de kuildiepte als niet-relevante parameter weggelaten is. Het aantal punten uit de bijlagen is als het ware op de verticale as geprojecteerd, waarna de schaal van de as aangepast is.

In de eerste figuur zijn totaal 114 gevallen verwerkt, in de tweede figuur totaal 51. De verticale schaal van de tweede figuur is zodanig uitgerekend dat het oppervlak in beide histogrammen gelijk is.



figuur 3.4.: frequentieverdeling volgens bijlage 9

N = 114; gemiddelde 1 : 2^{3.4}



figuur 3.5.: frequentieverdeling volgens bijlage 42

N = 51; gemiddelde 1:2²⁵

Wanneer beide bovenstaande verdelingen en hun gemiddelde vergeleken worden, kan de volgende conclusie getrokken worden: het optreden van een zettingsvloeiing kort na de peiling levert geen significant andere verdeling van steilste hellingen voor de val op, dan uit informatie van vooroeverprofielen volgt, die nog jaren na de peiling stabiel blijven. Met andere woorden het histogram volgens bijlage 9 geeft gewoon een beeld van de verdeling van de steilste hellingen zoals ze in Zeeland voorkomen. Uit de verdeling is niet af te leiden dat binnen afzienbare tijd zettingsvloeiingen te verwachten zijn.



4. Vallen langs de platen van Ossenisse

4.1. Inleiding

Bij het analyseren van een vijftal oevervallen in het vorige hoofdstuk kan als beperking worden gezien dat de peilingen maar éénmaal per jaar zijn gemaakt.

Bovendien bleek ondanks het feit dat de vallen gekozen waren uit gebieden waar de grondslag bestond uit jong zeezand of jong zeezand, grenzend aan oude kerngrond, dat toch nog vrij steile stabiele taluds voorkwamen.

Eigenlijk zouden meer peilingen per jaar beschikbaar moeten zijn en dan in gebieden waar er weinig onzekerheid bestaat over de aanwezige grondslag.

In Zeeland is een dergelijk gebied aanwezig, namelijk de platen van Ossenisse: gedurende de periode april 1979 t/m juni 1983 is bijna maandelijks gepeild. De grondslag van de platen van Ossenisse bestaat uit losgepakte jonge zeezanden. Gedurende de gepeilde periode is een drietal plaatvallen opgetreden; deze zullen in de volgende paragraaf geanalyseerd worden.

Als karakteristieke raai is die raai genomen waarbij als gevolg van de vloeifing de meeste grond verplaatst. Deze keuze kwam tevens overeen met de raai waarin de steilste helling voorkwam "vlak" voor de vloeifing.

4.2. Analyse van een drietal plaatvallen

De platen van Ossenisse liggen in de Westerschelde ten zuiden van het Kanaal door Zuid-Beveland, dat via de sluizen te Hansweert in verbinding staat met de Westerschelde (zie bijlage 35).

De volgende plaatvallen zullen nader beschouwd worden:

1. Plaat van Ossenisse raai 3.43 + 39. Val tussen 2-10 juli 1981
2. Plaat van Ossenisse raai 3.45 . Val tussen 10 dec.-18 jan. 81/82
3. Plaat van Ossenisse raai 3.45 . Val tussen 24 jan- 22 feb. 1983



4.2.1. Plaat van Ossenissee raai 3.43 + 39 Val tussen 2-10 juli 1981

peiling	16-4-1981	14-5-1981	12-6-1981
hoogte-interval			
4/ 9 - 18/23	1:6 ²		
3/ 8 - 9/14		-	1:6 ⁰
10/15 - 12/17		1:6 ²	-
12/17 - 15/20		1:6 ⁸	- 1:6 ⁸
15/20 -			- 1:6 ⁴

Bijlage 36 geeft de laatste 3 peilingen voor de val weer en het profiel na de val. De daarop volgende bijlage geeft een overzicht van de berekende taludhellingen over 5 m hoogte verschil.

De maximale verdieping is 10 à 11 m groot.

De geschatte grondverplaatsing bedraagt $140 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Raaien 3.43, 3.43 + 39 en 3.45 zijn gewijzigd door de plaatval.

De peiling van 14 mei geeft overal steilere hellingen te zien dan de peiling van 16 april. Bovenaan het talud vindt aanzanding plaats, onderaan het talud erosie.

De maximale steilheid was 1:7⁴ en wordt 1:6².

Vergelijking van de peilingen van mei en juni levert slechts kleine verschillen op. De maximale steilheid was 1:6² en wordt 1:6⁰. Over de volle taludhoogte vindt aanzanding plaats.

Samenvattend: van april tot mei treedt een duidelijke versteiling op, van mei tot juni een geringe versteiling over het bovendee van het talud. Laatst gemeten maximale steilheid 1:6⁰.

De gemiddelde hellingen zijn berekend in onderstaande tabel.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
april 1981	- 3	-23,8	335	560	1 : 10 ⁸
mei 1981	- 3	-22,3	305	520	1 : 11 ¹
juni 1981	- 3	-23,2	340	520	1 : 8 ⁹



4.2.2. Plaat van Ossenissee raai 3.45 Val tussen 10 dec-18 jan.81/82

peiling	21-10-1981	23-11-1981	10-12-1981
hoogte-interval			
4/ 9 - 19/24		1:6 ⁸	
4/ 9 - 13/18 14/19 -		1:6 ⁸ -	1:5 ⁶

De laatste 3 peilingen voor de vloeiing zijn getekend in bijlage 38. De taludhelling in bijlage 39.

Maximale verdieping bedraagt 10 à 11 meter.

Geschatte verplaatste hoeveelheid grond $250 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

De raaien 3.43 + 39, 3.45 en 3.45A zijn gewijzigd door de plaatval.

Tussen de oktober- en novemberpeiling is een duidelijke versteiling waarneembaar over de volle taludhoogte. Dit wordt veroorzaakt door een aanzanding tussen N.A.P. - 2,0 m en - 10,5 m en een uitschuring tussen - 10,5 m en dieper. De steilste helling was 1:7⁸ en wordt 1:6⁸.

De decemberpeiling onderscheidt zich van de novemberpeiling door een forse aanzanding op het boventalud (hoogte aanzanding + 2 m, gelijke dieptelijnen 15 m meer geulwaarts) en een minder forse aanzanding op het ondertalud. Derhalve is er tot 13/18 sprake van een taludversteiling van 1:6⁸ naar 1:5⁶, dieper is er sprake van een taludverflauwing.

Ook hier treedt dus duidelijk taludversteiling op.

De gemiddelde hellingen staan weer genoteerd in onderstaande tabel.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
okt. 1981	-1,5	-28,5	300	615	1 : 11 ⁷
nov. 1981	-2,2	-24,6	340	560	1 : 9 ⁸
dec. 1981	-2,7	-26,3	340	580	1 : 10 ²



4.2.3. Plaat van Ossenissee raai 3.45, val tussen 24 jan-22 feb.1983

peiling	23-11-1982	15-12-1982	24-1-1983
hoogte-interval			
5/10 - 8/13 9/14 - 13/18 14/19 - 17/22 18/23 -	1:6 ⁰ 1:7 ²	1:5 ⁴ 1:6 ²	
5/10 - 8/13 8/13 - 13/18 13/18 -		1:5 ⁴ 1:6 ²	1:5 ⁰

In bijlage 40 zijn de laatste 3 peilingen voor de plaatval getekend; in bijlage 41 de bijbehorende taludhellingen. De maximale verdieping bedraagt 9 à 10 m.

De geschatte hoeveelheid verplaatste grond is $215 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Door deze plaatval zijn de raaien 3.43 + 39, 3.45 en 3.45A gewijzigd.

Van een éénduidige versteiling is in dit geval geen sprake. Beide eerste peilingen zijn afwisselend steiler. Tussen beide laatste peilingen treedt wel een aanzienlijke versteiling op in het hoogte-interval 8/13 - 13/18: globaal van 1:6⁰ naar 1:5⁰.

In onderstaande tabel staan de gemiddelde hellingen vermeld.

	h_1	h_2	L_1	L_2	gemiddelde helling
nov. 1982	-4,0	-29,3	380	600	1 : 8 ⁷
dec. 1982	-4,0	-29,3	380	615	1 : 9 ³
jan. 1983	-4,0	-28,2	380	640	1 : 10 ⁷



4.3. Resumé plaatvallen

Ten noorden van de platen van Ossenissee ligt een diepe geul. De platen steken bij LW enkele meters boven de waterlijn uit. Het bij eb uittreden van het tijdens HW opgenomen water kan bij een behoorlijk getijverschil een waterstroming uit het talud veroorzaken, waardoor in combinatie met langsstroming het talud bij relatief flauwe hellingen al instabiel kan worden.

Er is hier sprake van zeer losgepakte zanden. Want hoewel elke plaatval gepaard gaat met een behoorlijke grondverplaatsing, blijkt dat bij de drie plaatvallen - die bijna in dezelfde raai plaats gevonden hebben - toch een aangroei van de oever optrad tot op de plaats waar het talud lag vlak voor de vorige vloeiing. Dit in tegenstelling tot de eerder geanalyseerde oevertallen, waar veelal sprake was van erosie van de oever.

Het aanvultempo ligt erg hoog 0,5 à 1,0 m per maand. Er is hier dus sprake van een zeer losse pakking.

Uit de getekende profielen blijkt dat op de geulbodem vrij snel uitschuring en aanzanding optreedt. Bekend is dat deze "zandgolven" die over de geulbodem "stromen" soms wel 6 m hoog kunnen worden.

Als gevolg van de aanwezigheid van deze zandheuvelds zou een verhevigde aanval op het plaatstalud kunnen plaatsvinden, waardoor dit talud in korte tijd zou kunnen versteilen. Met kort wordt hier bedoeld kort ten opzichte van het tijdsverloop tussen 2 opeenvolgende peilingen.

Ondanks bovengenoemde aspecten kan geconcludeerd worden, dat de steilste hellingen over 5 m taludhoogte, berekend uit de laatste peiling voor de plaatval aanzienlijk flauwer zijn dan die bij de oevertallen. Dit is het gevolg van de hier aanwezige zeer losgepakte zanden, terwijl bij de oevers veelal cohesievere gronden in het bodemprofiel voorkomen dan alleen zand.

Uit de laatste peilingen voor de plaatvallen zijn steilste hellingen over 5 m hoogte berekend van 1:5⁰, 1:5⁶ en 1:6⁰.

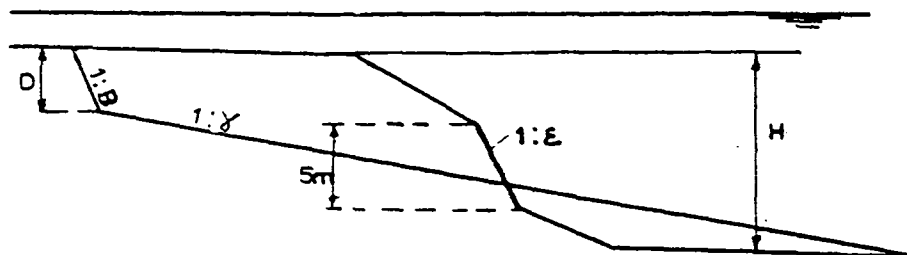


5. Samenvatting en conclusies

In opdracht van RWS Deltadienst is deze studie uitgevoerd met als doel:

- het onderzoeken of er afhankelijkheden bestaan tussen de verschillende geometrische parameters die bij zettingsvloeiingen onderscheiden kunnen worden en het omschrijven van die afhankelijkheden
- het formuleren van statistische voorwaarden waaraan moet worden voldaan, opdat het trekken van conclusies uit de correlatiegrafieken geoorloofd is
- het vaststellen of er een correlatie bestaat tussen geometrische parameters van vooroevers en het al of niet optreden van een zettingsvloeiing
- de invloed nagaan van:
 - * de afstand tussen de verschillende raaien
 - * de keuze van de maatgevende raai
 - * de tijdsduur tussen 2 opeenvolgende peilingen
 - * de tijdsduur tussen peiling en vloeiing.

Na de inleiding volgt hoofdstuk 2, waarin een drietal correlatiefiguren van Davis [3] zijn geanalyseerd.



Figuur 5.1.: Belangrijke geometrische parameters bij een zettingsvloeiing



De bestudeerde correlaties zijn achtereenvolgens:

- evenwichtshelling $1 : \gamma$ na optreden vloeifng en geuldiepte H voor vloeifng
- diepte D waarover de aanzethelling $1 : \beta$ voorkomt na vloeifng en geuldiepte H voor vloeifng
- gemiddelde steilste helling $1 : \epsilon$ over 5 m hoogte voor vloeifng en geuldiepte voor vloeifng.

De resultaten en conclusies van deze analyse staan vermeld onder de punten 1 t/m 4 van dit hoofdstuk.

In hoofdstuk 3 wordt intensief gebruik gemaakt van de originele peil-raaigegevens, de gegevens die ten grondslag liggen aan de door Wilderom uitgevoerde oevervalleninventarisatie [4].

De onderlinge raaiafstand is in de meeste gevallen 100 m. Na het optreden van een val blijkt in het algemeen dat meerdere raaien door de val veranderd zijn.

De raai die het meest centraal in de val gelegen is, wordt de karakteristieke raai genoemd. Aan deze raai zijn de geometrische gegevens ontleend door Wilderom en Davis. In dit hoofdstuk zijn drie aspecten bestudeerd.

- Hoe karakteristiek is de karakteristieke raai?
Van 3 opgetreden zettingsvloeifngen is onderzocht in hoeverre in bij de val betrokken raaien aan weerszijden van de karakteristieke raai, steilere hellingen voorkwamen dan in de karakteristieke raai.
- In welke mate versteilt een talud de laatste jaren voordat een zettingsvloeifng optreedt?
- Wat is het verband tussen de steilste helling over 5 m hoogte en de geuldiepte in gebieden met onbeschermd, verwekingsgevoelige vooroevers, waarin gedurende enkele jaren na de peilingen geen zettingsvloeifngen zijn opgetreden.



Dit verband wordt vergeleken met hetzelfde verband maar dan van vooroevers, waarin wel zettingsvloeiingen zijn opgetreden.

Bovengenoemde aspecten komen ter sprake in de punten 5 t/m 8.

In hoofdstuk 4 wordt tenslotte een drietal plaatvallen geanalyseerd. met name worden de steilste hellingen over 5 m hoogte in achtereenvolgende peilingen met elkaar vergeleken.

De resultaten van deze analyses worden puntsgewijs vermeld.

Voor hoofdstuk 2 de punten 1 t/m 4

Voor hoofdstuk 3 de punten 5 t/m 8

Voor hoofdstuk 4 de punten 9 t/m 10.

1. Uit een analyse van de relatie van de evenwichtshelling $1 : \gamma$ na optreden vloeifng en geuldiepte H voor optreden vloeifng blijkt dat de evenwichtshelling steiler is bij grotere geuldiepte. De correlatiecoëfficiënt r bedraagt slechts 0,38. Dat betekent dat de spreiding in de waarnemingsgegevens erg groot is. Zie de bijlagen 1 en 2.
2. Relatie tussen de diepte D waarover de aanzethelling $1 : \beta$ optreedt na de vloeifng en de geuldiepte H voor de vloeifng. Zie bijlagen 7 en 8.
Tendens: diepte waarover de aanzethelling optreedt, wordt groter bij toenemende geuldiepte. De correlatiecoëfficiënt r bedraagt 0,75. Ondanks het feit dat er nu een duidelijke afhankelijkheid tussen beide grootheden bestaat, blijft de spreiding erg groot. Bijvoorbeeld: bij een geuldiepte van 30 m is de kans 95% dat de diepte waarover de aanzethelling optreedt, ligt tussen 7,85 en 17,85 m.



3. Relatie tussen de steilste helling $l : \epsilon$ over 5 m hoogte voor optreden vloeïng en geuldiepte H voor de vloeïng. Zie bijlagen 9 en 10.

Er is hierbij onderscheid gemaakt in het tijdsverloop dat ligt tussen peiling en optredingsdatum van de val. De correlatiecoëfficiënt blijkt toe te nemen naarmate dit tijdsverloop korter is. De correlatiecoëfficiënten zijn evenwel zo laag dat alleen bij het kortste tijdsverloop tussen peiling en optredingsdatum gesproken kan worden van een afhankelijkheid tussen de tegen elkaar uitgezette grootheden.

In de andere gevallen is er sprake van onafhankelijkheid. Ook de gemiddelde steilheden voor elk tijdsverloop nemen niet toe naarmate het tijdsverloop korter is (zie tabel 2.5.). Extrapoleren naar een periode van bijvoorbeeld 1 dag tussen laatste peiling en optreden zettingsvloeïng is derhalve statistisch niet verantwoord. Statistisch gezien is de steilheid als functie van de geuldiepte dus niet relevant, maar dat wil nog niet zeggen dat de steilheid geen relevante factor kan zijn bij het ontstaan van een zettingsvloeïng.

4. Alle beschouwde correlatiefiguren tonen een dermate grote spreiding in de waarnemingsgegevens dat met behulp van de statistiek bij een gegeven geometrische grootheid van een oeverval de verwachtingswaarde van een andere grootheid alleen te geven is als liggend in een breed betrouwbaarheidsinterval. Dit interval is te breed om nauwkeurige voorspellingen te kunnen doen. Blijkbaar zijn er meer grootheden van belang dan in de betreffende correlatiefiguur zijn aangegeven.

Dat betekent dat er correlaties zouden moeten worden gezocht tussen een groter aantal grootheden.

Ondanks het feit dat op fysische gronden een multi-regressie analyse een gerichte aanpak voor de vallenproblematiek kan worden genoemd, wordt de verwachting uitgesproken dat de kans van slagen klein zal zijn. De reden hiervoor is dat de hoeveelheid gegevens en de relevantie ervan in de meeste gevallen te beperkt is.



5. Van een drietal oevervallen zijn de raaien getekend die door de oeverval werden beïnvloed en is de steilste helling over 5 m hoogte berekend en uitgezet. Vergeleken met de karakteristieke raai blijkt uit de bijlagen 15, 17 en 20 (nummer karakteristieke raai is onderstreept) een steilere helling voor te komen in naastliggende raaien. Het is dus discutabel om in deze gevallen de geometrische eigenschappen van de karakteristieke raai te relateren aan het optreden van een vloeïng.
6. Uit de bijlagen 31 en 33 blijkt dat de weggevloeide grondmassa niet in de raai is afgestroomd, maar in een andere richting. Dit is waarschijnlijk te verklaren met de hypothese van Kuiter en Krajicek over het ontstaan van zettingsvloeïngen langs de voor-oever van de Oud-en Nieuw-Noord Bevelandsepolder [8]. Daar wordt gesteld dat in de kommen van vroegere oevervallen zich een zogenaamd spekkoeppakket kon afzetten. Dat is een pakket dat onderin voornamelijk uit klei bestaat en verder naar boven steeds meer zand. Dit pakket biedt aan redelijke bescherming aan achterliggend losgepakt zand.
Bij een voortgaand erosieproces neemt de beschermende functie af, waarna een geringe versteiling van een onbeschermd zandtalud aanleiding kan geven tot het ontstaan van een zettingsvloeïng. De conclusie die getrokken kan worden luidt wederom dat het discutabel is om de geometrische eigenschappen van de karakteristieke raai te relateren aan het ontstaan van een zettingsvloeïng.
7. Er is in het algemeen gesproken geen sprake van een eenduidige versteiling (over de volle oeverhoogte) ter plaatse van de karakteristieke raai, naarmate de peilingsdatum dichterbij de optredingsdatum van de val ligt. Vergelijking van achtereenvolgende peilingen toont nu eens aanzanding en dan weer eens erosie aan op een deel van het talud. Hierdoor treedt afwisselend verflauwing en versteiling op.



Ook komt het voor dat 3 jaar voor een oeverval op een zelfde hoogte-interval een steilste helling voorkwam, die aanmerkelijk steiler was dan de steilste helling gemeten bij de laatste peiling voor de oeverval.

Blijkbaar is in deze gevallen de steilste helling over 5 m hoogte geen (belangrijke) oorzaak voor het ontstaan van een zettingsvloeiing.

8. De relatie gemiddeld steilste helling over 5 m hoogte en de geuldiepte is ook voor 51 vooroevers gemaakt, waarbij in de eerste jaren na peilingsdatum geen val is opgetreden. Zie bijlage 42. Deze oevers zijn gekozen uit onverdedigde verwekingsgevoelige losgepakte vooroevers (gebaseerd op het geologische criterium: jong zeezand).

De hieruit afgeleide frequentieverdeling is bijna identiek met de verdeling die afgeleid is uit bijlage 9, waarbij de laatste peilgegevens voor optreden van een oeverval gebruikt waren. Zie de figuren 3.4. en 3.5.

Bijlage 9 levert in figuur 3.4. een steilste helling kort voor optreden van de val op van gemiddeld $1 : 2^{34}$. Bijlage 42 levert in figuur 3.5. een steilste helling op van $1 : 2^{25}$ terwijl jaren na de peiling geen val optreedt.

Blijkbaar geeft bijlage 9 (en figuur 3.4.) gewoon een beeld van de steilste hellingen zoals ze in Zeeland in verwekingsgevoelige gebieden voorkomen.

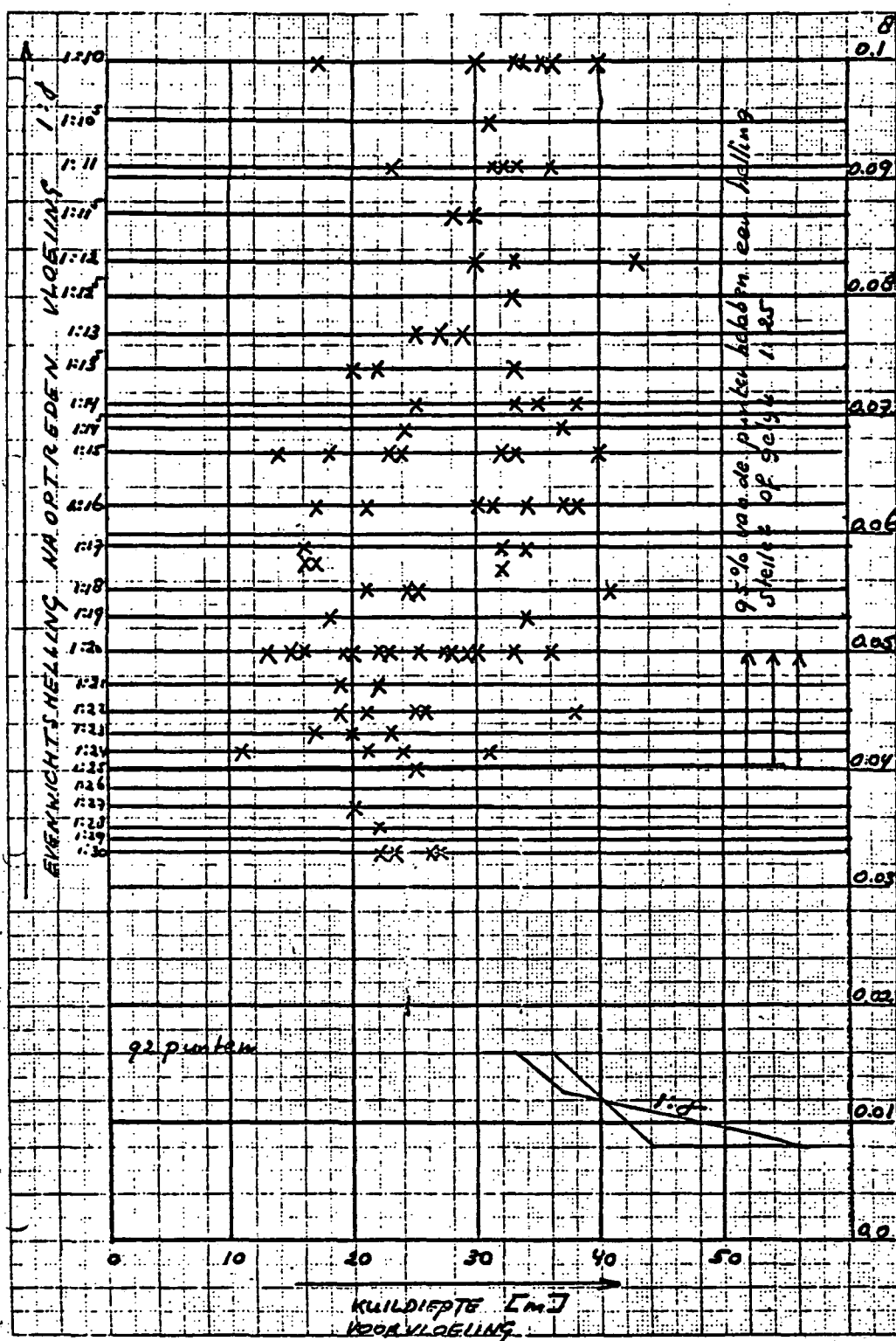
Hoewel nog enigszins prematuur in verband met de wellicht nog te beperkte omvang van deze studie en de onzekerheid met betrekking tot de representativiteit van de gekozen deelverzameling vooroevers leidt dit tot de volgende belangrijke uitspraak: Uit een vergelijking van de figuren 3.4. en 3.5. blijkt dat de steilste helling over 5 m hoogte zeker geen overheersende factor is geweest bij het ontstaan van een zettingsvloeiing.

Een bepaalde steilheid over 5 m hoogte (bijvoorbeeld $1 : 5$) is wel noodzakelijk, maar niet voldoende voor het ontstaan van een zettingsvloeiing. Dat hangt af van de aanwezige grondslag en de externe factoren die een inleidend mechanisme kunnen initiëren.



9. De platen van Ossenissee bestaan uit matig fijn zand met een mediane diameter van 150 - 200 μm tot een diepte van 21 à 27 m beneden N.A.P. Daaronder bevindt zich de afzetting van Halsteren.
- Bij drie plaatvallen is de steilste helling over 5 m hoogte uit de laatste peilingen voor de val beoordeeld.
- De optredingsdata van de vallen zijn onbekend, maar omdat er globaal elke maand gepeild is, is de periode tussen peiling en optreden van de val hooguit 1 maand. Na het optreden van een plaatval vindt telkens aanzanding plaats; de versteiling vlak voor de val wordt veroorzaakt door een relatief sterkere aanzanding op het boventalud.
- Het optreden van een plaatval wordt verondersteld nauw samen te hangen met:
- overmatig zandtransport over de plaat in de richting van de hoofdgeul
 - overschrijden van de kritische helling van het zandtalud
 - verhevigde aanval op het plaattalud als gevolg van de aanwezigheid van "zandgolven" op de geulbodem.
 - bijzonder lage laagwaterstanden, gepaard gaande met hoge stroomsnelheden en uittredend grondwater
10. In tegenstelling tot de eerder beschouwde oevervallen komt bij de plaatvallen wel telkens de steilste helling voor in de laatste peiling voor de val.
- De laatst gemeten steilste hellingen zijn 1 : 5⁰, 1 : 5⁶ en 1 : 6⁰. Dit is aanzienlijk flauwer dan bij oevervallen.
- Voor 114 oevervallen werd namelijk als gemiddelde steilste helling 1 : 2³⁴ gevonden.
- Bij de 3 plaatvallen is er sprake van homogene grondslag, het mogelijke effect van spekkoeclagen is hier geheel afwezig.

BIJLAGEN



ZIE DAVIS (3)



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) 54 92 22

telefax: 38234 solab nl

d.d.

get.

RELATIE KULDIEPTE VOOR VLOEIING TEGEN
EVENWICHTSHELLING NA VLOEIING

CO - 416670

gec.

BIJL. 1

form.

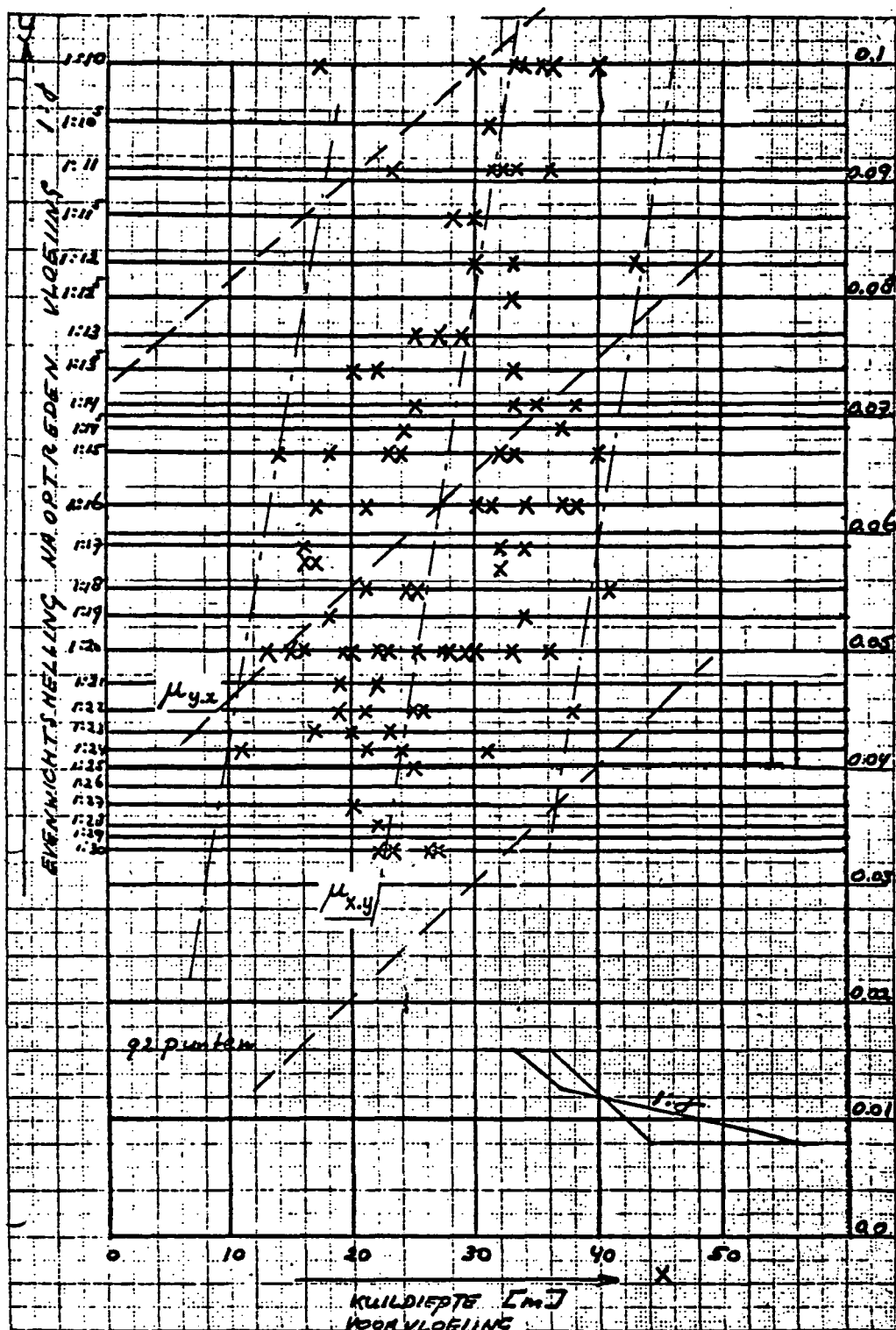
A₄

BIJLAGEN (vervolg)

28. Anna Frisopolder IVa - Peilingen 1902-1905
29. Anna Frisopolder IVa - Taludhellingen 1902-1905
30. Situatie Scherpenissepolder circa 1900
31. Scherpenissepolder XXXIX - Peilingen 1910-1912
32. Scherpenissepolder XXXIX - Taludhellingen 1910-1912
33. Scherpenissepolder XXXVIII - Peilingen 1930-1933
34. Scherpenissepolder XXXVIII - Taludhellingen 1930-1933
35. Situatie platen van Ossenis
36. Plaat van Ossenis 3.43 + 39. - Peilingen april-juni 1981
37. Plaat van Ossenis 3.43 + 39. - Taludhellingen april-juni 1981
38. Plaat van Ossenis 3.45 - Peilingen okt.-jan. 1981-1982
39. Plaat van Ossenis 3.45 - Taludhellingen okt.-dec. 1981
40. Plaat van Ossenis 3.45 - Peiling nov.-febr. 1982-1983
41. Plaat van Ossenis 3.45 - Taludhellingen nov.-jan. 1982-1983
42. Relatie steilste helling over 5 m hoogte en kuildiepte van 51 oevers waarbij de eerste jaren na peildatum geen val is opgetreden
43. Situatie Anna Frisopolder
44. Situatie Anna Frisopolder en Mariapolder
45. Situatie Mariapolder en Thoorpolder
46. Situatie Vlietepolder en Nieuw-Noord Bevelandpolder

BIJLAGEN

1. Relatie kuildiepte voor vloeïïng en evenwichtshelling na vloeïïng
2. Regressielijnen met betrouwbaarheidsintervallen van bijlage 1
3. Percentielen van t-verdelingen
4. Percentielen van de χ^2/df -verdelingen
5. Betrouwbaarheidsband voor de correlatiecoëfficiënt
6. F-verdeling
7. Relatie kuildiepte voor vloeïïng en diepte waarover de aanzethelling optreedt na de vloeïïng
8. Regressielijnen en betrouwbaarheidsintervallen van bijlage 7
9. Relatie gemiddeld steilste helling over 5 m hoogte voor optreden vloeïïng en de kuildiepte voor optreden van de vloeïïng
10. Regressielijnen behorend bij bijlage 9
11. Plaats en aantal oever- en dijkvallen in Zeeland van 1800 t/m 1978
12. Overzicht gebruikte oever- en dijkvallen
13. Situatie Leendert Abrahampolder circa 1900
14. Leendert Abrahampolder - Peilingen februari 1894
15. Leendert Abrahampolder - Taludhellingen februari 1894
16. Leendert Abrahampolder - Peilingen februari 1906
17. Leendert Abrahampolder - Taludhellingen 1906
18. Situatie Anna Frisopolder circa 1905
19. Anna Frisopolder - Peilingen januari 1905
20. Anna Frisopolder - Taludhellingen januari 1905
21. Anna Frisopolder - Peilingen januari 1905
22. Anna Frisopolder - Oeverval 20-2-1905
23. Leendert Abrahampolder VII - Peilingen 1890 - 1894
24. Leendert Abrahampolder VII - Taludhellingen 1890-1894. $\Delta h = 5$ m
25. Leendert Abrahampolder VII - Taludhellingen 1890-1894. $\Delta h = 3$ m
26. Leendert Abrahampolder VIII - Peilingen 1903-1906
27. Leendert Abrahampolder VIII - Taludhellingen 1903-1906



$\mu_{y,x}$ - regressielijn van y als functie van x bij een gegeven $\underline{x} = x$
 $\mu_{x,y}$ - regressielijn van x als functie van y bij een gegeven $\underline{y} = y$



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) 56 92 23

telefax: 38234 eolab nl

d.d.

get.

REGRESSIELIJNEN EN 95%-BETROUWBAARHEIDSBANDEN

VOOR DE RELATIE KUILDIEPTE VOOR VLOEIING

TEGEN EVENWICHTSHELLING NA VLOEIING

CO- 416670

gec.

BIJL. 2

form.

A₄

A-5 PERCENTILES OF THE t DISTRIBUTIONS

df	t.99	t.95	t.90	t.85	t.80	t.75	t.70	t.65
1	.325	.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	.289	.617	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	.277	.584	.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	.271	.569	.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	.267	.559	.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	.265	.553	.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	.263	.549	.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	.262	.546	.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	.261	.543	.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	.260	.542	.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	.260	.540	.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	.259	.539	.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	.259	.538	.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	.258	.537	.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	.258	.536	.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	.258	.535	.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	.257	.534	.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	.257	.534	.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	.257	.533	.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	.257	.533	.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	.257	.532	.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	.256	.532	.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	.256	.532	.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	.256	.531	.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	.256	.531	.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	.256	.531	.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	.256	.531	.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	.256	.530	.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	.256	.530	.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	.256	.530	.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	.255	.529	.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	.254	.527	.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	.254	.526	.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	.253	.524	.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576
df	-t.99	-t.95	-t.90	-t.85	-t.80	-t.75	-t.70	-t.65

When the table is read from the foot, the tabled values are to be prefixed with a negative sign. Interpolation should be performed using the reciprocals of the degrees of freedom.

Data are extracted from Table III of Fisher and Yates, *Statistical Tables*, with the permission of the authors and publishers, Oliver & Boyd, Ltd., Edinburgh and London.

TABEL OVERGENOMEN UIT DIXON (1969)

 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015)-56 92 23 telex: 38234 solab nl	d.d.	get.
	CO - 416670	sec.
	BIJL. 3	form. A ₄

PERCENTIELEN VAN t-VERDELINGEN

A-6b PERCENTILES OF THE x^3/df DISTRIBUTIONS

df	$P_{0.99}$	$P_{0.9}$	$P_{0.8}$	$P_{0.7}$	$P_{0.6}$	$P_{0.5}$	$P_{0.4}$	$P_{0.3}$	$P_{0.2}$	$P_{0.1}$	$P_{0.05}$	$P_{0.025}$	$P_{0.01}$	$P_{0.005}$
1	0.999	0.990	0.980	0.970	0.960	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870
2	0.995	0.985	0.975	0.965	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865
3	0.990	0.980	0.970	0.960	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860
4	0.985	0.975	0.965	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855
5	0.980	0.970	0.960	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850
6	0.975	0.965	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845
7	0.970	0.960	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840
8	0.965	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835
9	0.960	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830
10	0.955	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825
11	0.950	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820
12	0.945	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815
13	0.940	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810
14	0.935	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805
15	0.930	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800
16	0.925	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795
17	0.920	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790
18	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785
19	0.910	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780
20	0.905	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775
22	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770
24	0.895	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775	0.765
26	0.890	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760
28	0.885	0.875	0.865	0.855	0.845	0.835	0.825	0.815	0.805	0.795	0.785	0.775	0.765	0.755
30	0.880	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750
35	0.870	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740
40	0.860	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730
45	0.850	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720
50	0.840	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720	0.710
55	0.830	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720	0.710	0.700
60	0.820	0.810	0.800	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720	0.710	0.700	0.690
70	0.805	0.795	0.785	0.775	0.765	0.755	0.745	0.735	0.725	0.715	0.705	0.695	0.685	0.675
80	0.790	0.780	0.770	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720	0.710	0.700	0.690	0.680	0.670	0.660
90	0.775	0.765	0.755	0.745	0.735	0.725	0.715	0.705	0.695	0.685	0.675	0.665	0.655	0.645
100	0.760	0.750	0.740	0.730	0.720	0.710	0.700	0.690	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630
120	0.740	0.730	0.720	0.710	0.700	0.690	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630	0.620	0.610
140	0.720	0.710	0.700	0.690	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630	0.620	0.610	0.600	0.590
160	0.700	0.690	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630	0.620	0.610	0.600	0.590	0.580	0.570
180	0.680	0.670	0.660	0.650	0.640	0.630	0.620	0.610	0.600	0.590	0.580	0.570	0.560	0.550
200	0.660	0.650	0.640	0.630	0.620	0.610	0.600	0.590	0.580	0.570	0.560	0.550	0.540	0.530
250	0.630	0.620	0.610	0.600	0.590	0.580	0.570	0.560	0.550	0.540	0.530	0.520	0.510	0.500
300	0.600	0.590	0.580	0.570	0.560	0.550	0.540	0.530	0.520	0.510	0.500	0.490	0.480	0.470
350	0.570	0.560	0.550	0.540	0.530	0.520	0.510	0.500	0.490	0.480	0.470	0.460	0.450	0.440
400	0.540	0.530	0.520	0.510	0.500	0.490	0.480	0.470	0.460	0.450	0.440	0.430	0.420	0.410
450	0.510	0.500	0.490	0.480	0.470	0.460	0.450	0.440	0.430	0.420	0.410	0.400	0.390	0.380
500	0.480	0.470	0.460	0.450	0.440	0.430	0.420	0.410	0.400	0.390	0.380	0.370	0.360	0.350
550	0.450	0.440	0.430	0.420	0.410	0.400	0.390	0.380	0.370	0.360	0.350	0.340	0.330	0.320
600	0.420	0.410	0.400	0.390	0.380	0.370	0.360	0.350	0.340	0.330	0.320	0.310	0.300	0.290
700	0.380	0.370	0.360	0.350	0.340	0.330	0.320	0.310	0.300	0.290	0.280	0.270	0.260	0.250
800	0.340	0.330	0.320	0.310	0.300	0.290	0.280	0.270	0.260	0.250	0.240	0.230	0.220	0.210
900	0.300	0.290	0.280	0.270	0.260	0.250	0.240	0.230	0.220	0.210	0.200	0.190	0.180	0.170
1,000	0.260	0.250	0.240	0.230	0.220	0.210	0.200	0.190	0.180	0.170	0.160	0.150	0.140	0.130
5,000	0.050	0.040	0.030	0.020	0.010	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Read .0'16 as .00016, and so on.

TABEL OVERGENOMEN UIT DIXON (1969)



laboratorium voor grondmechanica delft
telefoon: (015) - 58 92 23 telex: 38234 spieh. n

telex: 38234 solab nl

PERCENTIELEN VAN DE χ^2/df VERDELINGEN
df- AANTAL VRIJHEIDSGRADEN

d.d.

get.

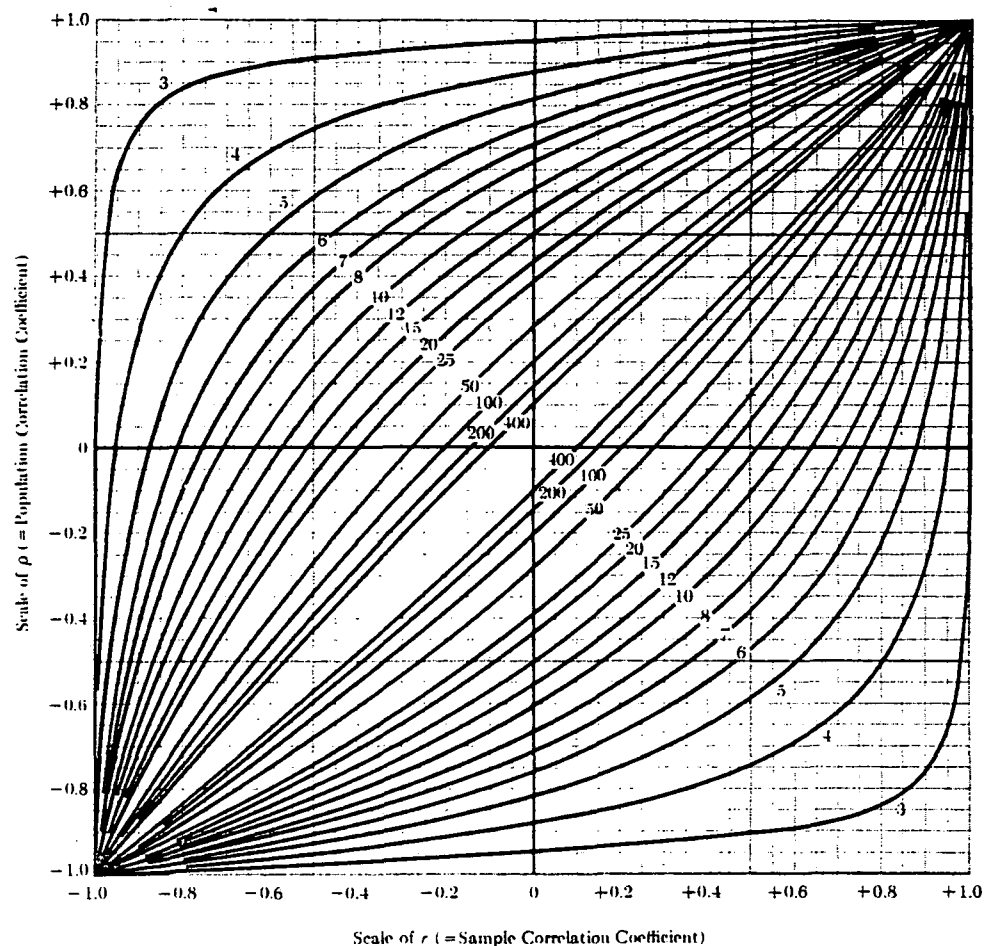
CO- 416670

DOC.

BIJL. 4

Form:
A4

CONFIDENCE BELTS FOR THE CORRELATION COEFFICIENT A-27
(CONFIDENCE COEFFICIENT .95)



The numbers on the curves indicate sample size

By permission of Prof. E. S. Pearson from F. N. David, *Tables of the Ordinates and Probability Integral of the Distribution of the Correlation Coefficient in Small Samples*. The Biometrika Office, London.

FIGUUR OVERGENOMEN UIT DIXON (1969)



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015)- 56 92 23

teleex: 38234 solab nl

d.d.

get.

BETROUWBAARHEIDSBAND VOOR DE KORRELATIEKOEFFICIENT

CO- 416670

gec.

BIJL. 5

form.

A₄

A-7a F DISTRIBUTION, UPPER 5 PER CENT POINTS ($F_{0.05}$)

DEGREES OF FREEDOM FOR NUMERATOR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

DEGREES OF FREEDOM FOR DENOMINATOR

TABEL OVERGENOMEN UIT DIXON (1969)

Interpolation should be performed using reciprocals of the degrees of freedom. $F_{0.05}(2, 8) = 4.46$
 By permission of Prof. E. S. Pearson from M. Morington, C. M. Thompson, "Tables of percentage points of the inverted beta (F) distribution," *Biometrika*, vol. 33 (1943), p. 73.



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015)-569223

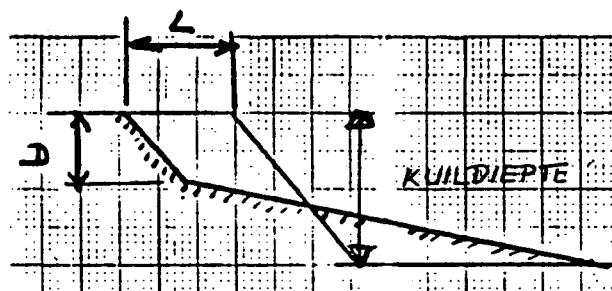
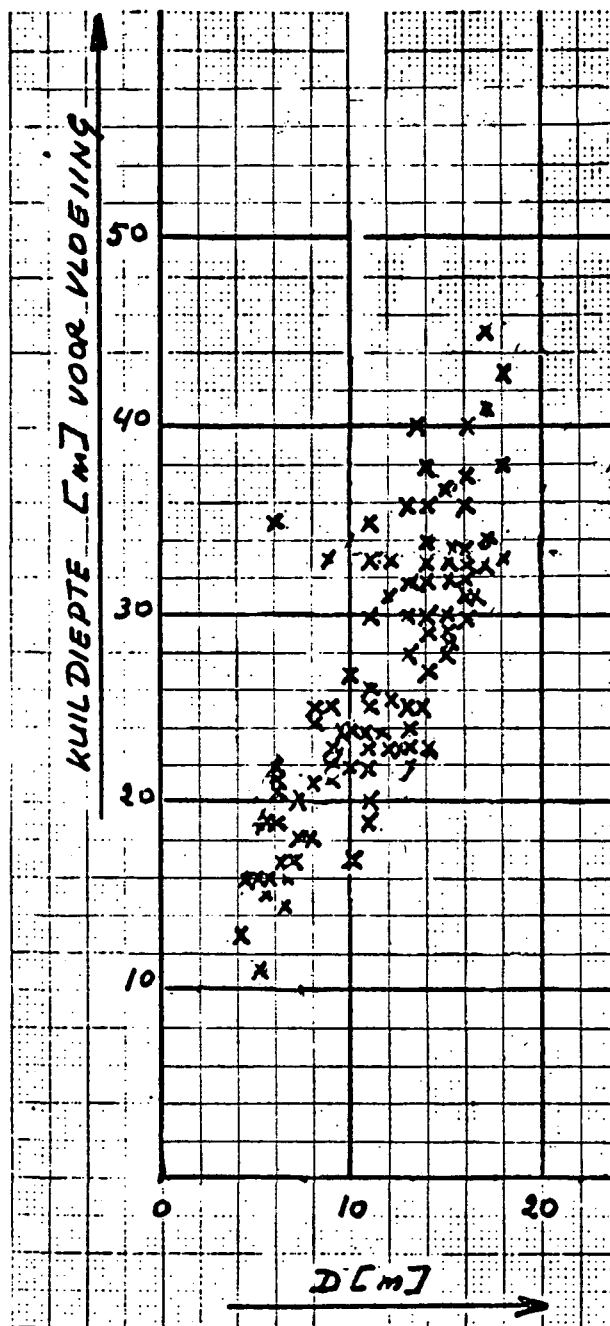
telefax: 38234 solab nl

F - VERDELING

CO-416670

BIJL. 6

form. A₄



ZIE DAVIS (3)



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 38234 eolab nl

d.d.

get.

RELATIE KUILDIEPTE VOOR VLOEIING TEGEN DE DIEPTE D
WAAROVER DE AANZETHELLING OPTREEDT NA DE VLOEIING

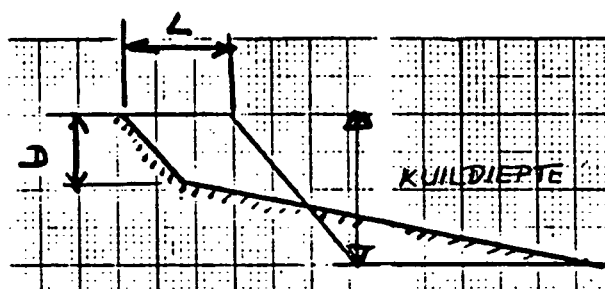
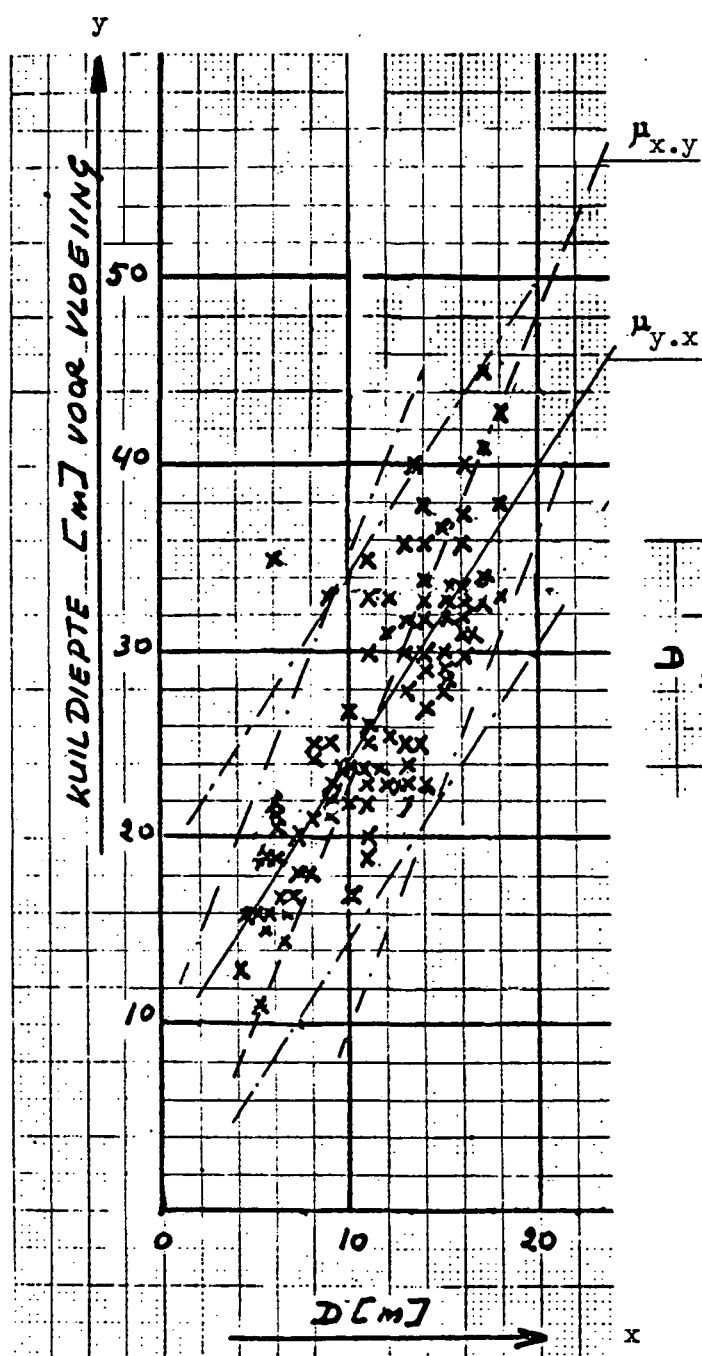
CO - 416670

gec.

BIJL. 7

form.

A₄



$\mu_{y.x}$ - regressielijn van y als functie van x bij een gegeven $\bar{x} = x$
 $\mu_{x.y}$ - regressielijn van x als functie van y bij een gegeven $\bar{y} = y$



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) 58 92 23

teleax: 38234 solab nl

d.d.

get.

REGRESSIELIJNEN EN 95%-BETROUWBAARHEIDSBANDEN VOOR DE
 RELATIE KUILDIEPTE VOOR VLOEIING TEGEN DE DIEPTE D
 WAAROVER DE AANZETHELLING OPTREEDT NA DE VLOEIING

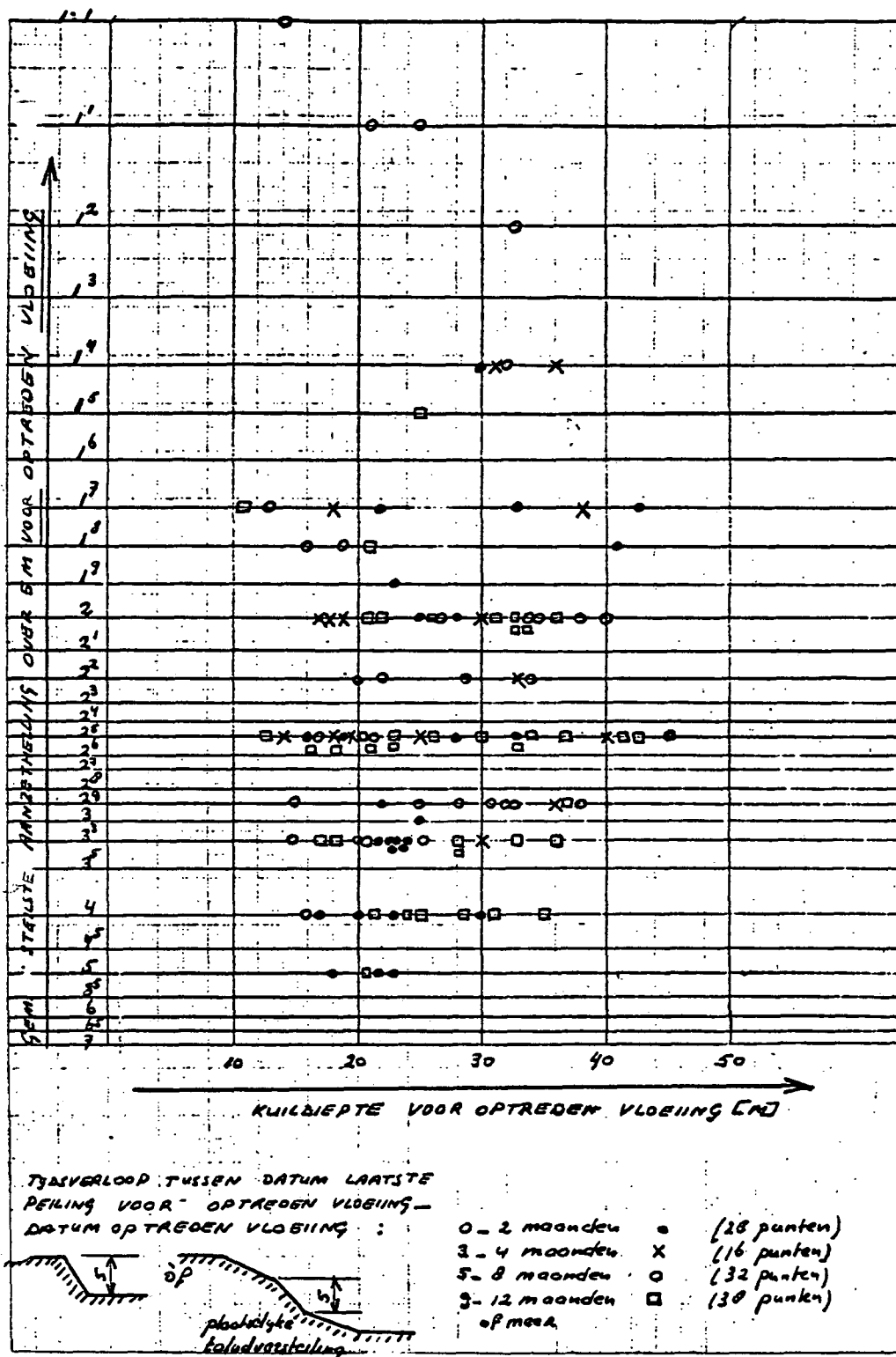
CO - 416670

gec.

BIJL. 8

form.

A₄



ZIE DAVIS (3)



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) 56 92 23

teleex: 38234 solab nl

d.d.

get.

RELATIE GEMIDDELD STEILSTE HELLING OVER 5 M HOOGTE
VOOR OPTREDEN VLOEIING TEGEN DE KUILDIEPTE VOOR
OPTREDEN VAN DE VLOEIING

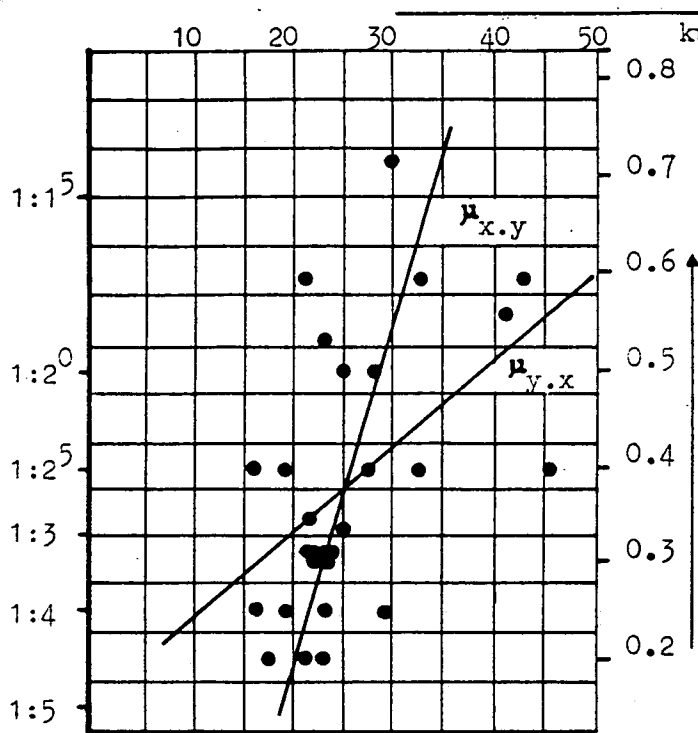
CO - 416670

gec.

BIJL. 9

form.

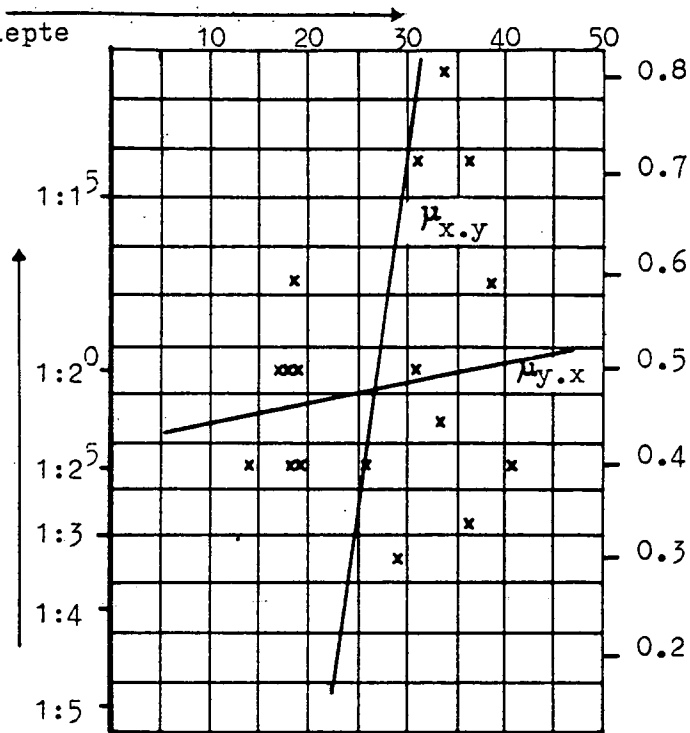
A₄



Tijdsverloop 0-2 maanden

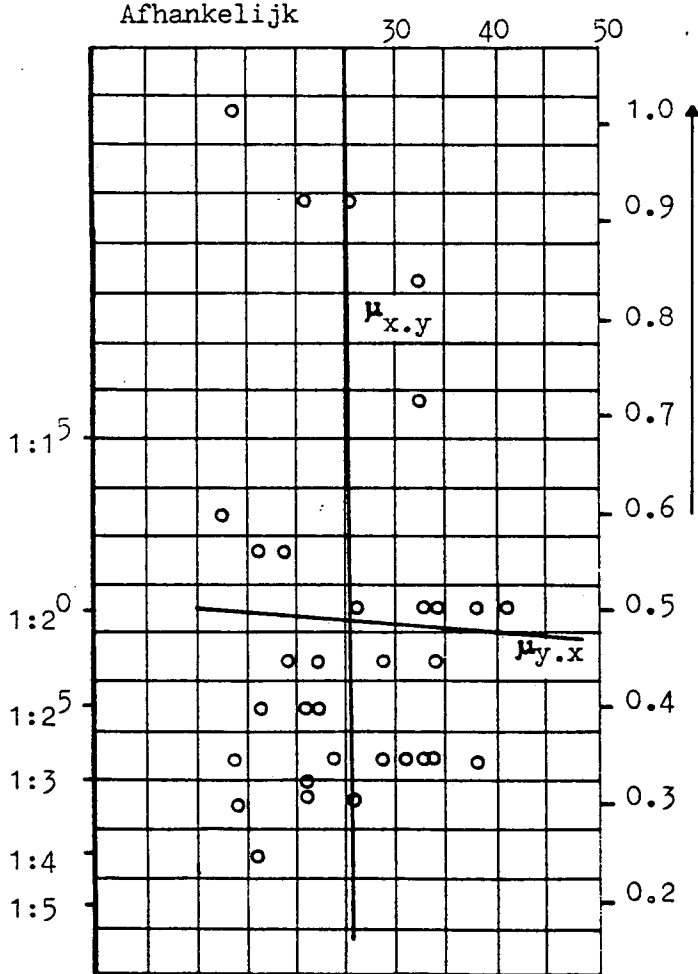
Korrelatiecoëfficiënt $r = 0.48$

Afhankelijk



Tijdsverloop 3-4 maanden

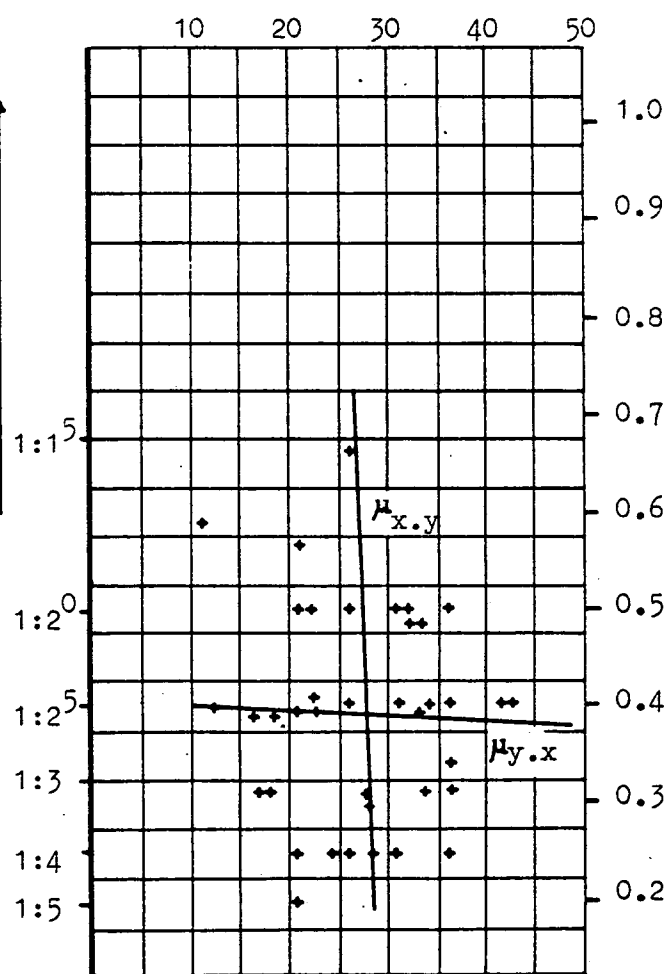
$r = 0.16$ onafhankelijk



Tijdsverloop 5-8 maanden

$r = -0.024$ onafhankelijk

Regressielijnen afhankelijk van tijdsverloop tussen laatste peiling voor de val en datum van de val



Tijdsverloop >9 maanden

$r = -0.044$ onafhankelijk



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 55 92 23

telefax: 33326 solad nl

a.d.

get.

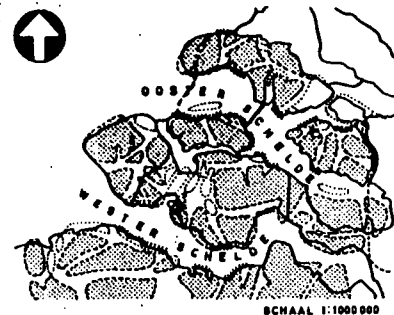
CO-416670

gev.

REGRESSIELIJNEN BEHOOREND BIJ BIJLAGE 9

BIJL. 10

form.



— Tegenwoordige kustlijn
 - - - - - Kustlijn ±1200 (oude kernen)
 Aanwassen na 1200
 ▨ Vallengebieden

+ = A, B enz. plaatvolgebieden
 ○ = 10 vallen
 ● = 5 vallen
 • = 1 val

IN ZEELAND VAN 1800 T/M 1978

PLAATS EN AANTAL OEVER- EN DIJKVALLIEN



laboratorium voor grondmechanica delft
 telefoon: (015) - 56 92 23
 telefax: 53320

BUL. 11

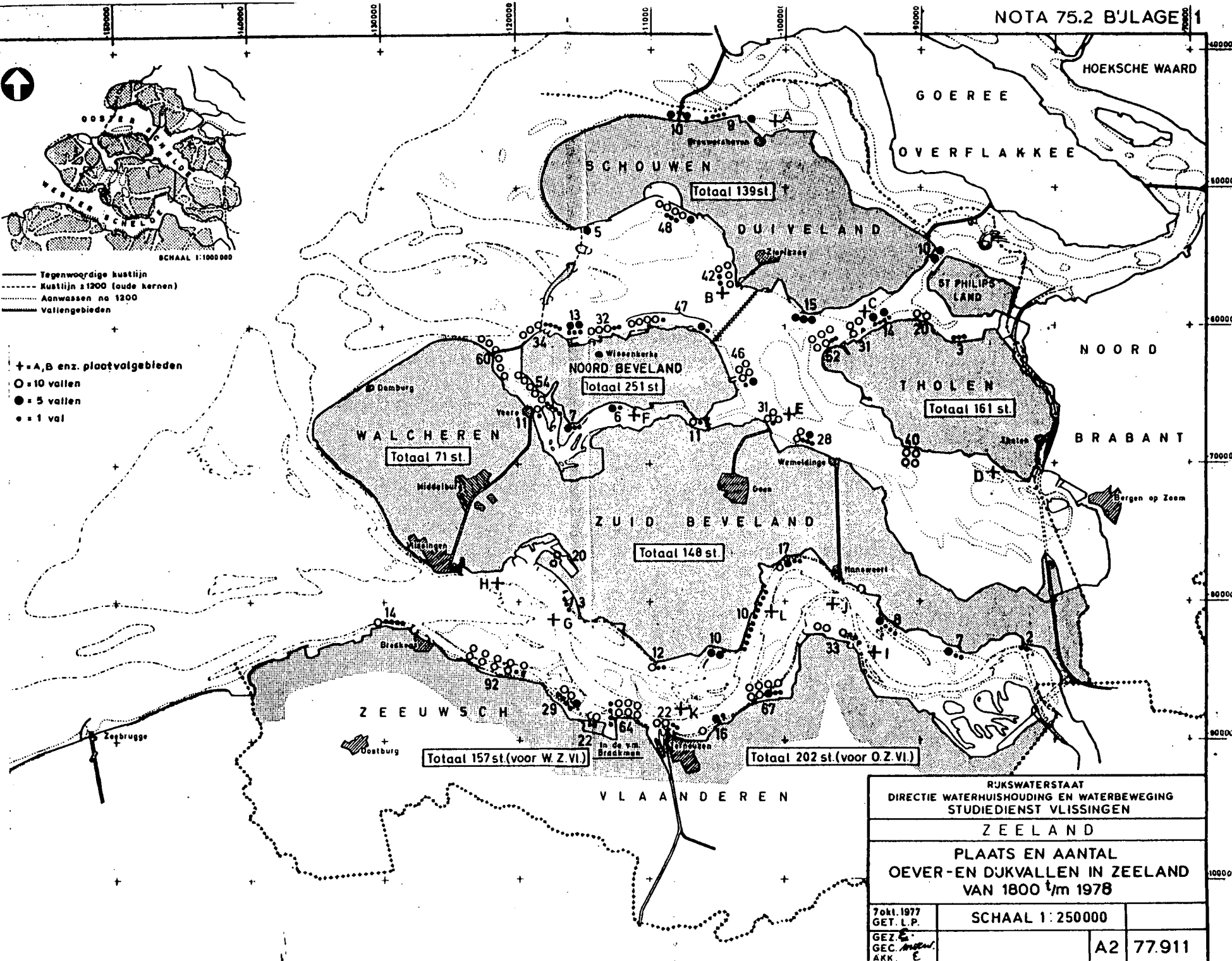
CO-416670

d.a.

get.

get.

get.



RIJKSWATERSTAAT
 DIRECTIE WATERHUISHOUDING EN WATERBEWEGING
 STUDIEDIENST VLISSINGEN

ZEELAND

PLAATS EN AANTAL
 OEVER-EN DIJKVALLIEN IN ZEELAND
 VAN 1800 t/m 1978

7 okt. 1977
 GET. L.P.
 GEZ. E.
 GEC. mev.
 AKK. E.

SCHAAL 1:250000

A2 77.911



laboratorium voor grondmechanica delft
telefoon: (015) - 56 92 23
telefax: 33326 schab nl

OVERZICHT GEBRUIKTE OEVER- EN DIJKVALLEN

naam polder met raai nr.	reg. nr.	data			diepten		hellingen			afstand in m van "valdieptelij" tot		waterstanden			verplaat- ste massa 10 ³ in ³ m
		optreden of ontdekt	laatste peiling voor de	eerste peiling na de	geul	basis ontgr.	steilste gemiddelde		lijn van in scharing na de ontgr.V ₁ =V	steilste helling na de ontgr.V ₁	tij- verschil kort vóór	aantal dagen vóór			
							vóór	na							
													ontgronding		
2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	21
NOORD BEVE LAND															
L. abraham 7	161	21/2-1894	19/2-1894	23/2-1894	25	13	1:3	1:7	1:11 (20)	120	105	4.00	20-2-1894	1	57
L. abraham 8	243	14/3-1906	-/2-1906	-/3-1906	27	12	1:4	1:4 ⁵	1:7 ⁵ (15)	75	70	4.50	12-3-1906	2	89
Anna Friso 4 ^a	230	20/2/1905	-/2-1905	21/2-1905	35	20	1:3 ⁵	1:7	1:12 (v)	215	135	3.60	19-2-1905	1	221
THOLEN															
Scherpenisse 38	271	2/4-1912	-/3-1912	15/4-1912	40	22	1:2 ⁵	1:3	1:5 (12)	102	90	4.50	30-3-1912	3	162
Scherpenisse 37-39	323	13/4-1933	24/3-1933	24/4-1933	40	28	1:2	1:3 ⁵	1:5 ⁵ (25)	144	120	3.60	11-4-1933	2	231

Opmerkingen:

1. Bij registratienummer 243 dijkval na de stormvloed van 12 maart 1906
2. Grondslag
161 en 243 jong zeezand en/of grensgebied tussen oude kerngronden en jong zeezand
230 jong zeezand
271 en 323 jong zeezand grenzend aan de oude kern

d.d.

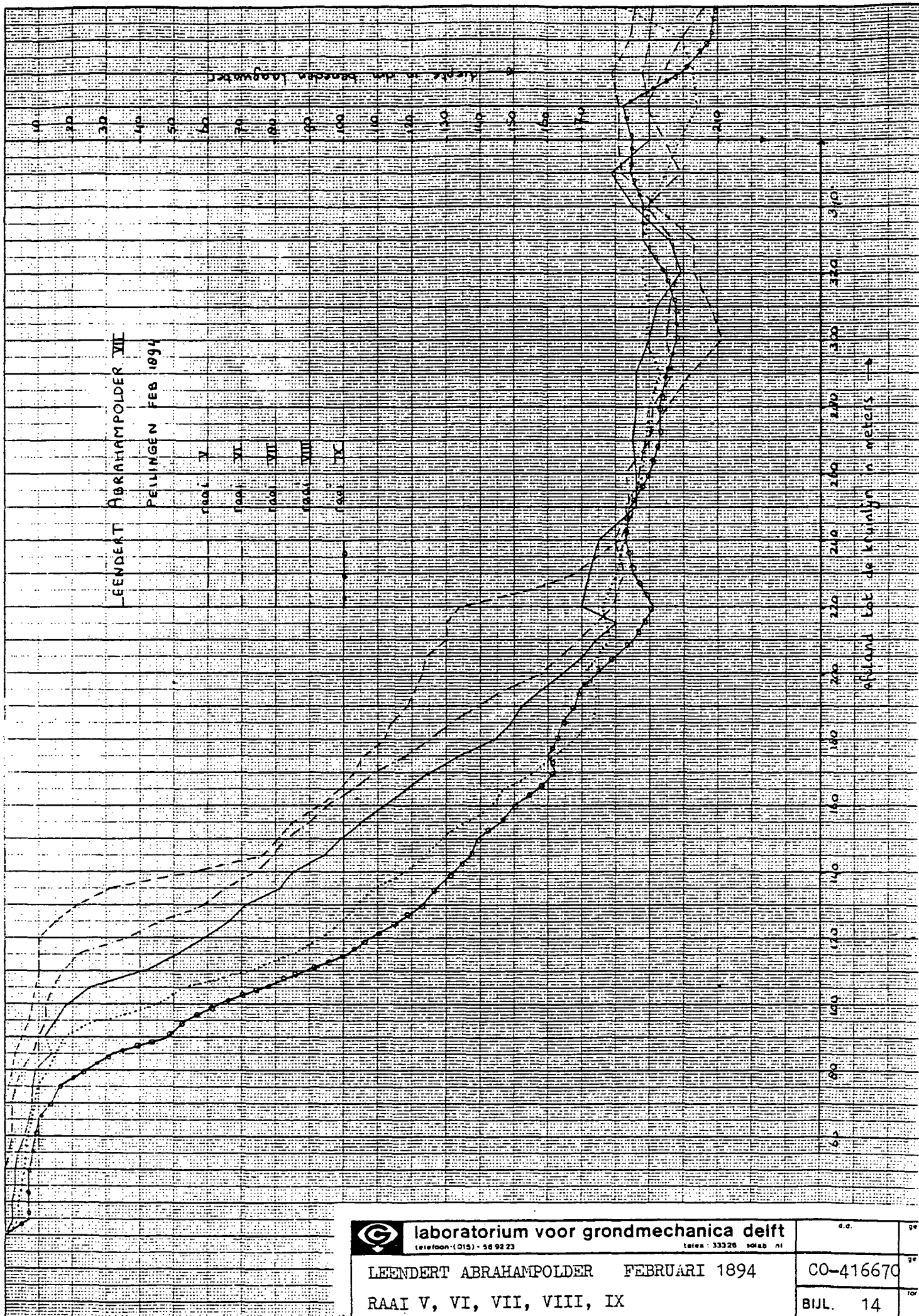
CO-416670

BUL. 12

g.e.c.

g.e.c.

form.



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon (015) - 56 92 23

tele 33326 solab nl

LEENDERT ABRAHAM POLDER FEBRUARI 1894

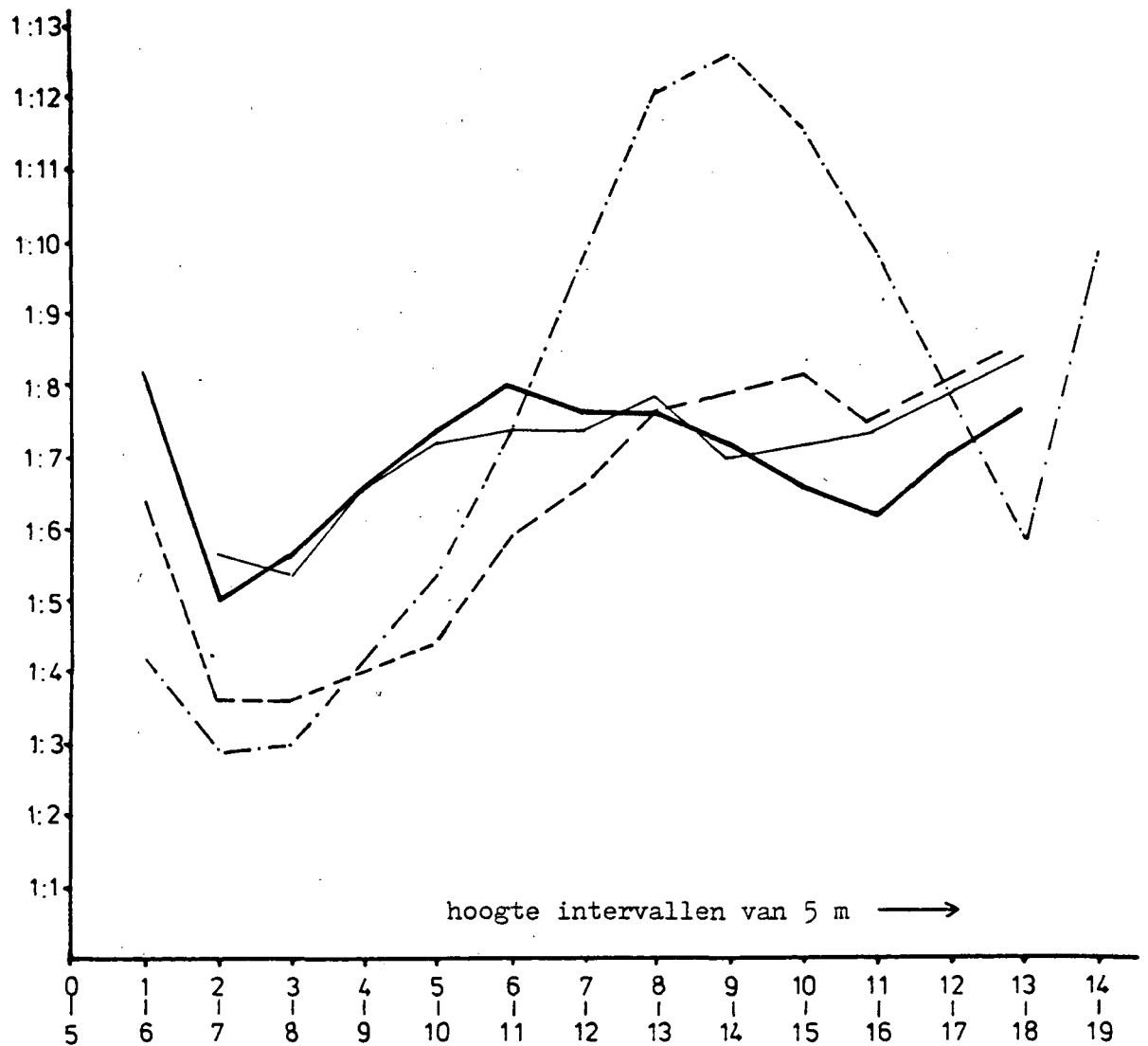
RAAI V, VI, VII, VIII, IX

CO-416670

BIJL. 14

- - - - - peilraai V
 ————— peilraai VI
 ————— peilraai VII
 - - - - - peilraai VIII

} febr. 1894
 } voor val



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

d.d.

get.

LEENDERT ABRAHAMPOLDER FEBRUARI 1894

TALUDHELLINGEN RAAI V, VI, VII, VIII, IX

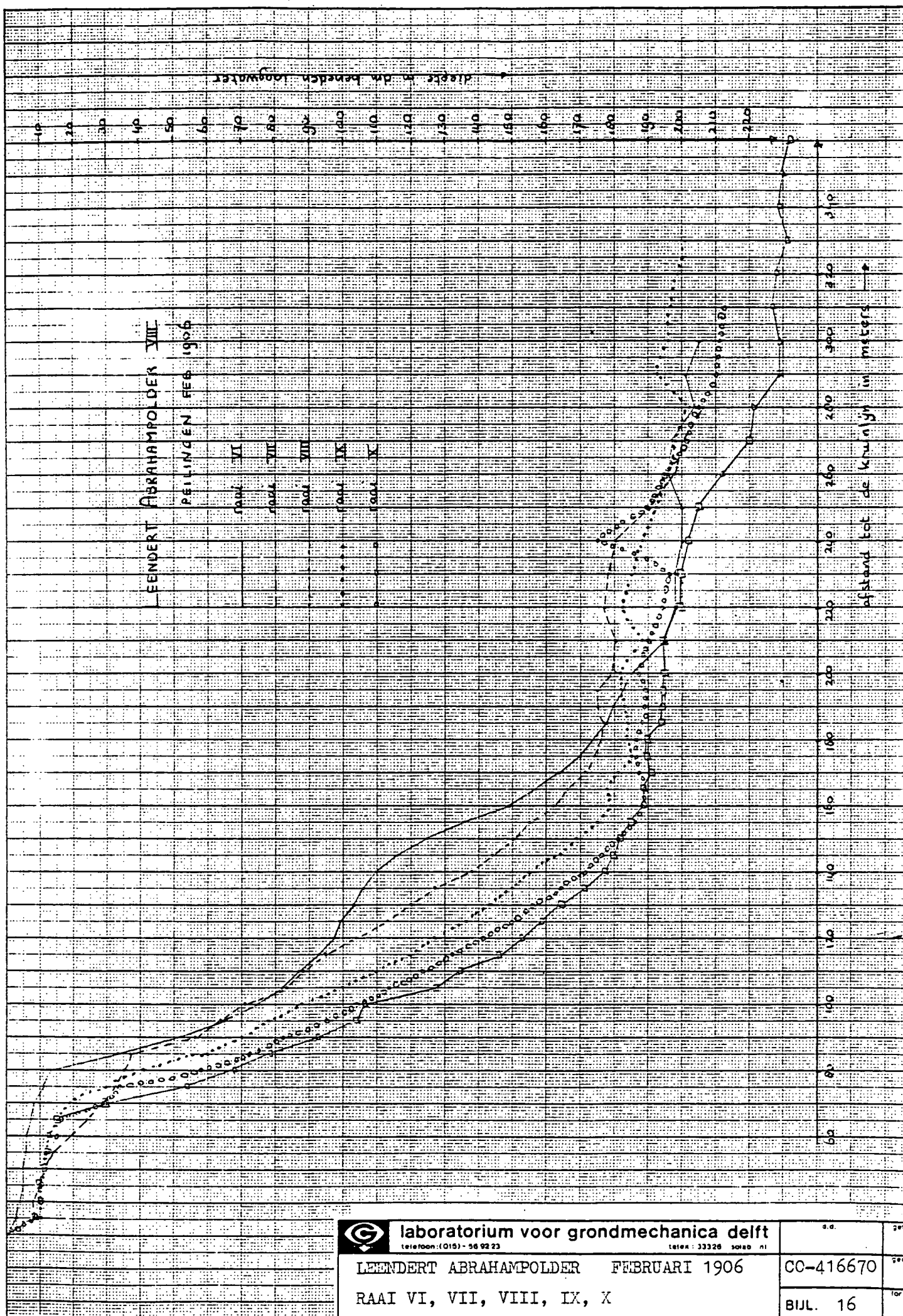
OEVERVAL 21-2-1894

CO-416670

gec.

BIJL. 15

form.



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

tele: 33326 sord n1

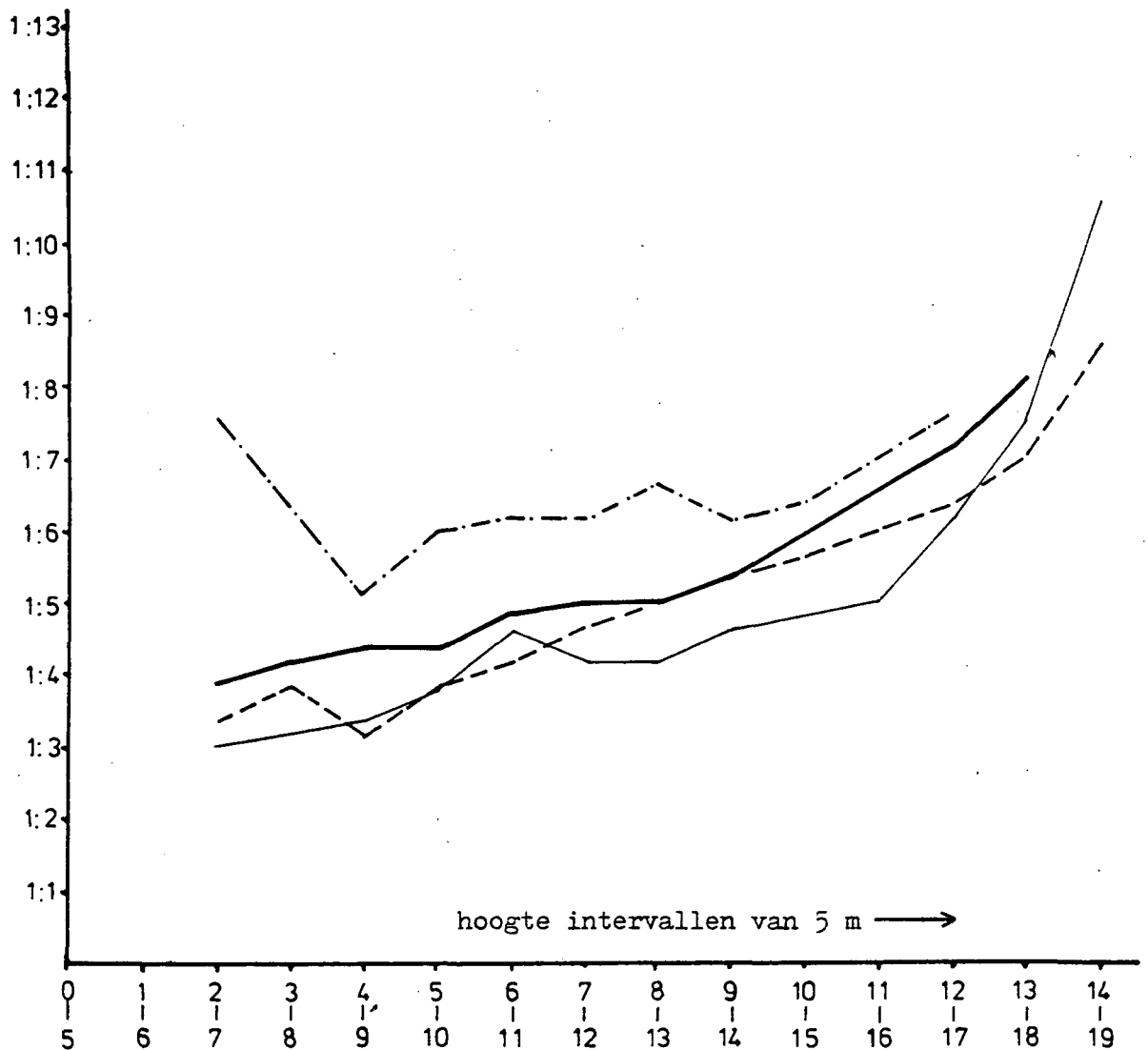
LEENDERT ABRAHAMPOLDER FEBRUARI 1906

RAAI VI, VII, VIII, IX, X

CC-416670

BIJL. 16

raai	VII	----	} febr. 1906 voor val
raai	VIII	=====	
raai	IX	-----	
raai	X	=====	



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 solab nl

LEENDERT ABRAHAMPOLDER FEBRUARI 1906

TALUDHELLINGEN RAAI VII, VIII, IX, X

DIJKVAL 14-3-1906

d.d.

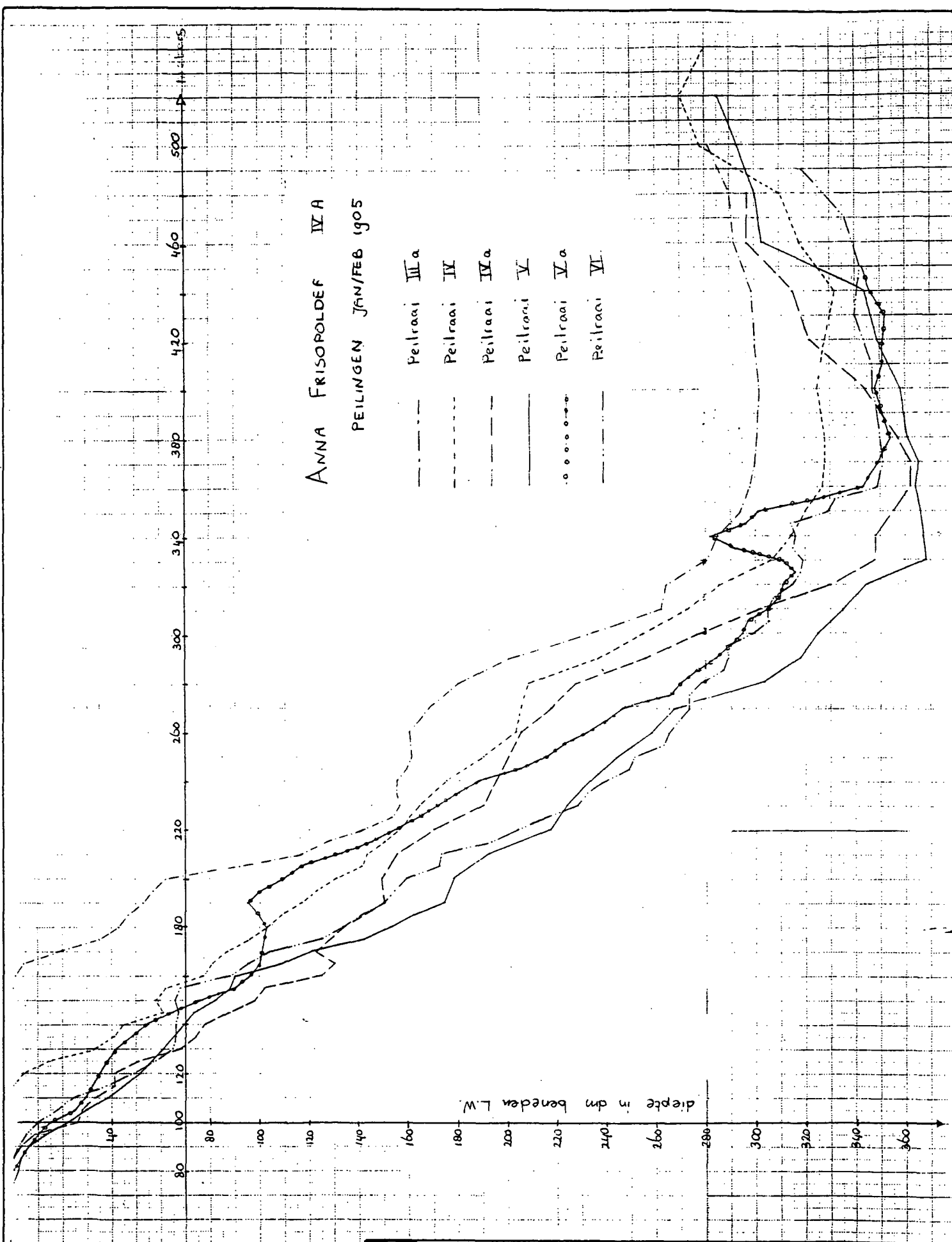
get.

CO-416670

gec.

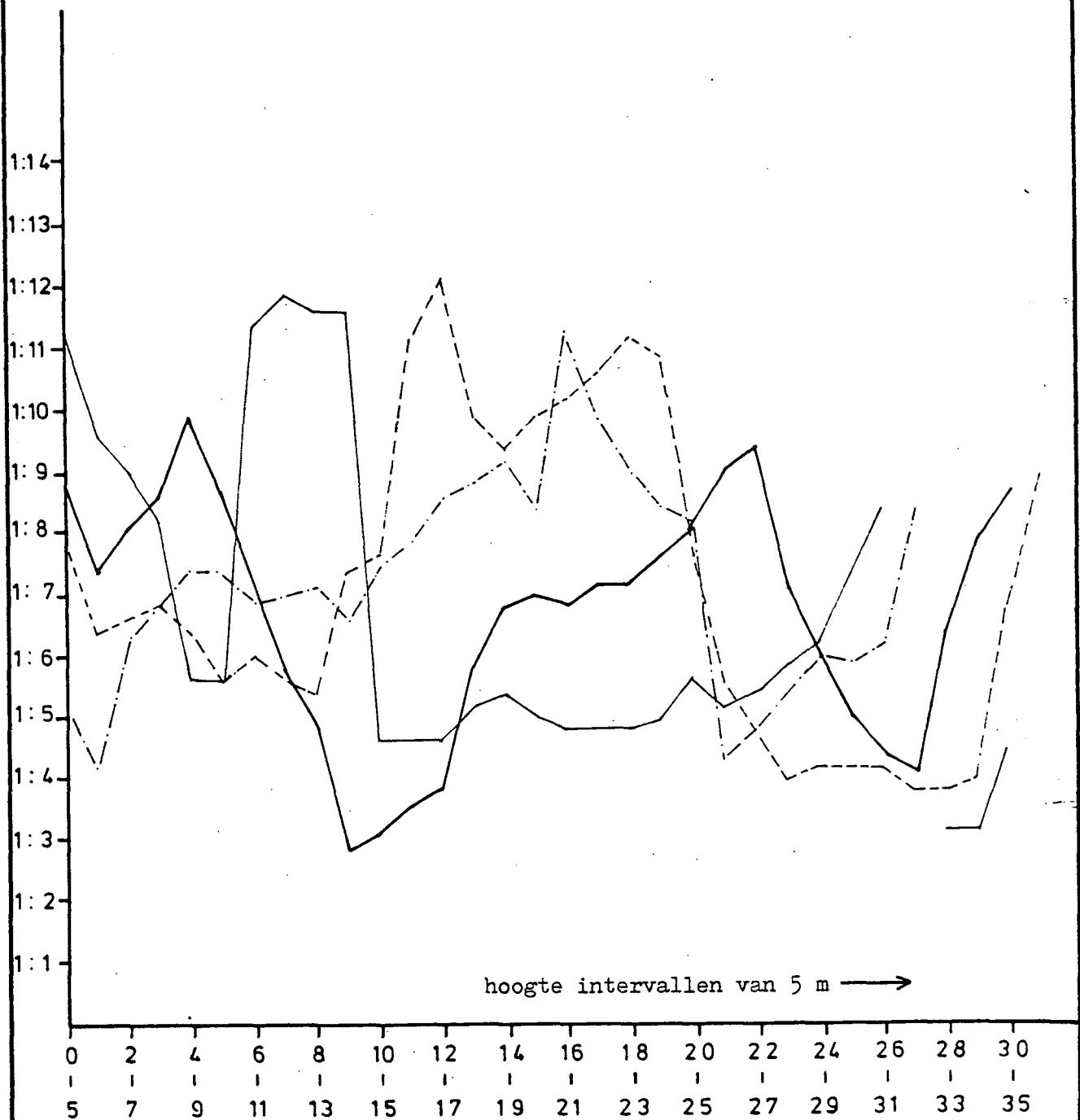
BIJL. 17

form.



 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) - 56 92 23 telex: 33328 solad nl	o.d.	get.
	ANNA FRISOPOLDER JANUARI 1905	
	CO-416670	sec.
RAAI IIIa, IV, IVa, V, Va, VI	BIJL. 19	form.

peilingen RAAI IV jan. 1905 -----
 RAAI IVa jan. 1905 -----
 RAAI V jan. 1905 -----
 RAAI Va jan. 1905 -----



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

ANNA FRISOPOLDER JANUARI 1905

TALUDHELLINGEN RAAI IV, IVa, V, Va

OEVERVAL

d.d.

get.

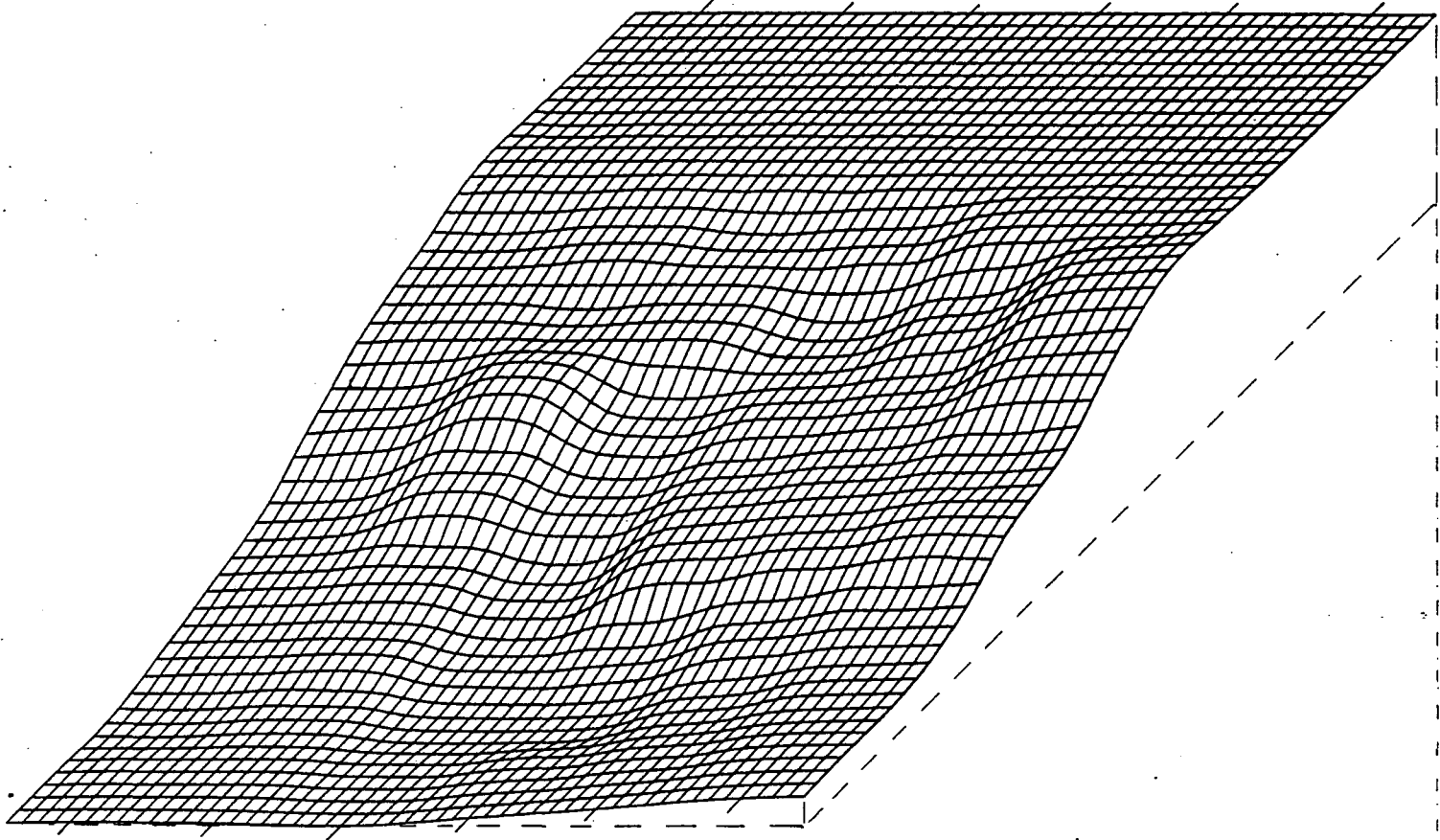
CO-416670

gec.

BIJL. 20

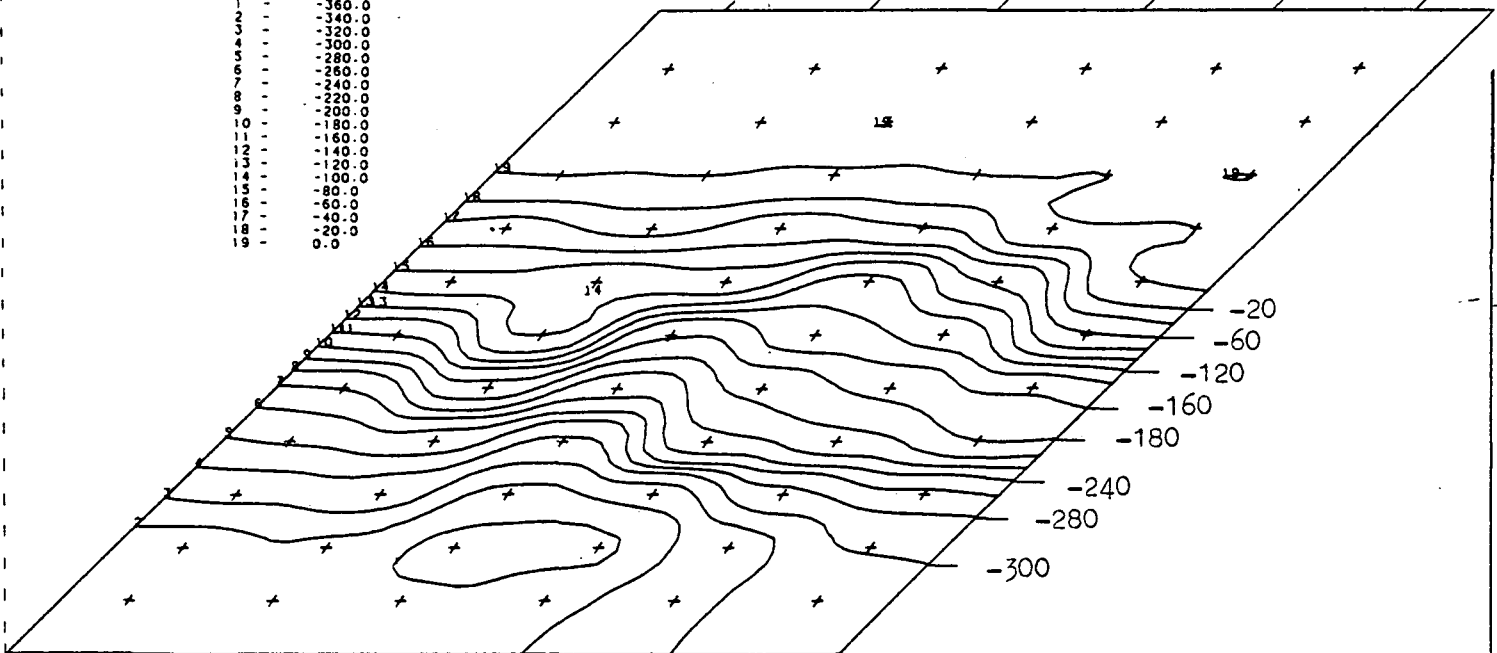
form.

RAAI VI Va V IVa IV IIIa



RAAI VI Va V IVa IV IIIa

NR	CONTOURLIJN
1	-360.0
2	-340.0
3	-320.0
4	-300.0
5	-280.0
6	-260.0
7	-240.0
8	-220.0
9	-200.0
10	-180.0
11	-160.0
12	-140.0
13	-120.0
14	-100.0
15	-80.0
16	-60.0
17	-40.0
18	-20.0
19	0.0



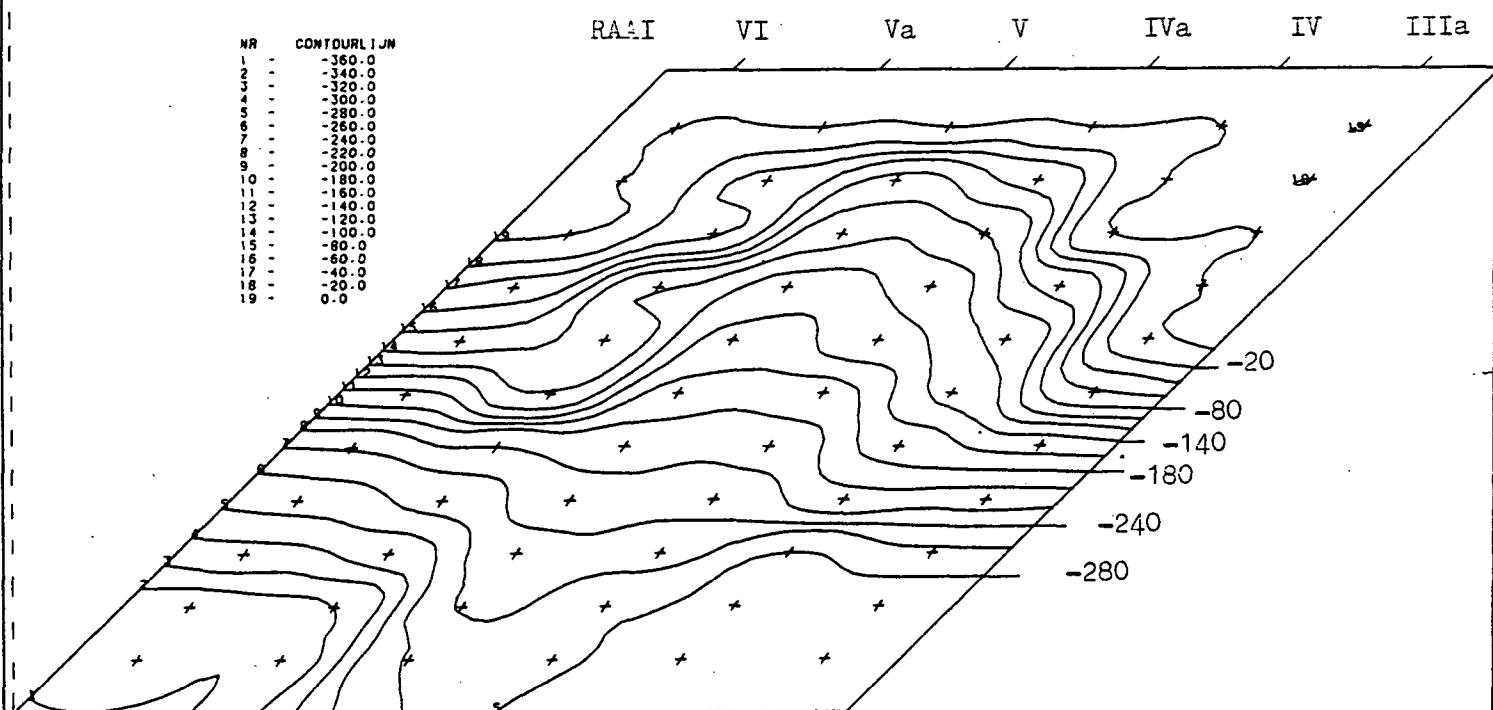
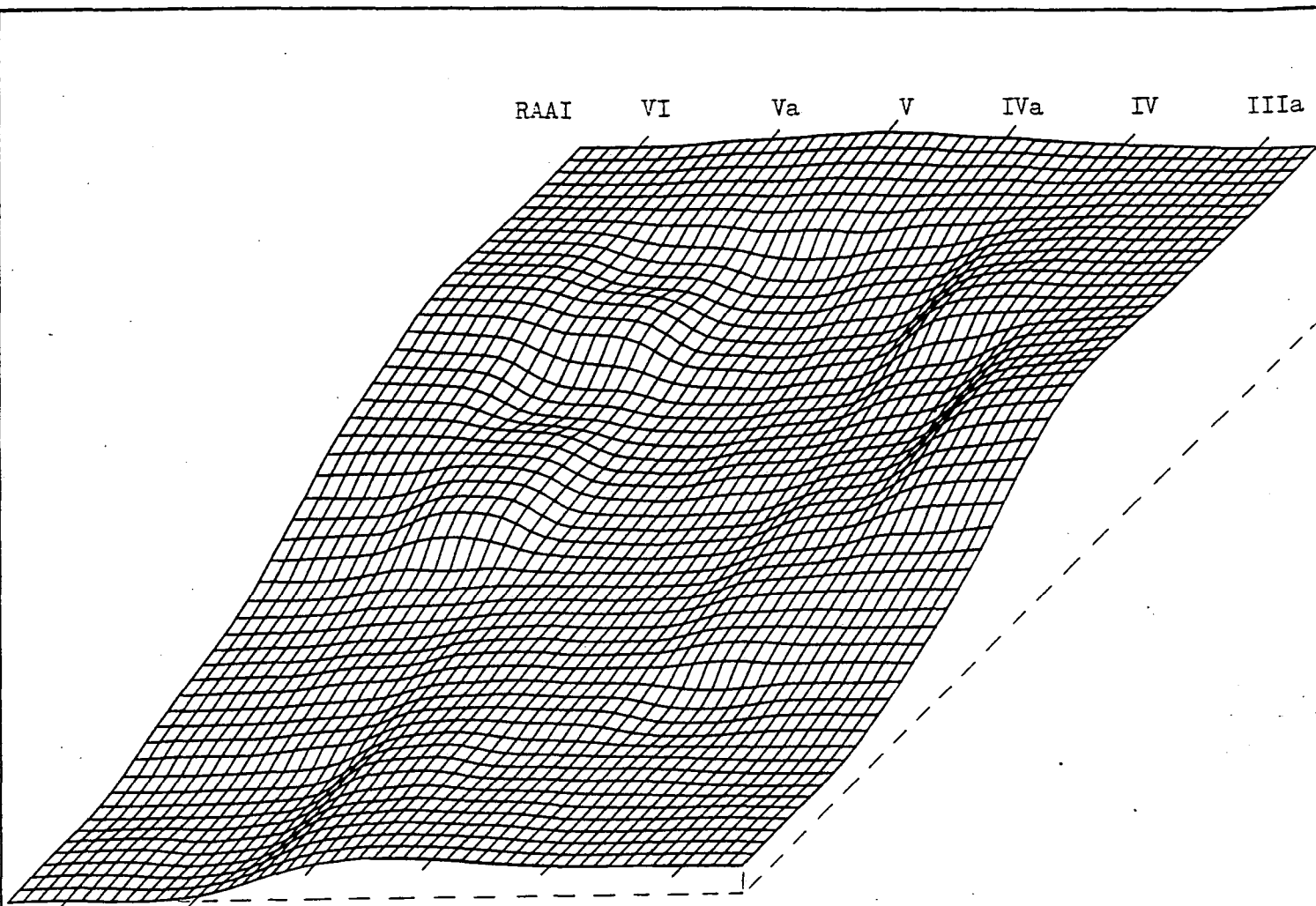
LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT

85-04-04

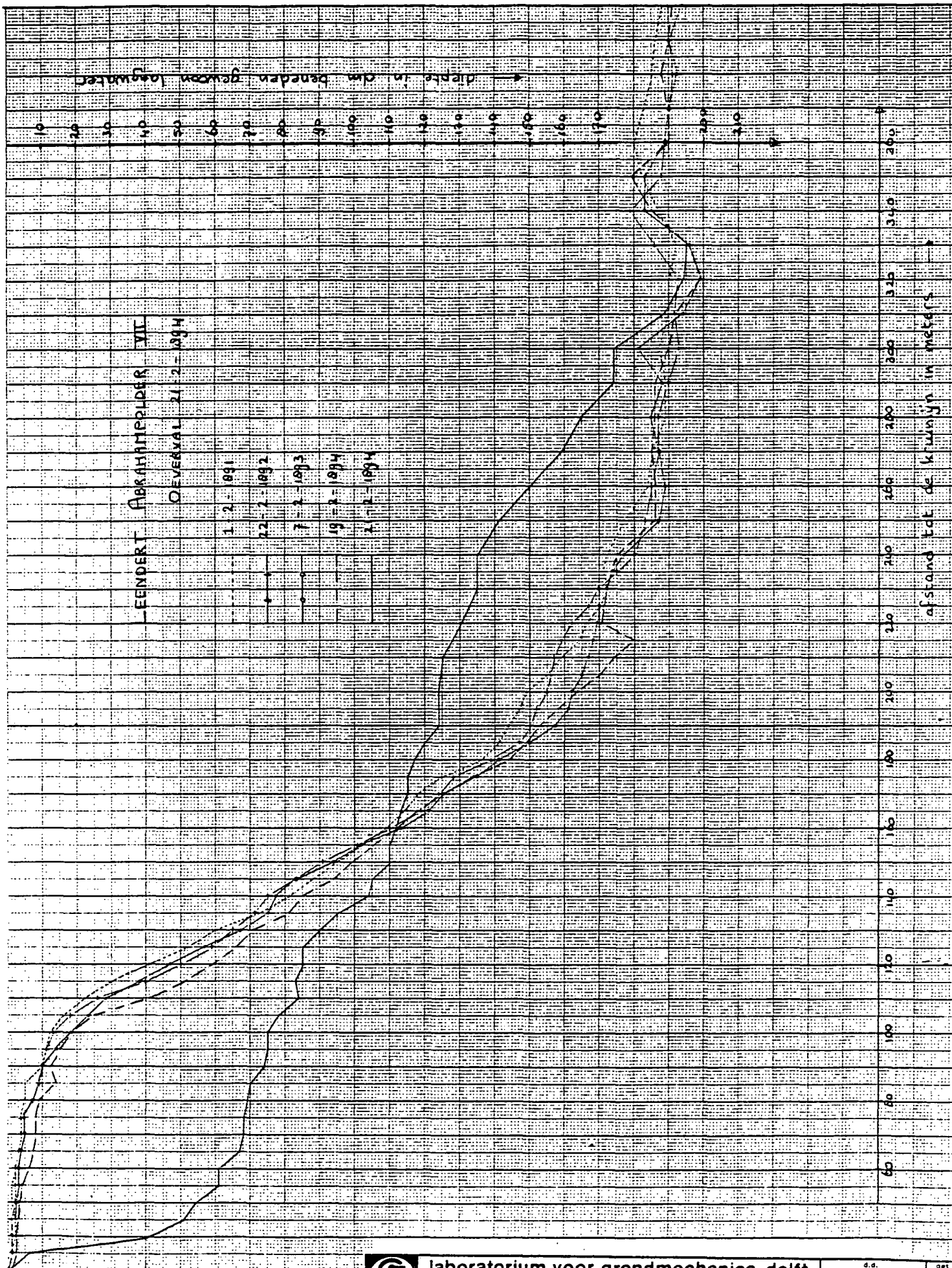
ANNA FRISOPOLDER (N-BEV) PEILING JAN 1905
DIEPTEN IN DM BENEDEN LW
INVLOEDS-PUNTEN : 8 SCHAAAL : 1 : 2000

CO-416670 SVS

BIJL. 21



	LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA DELFT		85-04-04	
	ANNA FRISOPOLDER OEVERVAL 20-2-1905		CO-416670	SVS
	DIEPTEN IN DM BENEDEN LW			
	INVLOEDS-PUNTEN : 8		SCHAAL : 1 : 2900	
			BIJL. 22	



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 scdab nl

LEENDERT ABRAHAMPOLDER RAAI VII

PEILINGEN 1890-1894

CO-416670

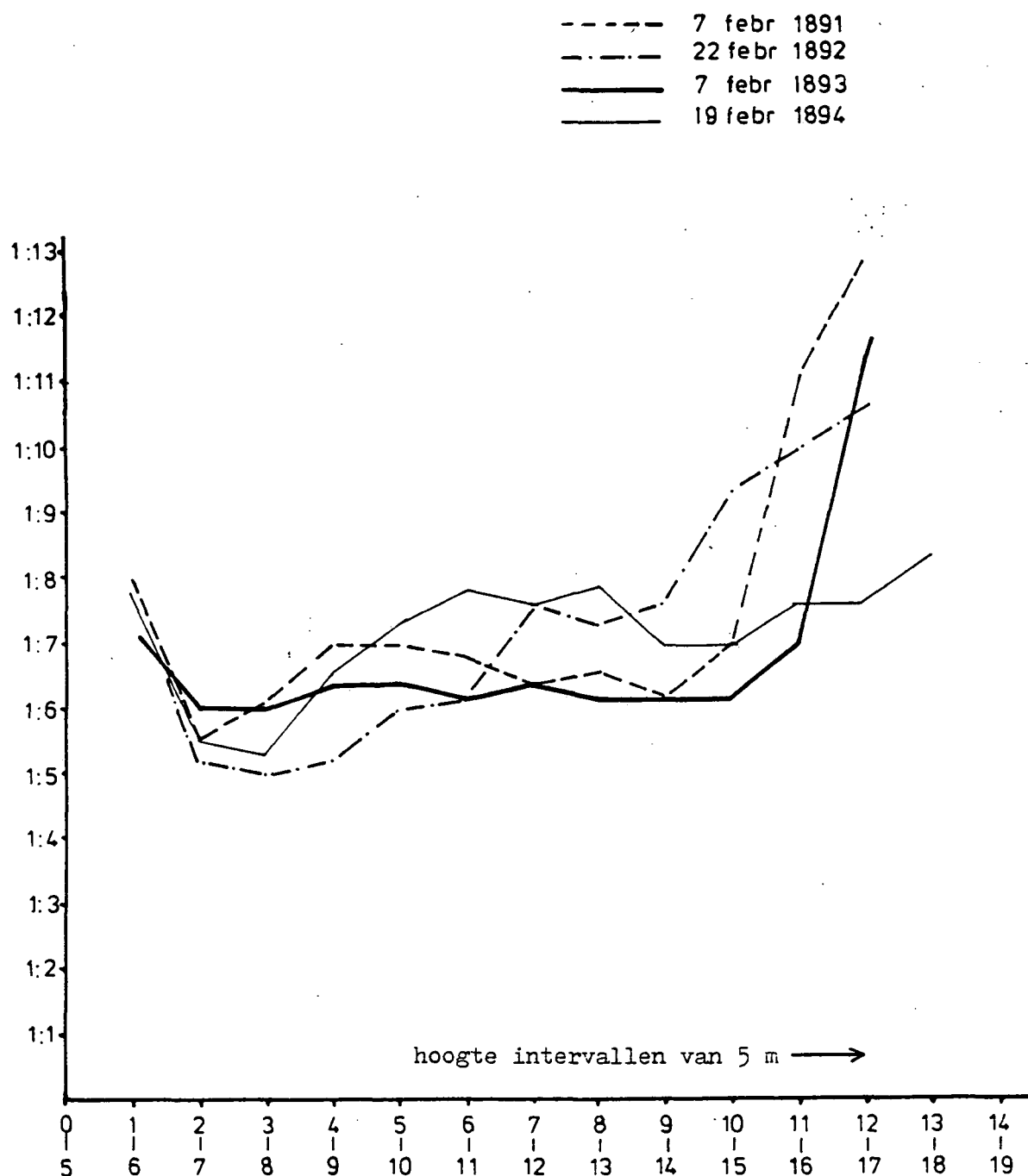
BIJL. 23

d.d.

get

sec.

form



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

get.

LEENDERT ABRAHAMPOLDER RAAI VII
 TALUDHELLINGEN 1890-1894 $\Delta H = 5 \text{ M}$
 OEVERVAL 21-2-1894

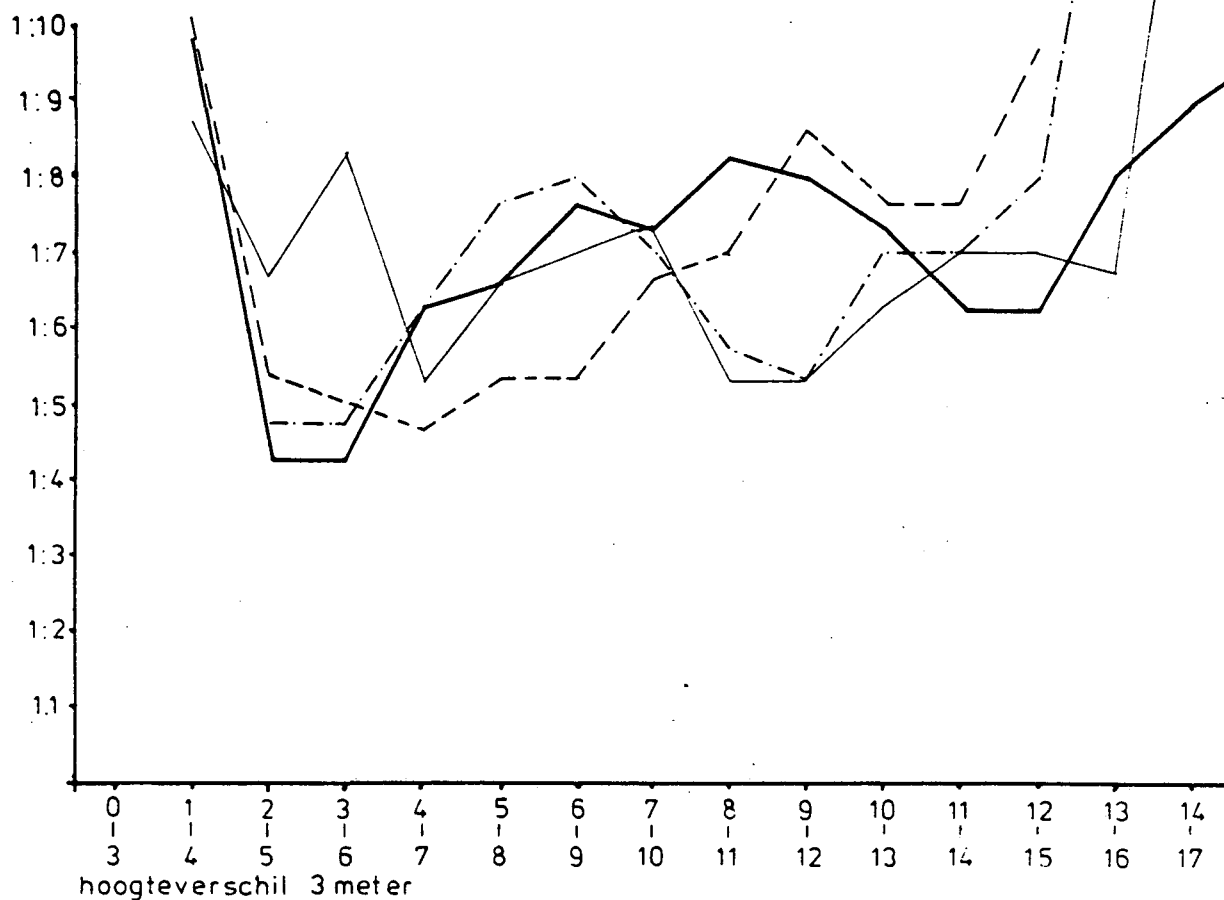
CO-416670

gec.

BIJL. 24

form.

7 febr. 1891 - - - -
 22 febr. 1892 - . - . -
 7 febr. 1893 ————
 19 febr. 1894 ————



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

d.d.

get.

LEENDERT ABRAHAM POLDER RAAI VII

TALUDHELLINGEN 1890-1894 $\Delta H = 3 \text{ M}$

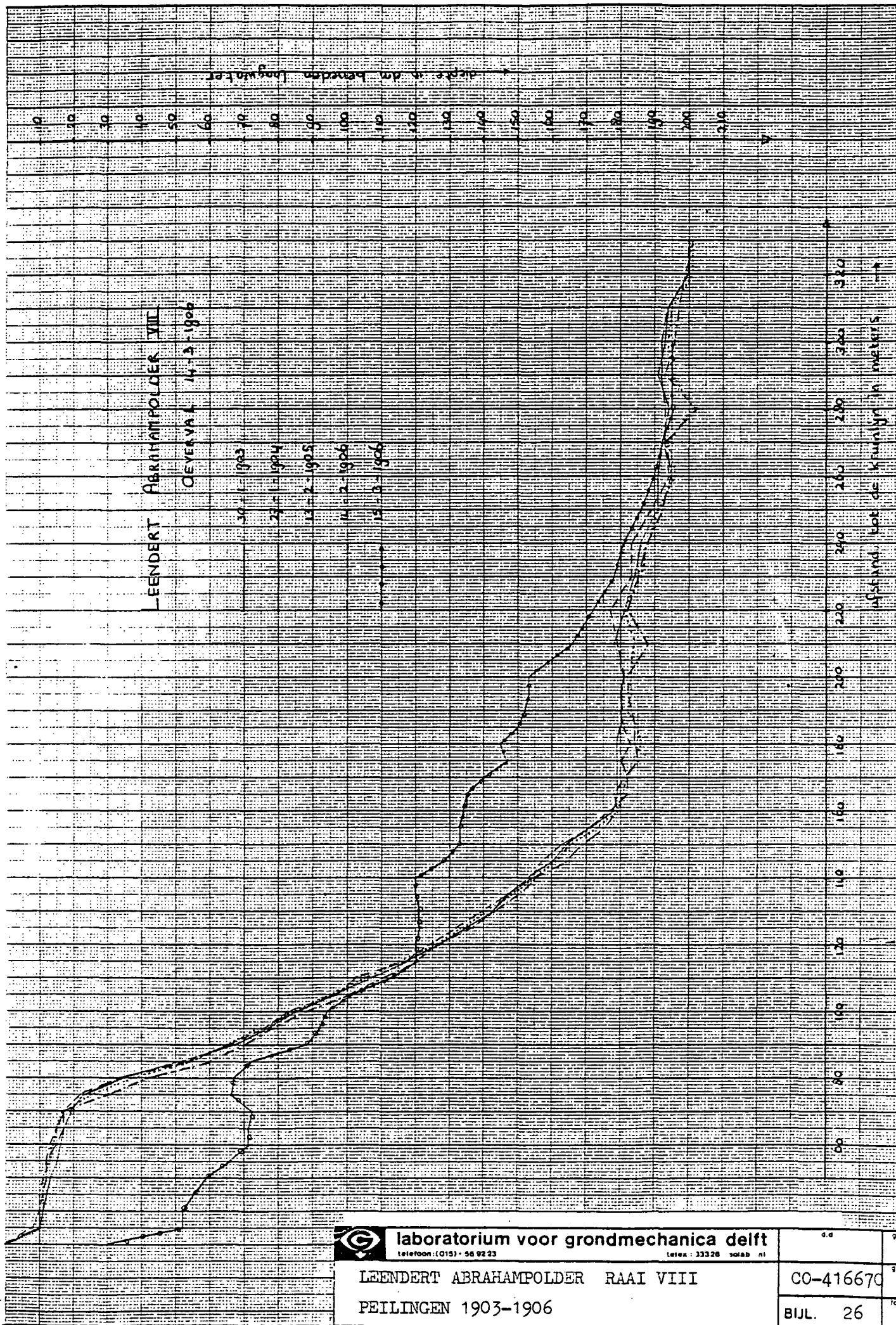
OEVERVAL 21-2-1894

CO-416670

BIJL. 25

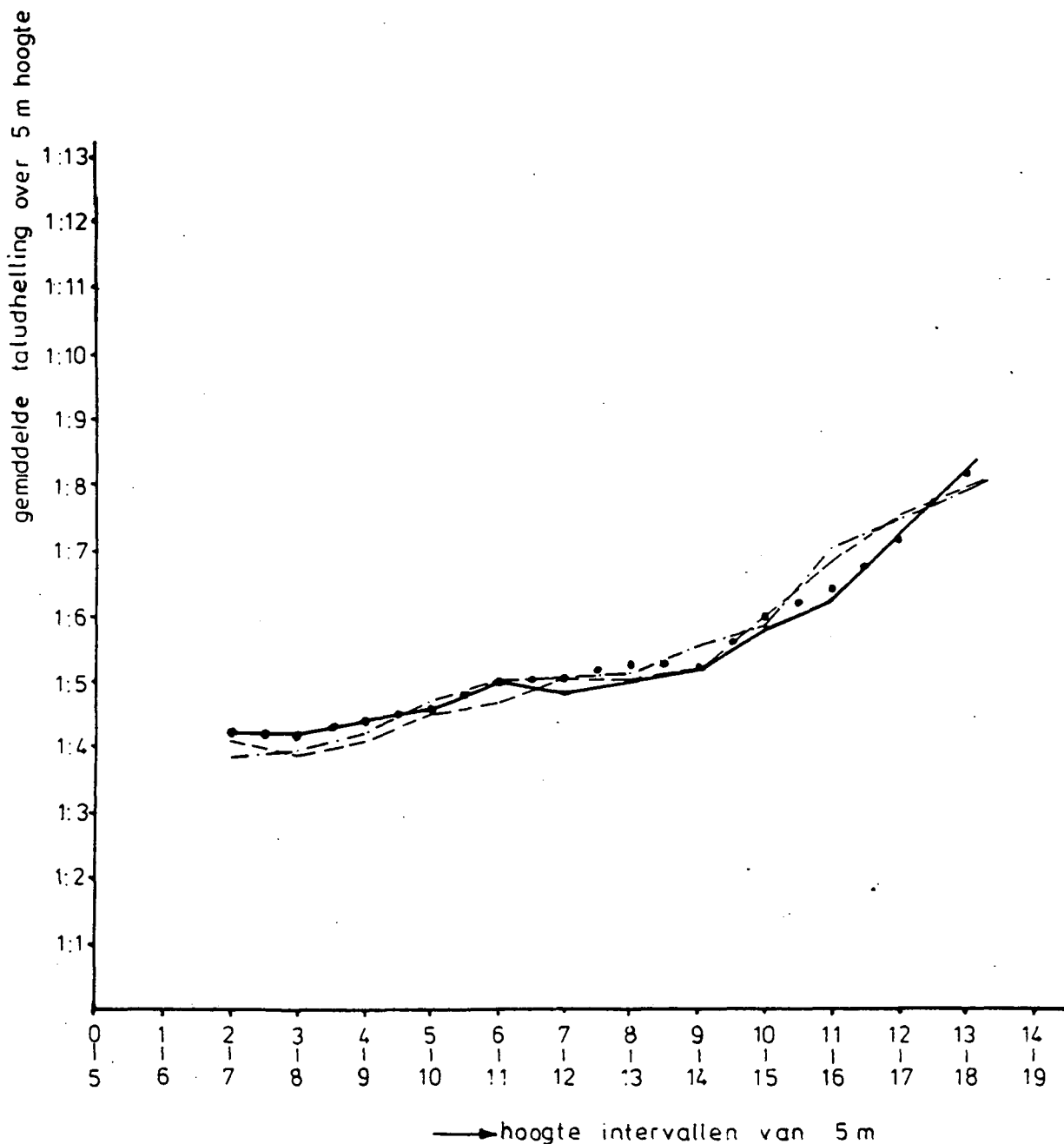
gec.

form.



peiling 1903 - - - - -
 peiling 1904 - . - . -
 peiling 1905 —————
 peiling 1906

Gemiddelde helling over 5 m hoogte voor vier
 peilingen voor de val van 14-15 maart 1906



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

LEENDERT ABRAHAM POLDER RAAI VIII

TALUDHELLINGEN 1903-1906

DIJKVAL 14-3-1906

d.d.

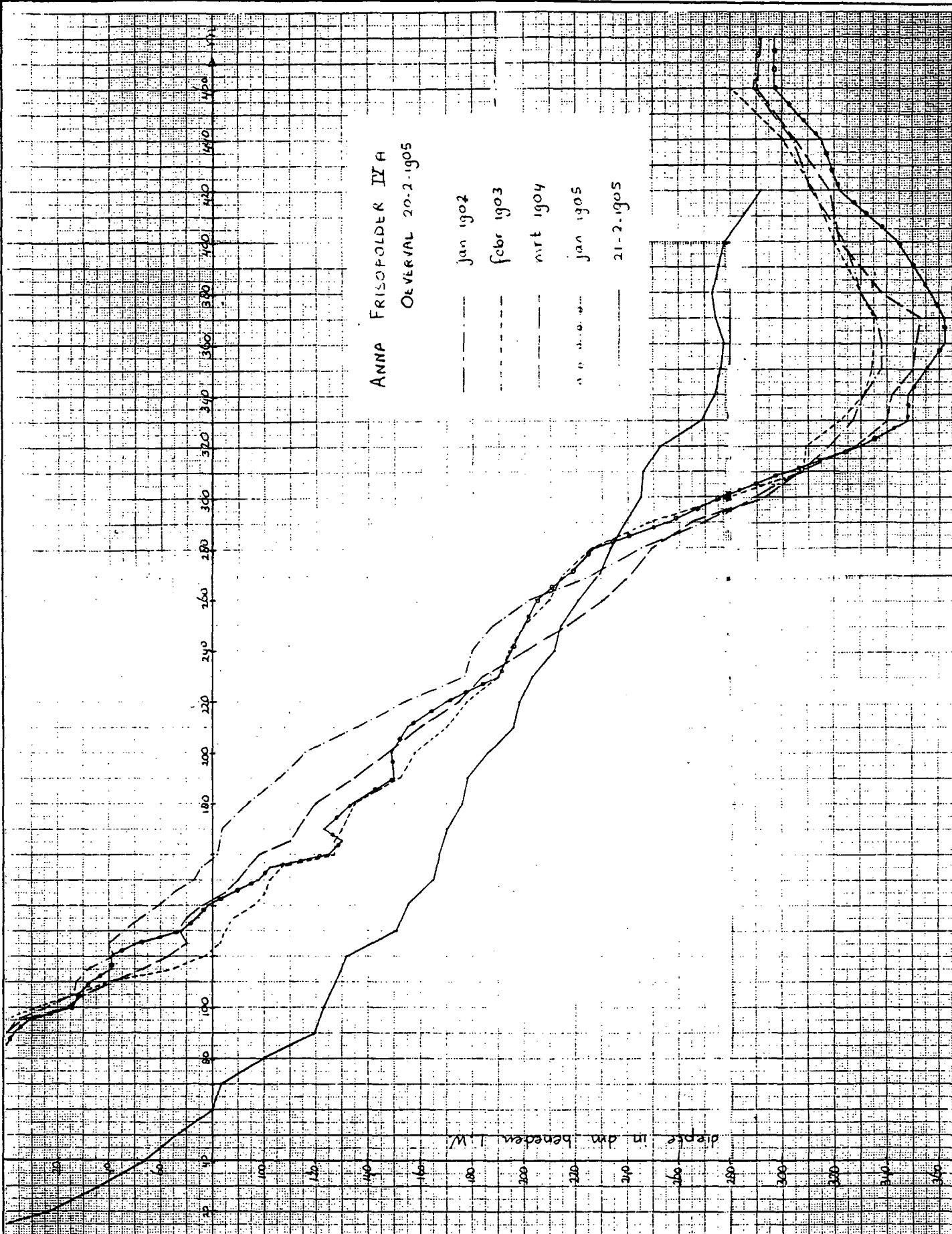
get.

CO-416670

gec.

BIJL. 27

form.

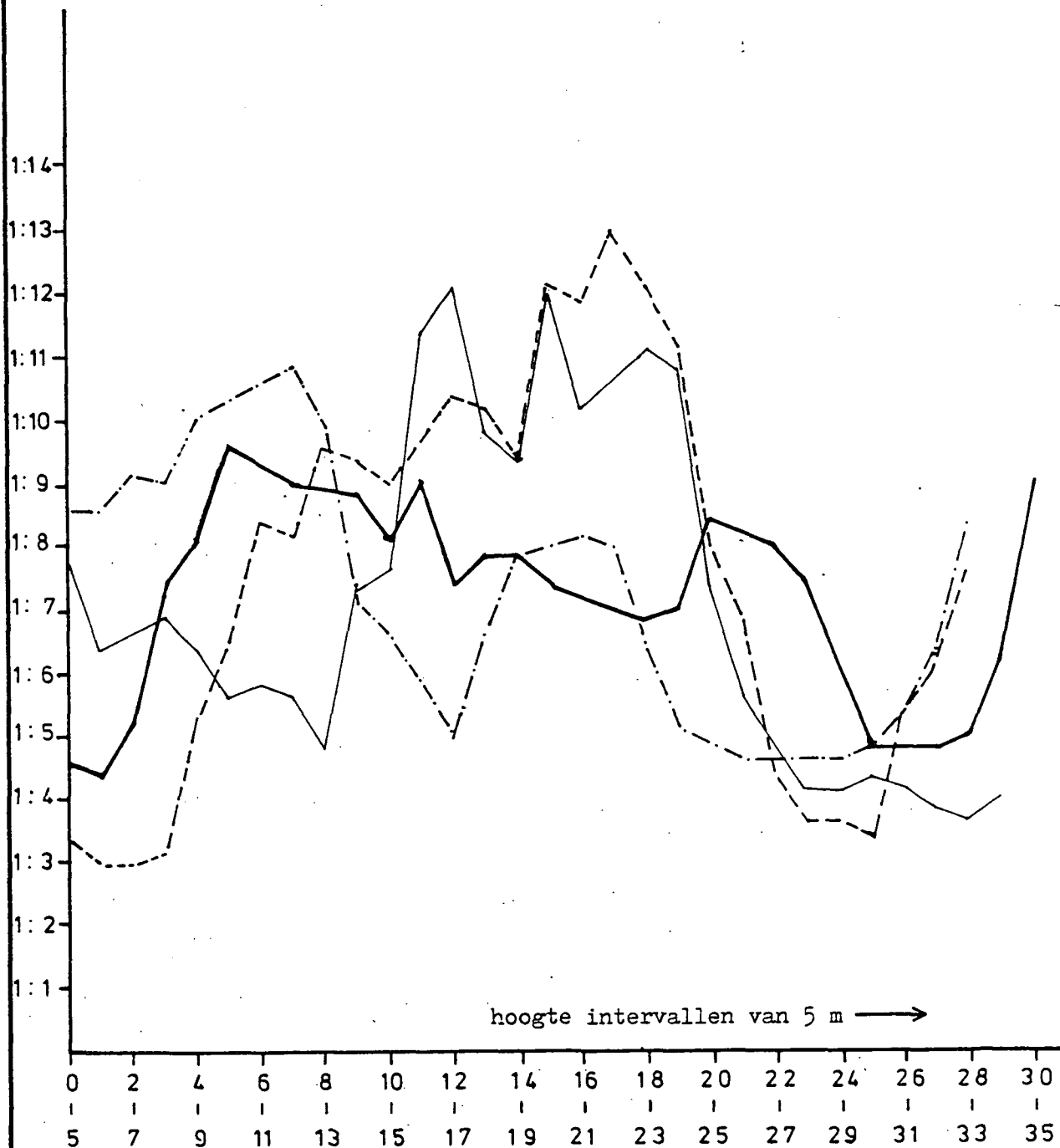


ANNA FRISOPOLDER IVA
OEVERVAL 20-2-1905

— jan 1902
- - - febr 1903
- . - mrt 1904
... jan 1905
— 21-2-1905

 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon (015) - 56 92 23 telex 33326 sdrad nl	d.o.	get.
	ANNA FRISOPOLDER RAAI IVa	
	PEILINGEN 1902-1905	
	CO-416670	sec.
	BIJL. 28	form

peilingen januari 1902 - - - - -
 februari 1903 - - - - -
 maart 1904 - - - - -
 januari 1905 - - - - -



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

ANNA FRISOPOLDER RAAI IVa

TALUDHELLINGEN 1902-1905

OEVERVAL 20-2-1905

d.d.

get.

gec.

CO-416670

form.

BIJL. 29

SITUATIE SCHERPENISSEPOOLDER CA 1900



laboratorium voor grondmechanica delft
VERBODEN TOEGANG 10131-36 92 23
BRIEF 23326 1880 N^o

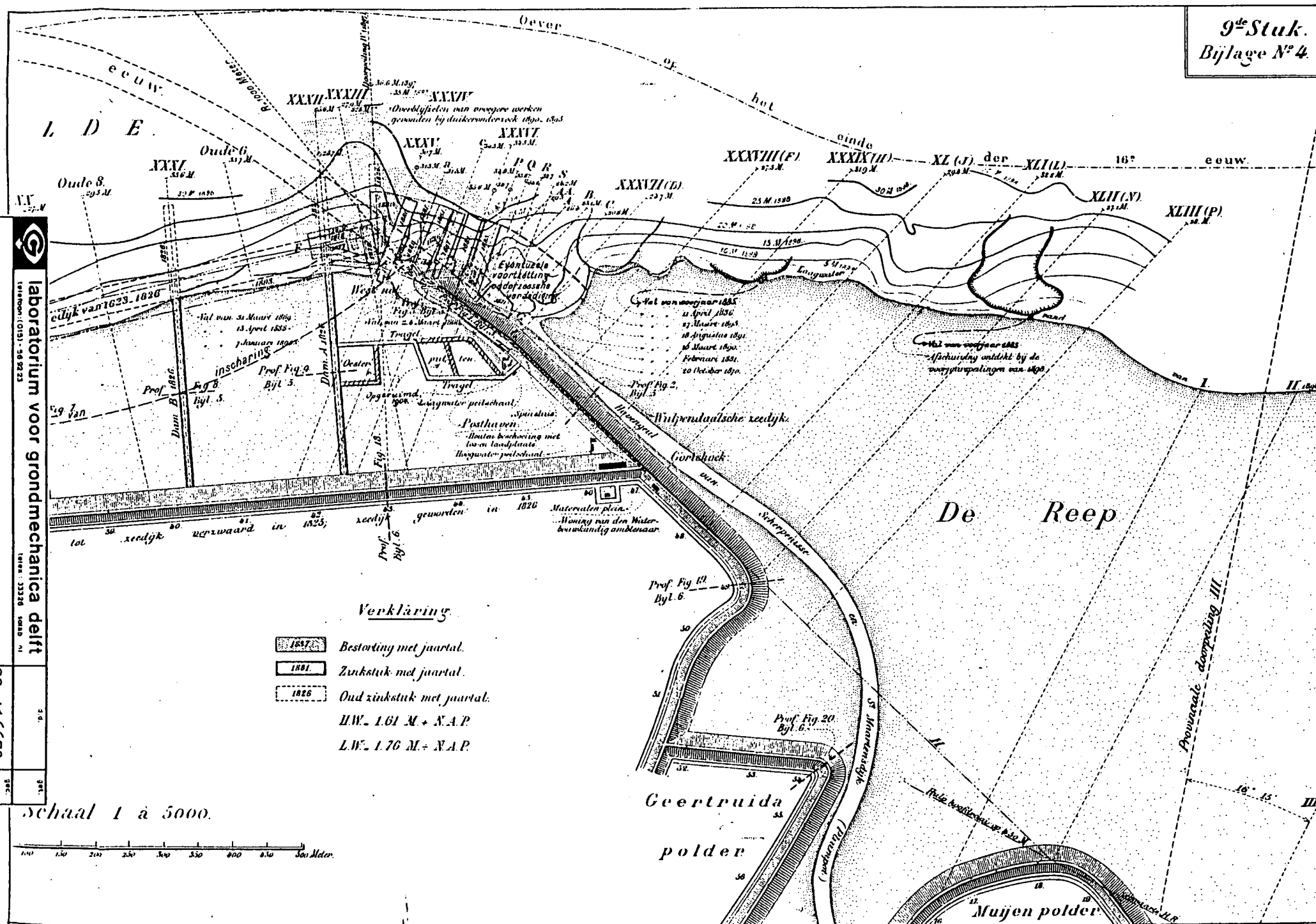
CC-416670
ZON
10000

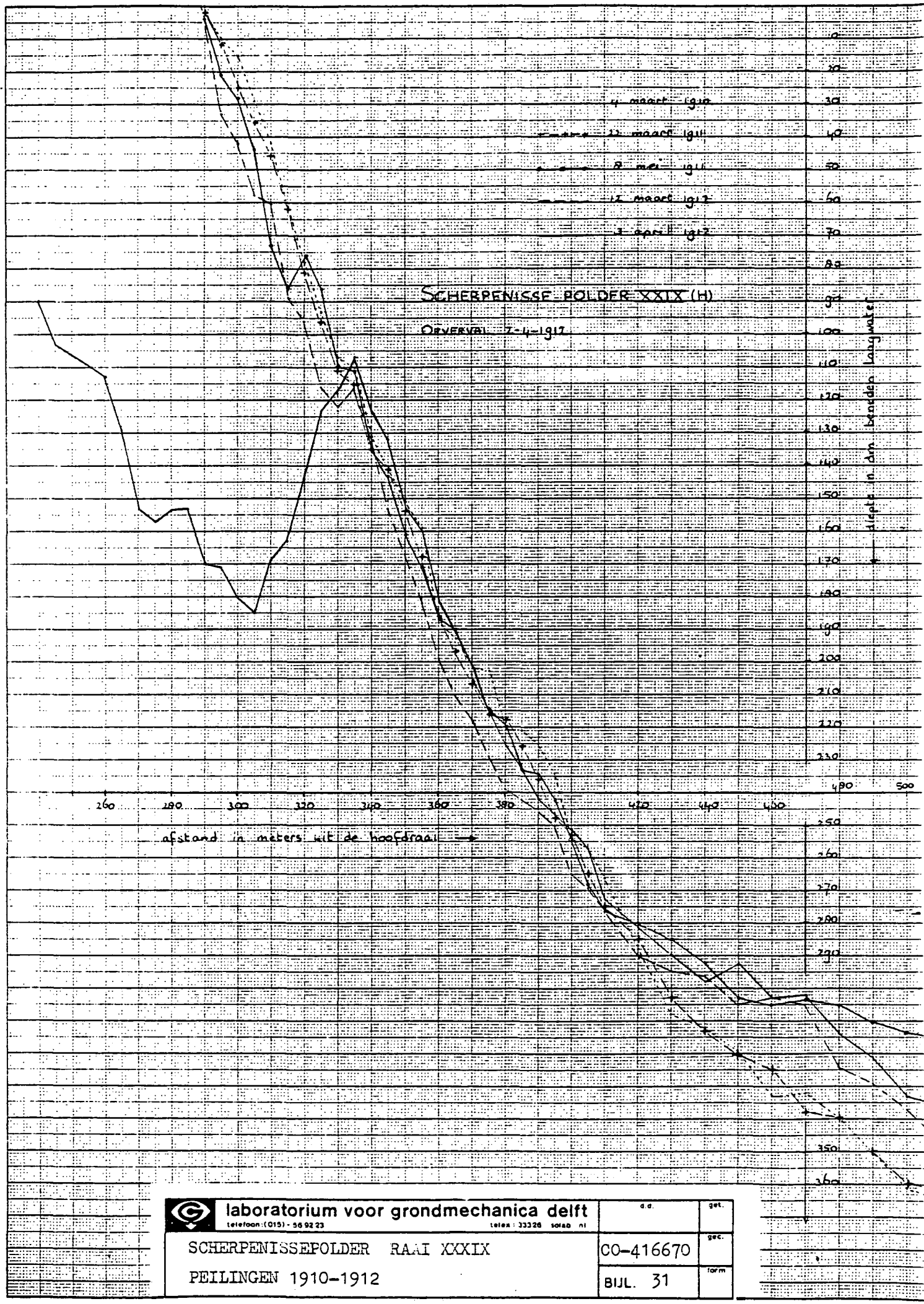
Schaal 1 à 5000.

0 100 200 300 400 500 Meter.

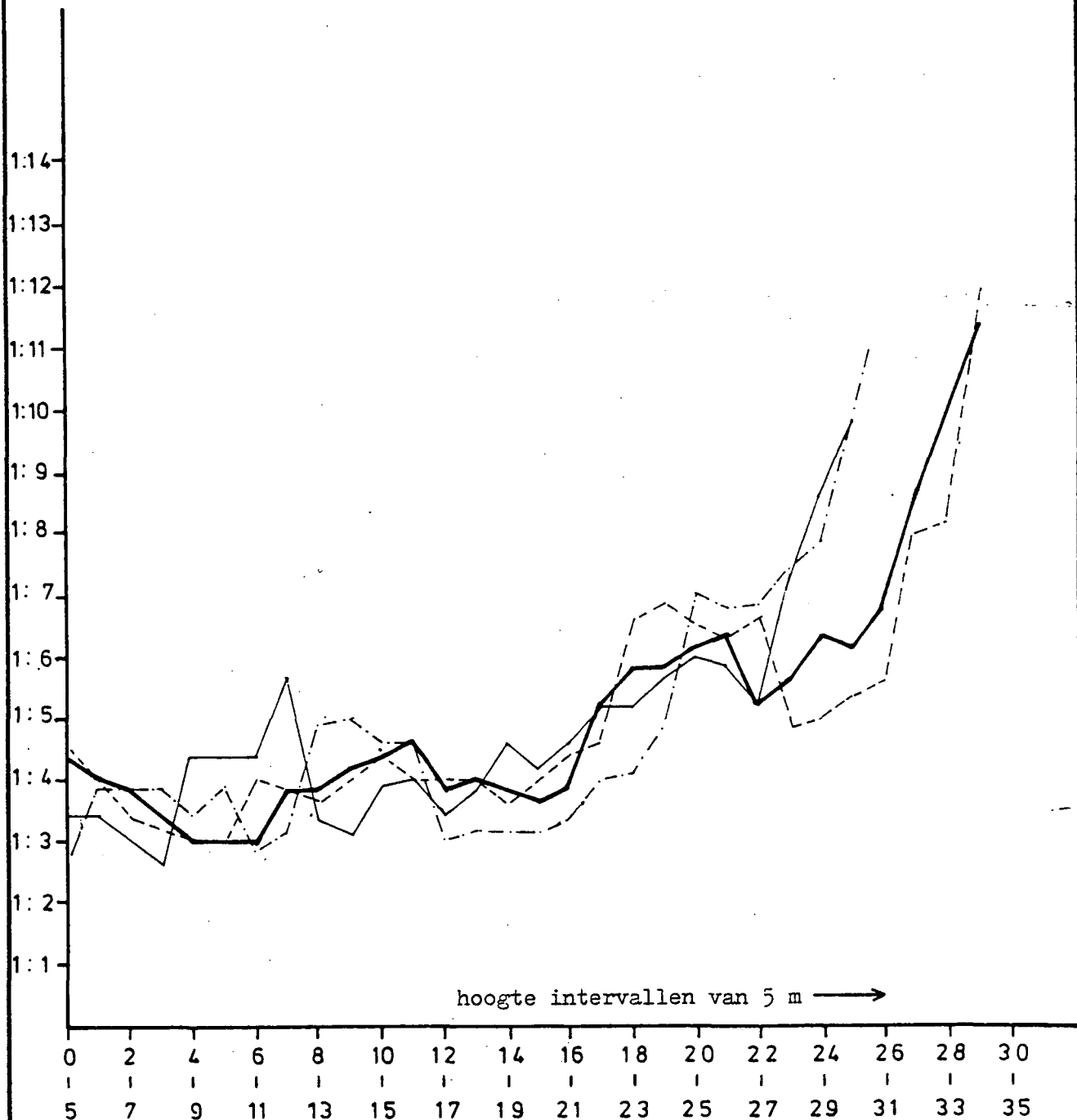
Verklaring.

- 1857 Bestorting met jaartal.
- 1881 Zinkstuk met jaartal.
- 1826 Oud zinkstuk met jaartal.
- H.W. 1.61 M. + N.A.P.
- L.W. 1.76 M. + N.A.P.





peilingen 4 maart 1910 - - - - -
 22 maart 1911 —————
 8 mei 1911 —————
 12 maart 1912 - - - - -



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

SCHERPENISSEPOLDER RAAI XXXIX

TALUDHELLINGEN 1910-1912

OEVERVAL 2-4-1912

d.d.

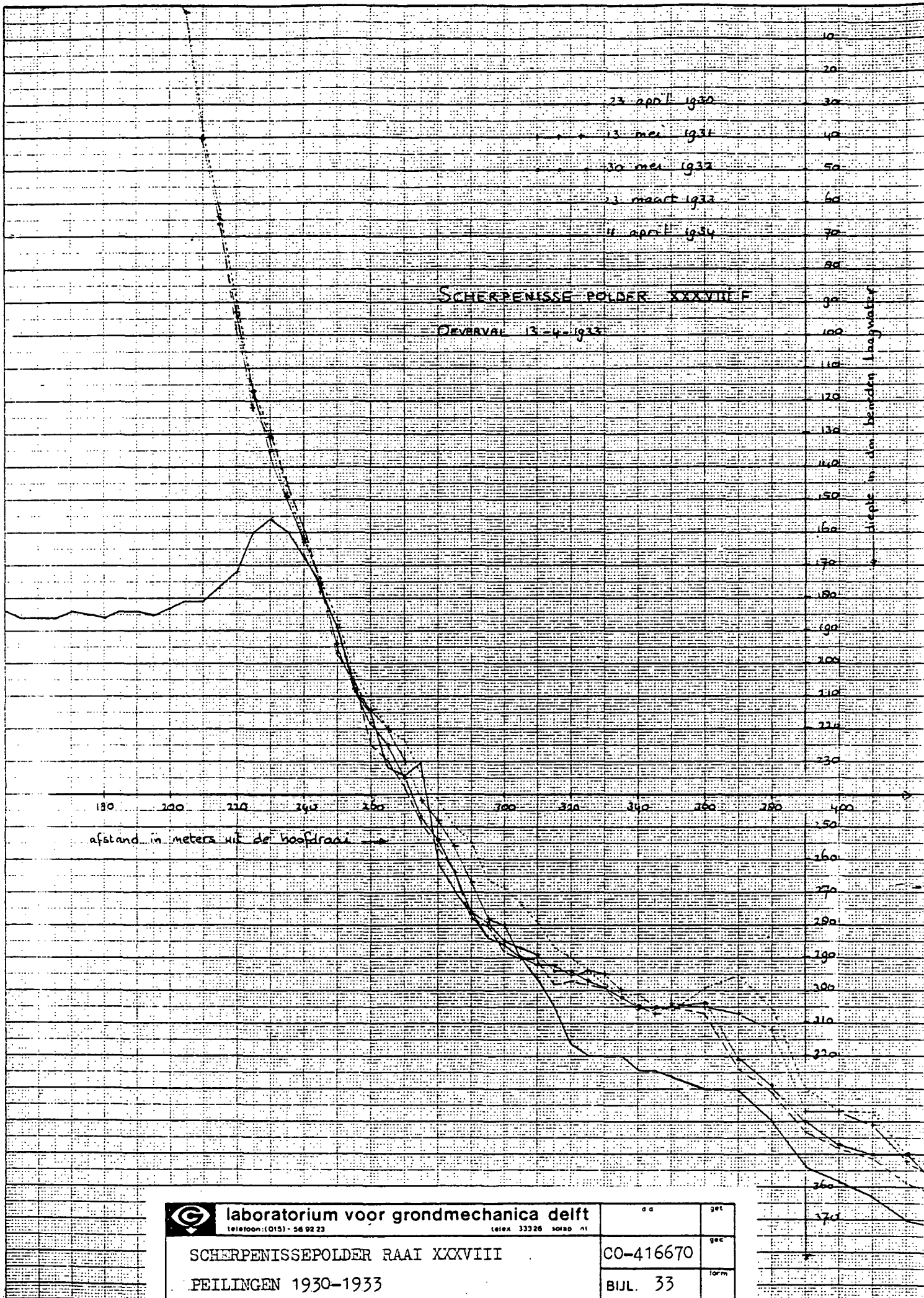
get.

CO-416670

gec.

BIJL. 32

form.



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

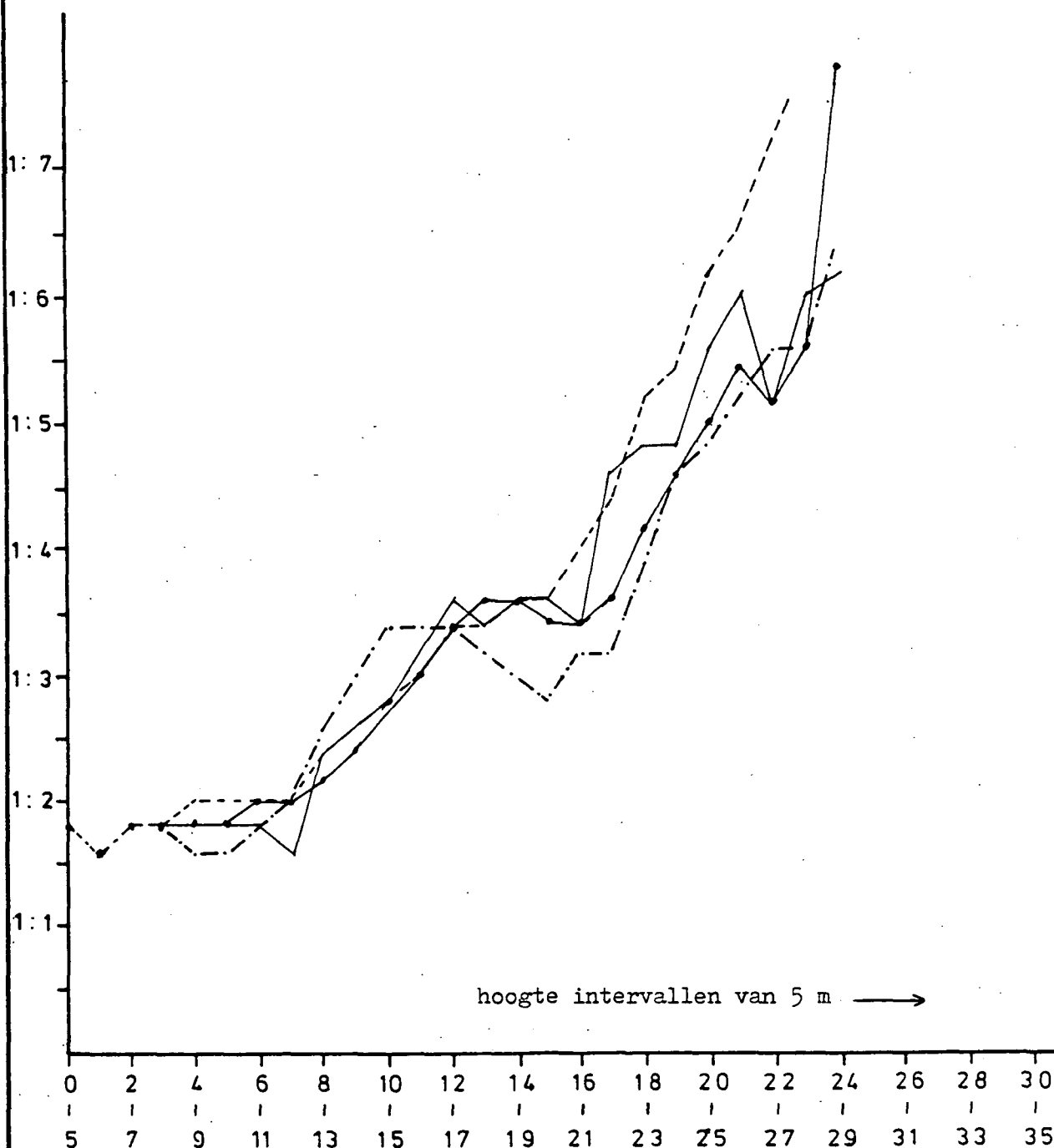
teleex 33326 solad nl

SCHERPENISSE POLDER RAAI XXXVIII

PEILINGEN 1930-1933

da	gel
CO-416670	gec
BIJL. 33	form

peilingen 23 april 1930 - - - - -
 13 mei 1931 - - - - -
 30 mei 1932 - - - - -
 23 maart 1933 - - - - -



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

get.

SCHERPENISSEPOLDER RAAI XXXVIII

TALUDHELLINGEN 1930-1933

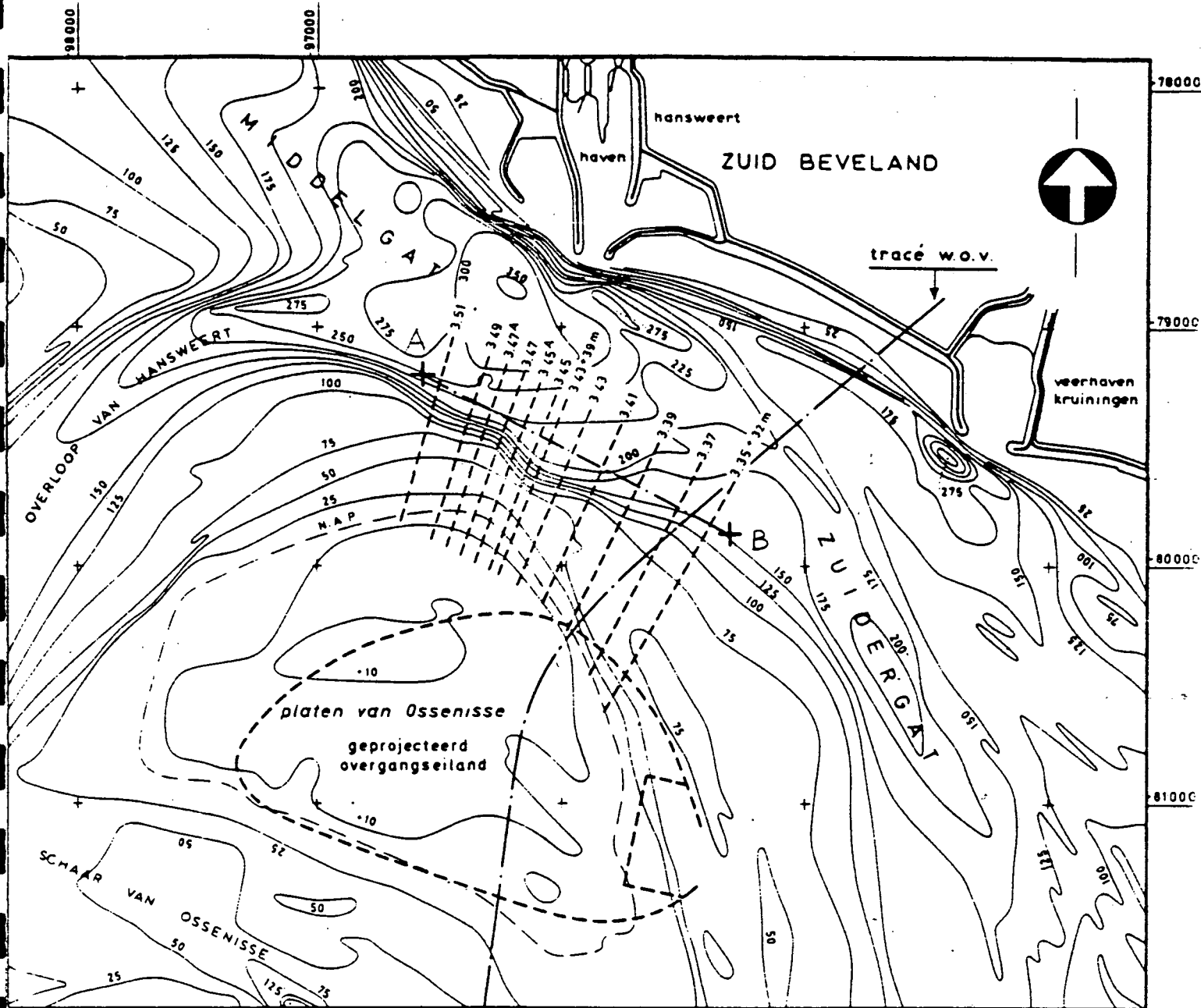
OEVERVAL 13-4-1933

00-416670

gec.

BIJL. 34

form.



situatie schaal 1:25000

rijkswaterstaat

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee - studiedienst vliissingen

westerschelde

n. o. rand platen van ossenisge
omgeving tracé w.o.v.
profielen 3.39 t/m 3.51
opnemingen nov. 1978 t/m sept. 1980

15 apr. 1980
get. l. p.

lengteschaal 1:5000
hoogteschaal 1:200

gec. E.
gez. *sch*
akk. *hob*

A6

80.224

Toelichting situatie

Dieptelijnen met diepten in dm t.o.v. n.a.p.
volgens opnemingen rijkswaterstaat 1978

Rechthoekige coördinaten in m t.o.v. Amersfoort

punt A x = -96 570,00
y = -79 200,00

punt B x = -95 310,00
y = -79 870,00



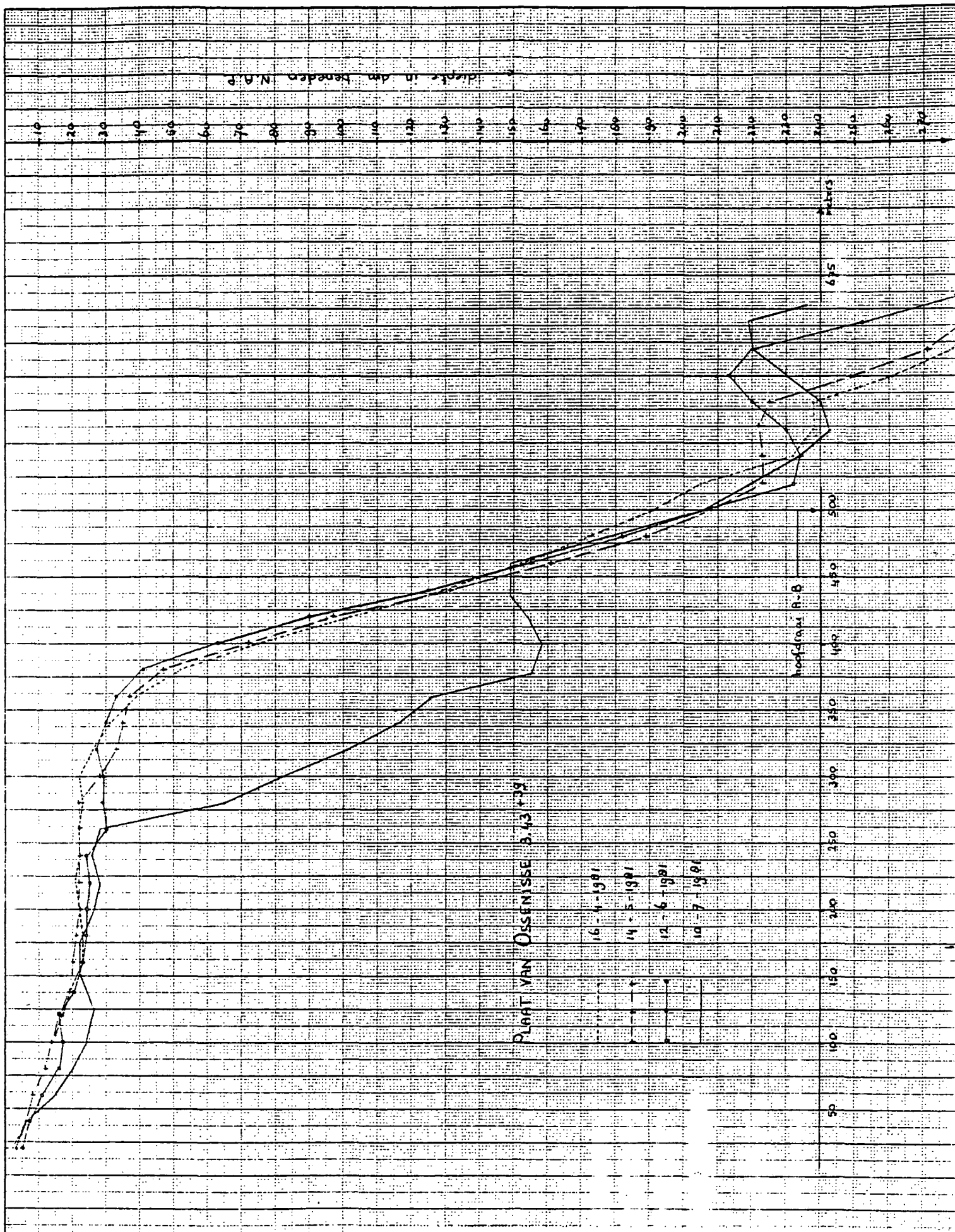
laboratorium voor grondmechanica delft
telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 solo nl

SITUATIE PLATEN VAN OSSENISSE

CO-416670

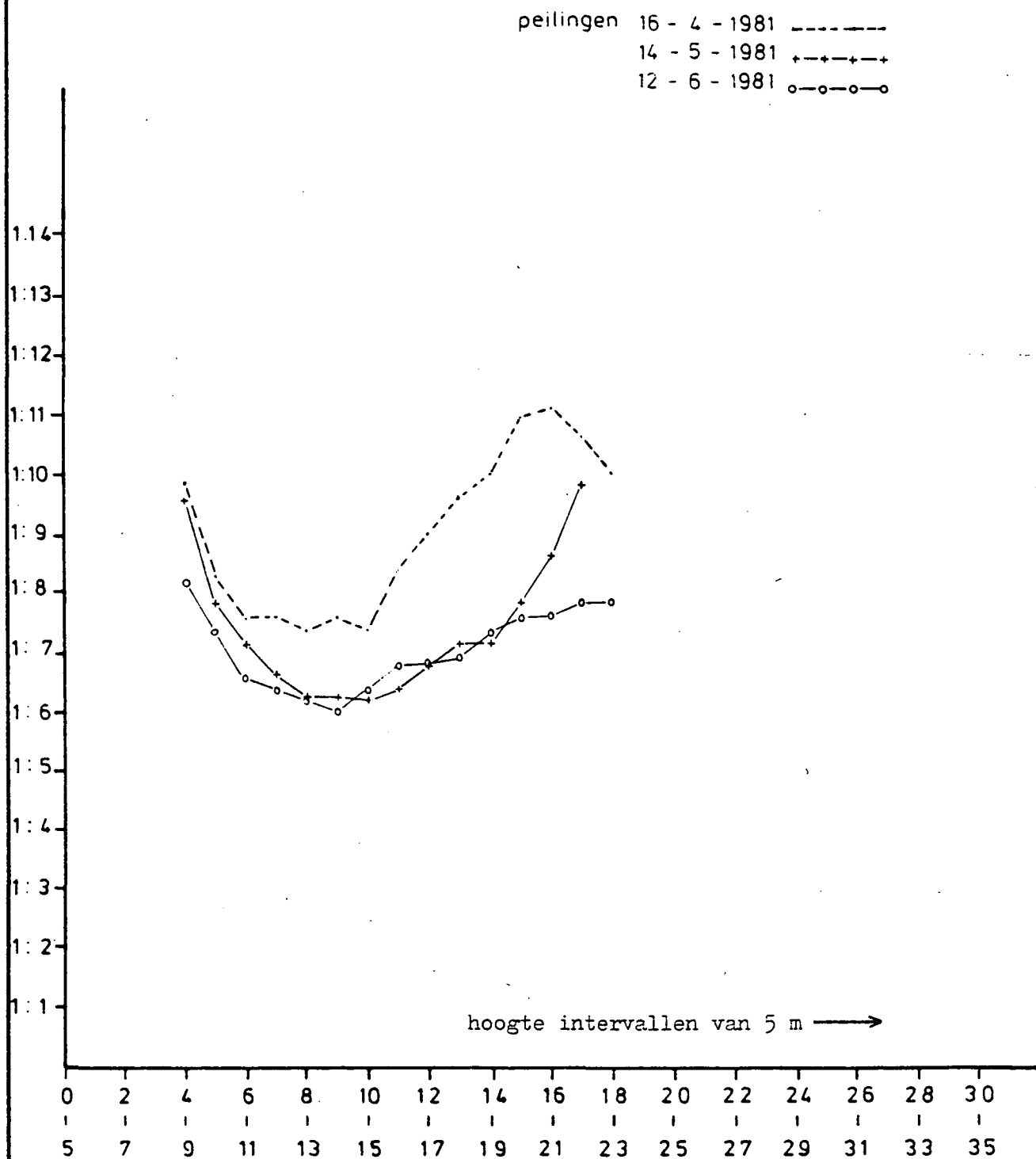
BIJL. 35



laboratorium voor grondmechanica delft
 telefoon: (015) - 58 82 23
 telex: 33326 sodab nl

PLAAT VAN OSSENISSE RAAI 3.43+39
 PEILINGEN APRIL-JUNI 1981

d.a.	get.
CO-416670	gec.
BIJL. 36	form



laboratorium voor grondmechanica delft
 telefoon: (015) - 56 92 23
 telex: 33326 solab nl

PLAAT VAN OSSENISSE RAAI 3.43+39

TALUDHELLINGEN APRIL-JULI 1981

PLAATVAL TUSSEN 2-10 JULI 1981

d.d.

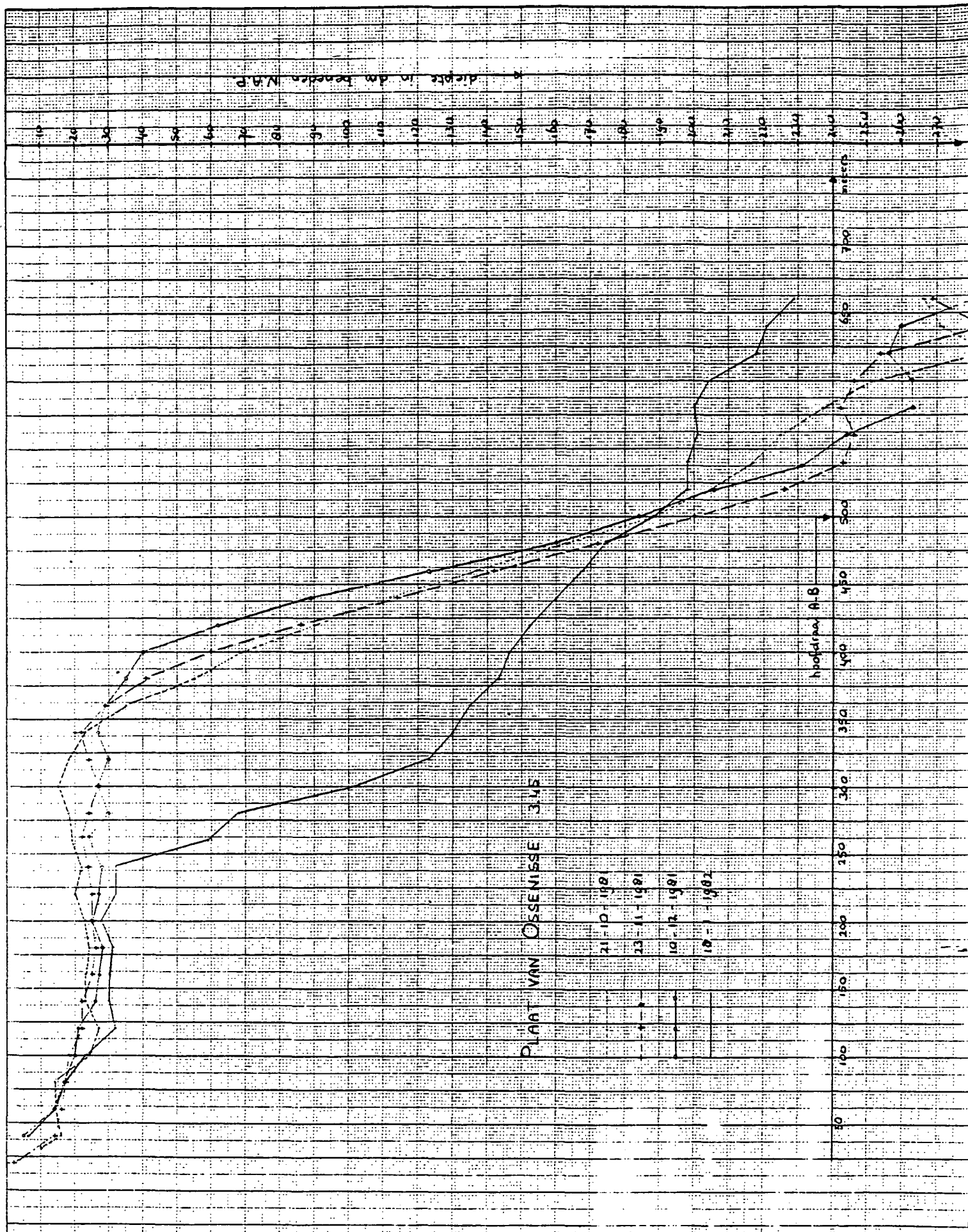
get.

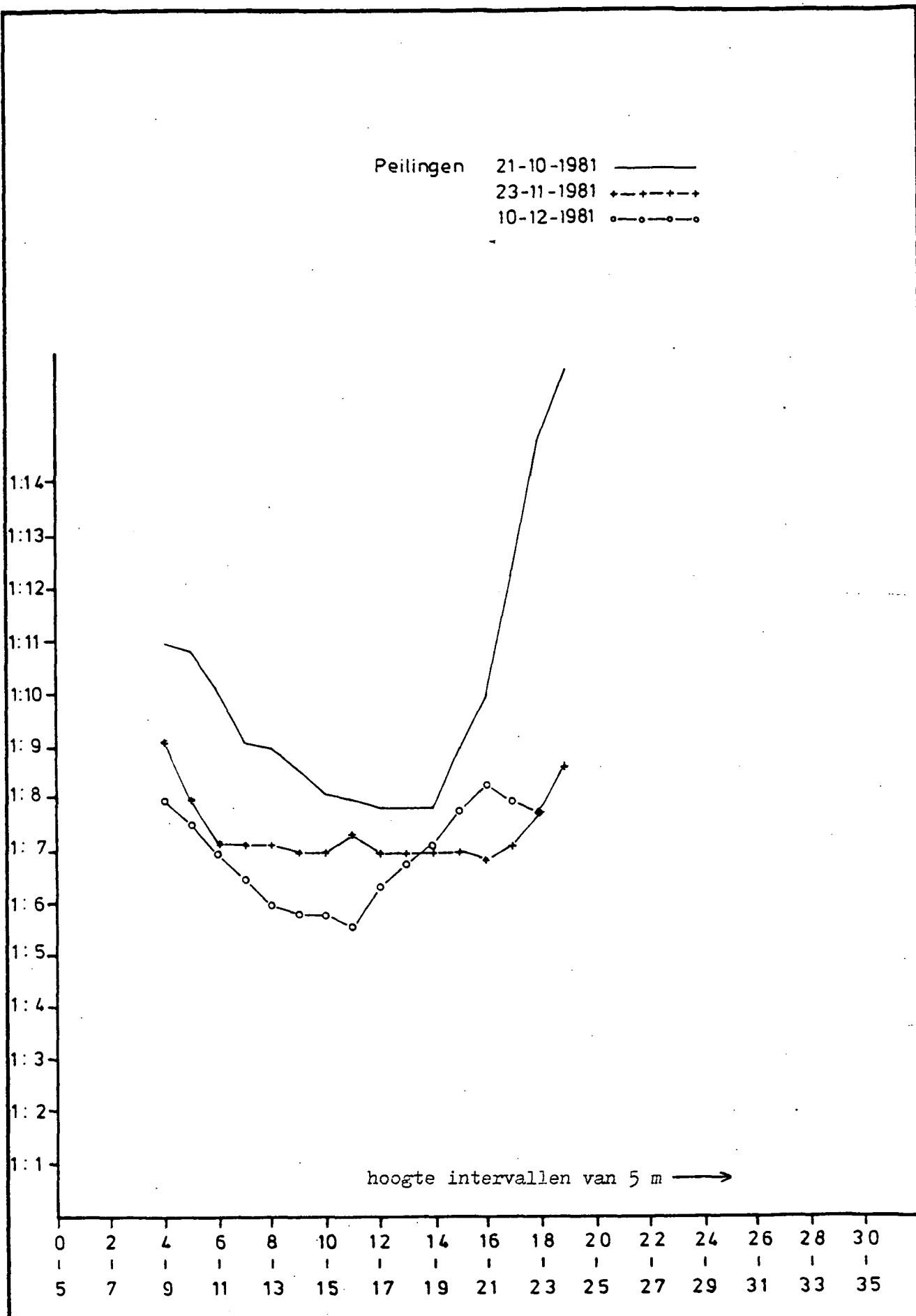
CO-416670

gec.

BIJL. 37

form.





laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 solab nl

d.d.

get.

PLAAT VAN OSSENISSE RAAI 3.45

TALUDHELLINGEN OKT - DEC 1981

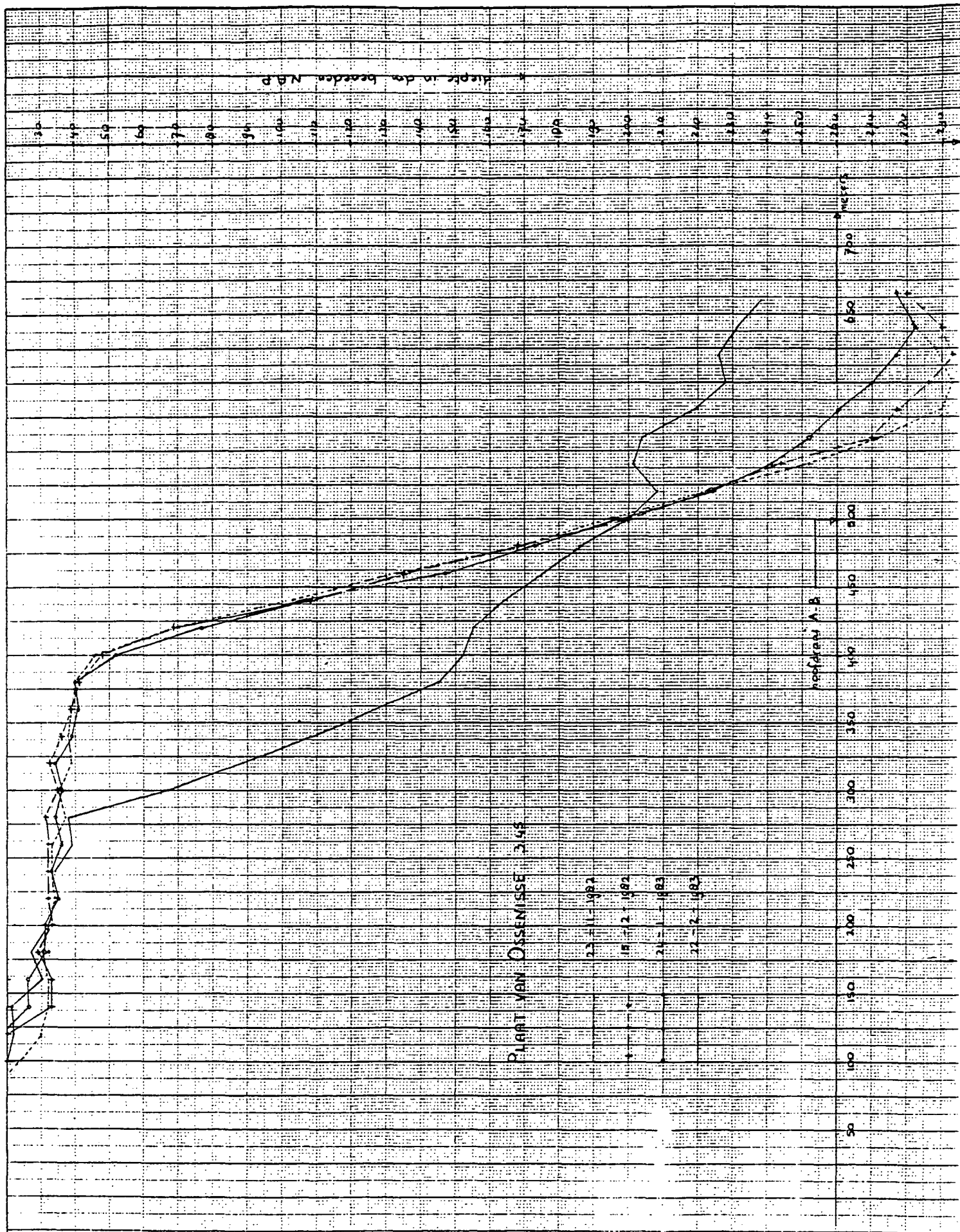
PLAATVAL TUSSEN 10 DEC - 18 JAN 81/82

CO-416670

gec.

BIJL. 39

form.



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 82 23

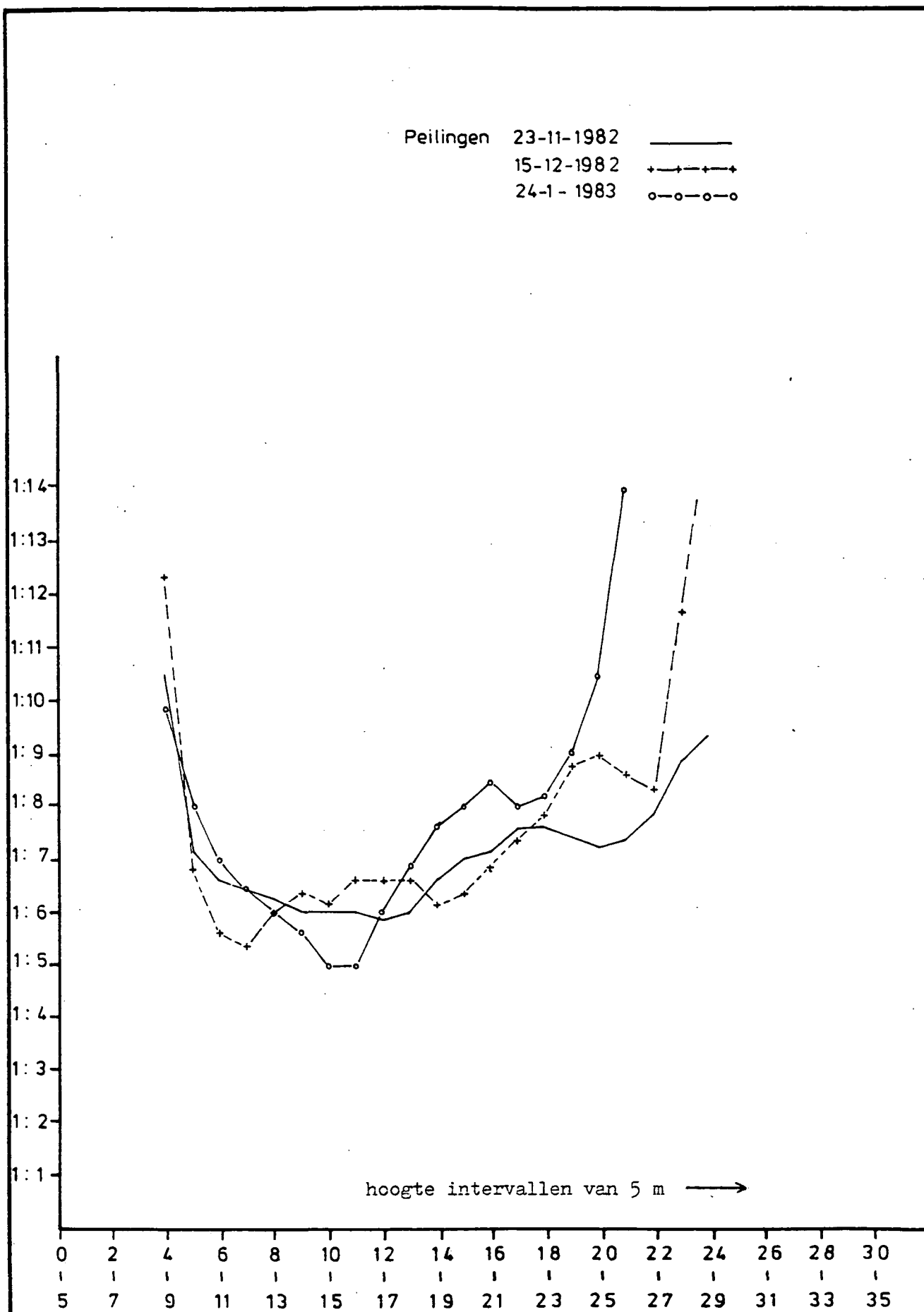
telex: 33326 solid nl

PLAAT VAN OSSENISSE RAAI 3.45

PEILINGEN NOV-FEB 1982-1983

CO-416670

BIJL. 40



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

d.d.

get.

PLAAT VAN OSSENISSE RAAI 3.45

TALUDHELLINGEN NOV -JAN 82/83

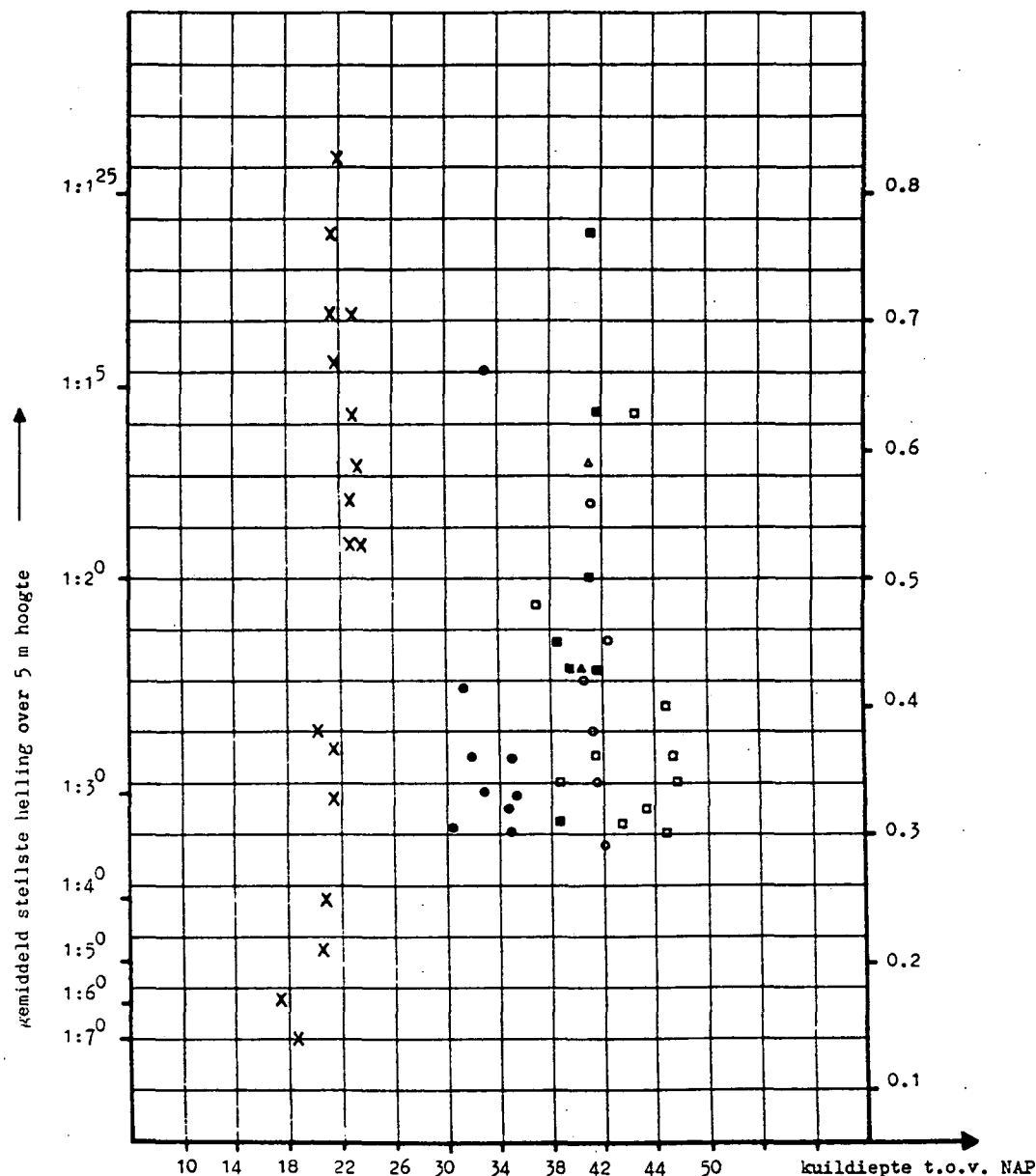
PLAATVAL TUSSEN 24 JAN. - 22 FEB 1983

CO-416670

BIJL. 41

gec.

form.



Totaal aantal waarnemingen bedraagt N = 51



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 28234 eolab nl

d.g.

get.

RELATIE GEM. STEILSTE HELLING OVER 5 M HOOGTE
EN KUILDIEPTE WAARBIJ DE EERSTE JAREN NA DE
PEILDATUM GEEN VAL IS OPGETREDEN

CO - 416670

gec.

BIJL. 42

form.

A₄



Schouwen
Duiveland

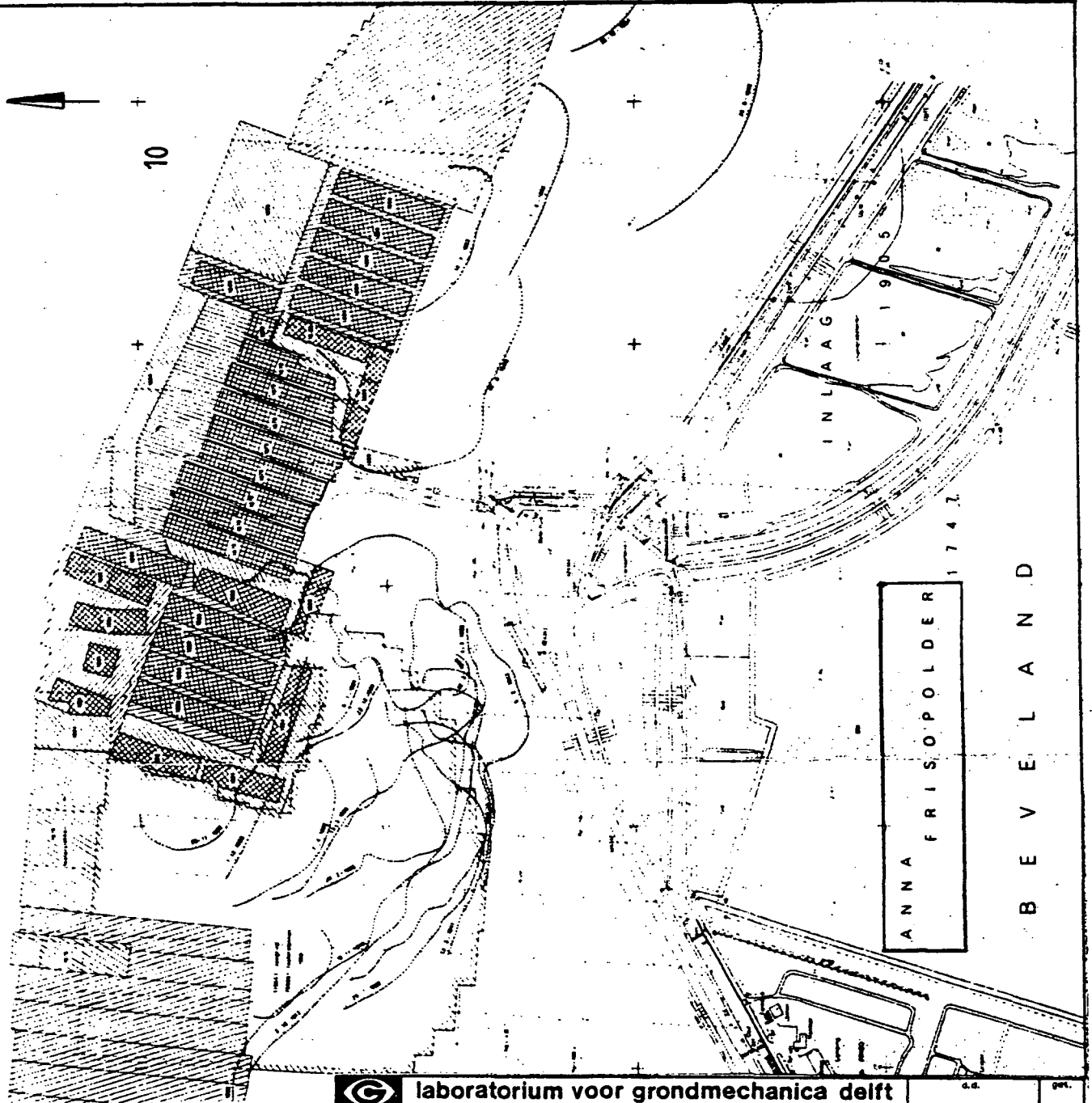
Oosterschelde

Noord-
Beveland

ZN 30	BYLAGE	43
ZN 29	"	44
ZN 28	"	45
ZN 27	"	46

OPMERKINGEN	OPMERKINGEN
1. De afgeleverde kaart is een afschrift van de oorspronkelijke kaart.	2. De afgeleverde kaart is een afschrift van de oorspronkelijke kaart.

OVERZICHTS- en VERBODEN		ZEELAND
JACOBUSPOLDER	ANNA FRISOPOLDER	BLAD 2N 28
RINCHSTERSTAAT		SCHAAK 1
KUST - EN OVERVAARTSWEG		04



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 22 22

telefax: 333 26

SITUATIE ANNA FRISOPOLDER

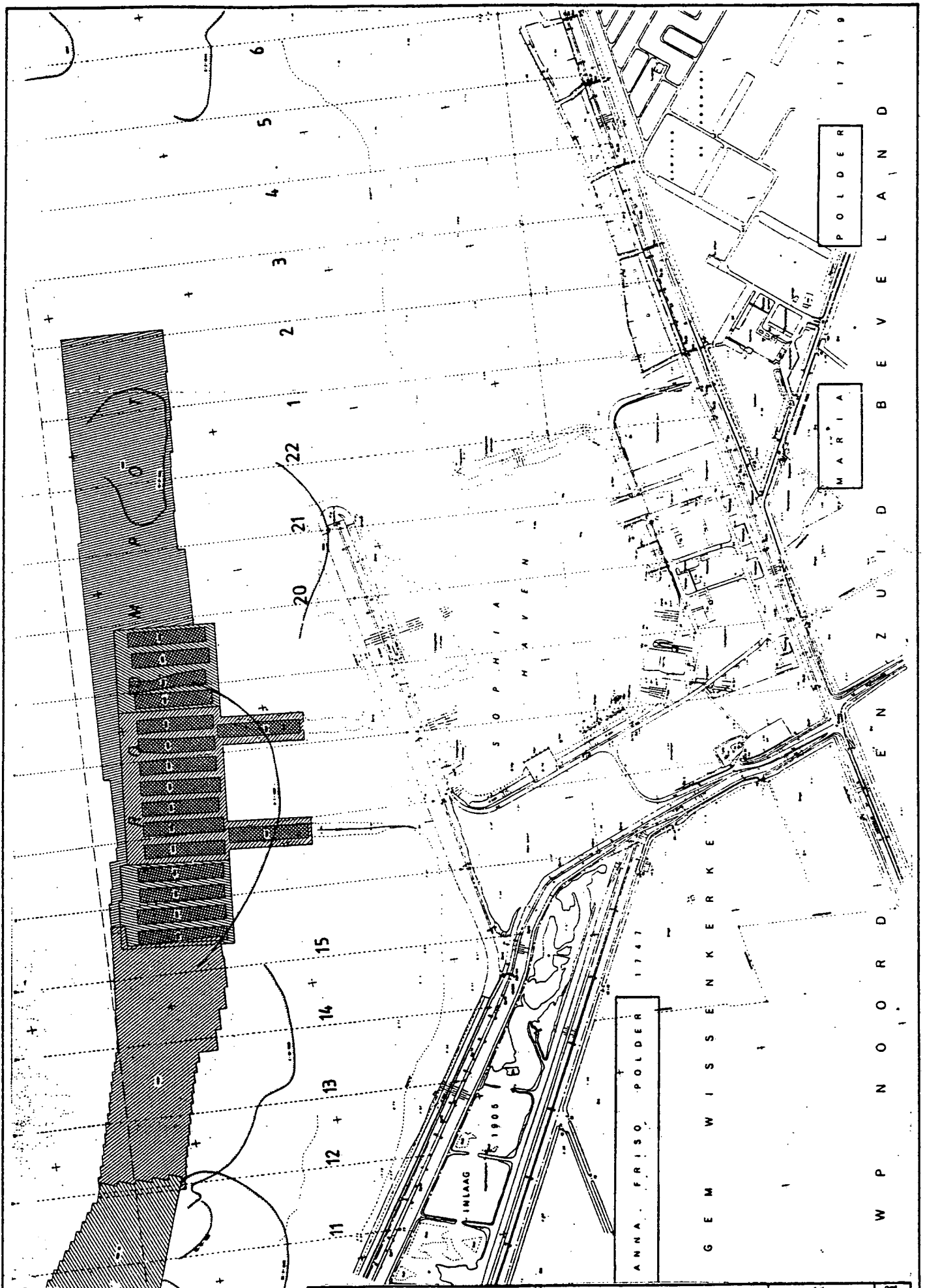
CO-416670

BUL. 43

get.

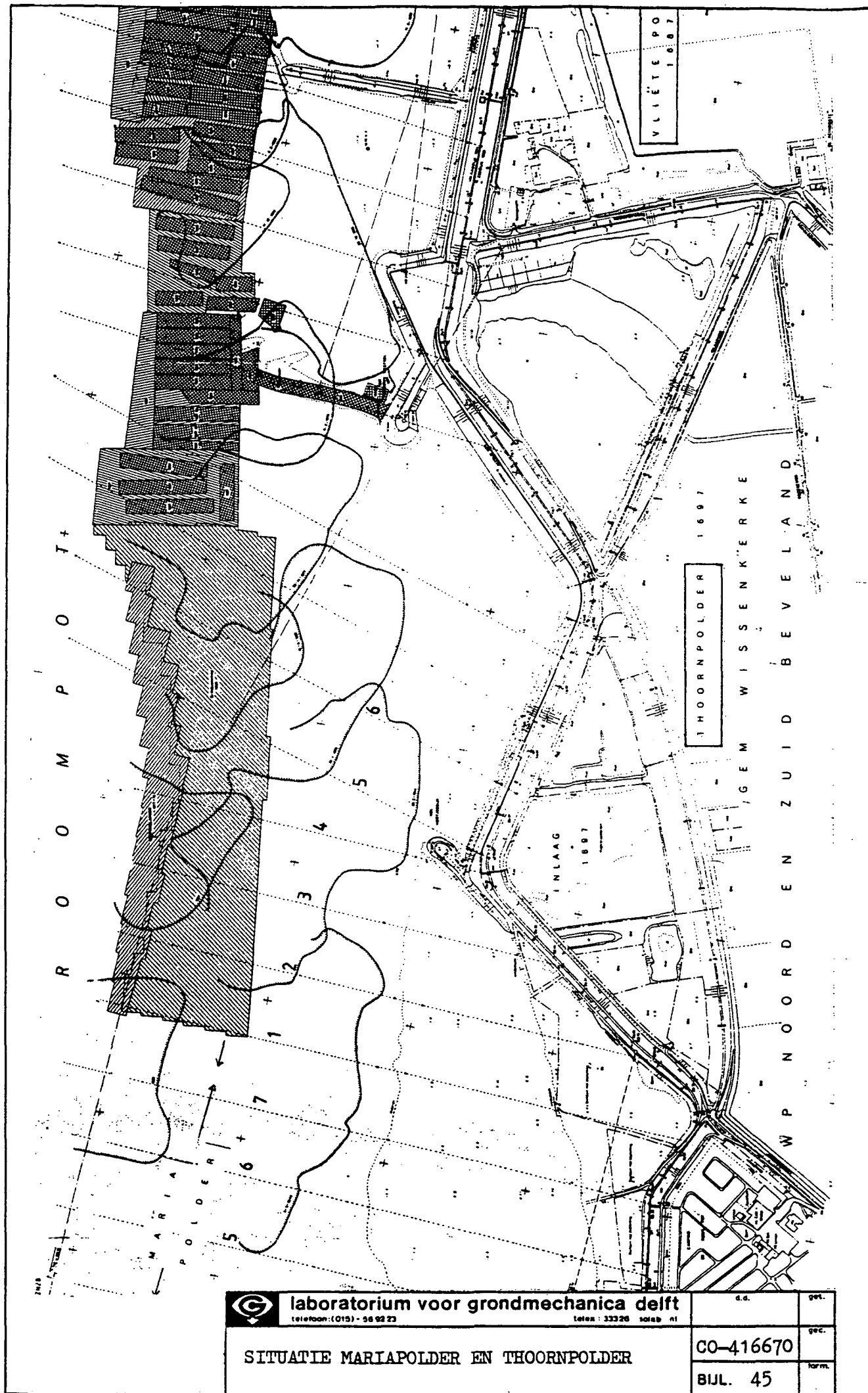
get.

form.

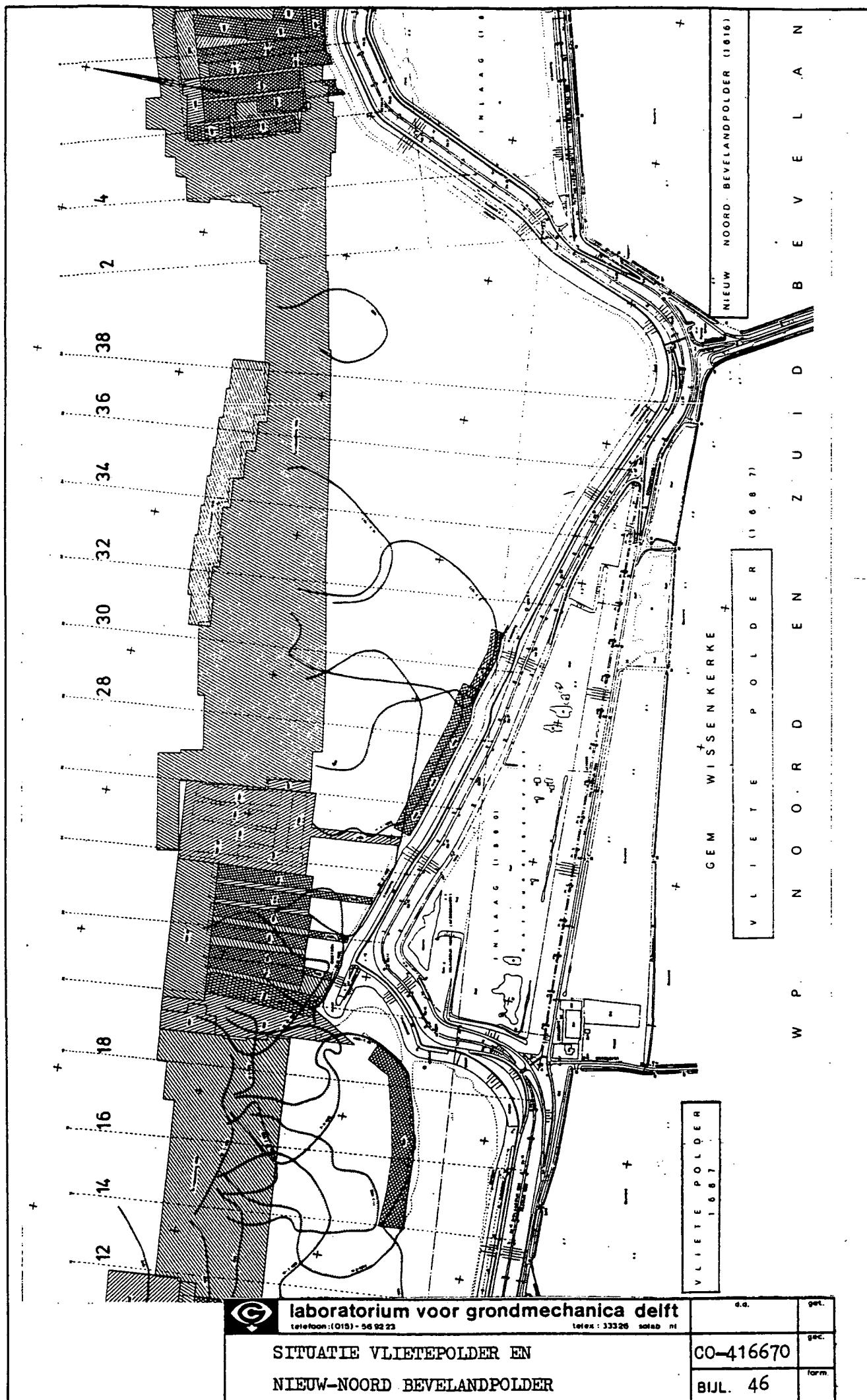


 laboratorium voor grondmechanica delft telefoon : (015) - 56 92 23 telex : 333 26 adad nl	d.d.		get.
	CO-416670		get.
	BUL. 44		form.

SITUATIE ANNA FRISOPOLDER EN MARIAPOLDER



	laboratorium voor grondmechanica delft telefoon: (015) - 56 92 73 telex: 33326 solab nl	d.d. CO-416670 BIJL. 45	get. gec. form.
--	--	-------------------------------	-----------------------



SITUATIE VLIETEPOLDER EN NIEUW-NOORD BEVELANDPOLDER	d.d.	get.
	CO-416670	gec.
	BIJL. 46	form.