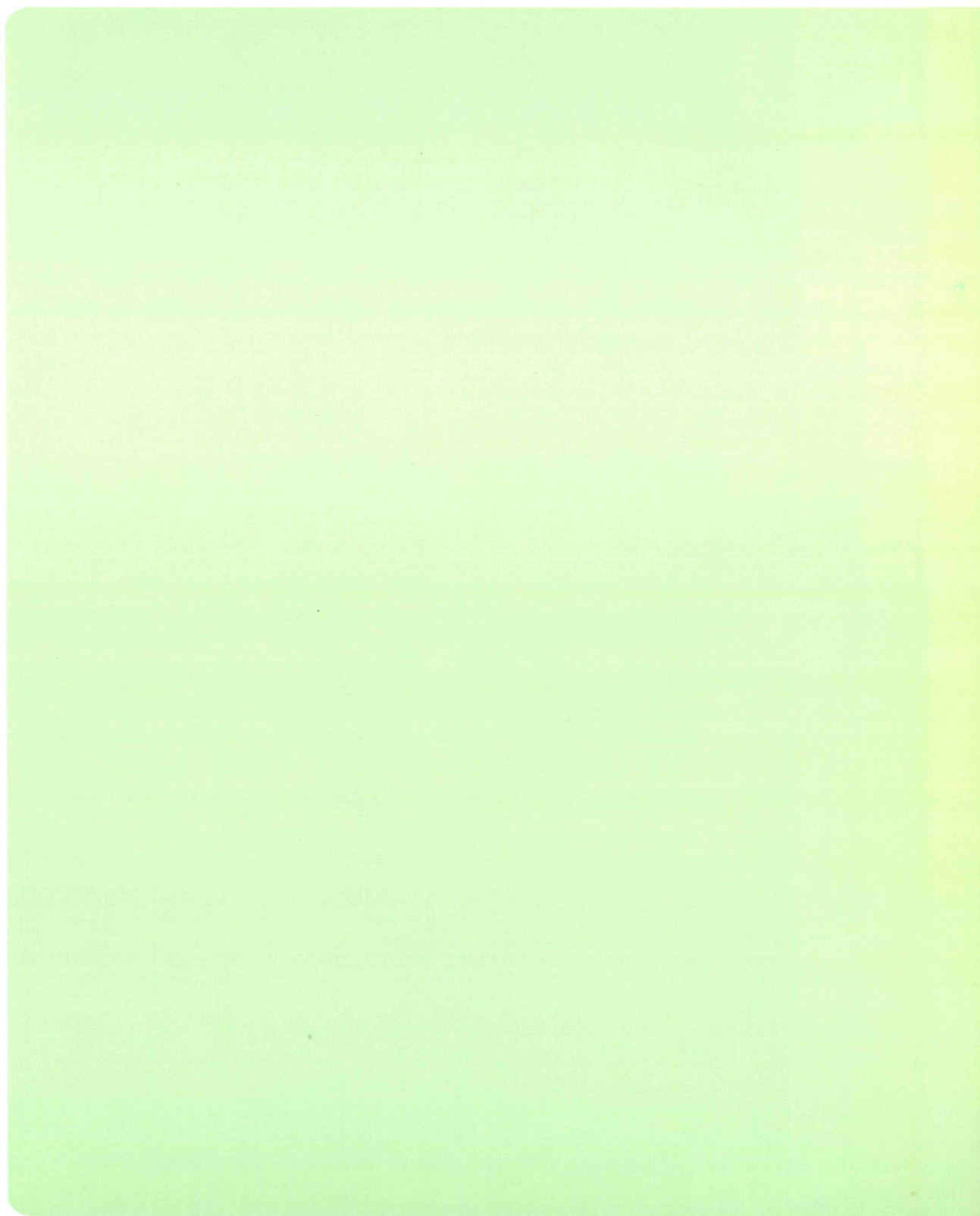




laboratorium voor grondmechanica delft
delft soil mechanics laboratory



CONCEPT BL 83-2F.17

BL 83-2F.17



Onderzoek naar wrijving tussen buisleidingen en grond

Concept

Rapport betreffende metingen uitgevoerd aan de warmte-
transportleiding Utrecht-Nieuwegein

Opdrachtgever: CENTRUM VOOR ONDERZOEK WATERKERINGEN

Hooftskade 1

Den Haag

Rapportnr. CO-265771/7

datum: 83-06-03

pag. 5, (7), 9, 11, 13, 14.
bekleding
PE.



Inhoud:

blz.:

1. Inleiding	1
2. Het voorspannen van de warmtetransportleiding	2
3. De metingen verricht aan de mantelbuis	4
4. De resultaten van de verplaatsingsmetingen	6
5. Het herleiden van wrijvingswaarden uit de gemeten verplaatsingen	8
6. Vergelijking van gemeten wrijving met berekende wrijving	12
7. Conclusies en aanbevelingen	14

Appendices I t/m III

Lijst van bijlagen

- bijlage 1: situatie
- bijlage 2: dwarsprofiel km 38.287
- bijlage 3: resultaten verplaatsingsmeting A
- bijlage 4: resultaten verplaatsingsmeting B
- bijlage 5: middelzware sondering 10 en boring
- bijlage 6: middelzware sondering 11 en boring
- bijlage 7: middelzware sondering 12 en boring
- bijlage 8: resultaat proctorproeven



1. Inleiding

Een van de benodigde grondmechanica-parameters voor de sterkteberekening van buisleidingen is de grenswaarde van de veer karakteristieken, die het verband geven tussen de verplaatsing van de buis in langsrichting of rotatie om de as en de daarbij opgewekte tegenwerkende kracht. Met betrekking tot deze parameter is in het verleden slechts op beperkte schaal onderzoek gedaan. In dit verband kunnen worden genoemd de proeven voor de NV Nederlandse Gasunie te Vilsteren in 1968.

Teneinde meer te weten te komen van de wrijving tussen buisleiding en grond is door het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen in december 1982 opdracht gegeven metingen uit te voeren aan de, in het kader van een stadsverwarmingsproject, aan te leggen warmtetransportleiding Utrecht-Nieuwegein.

In overleg met het COW, de N.V. Pegus (eigenaar van de leiding) en de Fa. Hak (aannemer) werd besloten tijdens het voorspannen van de medium-buis op de mantelbuis van een 2-tal leidingsecties, de verplaatsingen van de mantelbuis te meten.

Met deze gegevens kan een waarde voor de wrijving tussen mantelbuis en grond worden afgeleid.

De metingen zijn uitgevoerd in het gedeelte van het leidingtracé waar de leidingen in de westelijke kade langs het Amsterdam-Rijnkanaal zijn gelegen (zie bijlage 1, situatie en bijlage 2, dwarsprofiel). Ten behoeve van de aanleg van de warmtetransportleiding werd door het LGM ter plaatse van dit deel van het tracé een grondonderzoek uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten van dit grondonderzoek is op de gebruikelijke manier de te verwachten wrijving berekend, zodat een vergelijking kan worden gemaakt tussen de gemeten en de berekende waarden.

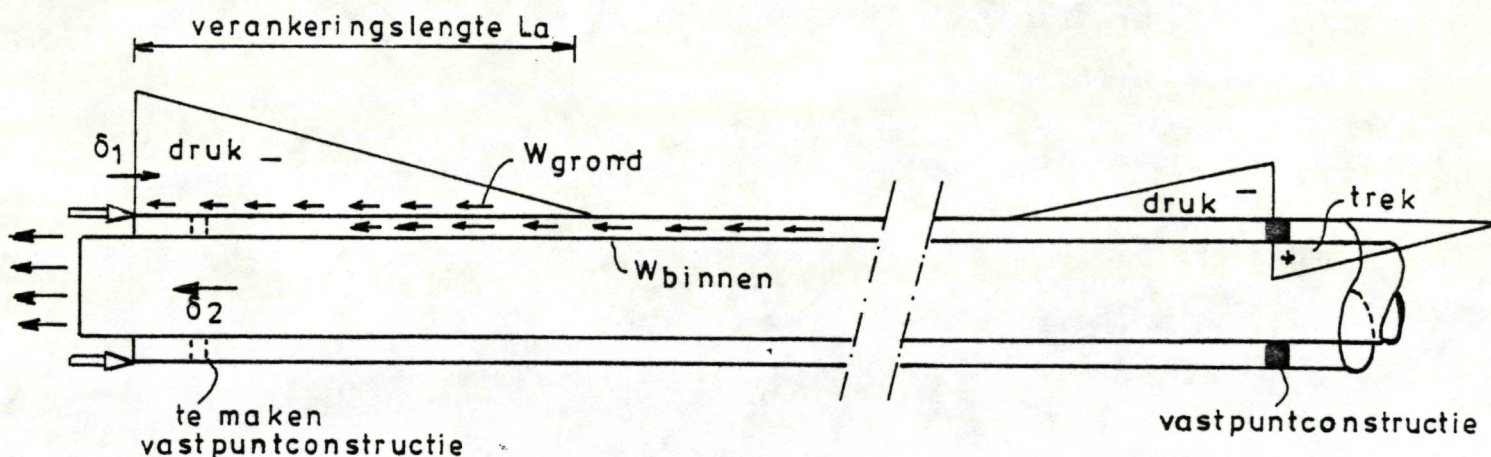


2. Het voorspannen van de warmtetransportleiding

Het warmtetransportsysteem van de NV Pegus tussen Utrecht (Centrale Lage Weide) en Nieuwegein wordt gevormd door een aan- en afvoerleiding (UTNG resp. NGUT).

Bij het onderhavige stadsverwarmingsproject wordt gebruik gemaakt van een stalen mediumbuis ($\varnothing 609,6$ mm) in een stalen mantelbuis ($\varnothing 812,8$ mm). Teneinde te voorkomen dat bij het in bedrijf stellen van de stadsverwarming door temperatuursverhoging de normaalkracht (druk) in de mediumbuis te hoog oploopt, wordt bij de aanleg van de leiding de mediumbuis voorgespannen (trek).

Bij het voorspannen wordt de reactiekracht ontleend aan de mantelbuis die daardoor op druk wordt belast. Eenmaal voorgespannen wordt de mediumbuis plaatselijk verbonden aan de mantelbuis. Dit gebeurt door middel van een zogenaamde vastpuntconstructie die krachten en momenten in alle richtingen vanuit de mediumbuis kan overdragen naar de mantelbuis. Het leidinggedeelte tussen 2 vaste punten wordt een sectie genoemd.



figuur 1



Zoals schematisch is weergegeven in vorenstaande figuur neemt bij toenemende afstand vanaf de voorspanlocatie de normaalkracht in de mantelbuis af als gevolg van de optredende grondwrijving en de wrijving tussen de opleggingen van de mediumbuis en de binnenwand van de mantelbuis.

Deze afname van de normaalkracht in de mantelbuis zal tot uiting komen in het kleiner worden van de verplaatsing van de mantelbuis. Op een afstand L_a (verankeringslengte) is de op de mantelbuis aangebrachte kracht gelijk aan de over L_a totaal ontwikkelde wrijving.

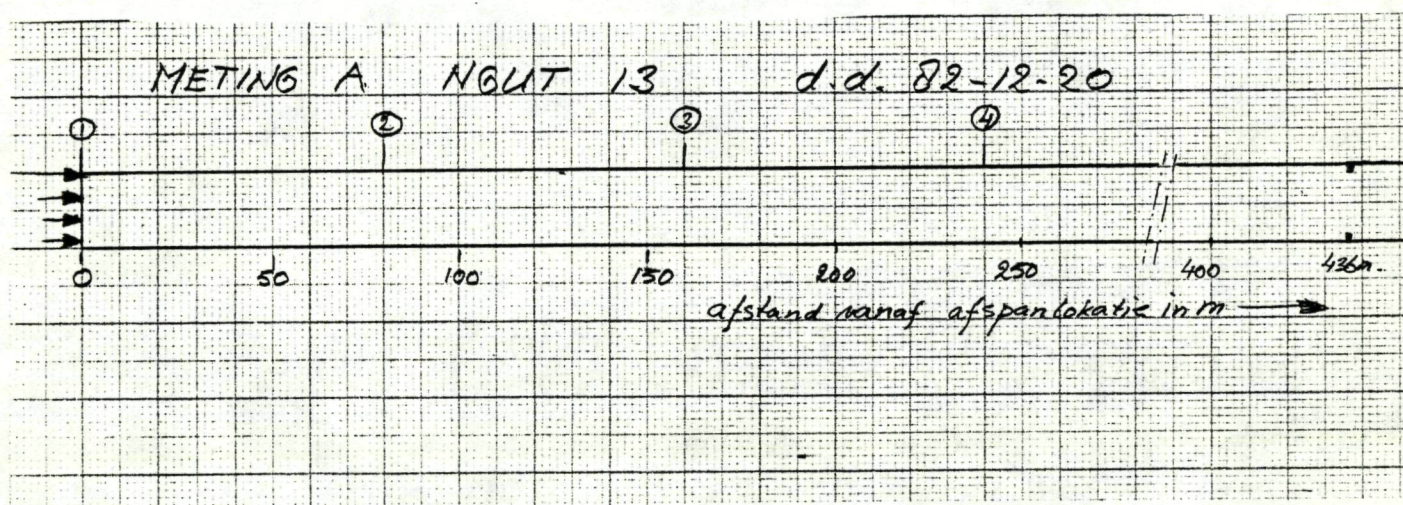
Tijdens het voorspannen van een leidingsectie worden normaliter de verplaatsingen van de mediumbuis en de mantelbuis ter plaatse van de afspanlocatie en de verplaatsing van de vastpuntconstructie van de voorgaande sectie door de aannemer ingemeten (zie fig. 1).



3. De metingen verricht aan de mantelbuis

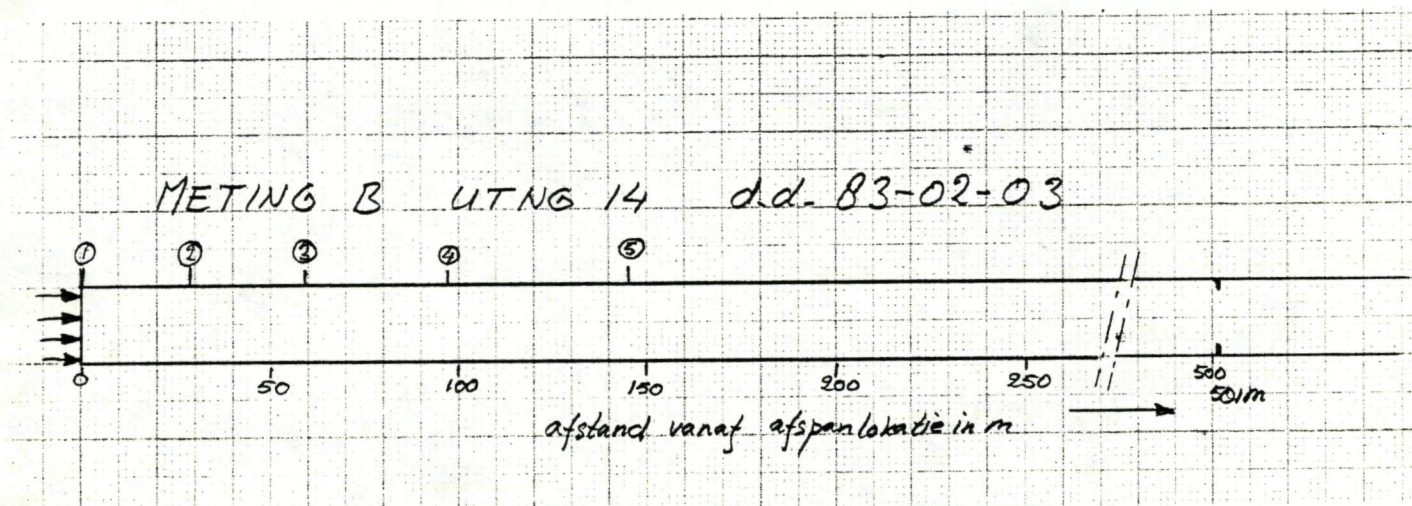
Teneinde meer te weten te komen over de wrijving tussen mantelbuis en grond is het noodzakelijk om naast de meetlocaties van de aannemer op meer plaatsen binnen de afstand L_a (verankeringslengte) op de mantelbuis de verplaatsingen te meten.

Tijdens het in de inleiding genoemde overleg is besloten in eerste instantie de verplaatsingen te meten tijdens het voorspannen van de sectie 13 NGUT.



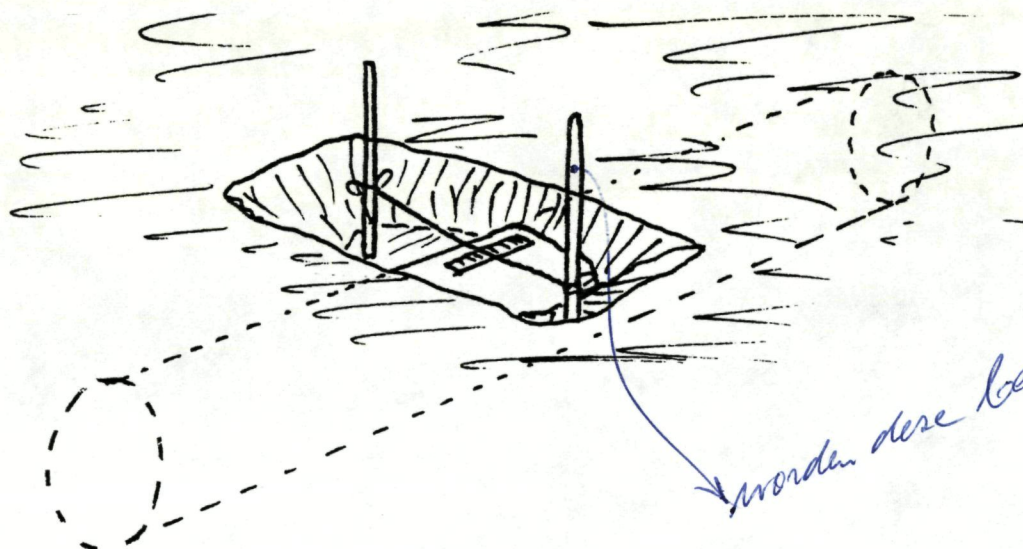
Door LGM werd op 3 extra locaties de verplaatsing tijdens het voorspannen gemeten.

De tweede meting is uitgevoerd tijdens het voorspannen van sectie 14 UTNG. Door het COW en het LGM zijn op 4 extra locaties de verplaatsingsmetingen uitgevoerd.



Voor het meten van de verplaatsing van de mantelbuis werd dezelfde methode gehanteerd als waarmee de aannemer de verplaatsingsmetingen verricht. Dit gebeurt met behulp van een over de mantelbuis gespannen draad en een ter plaatse van de draad op de mantelbuis aangebrachte millimeter-verdeling.

Ten behoeve hiervan werd ter plaatse van de meetlocaties de bovenkant van de mantelbuis vrij gegraven.



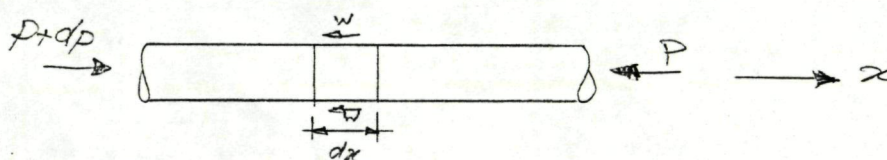
worden deze beïnvloed?



4. De resultaten van de verplaatsingsmetingen

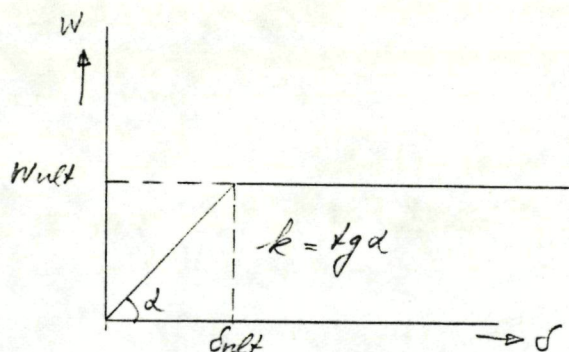
De resultaten van de verplaatsingsmetingen zijn op de bijlagen 3 en 4 weergegeven. Voor een aantal belastingstappen is de gemeten verplaatsing van de mantelbuis uitgezet tegen de afstand tussen de meetlocatie en de voorspanlocatie.

Ten aanzien van het verloop van de verplaatsing bij toenemende afstand van de voorspanlocatie wordt het volgende opgemerkt.



Uit het horizontaal evenwicht van het buiselementje met een lengte dx als volgt:

$$\begin{aligned} p + dp - w \cdot dx - p &= 0 \\ dp - w dx &= 0 \\ \frac{dp}{dx} - w &= 0 \end{aligned}$$



Uitgaande van een bi-lineaire veer karakteristiek voor de wrijving geldt voor w :

- a) $w = k \cdot \delta(x)$ voor $\delta < \delta_{ult}$
- b) $w = w_{ult}$ voor $\delta \geq \delta_{ult}$



ad a

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp}{dx} &= k \cdot \delta(x) \\ \delta(x) &= \frac{1}{EA} \int_0^x p(x) dx \end{aligned} \right\} \frac{dp}{dx} = \frac{k}{EA} \int_0^x p(x) dx$$

Aan deze vergelijking wordt voldaan door $p(x) = p_0 e^{-ax}$

Het verloop van de verplaatsing ($\delta(x)$) zou in dit geval dus de vorm hebben van een e-macht.

ad b

$$\frac{dp}{dx} = w_{ult} = \text{constant}$$

$p(x)$ = een rechte lijn

$$\delta(x) = \frac{1}{EA} \int_0^x p(x) dx$$

Hieraan wordt voldaan door een parabolisch verloop van de verplaatsingen.

De aflezingen tijdens meting B ter plaatse van meetpunt 3 boven de voorspankracht van 3090 kN zijn buiten beschouwing gelaten. Door een beroering van de meetdraad wordt aan de juistheid van deze waarnemingen getwijfeld.



5. Het herleiden van wrijvingswaarden uit de gemeten verplaatsingen

Voor een gedeelte van de mantelbuis tussen 2 locaties waar tijdens het voorspannen de verplaatsing is gemeten, kan aan de hand van het verschil in gemeten verplaatsing de gemiddelde normaalkracht in de mantelbuis worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$p_{\text{gem}} = \frac{\Delta l \cdot E \cdot A}{L}$$

waarin:

Δl = verschil in gemeten verplaatsing tussen 2 meetpunten

E = elasticiteitsmodulus van staal

A = oppervlak doorsnede mantelbuis

L = lengte van het leidingstuk

Voor de mantelbuis geldt:

diam. = $\varnothing$ 812,8 mm; wanddikte: 12,5 mm

$A = 31428 \text{ mm}^2$

$E (20^\circ) = 1,92 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

Door deze berekening uit te voeren voor meer leidingstukken wordt een indruk verkregen van het verloop van de normaalkracht in de mantelbuis bij toenemende afstand van de voorspanlocatie.

De afname van de normaalkracht (Δp) is een maat voor de optredende wrijving (inwendige wrijving + grondwrijving). uitgaande van een rechtlijnig verloop van de normaalkracht wordt voor de wrijving gevonden:

$$w = \frac{\Delta p}{L^1 \times 0} \quad (\text{kN/m}^2)$$

*alleen juist
by zo'n draadbreuk:
(geval Sub. 6).*



waarin:

w = wrijving (kN/m^2)

Δp = afname normaalkracht (kN)

L^1 = lengte van leidingstuk waarvoor Δp geldt (m)

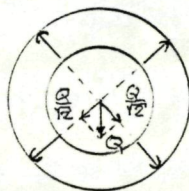
O = omtrek van mantelbuis (m)

Teneinde de grondwrijving te kunnen vaststellen zal de gevonden wrijvingswaarde met de inwendige wrijving moeten worden verminderd.

*plechte
aramite-
isolatie
geen plastic*

De inwendige wrijving treedt op ter plaatse van de lagers (schoentjes; staal op staal) waarmee de mediumbuis in de mantelbuis is opgelegd.

Bij een volkomen rechte leidingstrekking wordt de wrijving veroorzaakt door alleen het eigen gewicht van de mediumleiding (incl. lagers en isolatiemateriaal).



Voor een rechte leiding:

$$w = \mu \cdot 2 \cdot \frac{Q}{\sqrt{2}} = \mu Q/2 \quad (\text{kN/m}^1)$$

waarin:

w = wrijving per m' buisleiding

μ = wrijvingscoëfficiënt ($\approx 1,0$)

Q = gewicht mediumbuis (= 1,21 kN/m' , incl. lagers en isolatiemateriaal).

Dus wordt:

$$w = 1 \times \sqrt{2} \cdot 1,21 = 1,7 \text{ kN/m'}$$

Bevinden zich echter bochten in de leiding (horizontale en/of verticale) dan veroorzaken de bochtkrachten de wrijving. Door de aannemer wordt de inwendige wrijving bij bochten als volgt berekend.



Voor een verticale bocht:

Als $\frac{F}{R_V} > Q$ dan:

$$W = F_O - F_L$$

$$F_O = F_L \cdot e^{\frac{\mu L/2}{R_V}}$$

$$W = F_L \left(e^{\frac{\mu L/2}{R_V}} - 1 \right) \quad (\text{kN})$$

waarin:

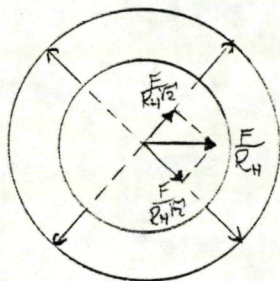
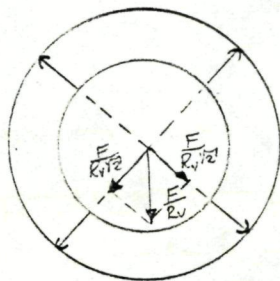
F_O = voorspankracht voor ^{*)} de bocht (kN)

F_L = voorspankracht achter ^{*)} de bocht (kN)

R_V = straal van verticale bocht (m)

L = lengte van bocht (m)

μ = wrijvingscoëfficiënt ($\approx 1,0$).



Voor een horizontale bocht:

Als $\frac{F}{R_H} > Q + \frac{F}{R_V}$ dan:

$$w = F_L \left(e^{\frac{\mu \cdot L/2}{R_H}} - 1 \right) \quad (\text{kN})$$

waarin:

R_H = straal van horizontale bocht (m)

^{*)} Gezien vanuit de afspanlokatie

Het berekenen van de benodigde voorspankracht geschiedt vanaf de vastpuntconstructie van de vorige sectie.

$$S = 1000 \text{ kN/m}^2 \cdot C_h = \frac{1}{14} \cdot S \quad (\text{steel})$$

$$W = 0,6 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{14} \cdot 1000 = \underline{\underline{0,5}} \text{ kN/m}^2 \text{ versus } \underline{\underline{6,5}}$$

$$\frac{2}{6,5} = 30\% \quad \left. \begin{array}{l} \\ \frac{2}{23,5} = 8,5\% \end{array} \right\} \frac{1}{4}$$

$$W = 0,75 \cdot 16,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 25 = 16,8 \cdot 0,22 = 3,7 \text{ kN/m}^2 \text{ versus } 4,2$$

$\text{steel } \lambda = 1 \rightarrow \frac{1}{0,75} \cdot 3,7 = 4,93 \approx 5 \text{ kN/m}^2$



Tijdens het voorspannen treedt in de voorspanvijzel een krachtsverlies op. Ervaringscijfers van de aannemer geven hiervoor een waarde van 88 kN.

Ten aanzien van het optreden van de inwendige wrijving wordt opgemerkt dat bij sectie 13 (meting A) binnen de verankeringslengte (L_a) bochten aanwezig zijn. Op de appendices zijn de bochten aangegeven. Bij sectie 14 (meting B) daarentegen bevinden zich geen bochten binnen de verankeringslengte.

Aan de hand van de gemeten verlenging van de mediumbuis kan de gemiddelde normaalkracht in de mediumbuis worden berekend. Wordt met het vooraf veronderstelde verloop van de wrijving (afhankelijk van bochten en rechte stukken) het aangrijpingspunt bepaald van deze gemiddelde kracht dan kan de gemiddelde wrijving worden bepaald tussen deze locatie en de afspanlocatie. Op deze wijze kan de berekende inwendige wrijving worden gecontroleerd.

Op de hiervoor omschreven berekeningswijze zijn de verplaatsingsmetingen A en B verwerkt.

De bewerkingen zijn in de appendices I t/m III weergegeven.

Meting A

Uit de analysering van de proefresultaten (zie appendices I t/m III) volgt dat de gemiddelde grondwrijving in langsrichting ca. 5,0 à 5,5 kN/m² zal hebben bedragen. Dit is een gemiddelde waarde. Vanwege het gering aantal meetpunten is de betrouwbaarheid beperkt. Als ondergrens wordt gevonden ca. 4,2 kN/m².

Meting B

Naar aanleiding van de resultaten van meting A is het aantal meetpunten bij meting B vergroot.

Uit de analyse van het diagram van de verplaatsingen (bijlage 4) en de daaruit berekende gemiddelde normaalkracht over de onderscheiden leidingstukken worden waarden voor de specifieke wrijving tussen buis en grond gevonden: $\bar{\tau}_{gr} = 5,5 \text{ à } 6,5 \text{ kN/m}^2$, wat dus iets hoger is dan gevonden bij meting A.

*~ 1/2 t/m² 108
di. laag 108 kN/m²
S = 108 kN/m²
nlg. nlt. 108
P.C. → 2 t/m²
(20 t/m²) invloed
nasep. 108*

idem.



6. Vergelijking van gemeten wrijving met berekende wrijving

Ten behoeve van de aanleg van de warmtetransportleiding is door het LGM ter plaatse van dit deel van het tracé een grondonderzoek uitgevoerd (LGM-rapport CO-259741/34). Ter plaatse van de betreffende leidingsecties zijn uitgevoerd de middelzware sonderingen 10, 11 en 12. Nabij de sondeerlocaties zijn Begemannboringen $\varnothing$ 66 mm uitgevoerd. De resultaten van de sonderingen worden als bijlagen 5 t/m 7 bij dit rapport gevoegd.

Ter hoogte van de leiding bestaat de grondslag uit klei. De leiding ligt boven de grondwaterstand.

Het minimaal droog volumegewicht na aanvulling van de sleuf is bepaald op $\gamma_d = 14 \text{ kN/m}^3$.

Ter bepaling van het voor de wrijvingsberekening toe te passen volumegewicht wordt uitgegaan van een gemiddeld watergehalte van 26%. Het te hanteren volumegewicht bedraagt dan $\gamma = 17,6 \text{ kN/m}^3$.

De grenswaarde van de schuifweerstand, die bij verplaatsing van een punt van de buis kan worden ontwikkeld is:

$$w_{gr} = c + \sigma_n \tan \delta$$

waarin:

w_{gr} = schuifweerstand van de grond

c = cohesie

σ_n = normaalspanning op buiswand

δ = wrijvingshoek tussen buiswand en grond.

Voor de gehele omtrek van de buis kan voor σ_n het gemiddelde ($\bar{\sigma}$) van de verticale en horizontale korrelspanningen ter hoogte van de as van de leiding worden genomen:

capillair
verzuim
dus toch
Cn.

gekozen?

Wat was
in situ
(bekant bij
S = wkg/m²)



$$\sigma_n = \bar{\sigma} = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} \approx \frac{\gamma(H + \frac{D}{2}) + k_o \gamma(H + \frac{D}{2})}{2} =$$

$$= \gamma \frac{(1 + k_o)}{2} (H + \frac{D}{2})$$

in σ_h genomen?

Aan de hand van celproeven is $\bar{\phi}'$ vastgesteld op 25° .

$$k_o = 1 - \sin \phi + k_o = 0,58$$

Voor δ wordt een waarde genomen van $0,75 \phi$, zodat $\delta = 19^\circ$.

De dekking $H =$ minimaal $0,80$ m.

$$\sigma_n = 17,6 \left(\frac{1 + 0,58}{2} \right) \left(0,80 + \frac{0,82}{2} \right) = 16,8 \text{ kN/m}^2.$$

$$C=0 \quad \phi=25^\circ \quad \delta=25^\circ$$

Wordt de cohesie buiten beschouwing gelaten dan bedraagt de grondwrijving:

9

stel $C=0,5 \text{ kN/m}^2$
 $= 5 \text{ kN/m}^2$
 Bg $C=1 \text{ kN/m}^2$

$$w_{gr} = 16,8 \cdot \tan 19^\circ = 5,8 \text{ kN/m}^2. + 5 = 10 \text{ kN/m}^2.$$

Rekening houdend met het gewicht van de buisleiding in de grond $G = 3,75 \text{ kN/m}$ i.p.v. $G = 10 \text{ kN/m}$.

$$15 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 20 \text{ kN/m}^2$$

vervalst door valse sleuf?

$$\sigma_v = 17,6 \cdot 0,8 + 6,6 \cdot 0,41 = 16,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_h = 0,58 \cdot 17,6 (0,8 + 0,41) = 12,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_n = \frac{16,8 + 12,4}{2} = 14,6 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{gr} = 14,6 \cdot \tan 19^\circ = 5,0 \text{ kN/m}^2.$$

Uit de vergelijking met de proefresultaten blijkt dat door middel van deze berekening voor dit geval, waarbij een zeer zorgvuldige aanvulling van de sleuf heeft plaatsgevonden, een waarde wordt gevonden die dicht bij de ondergrens van de uit de metingen afgeleide waarden ligt.



7. Conclusies en aanbevelingen

1. De proef, hoe primitief ook van opzet, heeft bruikbare resultaten opgeleverd.
2. Het vermeerderen van het aantal meetpunten bij meting B leverde een beter beeld op van het verloop van de normaalkracht met de afstand.
3. Omdat over een lange buis gemeten wordt (L is ongeveer 150 m) worden toevallige verstoringen goed uitgemiddeld. Dit is een groot voordeel van dit type praktijkproeven.
4. Het verdient aanbeveling om bij dergelijke proeven, behalve nauwkeurige verplaatsingsmetingen ook rekmetingen op een aantal punten op de buisleiding uit te voeren. Hierdoor wordt het mogelijk de verplaatsingsmetingen beter te vereffenen doordat meer toetsingsmogelijkheden aanwezig zijn.
5. Voor buisleidingen in een gecontroleerde sleufaanvulling is de wrijving groter dan uit de gebruikelijke berekening volgt. Dit hangt waarschijnlijk samen met de door het verdichten verkregen hogere horizontale steundruk op de buis.

*met
beweren.*

Delft, LABORATORIUM VOOR GRONDMECHANICA

Ir. W.J. Heijnen

Ing. H.J.A.M. Hergarden

*→ zonder cohesie!
met verslag!
hoge W is ongunstig.
 $2 \times W \rightarrow \sigma_{p,12} + 20\%$
(gevoelsh. analyse)*



Appendix I

Berekening inwendige wrijving

Meting A

Voorspankracht 4240 kN

"Tool loss" = $5 \times 17,68 \text{ kN} = 88 \text{ kN}$

$w_i \quad 0 - 21 \text{ m} = 1,21 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{2} = 1,7 \text{ kN/m}^1$

$w_i \quad 21 - 45 \text{ m} = \frac{3891 \cdot e^{\frac{\sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 24}{458}} - 3891}{24} = \frac{4190 - 3891}{24} = 12,4 \text{ kN/m}^1$

$w_i \quad 45 - 160 \text{ m} = 1,21 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{2} = 1,7 \text{ kN/m}^1$

$w_i \quad 160 - 184 \text{ m} = \frac{3431 \cdot e^{\frac{\sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 24}{458}} - 3431}{24} = \frac{3695 - 3431}{24} = 11,0 \text{ kN/m}^1$

Contrôle m.b.v. verplaatsingsmeting mediumbuis.

$\Delta l = 487 \text{ mm}$

$l = 436,5 \text{ m}$

$A = 15120 \text{ mm}^2$

$$\bar{p} = \frac{487 \cdot 1,92 \cdot 10^5 \cdot 15120}{436,5 \cdot 10^3} = 3240 \text{ kN}$$

Aan de hand van het verloop van de berekende inwendige wrijving wordt vastgesteld dat de helft van de wrijving is opgetreden bij $l = 175 \text{ m}$.

$\Delta p_{\text{gemeten}} = 4240 - 3240 \text{ kN} = 1000 \text{ kN}$

$\Delta p_{\text{berekend}} = 88 + 36 + 299 + 15 \cdot 11 = 785 \text{ kN}.$

Approved: 1.1.1.1.1.1

Contract of purchase of materials

For the purchase of materials for the construction of the building

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1 \times \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1 \times \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1 \times \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1 \times \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

Price of 1.1.1.1.1.1

For the purchase of materials

For the purchase of materials

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1 \times \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$

For the purchase of materials

For the purchase of materials

For the purchase of materials

For the purchase of materials

$$\text{Price of 1.1.1.1.1.1} = \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = \frac{1.1.1.1.1.1}{1.1.1.1.1.1} = 1.1.1.1.1.1$$



Appendix I (vervolg)

Correctie op berekende waarden:

"Tool loss" wordt gelijk gehouden: 88 kN

$$w_i \quad 0 - 21 \text{ m} = \frac{1,7}{784 - 88} * 912 = 2,2 \text{ kN/m}^1$$

$$w_i \quad 21 - 45 \text{ m} = \frac{12,4}{784 - 88} * 912 = 16,3 \text{ kN/m}^1$$

$$w_i \quad 45 - 160 \text{ m} = \frac{1,7}{784 - 88} * 912 = 2,2 \text{ kN/m}^1$$

$$w_i \quad 160 - 184 \text{ m} = \frac{11,0}{784 - 88} * 912 = 14,3 \text{ kN/m}^1$$

Meting B

Voorspankracht 4260 kN

"Tool loss" = 88 kN

$$w_i \quad 0 - 433 \text{ m} = 1,21.1,0.\sqrt{2} = 1,7 \text{ kN/m}^1$$

$$w_i \quad 433 - 446 \text{ m} = \frac{3383.e \frac{\sqrt{2.1,0.13}}{458} - 3383}{13} = \frac{139}{13} = 10,7 \text{ kN/m}^1$$

Contrôle m.b.v. verplaatsingsmeting mediumbuis.

$$\Delta l = 515 \text{ mm}$$

$$l = 502 \text{ m}$$

$$A = 15120 \text{ mm}^2$$

$$\bar{p} = \frac{515.1,92 * 10^5 . 15120}{502 * 10^3} = 2978 \text{ kN}$$



Appendix I (vervolg)

Aan de hand van het verloop van de berekende inwendige wrijving wordt vastgesteld dat de helft van de wrijving is opgetreden bij $L = 440$ m.

$$\Delta p_{\text{gemeten}} = 4260 - 2978 \text{ kN} = 1282 \text{ kN}$$

$$\Delta p_{\text{berekend}} = 88 + 741 + \frac{7}{13} \cdot 139 = 904 \text{ kN.}$$

Correctie op berekende waarden:

"Tool loss" wordt gelijk gehouden = 88 kN.

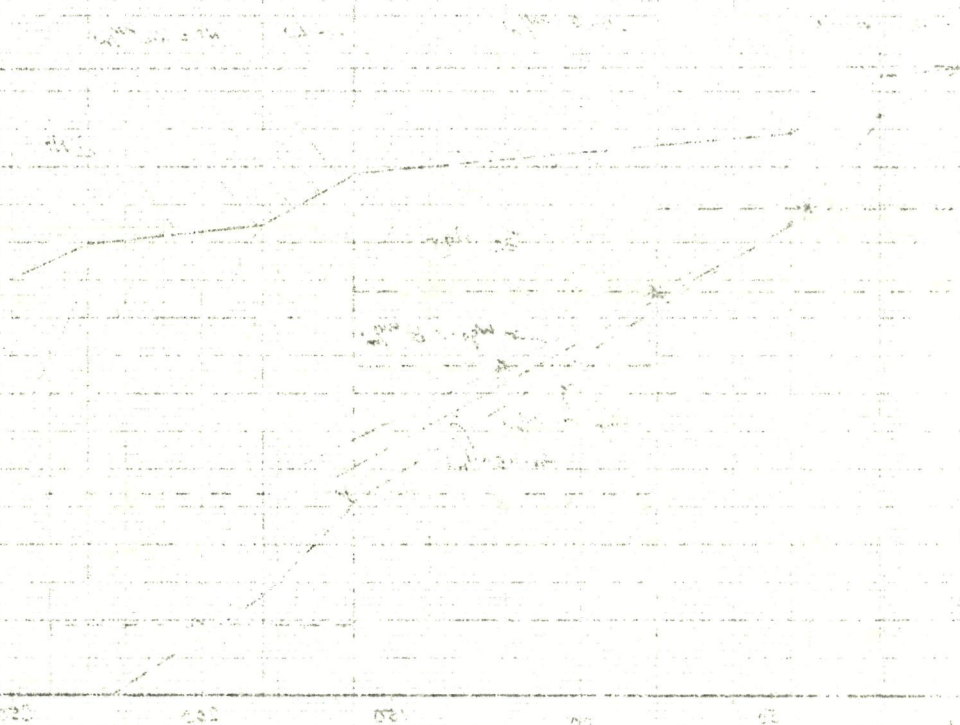
$$w_i \text{ } 0 - 433 = \frac{1,7}{904 - 88} \cdot 1194 = 2,4 \text{ kN/m}^1$$

...the fact that the *in vitro* and *in vivo* results are in good agreement, and that the *in vivo* results are in good agreement with the results obtained from the *in vitro* studies.

[illegible]

1852-53

Figure 1. The effect of the concentration of the polymer on the initial rate of polymerization of α -methylstyrene in the presence of SnCl_4 and $\text{SnCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ at 0°C .



.....

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

METING A

Voorspankracht $F = 4240 - 88 = 4152 \text{ kN}$

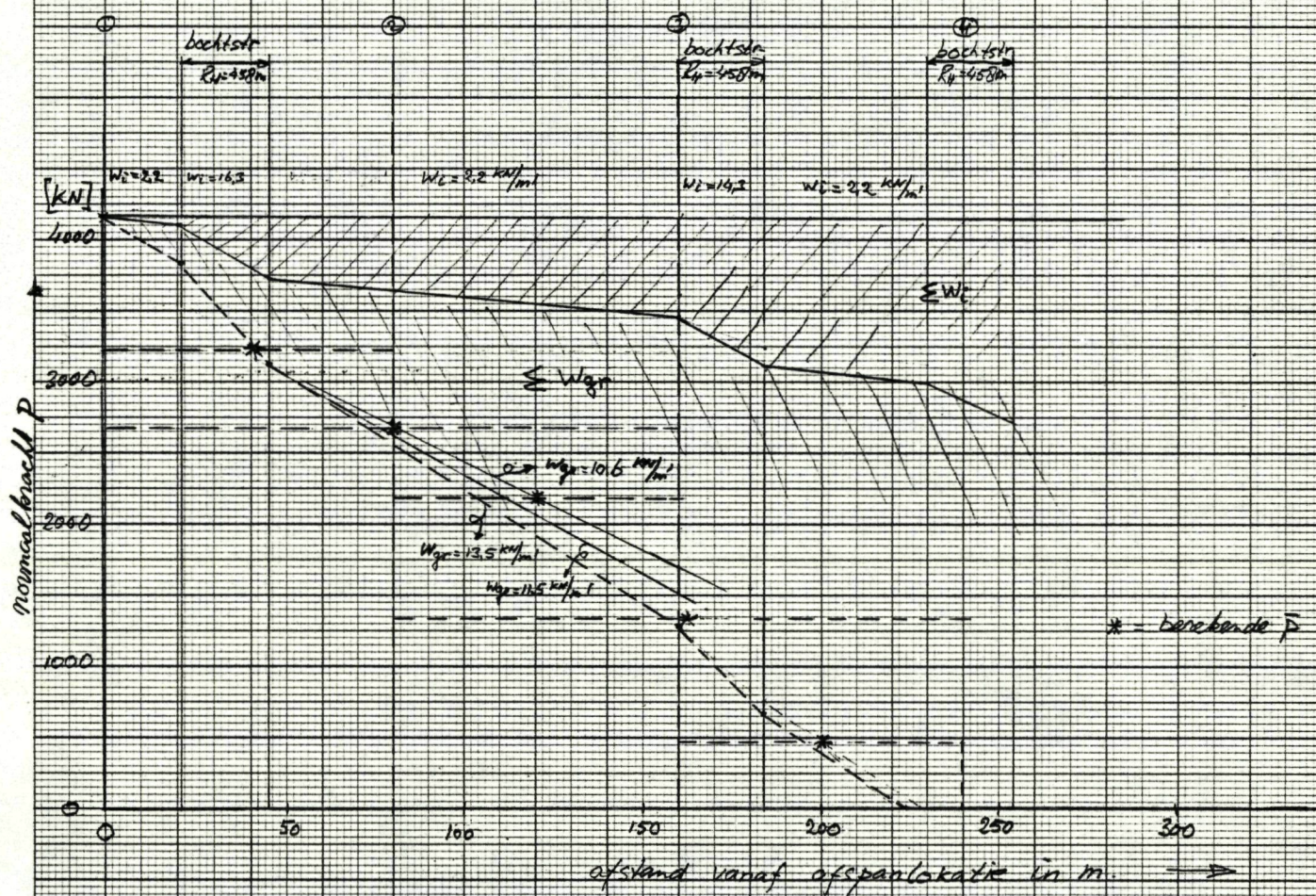
$\bar{p} = \frac{\Delta l \times E \times A}{l}$

leidingstuk

1-2 $\Delta l = 42.5 \text{ mm}$ $\bar{p} = 3206 \text{ kN}$
 $l = 80 \text{ m}$

2-3 $\Delta l = 29 \text{ mm}$ $\bar{p} = 2187 \text{ kN}$
 $l = 80 \text{ m}$

1-3 $\Delta l = 71.5 \text{ mm}$ $\bar{p} = 2697 \text{ kN}$
 $l = 160 \text{ m}$



3-4 $\Delta l = 6.5 \text{ mm}$ $\bar{p} = 490 \text{ kN}$
 $l = 80 \text{ m}$

2-4 $\Delta l = 35.5$ $\bar{p} = 1339 \text{ kN}$
 $l = 160 \text{ m}$

$W_{gr} = 10.6 \text{ kN/m} \rightarrow T_{gr} = \frac{10.6}{2.55} = 4.2 \text{ kN/m}^2$

$W_{gr} = 13.5 \text{ kN/m} \rightarrow T_{gr} = \frac{13.5}{2.55} = 5.3 \text{ kN/m}^2$

$W_{gr} = 11.5 \text{ kN/m} \rightarrow T_{gr} = \frac{11.5}{2.55} = 4.5 \text{ kN/m}^2$

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

100-100000-100000

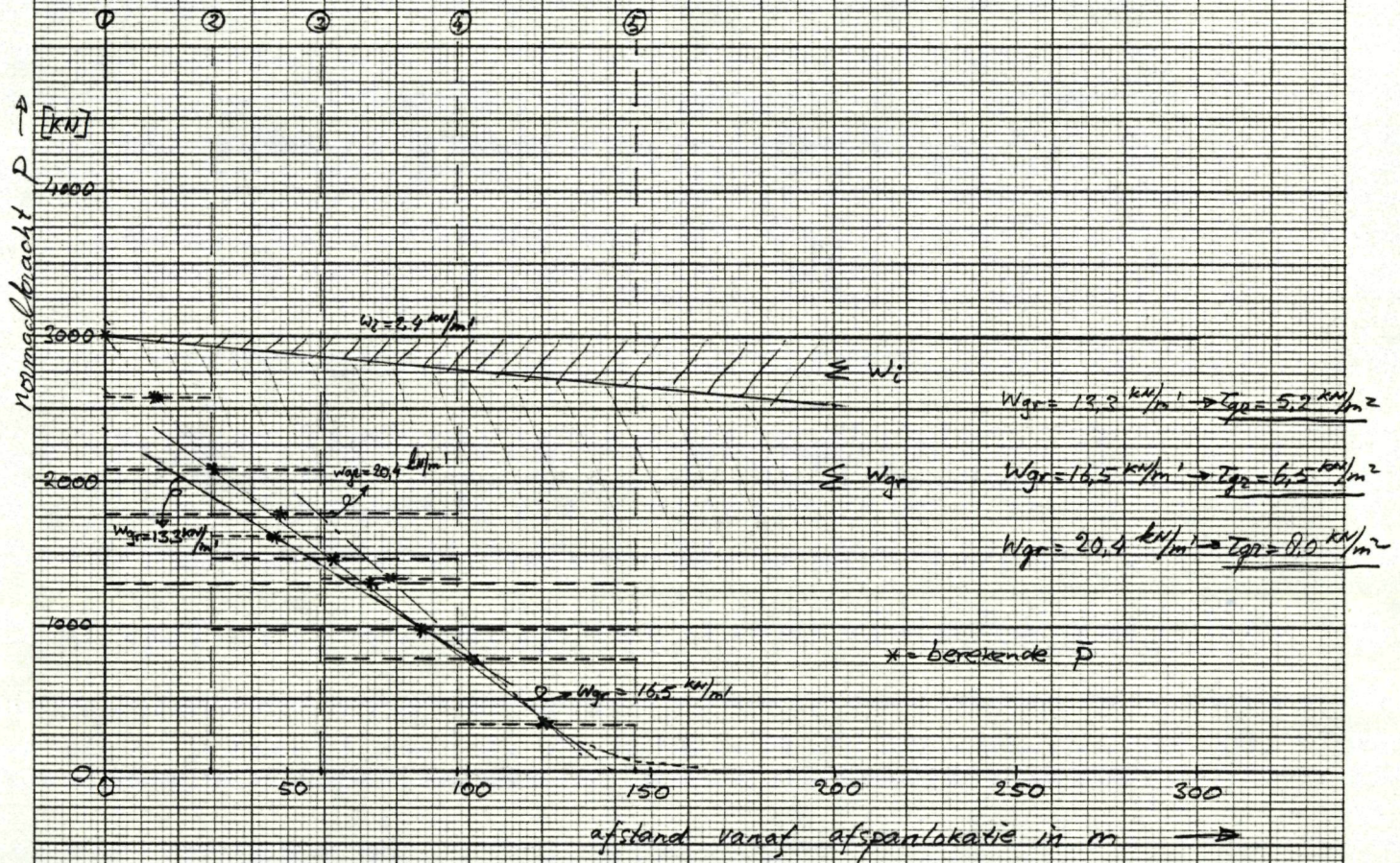
METING B

Voorspankracht $F = 3090 - 88 = 3002 \text{ kN}$

$$\bar{p} = \frac{\Delta l \times E \times A}{l}$$

Leidingstuk

1-2	$\Delta l = 12 \text{ mm}$ $l = 28 \text{ m}$	$\bar{p} = 2586 \text{ kN}$
2-3	$\Delta l = 8 \text{ mm}$ $l = 30 \text{ m}$	$\bar{p} = 1609 \text{ kN}$
3-4	$\Delta l = 0,5 \text{ mm}$ $l = 38 \text{ m}$	$\bar{p} = 1350 \text{ kN}$



4-5	$\Delta l = 2,5 \text{ mm}$ $l = 48 \text{ m}$	$\bar{p} = 314 \text{ kN}$	2-5	$\Delta l = 19 \text{ mm}$ $l = 116 \text{ m}$	$\bar{p} = 988 \text{ kN}$
1-3	$\Delta l = 20 \text{ mm}$ $l = 58 \text{ m}$	$\bar{p} = 2081 \text{ kN}$	3-5	$\Delta l = 11 \text{ mm}$ $l = 86 \text{ m}$	$\bar{p} = 772 \text{ kN}$
1-4	$\Delta l = 28,5 \text{ mm}$ $l = 96 \text{ m}$	$\bar{p} = 1791 \text{ kN}$			
1-5	$\Delta l = 31 \text{ mm}$ $l = 144 \text{ m}$	$\bar{p} = 1299 \text{ kN}$			
2-4	$\Delta l = 16,5 \text{ mm}$ $l = 68 \text{ m}$	$\bar{p} = 1464 \text{ kN}$			

METING B

Voorspankracht $F = 4260 - 88 = 4172 \text{ kN}$

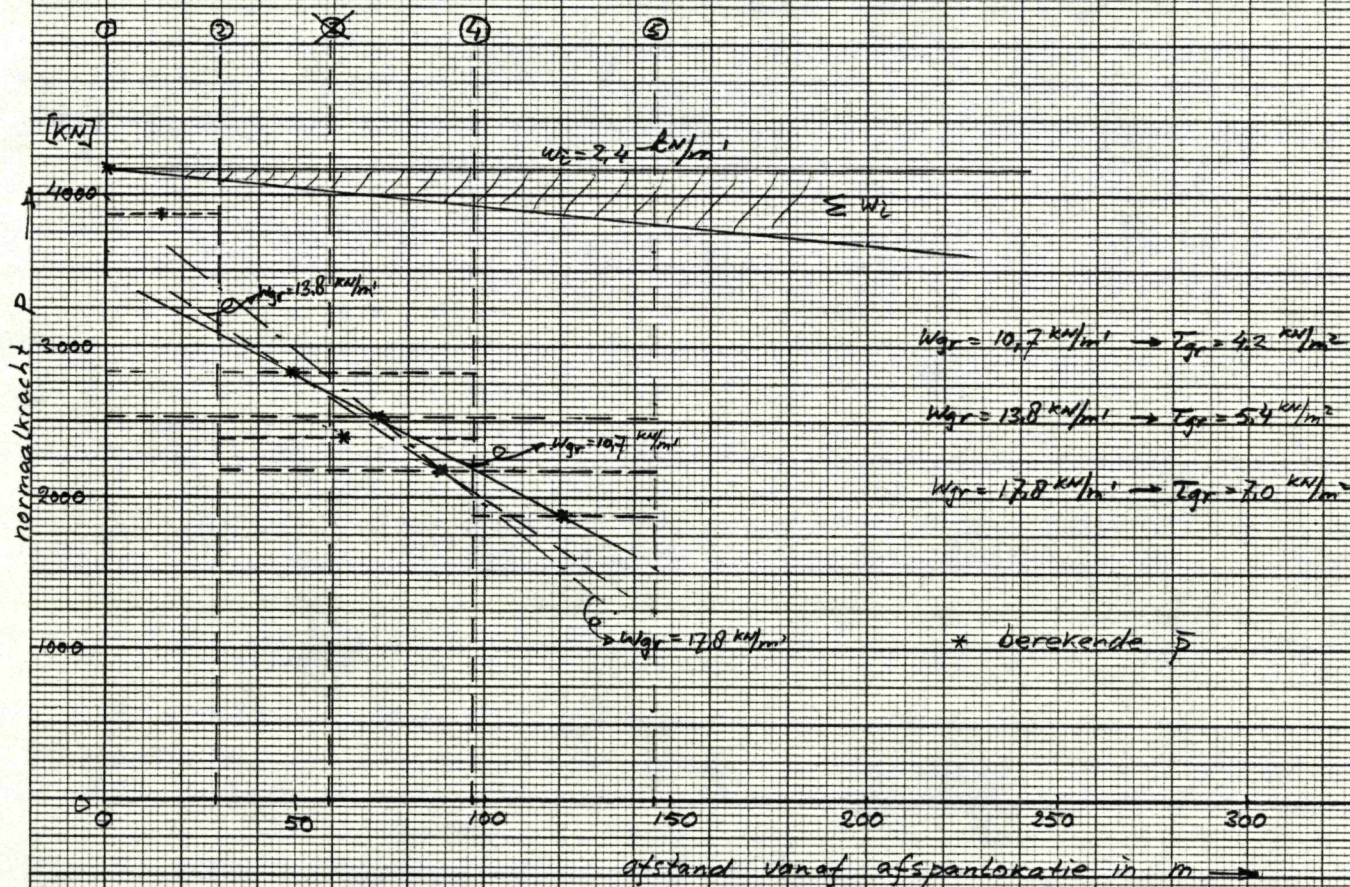
$$\bar{P} = \frac{\Delta l \times E \times A}{l}$$

Leidingstuk

1-2 $\Delta l = 18 \text{ mm}$ $\bar{P} = 3879 \text{ kN}$
 $l = 28 \text{ m}$

2-4 $\Delta l = 27 \text{ mm}$ $\bar{P} = 2396 \text{ kN}$
 $l = 68 \text{ m}$

4-5 $\Delta l = 15 \text{ mm}$ $\bar{P} = 1886 \text{ kN}$
 $l = 48 \text{ m}$



1-4 $\Delta l = 45 \text{ mm}$ $\bar{P} = 2829 \text{ kN}$
 $l = 96 \text{ m}$

1-5 $\Delta l = 60 \text{ mm}$ $\bar{P} = 2514 \text{ kN}$
 $l = 144 \text{ m}$

2-5 $\Delta l = 42 \text{ mm}$ $\bar{P} = 2185 \text{ kN}$
 $l = 116 \text{ m}$



LEGENDA ZIE BIJL.A

**laboratorium voor grondmechanica delft**
Postbus 11522 3440 1152 ZG Delft

**ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND**

SITUATIE

CO - 265771

BIJL 1

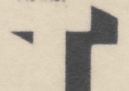
SCHAAL 1:10.000

1/1

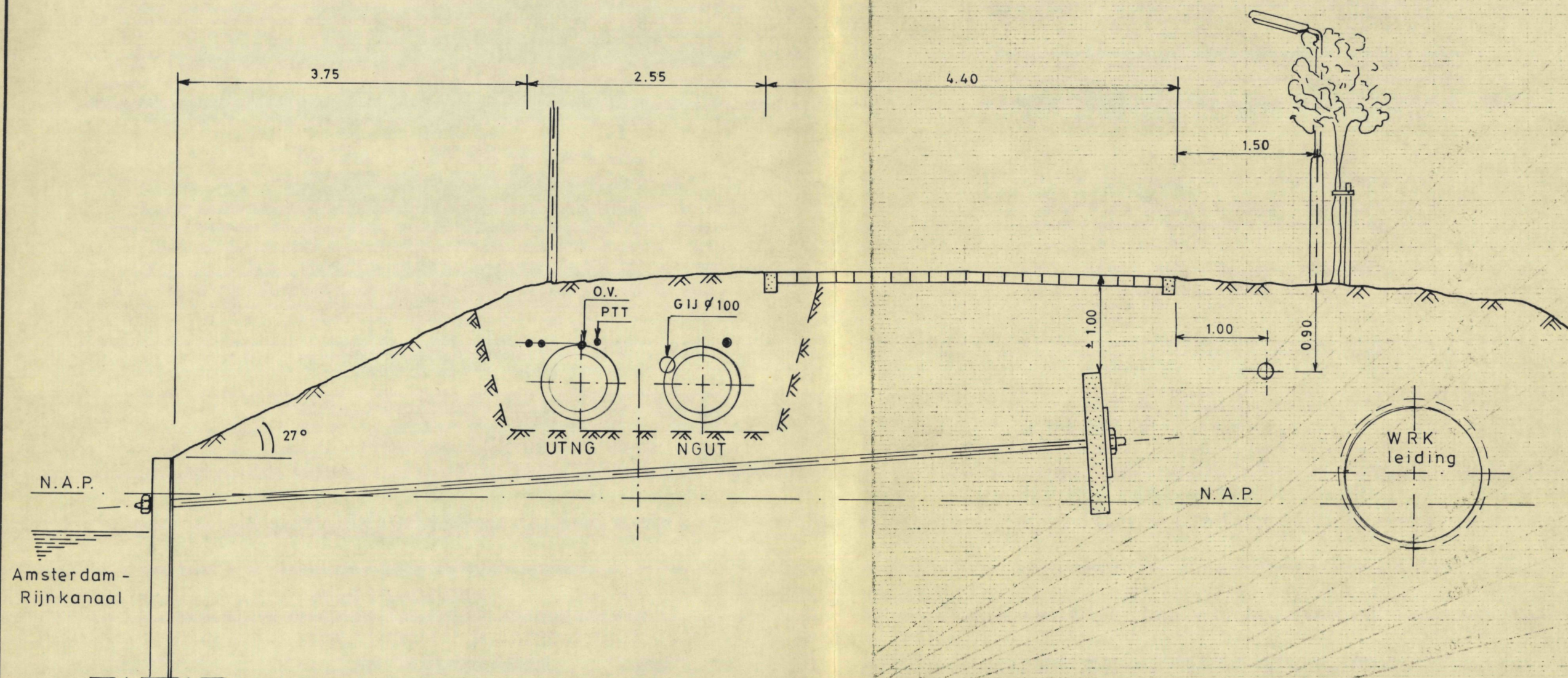
60/90

C	FEBR 82	WUZZIGING GEDDEELTES TRACE INGETEKEND	SCH
B	OKT '81	BRONNEN - GRONDMECH.-GEGEVENS INGETEKEND	B.S.N.
A	SEPT 81	TEK. NO. GEW.	0
O	AUG 81		0

Wij. datum	omschrijving	getekend	gek. gezien
opdrachtgever	WARMTELEVERINGSBEDRIJF NV PEGUS		
project	WARMWATERTRANSPORTLEIDINGEN UTRECHT - NIEUWEGEIN		
titel	OVERZICHTSKAART	SCHAAL : 1:10.000	

**TEBODIN** ADVIES- EN CONSTRUCTIEBUREAU B.V.
RAADGEVEND INGENIEUR

statuut	gevestigd te	s. gravenhage
11	61	
schaal	formaat	ordr.
1:10.000	A 1	P 11215
sub.	tekening nr.	08 6501
Wij.		C



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 38234 solab nl

d.d.
mei 83

get.

gec.

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND

CO-265771

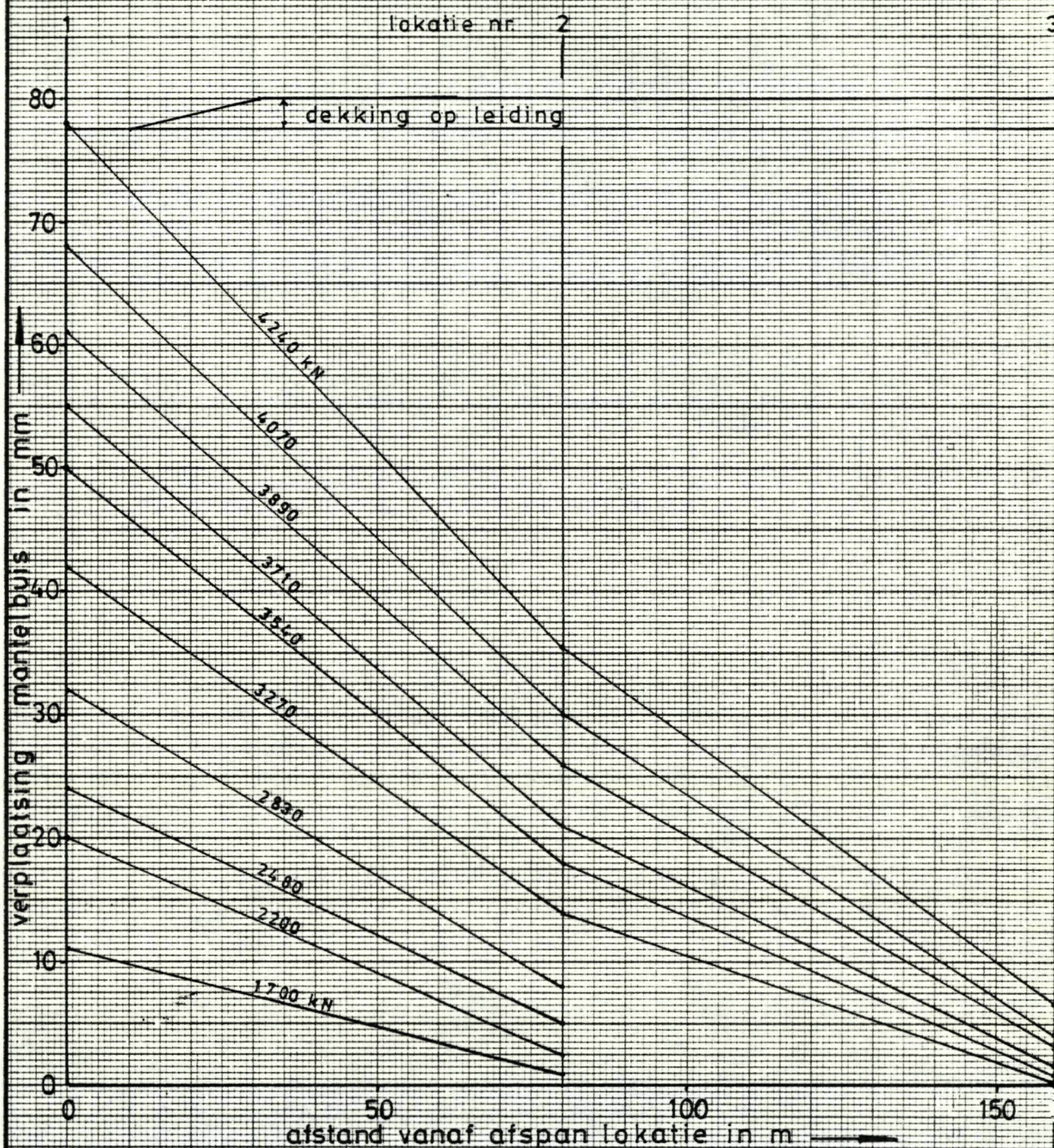
DWARSPROFIEL km. 38.287

schaal 1:50

BIJL. 2

form.
30/40

1200 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 100 0



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

get.

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISELEIDINGEN EN GROND
VERPLAATSINGSMETING
METING A SECTIE 13 NG UT

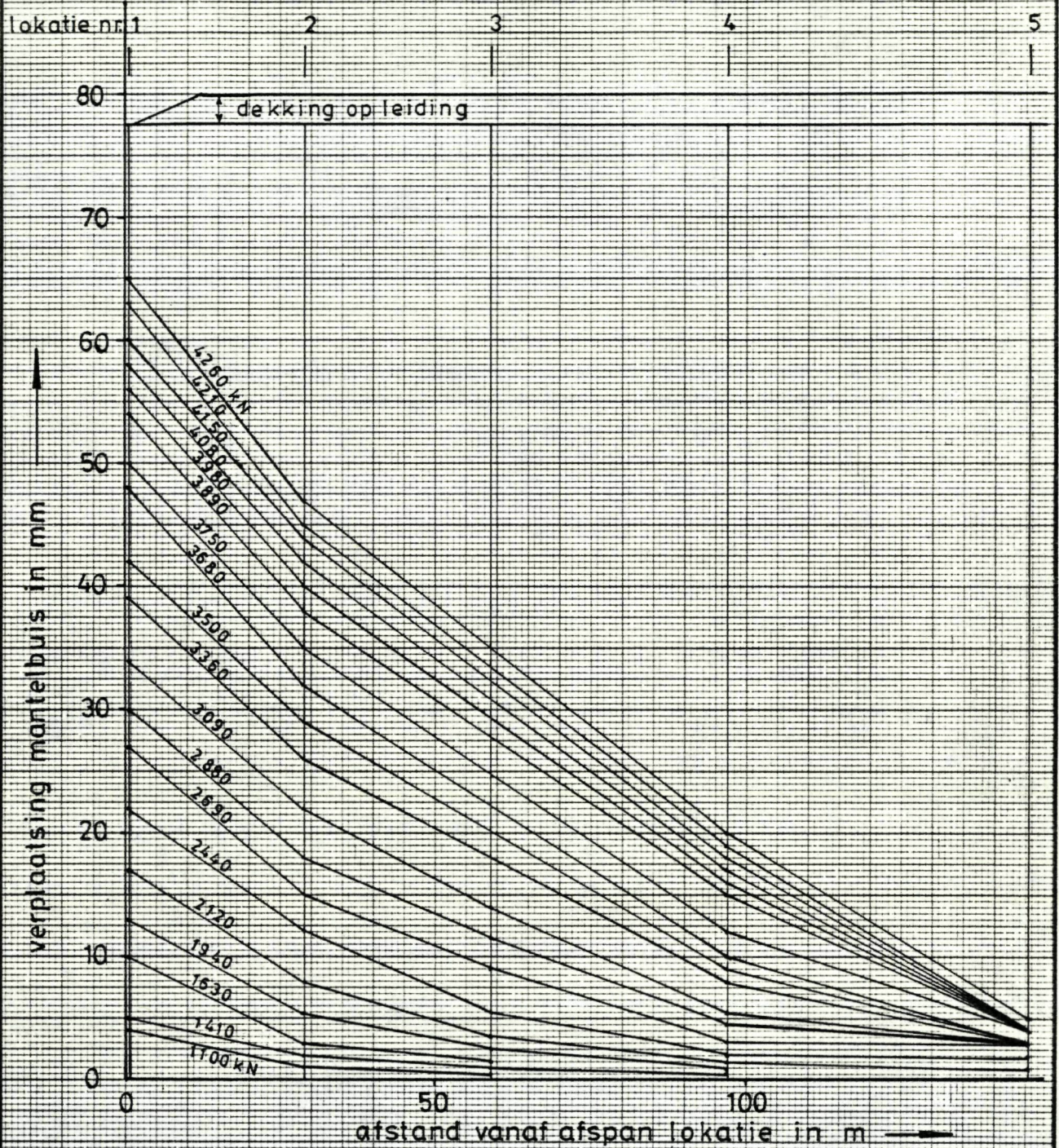
CO-265771

BIJL. 3

gec.

form.

A₄



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

get.

gec.

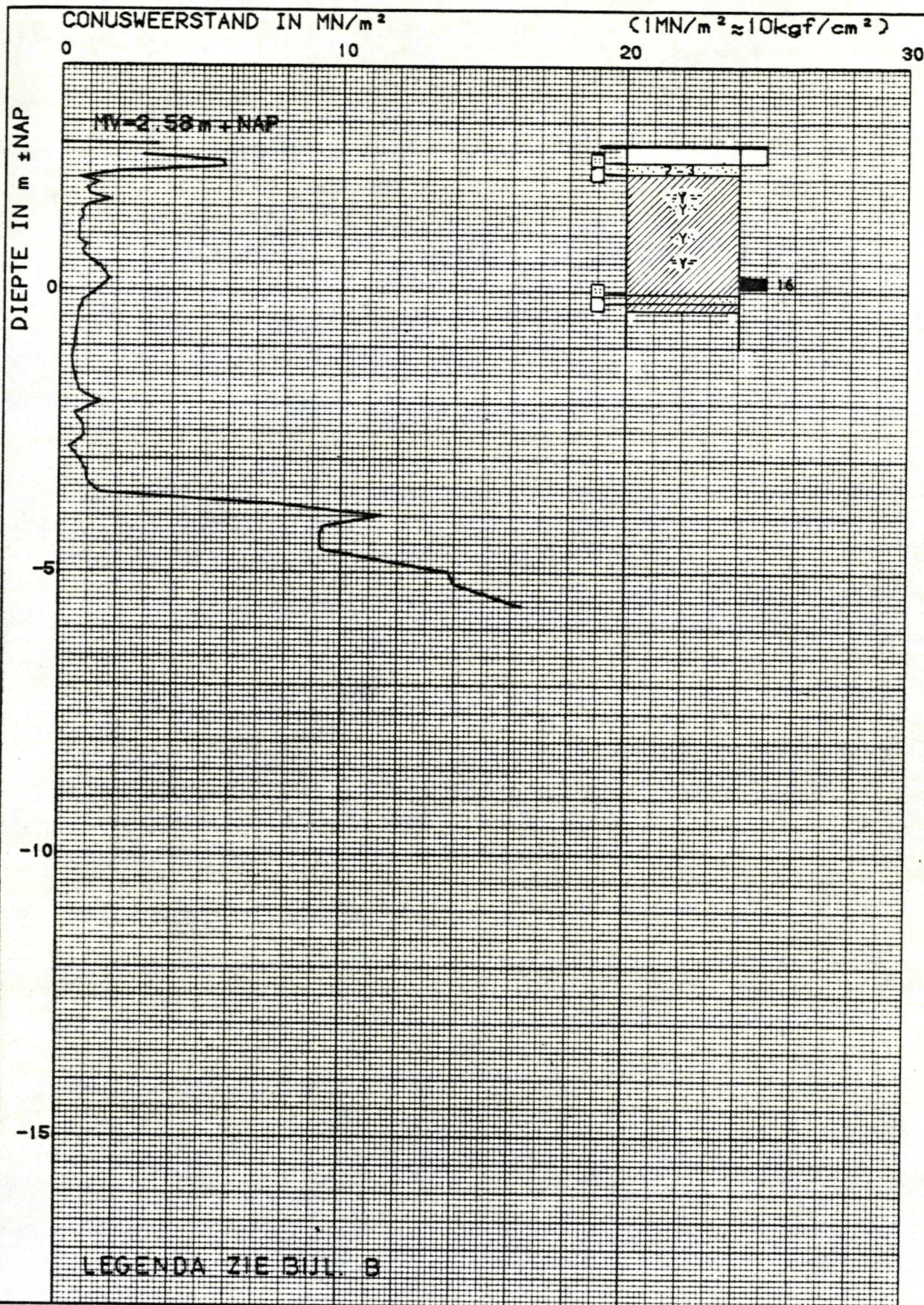
ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISELEIDINGEN EN GROND
VERPLAATSMETING
METING B SECTIE 14 UTNG

CO- 265771

BIJL. 4

form.

A₄



uitgevoerd volgens nen 3680

meetbereik:

conusweerstand
plaatselijke wrijving

25 MN/m^2
 MN/m^2

* mechanisch discontinu:
* mantelconus
kleefmantelconus

electrisch continu:
conus
kleefmantelconus
ingesnoerd
cylindrisch

n.b. * is van toepassing



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 569223

postbus 69, 2600 AB delft

uitgevoerd d.d.

81-12-22

get.

M

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND

MIDDELZWARE SONDERING 10 EN BORING

X=

Y=

km
km

CO-265771

BIJL. 5

form.

A4

CONUSWEERSTAND IN MN/m²(1 MN/m² ≈ 10 kgf/cm²)

0 10 20 30

DIEPTE IN m ± NAP

MV=2.55 m ± NAP

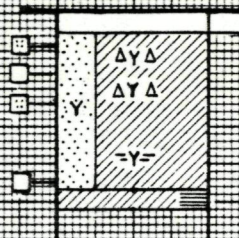
0

-5

-10

-15

LEGENDA ZIE BIJL. B



uitgevoerd volgens nen 3680

meetbereik

conusweerstand

plaatselijke wrijving

25 MN/m²
MN/m²

* mechanisch discontinu

* mantelconus

kleefmantelconus

electrisch continu

conus

kleefmantelconus

ingesnoerd

cylindrisch

n.b. * is van toepassing



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) 569223

postbus 69, 2600 AB delft

uitgevoerd d.d.

81-12-23

get.

M

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND

CO-265771

MIDDELZWARE SONDERING 11 EN BORING

X=

Y=

km

km

BIJL. 6

form.

A4

0

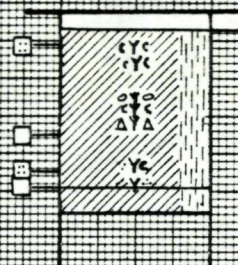
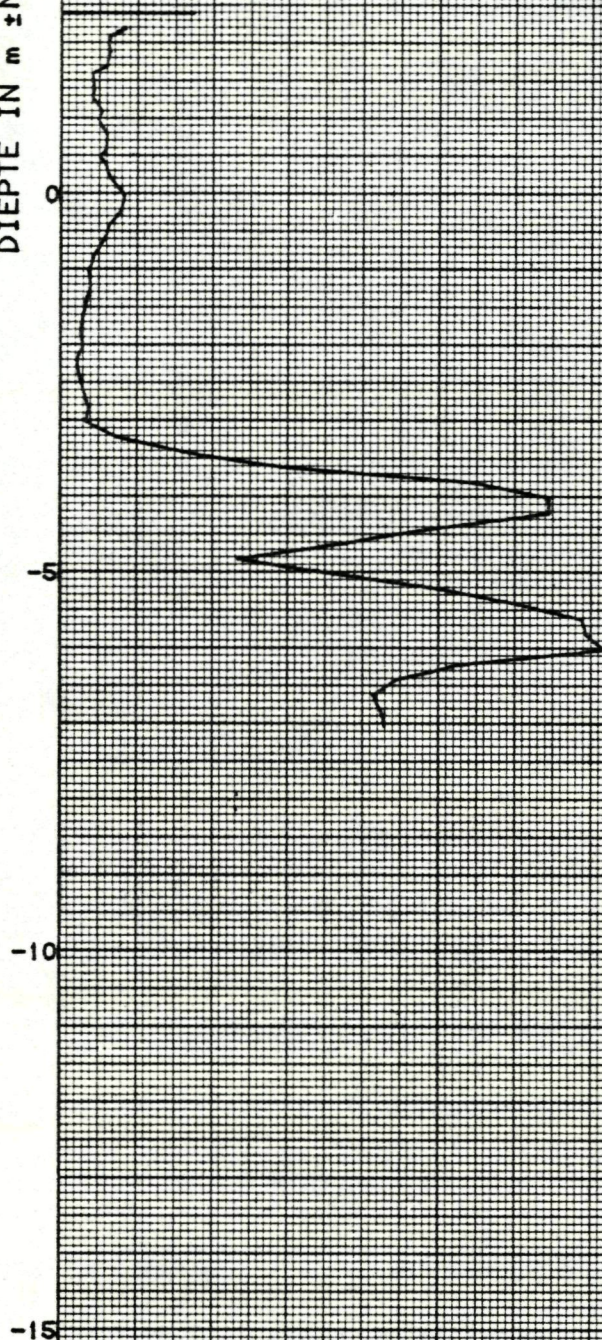
10

20

30

DIEPTE IN m ± NAP

MV = 2.39 m ± NAP



LEGENDA ZIE BIJL. B

uitgevoerd volgens nen 3680

meetbereik
conusweerstand
plaatselijke wrijving

25 MN/m²
MN/m²

* mechanisch discontinu:
* mantelconus
* kleefmantelconus

electrisch continu:
conus
kleefmantelconus
ingesnoerd
cylindrisch

n.b. * is van toepassing



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon (015)-569223

postbus 69, 2600 AB delft

uitgevoerd d d

81-12-21

get

M

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND

CO-265771

MIDDELZWARE SONDERING 12 EN BORING

X=

Y=

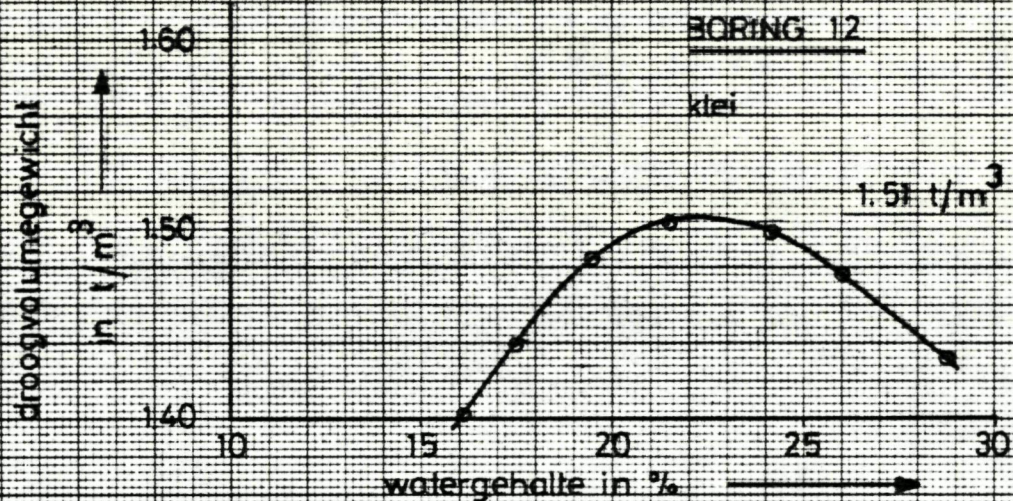
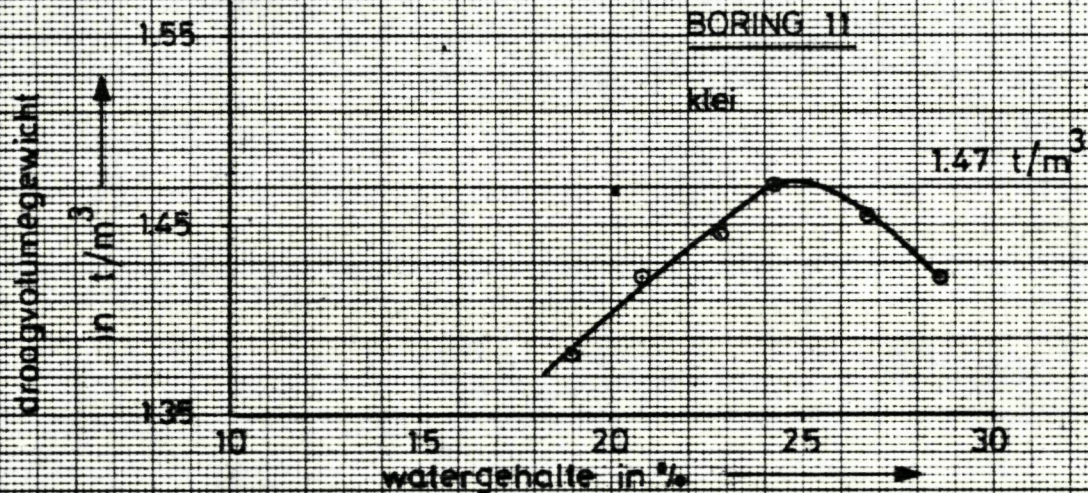
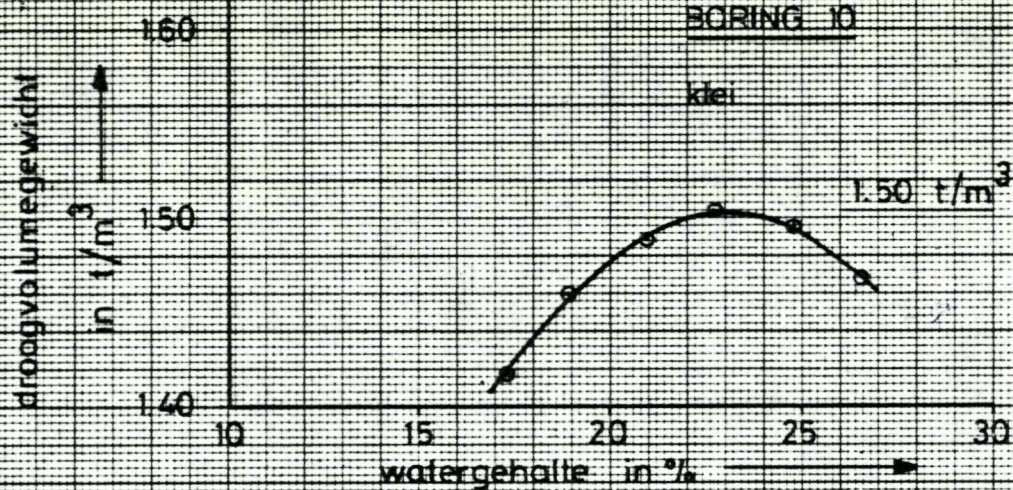
km

km

BIJL. 7

form

A4



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telefax: 33326 solab nl

d.d.

get.
M.

ONDERZOEK NAAR WRIJVING TUSSEN
BUISLEIDINGEN EN GROND

CO-265771

gec.

RESULTAAT PROCTORPROEVEN

BIJL. 8

form.
A₄

▽	MIDDELZWARE SONDERING	}	INDRING - WEERSTAND MAX 35 kN
▽ ^K	MIDDELZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGSMETING		
▽	ZWARE SONDERING	}	MAX 120 kN
▽ ^K	ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGSMETING		
▽ ^{KW}	ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN WATERSPANNINGSMETING		
▽ ^{KH}	ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN HELLINGMETING		
▽ ^{KD}	ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN DICHTHEIDSMETING		
▽ ^W	ZWARE SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING		
▽	EXTRA ZWARE SONDERING		
▽ ^K	EXTRA ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGSMETING	}	MAX 200 kN
▽ ^{KW}	EXTRA ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN WATERSPANNINGSMETING		
▽ ^{KH}	EXTRA ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN HELLINGMETING		
▽ ^{KD}	EXTRA ZWARE SONDERING MET PLAATSELIJKE WRIJVINGS-EN DICHTHEIDSMETING		
▽ ^W	EXTRA ZWARE SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING		

DE 5 ONDERSTAANDE BORINGEN ZIJN ONDERKENNINGSBORINGEN

- SPITSMUISBORING Ø 26 mm
- ⊗ SPITSMUISBORING Ø 66 mm
- ⊙ GUTSBORING (HANDBORING)
- ⊗ BEGEMANNBORING Ø 29 mm (CONTINU GESTOKEN ONGESTOORD MONSTER)
- ⊕ ACKERMANNBORING ZONDER ONGEROERDE MONSTERS

DE 3 ONDERSTAANDE BORINGEN DIENEN TEvens VOOR MONSTERONDERZOEK

- ⊗ BEGEMANNBORING Ø 66 mm (CONTINU GESTOKEN ONGEROERD MONSTER)
- ⊕ ACKERMANNBORING MET ONGEROERDE MONSTERS
- PULSBORING MET ONGEROERDE MONSTERS
- OVERIGE BORINGEN MET OF ZONDER ONGEROERDE MONSTERS

- ⊗ OPEN PEILBUIJS ⊗ WATERSPANNINGSMETER (DIVERSE TYPEN)
- ZAKBAAK × VANE PROEF



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

teleex: 33326 solab nl

d.d.

1983-01-01

get.

gec.

form.

ALGEMENE LEGENDA TERREINONDERZOEK

BIJL. A

A4

Foto's	Tekeningen	Beschrijving	Boorkolommen
O		Opgebrachte grond	Hoofdbestanddelen met hoofdletters ; bestanddelen met kleine letters nader onderscheiden aldus : (...) voor zwak ... houdend of ... ig , ... voor matig ... houdend of ... ig en ... voor sterk ... houdend of ... ig houdend indien bepaald d.m.v. fractieanalyse ... ig bij alle andere wijzen van bepaling
T		Teelaarde, zwarte gr.	
Lu		Lutum d.i. uitsluitend...	
K		Klei	
M		Mergel	Bijbestanddeel Precisie : geschat * met water geschud fractieanalyse
L		Leem	
Lö		Löss	
S		Silt	
Z		Zand	Laagscheiding Precisie : onzeker benaderd zeker
G		Grind	
R		Stenen, keien, (R)otsblokken	
IJ		(land)-ijsafzetsel m.n. keileem (keikleij)	
P		Potklei	
Pr		Plantenresten	
H		Humus	
V		Veen	
N		Niet nader benoemde (humeuze) slappe grond, modder, e.d.	Z1 (k) Zand, fijn, zwak kleig met Kleilaagjes KX KX K3 Klei, stijf, fijn zandig met Veenstukjes Z1 Zand, fijn, sterk silthoudend met KX Kleilaagjes en Veenstukjes VY VY G1 Z3 Grind, fijn, Zand, grof KX Afwisselend Zand- en Kleilaagjes ZX ZX KY Kleistukje (plaatselijk) VY VY VX Veenlaagje (plaatselijk) VX VX
A		As, sintels	
Ho		Hout	
B		Brokken, baksteen, puin, e.d.	
Co		Concreties	
C		Schelpen	
W		Water	
.... X -... laagjes Y -... stukjes			Kalkvrij Met sporen kalk Met weinig kalk Met kalk Met veel kalk
Samenhangende grond : 1 slap 2 middelmatig slap of stijf 3 stijf		Niet samenhangende grond : 1 fijn 2 middelkorrelig 3 grof	



laboratorium voor grondmechanica delft

telefoon: (015) - 56 92 23

telex: 33326 solab nl

d.d.

1977-01-01

get.

H.Vink

gec.

form.

ALGEMENE LEGENDA GRONDAANDUIDING

BIJL. B

A4

