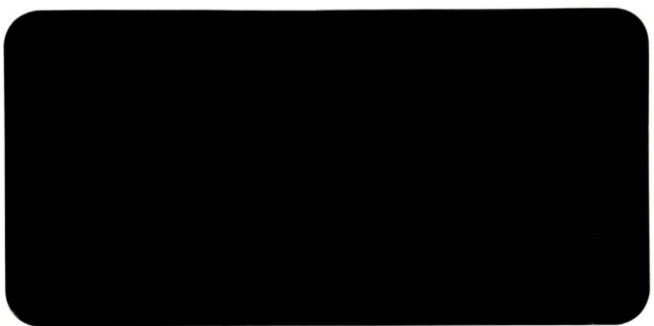




GRONDMECHANICA
DELFT



**Horizontale buisbelastingsproef
in klei en zand
te Nieuwerkerk a/d IJssel**

**CO-350560/12
maart 1995**

pag. 2, 3, 5, 37, 41, 42, 43, 44



Provincie Zuid-Holland
Dienst Water en Milieu
Afdeling Waterstaatszaken
t.a.v. ir. R.A.J. de Kock
Postbus 90602

Project Bergambachtleiding

Postbus 2, 2750 AA Moerkapelle
Raadhuisplein 1, Moerkapelle
Tel 01793-1940
Fax 01793-2057

Provincie Bestuur van Zuid-Holland	
Dienst Water en Milieu	
Ingekomen dd.	Reg. nr.
27 MAART 1995	DWM
Klass.nr.	Stuk nr.
Afd.	Bur.
Stapnr.	
Projectnr.	1e stapstuknr.

Plaats : Moerkapelle
Datum : 23 maart 1995
Kenmerk : MP 950143U DOC

Hierbij zenden wij u het volgende:

x de definitieve versie van het door Grondmechanica Delft opgestelde rapport
"horizontale buisbelastingsproef in klei en zand" met kenmerk CO-350560/12 d.d.
maart 1995

- ☐ ter goedkeuring
- ☐ ter commentaar
- ☐ naar aanleiding van uw brief d.d.
- ☐ op uw verzoek
- ☐ in dank retour

x ter informatie

- ☐ volgens afspraak
- ☐ ter ondertekening
- ☐ s.v.p. retourneren

x voor nadere inlichtingen kunt u zich wenden tot: T.A. Wester

Hoogachtend,


H.L.A. van Oord,
technisch coördinator





**GRONDMECHANICA
DELFT**

**Horizontale buisbelastingsproef
in klei en zand
te Nieuwerkerk a/d IJssel**

CO-350560/12
maart 1995
Ldw/350560co.12n

Opgesteld in opdracht van:
N.V. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland
Postbus 34
2270 AA Voorburg

AFDELING FUNDERINGSTECHNIEK EN ONDERGRONDSE WERKEN

projectleider: ir. J.C. Landwehr
: D. van Noortwijk
projectbegeleider: ir. H.J.A.M. Hergarden

GRONDMECHANICA DELFT
Stieltjesweg 2, 2628 CK DELFT
Postbus 69, 2600 AB DELFT

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21
Postbank 234342
Bank MeesPierson NV
Rek.nr. 25.92.35.911



Rapport nr.: CO-350560/12		Datum rapport: maart 1995			
Titel en sub-titel:		Behandelende afdeling: F.O.W.			
		Projectnaam: Horizontale buisbelastingsproef in klei en zand te Nieuwerkerk a/d IJssel			
Projectleider(s): ir. J.C. Landwehr		Projectbegeleider(s): ir. H.J.A.M. Hergarden			
Naam en adres opdrachtgever: N.V. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland Postbus 34 2270 AA Voorburg Projectbureau Bergambachtleiding postbus 2 2750 AA Moerkapelle		Referentie opdrachtgever:			
		Verzonden in: 15 -voud			
		Type rapport:			
Samenvatting rapport: In het kader van het project 2e Bergambachtleiding zijn in opdracht van NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland twee belastingsproeven op een betonnen buis uitgevoerd. Het doel van de uitgevoerde proeven is: -inzicht krijgen in het verloop van de horizontale grondreactie als functie van de verplaatsing -bepalen van het verschil tussen een sleufaanvulling bestaande uit klei (uitgekomen grond) en met zand -vergelijken van gemeten waarden met vooraf berekende waarden -bepalen van het verband tussen het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie. In dit rapport zijn de resultaten van de proeven weergegeven, geanalyseerd en vergeleken met vooraf berekende waarden. Daarnaast is met behulp van een hyperbolische benadering van het kracht-verplaatsingsdiagram een verband bepaald tussen het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie. Tenslotte zijn enkele aanbevelingen gedaan met betrekking tot de sleufaanvulling en de bepaling van het horizontaal beddingsgetal.					
Opmerkingen:					
Trefwoorden: leiding, horizontale drukproef, horizontale grondreactie, horizontaal beddingsgetal		Verspreiding:			
Opgeslagen op onder titel: 350560co.12n				Aantal blz.:	
Versie:	Datum:	Opgesteld door:	Paraaf:	Gecontroleerd door:	Paraaf:
1	1994-11-30	ir. J.C. Landwehr/ D. van Noortwijk		ir. H.J.A.M. Hergarden	
2	1995-03-20	ir. J.C. Landwehr/ D. van Noortwijk		ir. H.J.A.M. Hergarden	

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Probleemstelling	5
1.3 Doel van de proef en afbakening	6
2 Projectinformatie	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Werkzaamhedenverdeling	7
2.3 Grondbeschrijving	7
2.3.1 Grondonderzoek	7
2.3.2 Grondopbouw, polderpeilen en stijghoogtes	8
2.3.3 Grondparameters	8
3 Uitvoering van de belastingsproeven	9
3.1 Algemene beschrijving	9
3.2 Proefbelasting- en meetapparatuur	10
3.3 Meetopzet	11
3.4 Proefbelastingprocedure	14
3.5 Uitvoering van de proef	14
4 Predicties belastingsproeven	17
4.1 Kleiaanvulling	17
4.1.1 Inleiding	17
4.1.2 Rekenmethoden	17
4.1.3 Resultaat	19
4.2 Zandaanvulling	21
4.2.1 Inleiding	21
4.2.2 Rekenmethoden	21
4.2.3 Resultaat	21
5 Resultaten belastingsproeven	23
5.1 Verwerking meetgegevens	23
5.2 Horizontale belastingsproef in klei	24
5.2.1 Kracht-verplaatsing	24
5.2.2 Gronddrukmetingen	25
5.2.3 Waterspanningsmetingen	25
5.2.4 Hoekverdraaiing en zakking van de buis	25
5.3 Horizontale belastingsproef in zand	26
5.3.1 Kracht-verplaatsingsdiagram	26
5.3.2 Gronddrukmetingen	26
5.3.3 Waterspanningsmetingen	26
5.3.4 Hoekverdraaiing en zakking van de buis	26

6	Analyse Proefresultaten	27
6.1	Inleiding	27
6.2	Kleiaanvulling	27
6.2.1	Grondonderzoek in kleiaanvulling	27
6.2.2	Bepaling grondmechanische parameters P_h^e en k_h	28
6.2.3	Vergelijking predictie met proefresultaat	30
6.2.4	Gronddruk- en waterspanningsmetingen	31
6.2.5	Beweging van de buis	32
6.2.6	Aan de hand van proefresultaten afgeleide beddingsgetallen	32
6.3	Zandaanvulling	33
6.3.1	Grondonderzoek in zandaanvulling	33
6.3.2	Bepaling grondmechanische parameters P_h^e en k_h	34
6.3.3	Vergelijking predictie met proefresultaat	35
6.3.4	Gronddruk- en waterspanningsmetingen	35
6.3.5	Beweging van de buis	36
6.4	Voorgestelde berekening horizontaal beddingsgetal	37
7	Conclusies en aanbevelingen	41
7.1	Conclusies	41
7.1.1	Proefresultaten	41
7.1.2	Vergelijking predicties met proefresultaten	41
7.1.3	Hyperbolische benadering kracht-verplaatsingsdiagram	42
7.2	Aanbevelingen	43
7.2.1	Sleufaanvulling	43
7.2.2	Voorstel bepaling horizontaal beddingsgetal	43
7.2.3	Aanbevelingen met betrekking tot de adviespraktijk	44
	Literatuur	45

BIJLAGEN

Algemeen

S13	Situatie routekaart 13
1	Situatie proeflocatie
2a	Boven-aanzicht proefopstelling
2b	Zij-aanzicht proefopstelling
3a	Boven-aanzicht positie horizontale elektrische verplaatsing opnemers
3b	Zij-aanzicht positie horizontale elektrische verplaatsing opnemers
4a	Boven-aanzicht instrumentatie in de grond achter de proefbuis
4b	Zij-aanzicht instrumentatie in de grond achter de proefbuis
5	A13-10 Begemannboring in ongeroerde grond
5a	Resultaat triaxiaalproef monster1
5b	Resultaat triaxiaalproef monster2
5c	Resultaat samendrukkingsproef
5F	Foto boring A13-10
6	A13-11 Terreinvlinproef
7	A13-12 Sondering in ongeroerde grond
8	A13-13 Sondering in kleiaanvulling
9	A13-13 Begemannboring in kleiaanvulling
9a	Resultaat triaxiaalproef monster 1
9b	Resultaat triaxiaalproef monster 2

- 9F Foto boring A13-13
- 10 A13-14 Sondering in zandaanvulling
- 11 A13-14 Begemannboring in zandaanvulling
- 11a Resultaat korrelverdeling monster 1
- 11b Resultaat korrelverdeling monster 2
- 11F Foto boring A13-14

Horizontale buisbelastingsproef in klei

- 14 Kracht-verplaatsingsdiagram
KN en KZ gesommeerd uitgezet tegen gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis
- 16 Tijd-krachtdiagram;
Krachtopnemers KN, KZ
- 17 Horizontale verplaatsingen;
Verplaatsingsopnemers HN2, HBN, HLN
- 18 Horizontale verplaatsingen;
Verplaatsingsopnemers HZ2, HBZ, HLZ
- 21 Verticale verplaatsing van de zakbaken;
Verplaatsingsopnemers VNB, VZB
- 23 Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDN, HLDZ, en teodolietmeting HN
- 24 Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand;
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 en HZ2-HZ1
- 25 Hoekverdraaiing van de zakbaken;
Hellingmeters ZBN, ZBZ Oost-west richting
- 26 Hoekverdraaiing van de zakbaken;
Hellingmeters ZBN, ZBZ Noord-zuid richting
- 27 Verloop waterspanningen achter de proefbuis;
Waterspanningsmeters PR1, PR2, en PR3
- 28 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
Gronddrukdozen N1, N2, en N3
- 29 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
Gronddrukdozen M1, M2, en M3
- 30 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
Gronddrukdozen Z1, Z2, en Z3

Horizontale buisbelastingsproef in zand

- 68 Kracht-verplaatsingsdiagram
KN en KZ gesommeerd uitgezet tegen gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis
- 70 Tijd-krachtdiagram;
Krachtopnemers KN, KZ
- 71 Horizontale verplaatsingen;
Verplaatsingsopnemers HN2, HBN, HLN
- 72 Horizontale verplaatsingen;
Verplaatsingsopnemers HZ2, HBZ, HLZ
- 75 Verticale verplaatsing van de zakbaken;
Verplaatsingsopnemers VNB, VZB
- 77 Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDN, HLDZ, en teodolietmeting HN
- 78 Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand;

- 79 Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 en HZ2-HZ1
 Hoekverdraaiing van de zakbaken;
 Hellingmeters ZBN, ZBZ Oost-west richting
- 80 Hoekverdraaiing van de zakbaken;
 Hellingmeters ZBN, ZBZ Noord-zuid richting
- 81 Verloop waterspanningen achter de proefbuis;
 Waterspanningsmeters PR1, PR2, en PR3
- 82 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
 Gronddrukdozen N1, N2, en N3
- 83 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
 Gronddrukdozen M1, M2, en M3
- 84 Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis;
 Gronddrukdozen Z1, Z2, en Z3

Foto's

- 120 Foto 'Overzicht proeflocatie;
 voorbereiding instrumentatie kleiproef'
- 121 Foto 'Overzicht meetopstelling;
 detail vijzel, krachtmeetdoos en div. verpl. opnemers'
- 122 Foto 'Overzicht teodolietopstelling;
 detail laser, teodolietopstelling'
- 123 Foto 'Overzicht zakbaken opstelling na de zandproef;
 detail helling en verplaatsingopnemer zakbaak'
- 124 Foto 'Registratie en opslag apparatuur'

APPENDIX

- A Overzicht geregistreerde meetgegevens

Samenvatting

Inleiding

In het kader van de 2^e Bergambachtleiding zijn in opdracht van NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland twee horizontale belastingsproeven op een betonnen buis uitgevoerd. Deze proeven zijn uitgevoerd met het doel inzicht te krijgen in de grondreactie bij een horizontale verplaatsing van de buis in dwarsrichting.

Ter plaatse van horizontale bochten zullen krachten op de grond uitgeoefend worden ten gevolge van de druk in de leiding. Deze horizontale krachten moeten enerzijds opgenomen worden door de leiding zelf en anderzijds door de omringende grond. Om een reactiekracht aan de grond te ontfangen dient de leiding ter plaatse van de bocht een horizontale verplaatsing in dwarsrichting te ondergaan. In het verlengde van de bocht gaat dit over in axiale verplaatsing. Het overdragen van de horizontale krachten in de buis naar de grond gaat dus gepaard met deformaties. De grond moet worden ingedrukt om een tegendruk te kunnen leveren. Dit gedrag van de grond is niet lineair. Bij de sterkteberekening van leidingen echter wordt dit verloop gemakshalve geschematiseerd tot een bilineair verloop. De van belang zijnde grondmechanische parameters zijn het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie.

Doel van de proeven

Het doel van de uitgevoerde proeven is :

- inzicht krijgen in het verloop van de horizontale grondreactie als functie van de verplaatsing.
- het bepalen van het verschil tussen een sleufaanvulling bestaande uit klei (uitgekomen grond) en een sleufaanvulling met zand.
- het vergelijken van de gemeten waarden met de vooraf berekende waarden.
- het bepalen van een verband tussen het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie (rekenmethode op basis van de maximale horizontale grondreactie).

Proefopstelling

De proeven omvatten het horizontaal in dwarsrichting (loodrecht op de as van de leiding) verplaatsen van een betonnen buis met plaatstalen kern met een uitwendige diameter van 1920 mm en een lengte van 5160 mm. Het maaiveld ligt op een niveau van ca. NAP - 6,0 m. De diepte van de sleuf is ca. 3 meter. De dekking op de leiding bedraagt ca. 1 meter. De bovenkant van de buis ligt op ca. NAP - 7,0 meter, de onderkant op ca. NAP - 9,0 meter. De buis is aan de kopse einden afgelast met een stalen plaat. Voorafgaand aan de proeven is de buis gevuld met water. De buis wordt in de verplaatsingsrichting geleid tussen twee damwanden waartegen gladde

rijplaten zijn geplaatst teneinde een 2-dimensionale vervormingstoestand te verkrijgen. De afstand tussen de damwanden bedraagt ca. 5,3 meter. De damwanden zijn met behulp van twee stalen profielen boven het maaiveld onderling afgestempeld.

De sleufaanvulling zal bestaan uit grond die normaliter ook wordt gebruikt, hetzij uitgekomen kleigrond of een zandige aanvulgrond. Tijdens het vullen van de sleuf zal de normale werkmethode gebruikt worden. Dit betekent dat de sleufaanvulling niet of nauwelijks wordt verdicht.

De proef is verplaatsingsgestuurd uitgevoerd (10 mm per 20 min) om scheefdrukken van de buis zoveel mogelijk te voorkomen. Nadat ca. 95% van de maximale horizontale kracht was bereikt is een ontlasting-herbelastingcyclus aangebracht. Tijdens de proef zijn de vijzelkrachten en de horizontale verplaatsingen van de vijzelpluniers, van de zakbaken op de proefbuis, van de damwand tussen de proefbuis en de vijzels en van de reactiedamwand gemeten. Daarnaast zijn de verticale verplaatsingen van de zakbaken gemeten. Met behulp van speciale opnemers zijn metingen verricht van de optredende gronddrukken en waterspanningen voor de buis.

Predicties

Voorafgaand aan de proef zijn predicties gemaakt van de maximale horizontale grondreactie en het horizontaal beddingsgetal met behulp van analytische methoden (Brinch-Hansen) en Eindige Elementen Methode berekeningen (PLUTO). De resultaten zijn in de volgende tabel vermeld.

sleufaanvulling	grondmechanische parameter			
	P_h^e [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ²]		k_h [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]	
	analytisch	EEM	analytisch	EEM
klei	50	43	0,7	-
zand	70	83	0,9	-
P_h^e maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal				

Proefresultaten

Uit de resultaten van de proef zijn de maximale horizontale grondreactie en het horizontaal beddingsgetal afgeleid. De resultaten zijn vermeld in de volgende tabel.

sleufaanvulling	grondmechanische parameter				
	P_h^e [.10 ⁻³ N/mm ²]	k_{h50} [.10 ⁻³ N/mm ³]	k_{h50} (ontl./herbel.) [.10 ⁻³ N/mm ³]	k_{h70} [.10 ⁻³ N/mm ³]	k_{h70} (ontl./herbel.) [.10 ⁻³ N/mm ³]
klei	35	1,8	2,1	0,7	1,0
zand	72	1,9	4,0	1,2	2,9
P_h^e maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal					

Vanwege het stijve gedrag van het kracht-verplaatsingsverloop in de eerste mm's en de vorm van het gehele diagram blijkt dat, aan de hand van de proefresultaten, het horizontaal beddingsgetal het best bepaald kan worden door 70% van de maximale horizontale grondreactie te delen door de bijbehorende verplaatsing. Deze $k_{h,70}$ kan beschouwd worden als het gemiddeld beddingsgetal voor het gehele belastingstraject. Indien de belasting kleiner is dan 50% van de maximale horizontale grondreactie dan kan de $k_{h,50}$ worden gehanteerd.

Uit de tabellen valt op dat de maximale horizontale kracht in de kleiaanvulling bij de predicties is overschat. De in de praktijk aanwezige geroerde kleigrond bleek minder sterk te zijn dan vooraf ingeschat. Het horizontaal beddingsgetal is in de kleiaanvulling ondanks de gebrekkige rekenmethode goed voorspeld. Wel bleek uit de proef dat de klei in de eerste cm verplaatsing veel stijver reageerde. Dit is gedeeltelijk te verklaren door de problemen die bij de sturing van de proef in het begin hebben plaatsgevonden. Afgaande op de ontwikkeling van de waterspanningen voor de proefbuis wordt verwacht dat de horizontale verplaatsing op de lange duur een factor 1,5 hoger zal zijn, dan de gemeten verplaatsing bij deze relatief kortdurende belasting. Voor langdurige belastingen op de buis zal met deze factor rekening gehouden moeten worden.

De maximale horizontale kracht in de zandaanvulling is door de EEM berekening met ca. 10% overschat, door de 'analytische' berekening werd deze redelijk goed voorspeld. Het horizontaal beddingsgetal in de zandaanvulling is door zowel de analytische als de eindige elementen methode lager berekend dan bij de proef gemeten. Deze hogere stijfheid trad met name in de eerste cm's verplaatsing op.

Hyperbolische benadering

Het kracht-verplaatsingsdiagram blijkt goed te kunnen worden benaderd door de volgende hyperbolische functie [Audibert/Nyman 1977]:

$$p = \frac{y}{A' + B' * y}$$

Aan de hand van de berekende maximale horizontale grondreactie kan het horizontaal beddingsgetal afgeleid worden. De berekende $k_{h,70}$ benaderd het beste het gemiddelde beddingsgetal voor het gehele belastingstraject. Het voordeel van deze methode is dat het horizontaal beddingsgetal nu afhankelijk is van de horizontale grondreactie, hetgeen fysisch gezien juist is dan de afleiding op basis van de verticale grondreactie. De met behulp van de hyperbolische functie afgeleide beddingsgetallen zijn weergegeven in de volgende tabel en blijken overeen te komen met de uit de proef afgeleide waarden.

sleufaanvulling	grondmechanische parameter		
	P_h^e [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ²]	$k_{h,50}$ [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]	$k_{h,70}$ [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]
klei	35	0,8	0,6
zand	72	1,8	1,2
P_h^e maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal			

Uitvoering

Het vervangen van de sleufaanvulling door zand kan wanneer de oorspronkelijke grond bestaat uit slappe klei leiden tot een sterke verhoging van het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie. De zandaanvulling zal over een breedte van minimaal $1 \cdot D$ ter hoogte van de buis-as aanwezig moeten zijn om voldoende passieve weerstand te kunnen ontwikkelen.

De uitvoering dient, met name bij bochten, met grote zorgvuldigheid plaats te vinden. De tijdsduur tussen het aanvullen van de sleuf en het afpersen van de leiding dan wel het in gebruik nemen ervan, speelt hierbij een belangrijke rol. Naarmate de periode tussen aanvullen en in gebruik nemen (afpersen) langer wordt, zal het reconsolidatieproces verder gevorderd zijn. Door het reconsolideren zal de sterkte van de grond toenemen.

Adviespraktijk

Aan de hand van de uit de proefresultaten wordt aanbevolen in het vervolg $k_{h,70}$ te hanteren voor het beddingsgetal. Voor lage belastingen betekent dit voor bochten een conservatieve benadering.

Daarnaast wordt aanbevolen in verband met de geroerde grond in de sleuf een gereduceerde sterkte van de sleufaanvulling te hanteren. Afgaande op de bij deze proef bepaalde sterkteparameters zou de gereduceerde sterkte circa 70 à 80% van de oorspronkelijke waarde moeten bedragen.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In het kader van de 2^e Bergambachtleiding zijn in opdracht van NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland twee horizontale belastingsproeven op een betonnen buis uitgevoerd. Deze proeven zijn uitgevoerd met het doel inzicht te krijgen in de grondreactie bij een horizontale verplaatsing van de buis in dwarsrichting.

Voor de sterkteberekening van de leiding zijn grondmechanische gegevens nodig. Deze parameters worden berekend op basis van het uitgevoerde grondonderzoek. De berekeningen worden uitgevoerd conform de NEN normen 3650 en 3651 en de Pijpleidingcode (studiegroep pijpleidingen voor gassen en vloeistoffen, provincie Zuid Holland). Ten behoeve van het ontwerp van de tweede Bergambachtleiding tussen Bergambacht en de duinen van Wassenaar worden veel van dergelijke berekeningen uitgevoerd. Naast de vereiste sterkteberekeningen bij kruisingen worden ook veel berekeningen uitgevoerd om het gedrag van de leiding ter plaatse van horizontale bochten vast te stellen. In een bespreking d.d. 1 maart 1994, betreffende 'Grondmechanische aspecten van een buisleiding in slappe gronden', is in het bouwteam de wens geuit een proef uit te voeren om de in de praktijk optredende horizontale grondreactie op een buisleiding vast te stellen en te vergelijken aan het vooraf voorspelde gedrag van de grond.

1.2 Probleemstelling

In vrijwel elke transportleiding zijn horizontale bochten aanwezig, variërend van flauw tot praktisch 90 graden. Hierdoor zullen ter plaatse van deze bochten in horizontale richting gezien krachten op de grond uitgeoefend worden ten gevolge van de druk in de leiding. De horizontale krachten moeten enerzijds opgenomen worden door de leiding zelf en anderzijds door de omringende grond. Om een reactiekracht aan de grond te ontfangen dient de leiding ter plaatse van de bocht een horizontale verplaatsing in dwarsrichting te ondergaan. In het verlengde van de bocht gaat dit over in axiale verplaatsing. Bij het gebruik van voorgespannen betonbuizen die door middel van een mof-spie met rubberring verbinding gekoppeld zijn kunnen de buizen in het verlengde van de bocht uit elkaar schuiven wanneer de onderlinge verplaatsing te groot is. In dit geval zullen in plaats van voorgespannen buizen, betonbuizen met een plaatstalen kern toegepast moeten worden. De lengte waarover deze buizen moeten worden toegepast hangt af van de mate waarin de kracht overgedragen wordt aan de grondaanvulling en de toelaatbare maximale axiale verplaatsing van de voorgespannen betonbuizen (voegbreedte).

Het overdragen van de horizontale krachten in de buis naar de grond gaat gepaard met deformaties. De grond moet worden ingedrukt om een tegendruk te kunnen leveren. Dit gedrag

van de grond is niet lineair. In het begin reageert de grond stijf. Bij toenemende verplaatsing wordt de grond slapper. Uit de literatuur is bekend dat dit kracht-vernimmingsverloop redelijk goed benaderd kan worden door een hyperbool. Bij de sterkteberekening van leidingen echter wordt dit verloop gemakshalve geschematiseerd tot een bilineair verloop.

De van belang zijnde grondmechanische parameters zijn het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie. Met name het horizontaal beddingsgetal is een moeilijk te bepalen parameter. Deze parameter is van een aantal factoren afhankelijk. Genoemd kunnen worden de sleufaanvulling (materiaal en dichtheid), de diameter van de leiding, de grondgesteldheid buiten de sleuf en de mate van verplaatsen van de buis. Vaak wordt gemakshalve de waarde van het horizontaal beddingsgetal gekoppeld aan het verticaal beddingsgetal ($k_h = \text{ca. } 0,7 k_v$). Bij uitzondering is dit een juiste benadering (homogene grond). In de meeste gevallen is deze benadering niet juist. Er is immers veelal sprake van geroerde grond naast de buis.

1.3 Doel van de proef en afbakening

Het doel van de uitgevoerde proeven is :

- inzicht krijgen in het verloop van de horizontale grondreactie als functie van de verplaatsing.
- het bepalen van het verschil tussen een sleufaanvulling bestaande uit klei (uitgekomen grond) en een sleufaanvulling met zand.
- het vergelijken van de gemeten waarden met de vooraf berekende waarden.
- het bepalen van een verband tussen het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie (rekenmethode op basis van de maximale horizontale grondreactie).

De sleufaanvulling zal bestaan uit grond die normaliter ook wordt gebruikt, hetzij uitgekomen kleigrond of een zandige aanvulgrond. Tijdens het vullen van de sleuf zal de normale werkmethode gebruikt worden. Dit betekent dat de sleufaanvulling niet of nauwelijks wordt verdicht.

2 Projectinformatie

2.1 Algemeen

De proef is uitgevoerd op een beschikbare locatie langs het Bergambachtleiding tracé, waar voornamelijk zeer slappe klei aangetroffen werd. Gekozen is voor de locatie langs de A20 en de Derde Tochtweg te Nieuwerkerk a.d. IJssel, ook wel 'Rabbit Hill' genoemd, zie bijlage 1. De bij de proef gebruikte buis is van een type dat bij de transportleiding (2e Bergambachtleiding) veelvuldig is gebruikt. De eigenschappen van het buistype zijn vermeld in Tabel 2.1.

Buistype	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Gewicht [kN/m']	Opdrijving [kN/m']	Drijfvermogen [kN/m']	Gewicht water-vulling [kN/m']
beton met plaatstalen kern	1600	160	23,35	28,95	5,60	20,11

Tabel 2.1 Eigenschappen gebruikte buistype

2.2 Werkzaamhedenverdeling

Ten behoeve van dit project zijn de te leveren diensten globaal als volgt verdeeld:

- Algemene voorbereiding door DZH, Grontmij, Visser & Smit Hanab en Grondmechanica Delft.
- Ontwerp en de inrichting van de proeflocatie (tekening met kenmerk, 910585-L-X-1000) door Visser & Smit Hanab.
- Proefbuis ter beschikking gesteld door DZH.
- Predictie van de proefresultaten door Grondmechanica Delft.
- Uitvoering en begeleiding van de proeven door Grondmechanica Delft
- Verwijderen van kleiaanvulling in proefsleuf en aanbrengen van zandaanvulling door Visser & Smit Hanab.
- Uitwerking en de rapportage van de metingen door Grondmechanica Delft.

2.3 Grondbeschrijving

2.3.1 Grondonderzoek

Ten behoeve van het onderzoek is voorafgaand aan de proef grondonderzoek uitgevoerd. Het grondonderzoek heeft bestaan uit een sondering (A13-12), een Begemannboring met een diameter

van 66 mm (A13-10) en een terreinvlinproef (A13-11).

De sondering, met meting van de plaatselijke kleef, is uitgevoerd tot een diepte van ca. 10 m. Het resultaat van de sondering is weergegeven op bijlage 7. De Begemannboring is in het laboratorium uitgelegd, beschreven en gefotografeerd. De boorbeschrijving is weergegeven op bijlage 5. De foto is weergegeven op bijlage 5F. Het resultaat van de terreinvlinproef is weergegeven op bijlage 6.

2.3.2 Grondopbouw, polderpeilen en stijghoogtes

Het maaiveld op de proeflocatie ligt op ca. NAP - 6,0 m. Tot ca. NAP - 6,7 m wordt een zwak humeuze matig siltige kleilaag aangetroffen. Hieronder bevindt zich zwak humeuze, matig siltige slappe klei tot ca. - 10,7 m. Deze laag heeft tot ca. NAP - 10 m een zeer lage conusweerstand en vrijwel geen plaatselijke wrijving. Tot ca. NAP - 12,0 m wordt veen aangetroffen. Tussen ca. NAP - 12,0 en - 13,0 m bevindt zich een kleilaag. Vanaf NAP - 13 m wordt een pleistoceen zandpakket aangetroffen.

Het polderpeil bedraagt ca. NAP - 6,60 m. In Tabel 2.2 zijn peilbuiswaarnemingen (P13-02) weergegeven van het freatische grondwater met een gemiddelde stand per maand. De stijghoogte in het pleistocene zandpakket bedraagt ca. NAP - 5,7 m. Peilbuis P13-02 bevindt zich op een afstand van ca. 500 m van de onderzoekslocatie.

peilbuisnummer	waarnemingen [m tov NAP]			
	juni	juli	oktober	november
P13-02L	- 6,3	- 6,1	- 6,1	- 6,0

Tabel 2.2 Peilbuiswaarnemingen

2.3.3 Grondparameters

Ten behoeve van de bepaling van grondparameters is enerzijds gebruik gemaakt van empirische relaties tussen de betreffende parameter en de conusweerstand en anderzijds van de resultaten van de uitgevoerde laboratoriumproeven.

Van de booropbrengst is de volumieke massa per meter boring bepaald. De volumieke massa's zijn weergegeven op de boorbeschrijving. Uit de booropbrengst zijn 2 monsters in een triaxiaalapparaat beproefd en 1 monster in een samendrukkingsapparaat. De resultaten van deze proeven zijn weergegeven in de bijlagen 5a, 5b en 5c.

De bepaalde grondparameters zijn in Tabel 2.3 weergegeven.

diepte [m tov mv]	diepte [m tov NAP]	q_c [MPa]	γ_s [t/m ³]	c_u [kN/m ²]	E_u (triaxiaal) [kN/m ²]	C'_p / C'_s [-]
0 / -0,5	-6,0 / -6,5	1	1,60	-	-	-
-0,5 / -1,0	-6,5 / -7,0	0,2	1,43	7	-	-
-1,0 / -1,5	-7,0 / -7,5	0,1	1,43	19	-	-
-1,5 / -2,0	-7,5 / -8,0	0,1	1,40	14	2200	-
-2,0 / -2,5	-8,0 / -8,5	0,1	1,40	13	2200	8,8 / 31,0
-2,5 / -3,0	-8,5 / -9,0	0,1	1,43	15	2600	-
-3,0 / -3,5	-9,0 / -9,5	0,1	1,43	14	2600	-
-3,5 / -4,0	-9,5 / -10,0	0,2	1,42	15	-	-
q_c conusweerstand gemeten met sondering γ_s volumieke massa (nat) c_u ongedraineerde cohesie E_u ongedraineerde elasticiteitsmodulus uit triaxiaalproef C'_p / C'_s samendrukkingscoëfficiënten						

Tabel 2.3 Grondparameters van de oorspronkelijke grond

3 Uitvoering van de belastingsproeven

3.1 Algemene beschrijving

De proeven omvatten het horizontaal in dwarsrichting (loodrecht op de as van de leiding) verplaatsen van een buis met een uitwendige diameter van 1920 mm en een lengte van 5160 mm. De diepte van de sleuf is ca. 3 meter. De dekking op de leiding bedraagt ca. 1 meter. De bovenkant van de buis ligt op ca. NAP - 7,0 meter, de onderkant op ca. NAP - 9,0 meter. De buis is aan de kopse einden afgelast met een stalen plaat. Voorafgaand aan de proeven is de buis gevuld met water.

De buis wordt in de verplaatsingsrichting geleid tussen twee damwanden waartegen gladde rijplaten zijn geplaatst teneinde een 2-dimensionale vervormingstoestand te verkrijgen. De afstand tussen de damwanden bedraagt ca. 5,3 meter. De damwanden zijn met behulp van twee stalen profielen boven het maaiveld onderling afgestempeld.

Aan de buis zijn twee afstempelconstructies vastgemaakt waarop via twee vijzels de kracht opgebracht kan worden. De vijzels worden op druk gebracht met behulp van twee pneumatisch

aangedreven hydrauliekpompen, die de olie in de vijzels pompen. De reactieconstructie voor de vijzels bestaat uit een gekoppelde damwand-constructie. Een en ander is weergegeven op de bijlagen 2a en 2b. De reactieconstructie ligt evenwijdig aan de buis. De afstand tussen de buis en de reactieconstructie bedraagt ca. 1 meter.

De proef is twee maal uitgevoerd. Bij de eerste proef is de sleuf aangevuld met uitgekomen kleigrond; bij de tweede proef is zand als aanvulmateriaal gebruikt. Het aanvullen van de sleuf heeft plaatsgevonden op de gebruikelijke wijze, d.w.z. dat de kleiaanvulling licht is aangedrukt met de kraanbak. Het zand is zonder aanvullende behandelingen losgestort aangebracht.

Tijdens de proef zijn de horizontale kracht en verplaatsing van de buis gemeten. Daarnaast zijn ook de horizontale gronddrukken en de waterspanningen achter de buis gemeten.

3.2 Proefbelasting- en meetapparatuur

Ten behoeve van de uitvoering van de proeven is gebruik gemaakt van de volgende apparatuur :

- a. diverse meetsystemen voor meting van de belasting, verplaatsing, de gronddrukken en de waterspanningen
- b. hydrauliek voor de sturing van de twee vijzels
- c. registratie-apparatuur en apparatuur voor opslag van de meetgegevens.

ad a.

De meetsystemen omvatten:

- 2 krachtmeetdozen met versterkers, bereik maximaal elk 1000 kN
- 10 elektrische verplaatsingopnemers met versterkers, bereik maximaal 500 mm
- 1 waterpasinstrument type Wild N3
- 2 teodolieten type Wild T2 en T16 in combinatie met 2 dioden-lasers en 4 verplaatsingsdetectoren
- 9 elektrische gronddrukdozen in de sleufaanvulling achter de buis
- 3 PR waterspanningsmeters in de sleufaanvulling achter de buis
- 2 conus-hellingmeters in twee richtingen op de zakbaken van de buis.

ad b.

De hydrauliek bestaat uit:

- luchtcompressor
- 2 luchtgestuurde hydrauliekpompen
- 2 vijzels met een bereik van elk maximaal 1000 kN en een slag van 200 mm.

ad c.

De registratie- en dataopslagapparatuur bestaat uit:

- een 6-kanaalsrecorder, waarop zijn aangesloten:
 - * 2 krachtmeetdozen
 - * 2 elektrische verplaatsingopnemers
 - * 4 laserdetectoren

- een datalogger, waarop zijn aangesloten;
 - * 2 krachtmeetdozen
 - * 4 laserdetectoren
 - * 10 elektrische verplaatsingopnemers
 - * 9 gronddrukopnemers
 - * 3 PR waterspanningmeters
 - * 4 hellingmeetsignalen (2 x 2 richtingen).

Bij het bovengenoemde meetsysteem is gebruik gemaakt van:

computer	: HP 382
programmeertaal	: Basic 6.2
optische disk	: HP 650A
datalogger	: HP 3852A
versterkers a	: HBM KWS 3020B
versterkers b	: HBM MGT 231

Het meetprogramma van dit registratie-systeem heeft bestaan uit:

aantal kanalen	: 43
meetbereik	: plus en min 10 volt
meetfrequentie	: 1 Hz
maximale meetduur	: 4 uur per file, 7 dagen zonder onderbreking

De verwerking is gebeurt met het programma DaDisp. De data worden automatisch van de optische disk ingelezen en na bewerking in standaard formaat geplot.

3.3 Meetopzet

Ten behoeve van het bepalen van de opgebrachte kracht en de verplaatsing van de proefbuis zijn de volgende metingen elektrisch uitgevoerd :

- krachtmeting op beide stempels van het buisstuk
- horizontale verplaatsing van beide stempels c.q proefbuis (relatief t.o.v. de damwand tussen de proefbuis en de vijzels en absoluut t.o.v. een laserlijn)
- totale vijzelslag sturing
- horizontale verplaatsing van de damwand tussen de proefbuis en de vijzels t.o.v. een laserlijn

- hoogte-verandering van beide stempels
- verticale verplaatsing van de twee zakbaken op de proefbuis
- horizontale verplaatsing van de twee zakbaken op de proefbuis
- hoekverdraaiing in twee richtingen loodrecht op elkaar van de twee zakbaken

De verticale verplaatsing van de twee zakbaken op de proefbuis zijn ook met een waterpasinstrument gecontroleerd. Tevens is de horizontale verplaatsing van de damwand tussen de proefbuis en de vijzels absoluut gemeten met behulp van een teodoliet.

Deze extra visuele metingen hebben enerzijds tot doel het controleren van de elektrische metingen en anderzijds dat er bij een eventuele elektrische storing toch nog voldoende informatie over de proef beschikbaar is.

Naast de voorgaande metingen zijn ook de volgende (elektrische) metingen uitgevoerd :

- horizontale gronddruk op 9 plaatsen achter de buis
- waterspanningen op 3 plaatsen achter de buis

Gedurende de proefperiode zijn alle elektrische signalen elke seconde geregistreerd.

In Tabel 4.1 is het meet- en instrumentatie schema weergegeven. Aangegeven is welke meting door welk meetinstrument is uitgevoerd, hoeveel instrumenten zijn gebruikt, de codering en het type uitlezing en opslag.

De noord- en zuidzijde aanduiding van de proeflocatie zoals deze in dit rapport wordt gehanteerd voor de verschillende meetsystemen komen niet overeen met het geografische noorden en zuiden. De noordzijde van de proeflocatie dat in dit rapport wordt bedoeld komt overeen met de zijde welke het dichtst bij rijksweg A20 is gelegen. Dit is geografisch gezien de zuid-oostrichting.

CO-350560/12

maart 1995

Functie van de meting	Meetinstrument	Aantal	Codering	Type uitlezing en opslag
Horizontale belasting op de proefbuis	Krachtmeeotoos, bereik: 1000 kN, afleesnauwkeurigheid: 1 kN	2	KN-KZ	a: lijnschrijver, b: visuele uitd. display, c: datalogger
Horizontale belasting op de proefbuis	Manometers op de vijzels, bereik: 150 bar.	2	MIN-MZ	a: visueel, b: gegevens noteren
Horizontale verplaatsing vijzel-cylinders c.q. proefbuis t.o.v. de laserlijnen N en Z	Laserdiode met detector, bereik: 200 mm, meetnauwkeurigheid: 0,1 mm	2	HLN-HLZ	a: lijnschrijver, b: datalogger
Horizontale verplaatsing damwand t.o.v. de laserlijnen N en Z	Laserdiode met detector, bereik: 200 mm, meetnauwkeurigheid: 0,1 mm	2	HLDN-HLDZ	a: datalogger
Horizontale verplaatsing vijzel-cylinders c.q. proefbuis	Elektrische verplaatsingsopnemers, bereik: 250 mm, meetnauwkeurigheid: 0,2 mm	2	HN2-HZ2	a: datalogger
Vijzel-slaglengte	Elektrische verplaatsingsopnemers bereik: 250 mm, meetnauwkeurigheid: 0,2 mm	2	HN1-HZ1	a: datalogger
Horizontale verplaatsing damwand t.p.v. de vijzel	Teodoliet, bereik: 300 mm, afleesnauwkeurigheid: 0,5 mm	1	HN	a: visueel, b: gegevens noteren
Verticale verplaatsing vijzel/stempel t.o.v. damwand	Elektrische verplaatsingsopnemers, bereik: 100 mm, meetnauwkeurigheid: 0,2 mm	2	VN-VZ	a: lijnschrijver, b: datalogger
Verticale verplaatsing bovenkant proefbuis t.p.v. de zakbaken	Elektrische verplaatsingsopnemers, bereik: 100 mm, meetnauwkeurigheid: 0,2 mm	2	VNB-VZB	a: datalogger
Verticale verplaatsing bovenkant proefbuis t.p.v. de zakbaken	Waterpasinstrument Wild N3, afleesnauwkeurigheid: 0,1 mm	1	VZBN-VZBZ	a: visueel, b: gegevens noteren
Horizontale verplaatsing zakbaken	Elektrische verplaatsingsopnemers, bereik: 500 mm	2	HBN-HBZ	a: datalogger
Waterspanningen achter de proefbuis	P-R waterspanningsmeters, bereik: 1 en 2,5 bar, afleesnauwkeurigheid: 1 cm/wk	3	PR1-PR2-PR3	a: datalogger
Horizontale gronddrukken achter de proefbuis	Grondrukopnemers Kulite, bereik: 3,5 bar, meetnauwkeurigheid: 2cm/wk	9	N1-N2-N3 M1-M2-M3 Z1-Z2-Z3	a: datalogger
Hoekverdraaiing zakbaken	Conus-hellingmeter meetnauwkeurigheid: 1 mrad, bereik: noord-oost 500 mrad, zuid-west 500 mrad	4	ZBN-ZBZ o-w ZBN-ZBZ n-z	a: datalogger

Tabel 4.1 Meet- en instrumentatieschema

3.4 Proefbelastingprocedure

Gekozen is voor een verplaatsingsgestuurde proef. De belangrijkste reden hiervoor is het voorkomen van scheefdrukken van de proefbuis tussen de geleidingsdamwanden.

De tijdsduur van de proef is gesteld op ca. 6 uur, hetgeen overeenkomt met de tijd die nodig is om de leiding op druk te brengen bij het afpersen van de leiding. Om 180 mm (maximale effectieve slag van de vijzels) in maximaal 6 uur te bereiken is de proefbuis verplaatst met een snelheid van 10 mm in de 20 minuten. De richting van de verplaatsing is gecontroleerd door de verplaatsing van de beide vijzels op de recorder uit te lezen, evenals de digitale uitlezing van de twee verplaatsingopnemers geplaatst op de vijzel ten opzichte van de damwand.

Wanneer de maximale kracht bijna was bereikt (ca. 95%) is een ontlasting-herbelasting cyclus uitgevoerd. Hiermee wordt inzicht verkregen in het gedrag van de grond bij herbelasten. Deze cyclus is gerealiseerd door afname van de oliedruk in de vijzels tot de krachtaflezingsnaal '0' kN was. Het weer opbrengen van de belasting heeft met dezelfde verplaatsingssnelheid als bij de eerste belastingverhoging plaatsgevonden.

Na het stopzetten van de proefbelasting is het meten nog een half uur doorgegaan, zodat de eventuele terugvering van de grond na het ontlasten kan worden gemeten.

3.5 Uitvoering van de proef

In Tabel 4.2 is het tijdsschema van de uitgevoerde activiteiten weergegeven. De voorbereidingen, zoals het maken van de proefsleuf en het plaatsen van de proefbuis hebben plaatsgevonden in week 28 en 29 van 1994. De eerste proef heeft plaatsgevonden in week 40 op donderdag 6 oktober 1994 ofwel 11 weken na aanleg van de buis. Aan het eind van de proef is de kleiaanvulling vervangen door een zandaanvulling. De tweede proef is uitgevoerd in week 42 op donderdag 20 oktober 1994.

De dagen voorafgaand aan de eerste proef heeft het erg veel geregend waardoor de waterspiegel gelijk met het maaiveld stond. Gedurende de proef zakte het water onder andere door lekkage tussen de vijzelstempels en de damwand. Een behoorlijke lekkage tussen de stempelstang en de damwand vond plaats vlak voor de eerste keer ontlasten van de kracht. Verder is geconstateerd dat aan het einde van de eerste proef de klei direct achter de damwand ongeveer 0,2 meter was gezakt (actief glijvlak). Bij de tweede proef in zand was het zand verzadigd maar de grondwaterspiegel reikte niet tot aan het maaiveld.

Activiteit	Uitvoerder	weeknummer 1994						
		28	29	30-39	40	41	42	43-
Voorbereiding								
maken proefsleuf	VSH	xx						
plaatsen proefbuis	VSH	xx						
aanvullen sleuf met klei	VSH	xx						
vullen leiding met water	VSH		xx					
Proef 1 met kleiaanvulling								
mobilisatie en ontgraven t.p.v. vjzels/stempels	VSH				xx			
mobilisatie en opbouwen installatie meetapparatuur	GD/VSH				xx			
uitvoering grondonderzoek en plaatsen opnemers.	GD				xx			
uitvoeren belastingsproef in kleiaanvulling	GD				xx			
demobilisatie materiaal 1e proef	GD/VSH				xx			
Proef 2 met zandaanvulling								
vrijgraven proefbuis en aanvullen met zand	VSH						xx	
uitvoeren grondonderzoek en plaatsen opnemers	GD						xx	
mobilisatie en opbouwen installatie meetapparatuur	GD/VSH						xx	
uitvoering belastingsproef in zandaanvulling	GD						xx	
demobilisatie materiaal 2e proef	GD/VSH						xx	
Nabewerking								
opruimen proefsleuf	VSH							xx
interpretatie/verwerking meetresultaten	GD							xx

VSH - Visser & Smit Hanab ; GD - Grondmechanica Delft

Tabel 4.2 Planningschema belastingsproeven

4 Predicties belastingsproeven

4.1 Kleiaanvulling

4.1.1 Inleiding

Het maken van een predictie van het te verwachten gedrag van de grond bij het in horizontale richting belasten van de buis is o.a. nodig voor het dimensioneren van de te gebruiken apparatuur (max. kracht vijzel, vijzelslag). Daarnaast kan uit de vergelijking tussen berekende en gemeten waarden een oordeel worden gegeven over de rekenmethoden die bij het bepalen van horizontale grondreactie van de grond worden gebruikt. Ten behoeve van de predictie van de maximale horizontale grondreactie is gebruik gemaakt van analytische methoden, waarmee in de meeste gevallen wordt gerekend en van een eindige elementen methode, die meestal gebruikt wordt in niet-standaard situaties, wanneer speciale voorzieningen getroffen zijn of wanneer informatie nodig is betreffende deformaties.

4.1.2 Rekenmethoden

De maximale horizontale grondreactie is de maximaal door de grond te leveren kracht bij een horizontale beweging in de dwarsrichting van de buis. De berekening van deze maximale grondreactie kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. De analytische rekenmethoden bepalen alleen de maximale grondreactie (bezwijken van de grond). Een numerieke benadering met behulp van de eindige elementen methode geeft naast de maximale grondreactie ook informatie over de verplaatsing die nodig is om de reactiekracht van de grond te ontwikkelen.

Bij analytische methoden zijn de wrijvingshoek ϕ' , de cohesie c' en het volumegewicht γ bepalend voor het resultaat. Een analytische methode is de methode van Brinch-Hansen. Deze methode is ontwikkeld voor het berekenen van horizontaal belaste funderingspalen. Deze methode kan gebruikt worden voor zowel ondiep als dieper gelegen leidingen.

$$P_h^e = \sigma_v' * K_q^d + c' * K_c^d \quad (4.1)$$

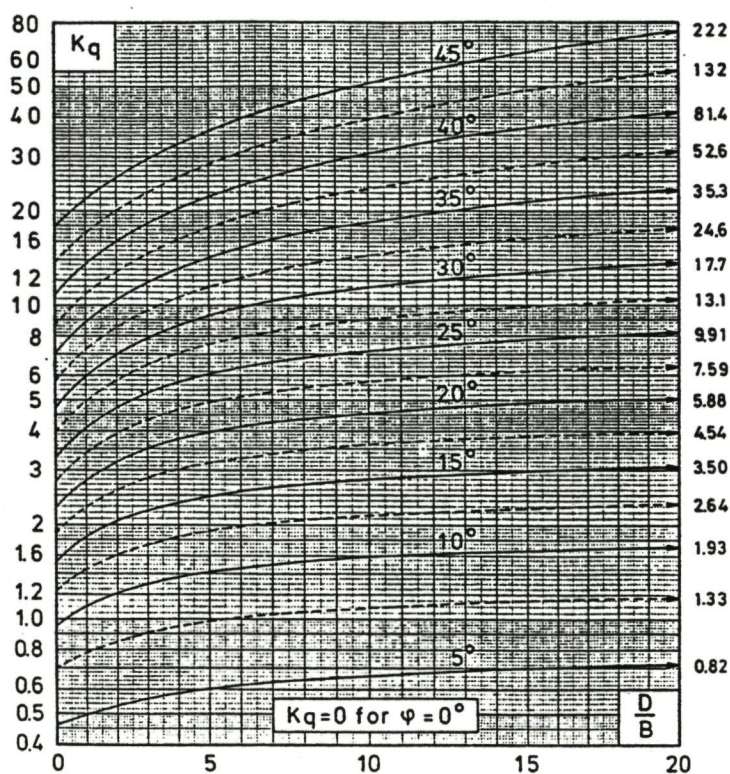
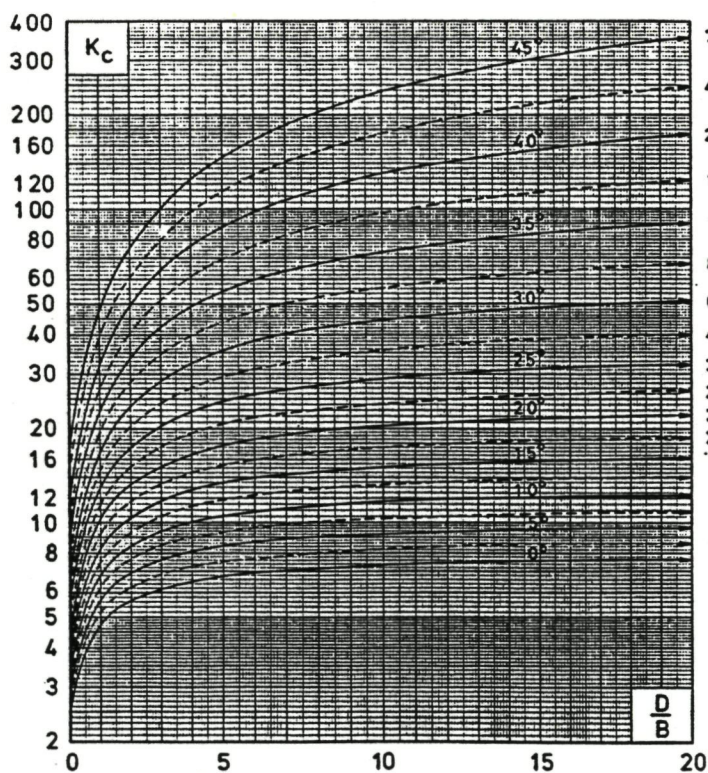
waarin:

P_h^e horizontale grondreactie [kN/m²]

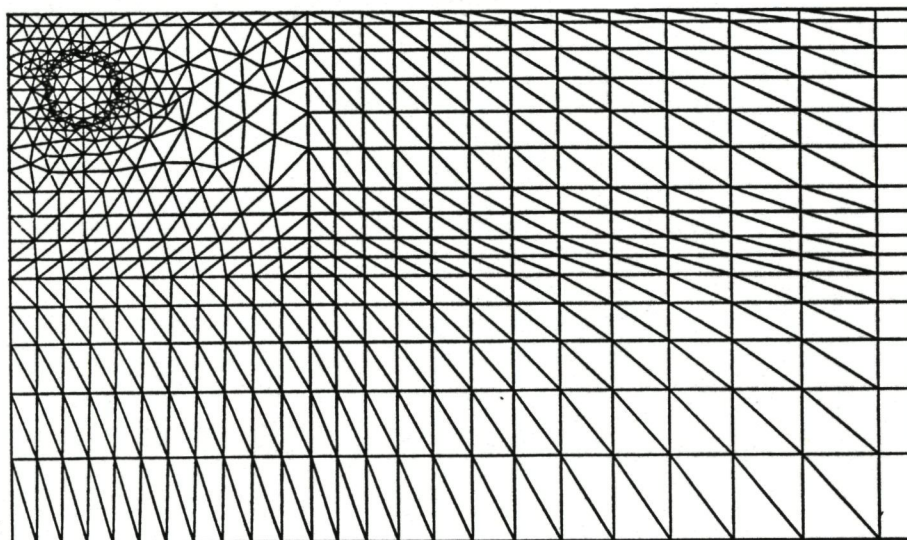
σ_v' verticale korrelspanning (hart leiding) [kN/m²]

c' cohesie [kN/m²]

$K_{q,c}$ gronddrukfactoren afhankelijk van ϕ' , c' en de diepte/diameter verhouding [-], zie Figuur 4.1 en 4.2

Figuur 4.1 Gronddrukfactor K_q Figuur 4.2 Gronddrukfactor K_c

Naast de analytische rekenmethoden is ook gebruik gemaakt van een eindige elementen methode. Op deze manier is het mogelijk de sleuf in de berekening te modelleren. De berekening is uitgevoerd met behulp van het, door Grondmechanica Delft ontwikkelde, computerprogramma PLUTO. Gebruik is gemaakt van de in Figuur 4.3 weergegeven elementen net. Bij de eindige elementen methode zijn behalve de bij de analytische methoden genoemde grondparameters ook de E-modulus en poissonratio ν van belang.



Figuur 4.3 In de eindige elementen methode berekening gebruikte elementen net

Het horizontaal beddingsgetal wordt doorgaans afhankelijk gesteld van het verticaal beddingsgetal. De verhouding horizontaal/verticaal bedraagt dan ongeveer 0,7. Het verticaal beddingsgetal wordt bepaald door 14,3 maal het maximale verticale draagvermogen te delen door de diameter van de leiding (zie Pijpleidingcode).

Bij de berekeningen is uitgegaan van een grondwaterstand gelijk aan NAP - 6,30 m.

4.1.3 Resultaat

Bij de analytische berekening is gebruik gemaakt van de invoerparameters zoals gegeven in Tabel 4.1. De verticale korrelspanning bedraagt $11,3 \text{ kN/m}^2$, de factoren K_q en K_c bedragen resp. 2,4 en 9,4. Formule 4.1 geeft een maximale horizontale grondreactie gelijk aan $50 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$. Het horizontaal beddingsgetal wordt berekend op $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$.

grondsoort	bk laag [m tov NAP]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c [kN/m ²]
teelaarde	-6,0	15/16	22,5	3
klei	-6,5	14	17,5	2
veen	-10,5	11	17,5	5
klei	-11,8	15	22,5	3
zand	-12,8	20	30,0	-

Tabel 4.1 Grondparameters t.b.v. analytische predictie

Resultaten van de eindige elementen berekeningen zijn in Figuur 4.4 gegeven. In de berekening zijn de in Tabel 4.2 vermelde aanvullende grondparameters gebruikt. Ten behoeve van de berekening van de initiële spanningstoestand is ν gelijk genomen aan 0,35, daarna is deze constant gehouden op 0,30.

Uit Figuur 4.4 blijkt dat de maximale horizontale kracht, ca. 430 kN, bij een sleuf met geroerde grond, na ca. 16 cm is bereikt. De maximale horizontale grondreactie bedraagt nu ca. $43 \cdot 10^{-3}$ N/mm². De beweging van de buis bij deze berekening is in Figuur 4.5 weergegeven.

Tijdens het horizontaal verplaatsen wordt ook een rotatie van de buis berekend. De buis beweegt eerst naar beneden, daarna weer omhoog. Dit is te verklaren doordat aanvankelijk de grootste tegendruk onder het midden van de buis optreedt (hogere korrelspanningen). De buis zal dus in eerste instantie in de richting van deze reactiekracht bewegen.

grondsoort	bk laag [m tov NAP]	E_{grond} [kN/m ²]	ν' [-]
teelaarde	-6,0	2000	0,35 - 0,30
klei	-6,3	2000	
klei _{sleuf}		1500	
veen	-10,7	500	
klei	-12,0	2000	
zand	-13,0	20000	

Tabel 4.2 Grondparameters t.b.v. predictie met eindige elementen methode

4.2 Zandaanvulling

4.2.1 Inleiding

Ook voor het geval dat de sleuf met zand is aangevuld is de maximale horizontale kracht op de buis vooraf berekend. Daarbij is gebruik gemaakt van een analytische methode en van een eindige elementen methode.

4.2.2 Rekenmethoden

Bij het analytisch berekenen van de maximale horizontale grondreactie wordt meestal gebruik gemaakt van een grondlagenmodel met horizontale laagscheidingen. Wanneer een leidingsleuf is gegraven in een omgeving bestaande uit slappe lagen en de sleuf wordt na aanleg van de leiding gevuld met zand, dan gelden de analytische modellen niet meer. In dit geval moet een keuze gemaakt worden hoe de sleuf geschematiseerd wordt, bijvoorbeeld door afhankelijk van de ingeschatte invloed van de sleufaanvulling de gehele laag een andere stijfheid en sterkte te geven. In het verleden zijn in het kader van het project Bergambachtleiding door Grondmechanica Delft eindige elementen methode berekeningen uitgevoerd om een vermenigvuldigingsfactor te bepalen waarmee de maximale horizontale grondreactie in de oorspronkelijke grond vermenigvuldigd moet worden om de invloed van de zandaanvulling te verkrijgen. Hieruit bleek dat, voor de grondsoort klei, een factor 1,4 gehanteerd kan worden. Voor het horizontaal beddingsgetal werd een factor 1,25 geadviseerd.

Voor dit soort situaties is een eindige elementen methode de beste rekenmethode. Op deze manier is het mogelijk de met zand gevulde sleuf in de berekening te modelleren. De berekening is uitgevoerd met behulp van het, door Grondmechanica Delft ontwikkelde, computerprogramma PLUTO. De voor de berekening gebruikte mesh is weergegeven in Figuur 4.3. De eigenschappen van het zand in de sleuf zijn vermeld in Tabel 4.3.

grondsoort	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c [kN/m ²]	E_{grond} [kN/m ²]	ν' [-]
zand _{sleuf}	19	30	-	10000	0,30

Tabel 4.3 Grondparameters zandaanvulling t.b.v. predictie met eindige elementen methode

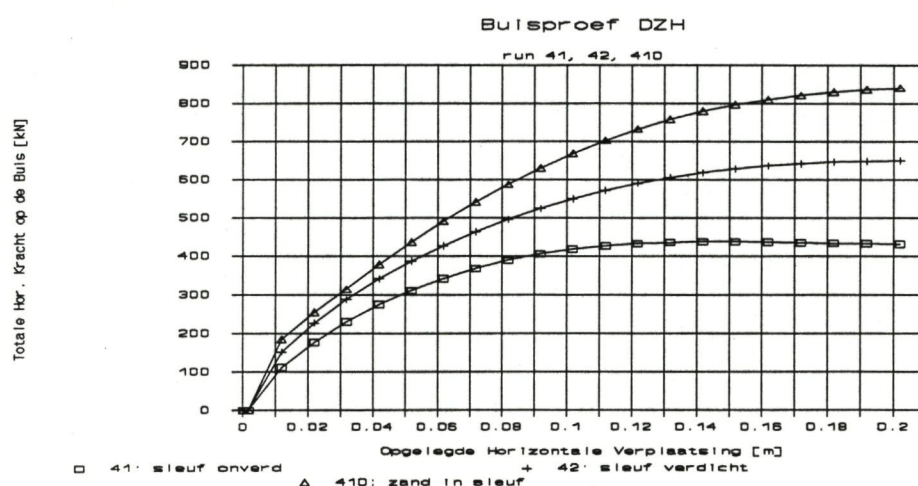
Ook bij deze berekeningen is uitgegaan van een grondwaterstand gelijk aan NAP - 6,30 m.

4.2.3 Resultaat

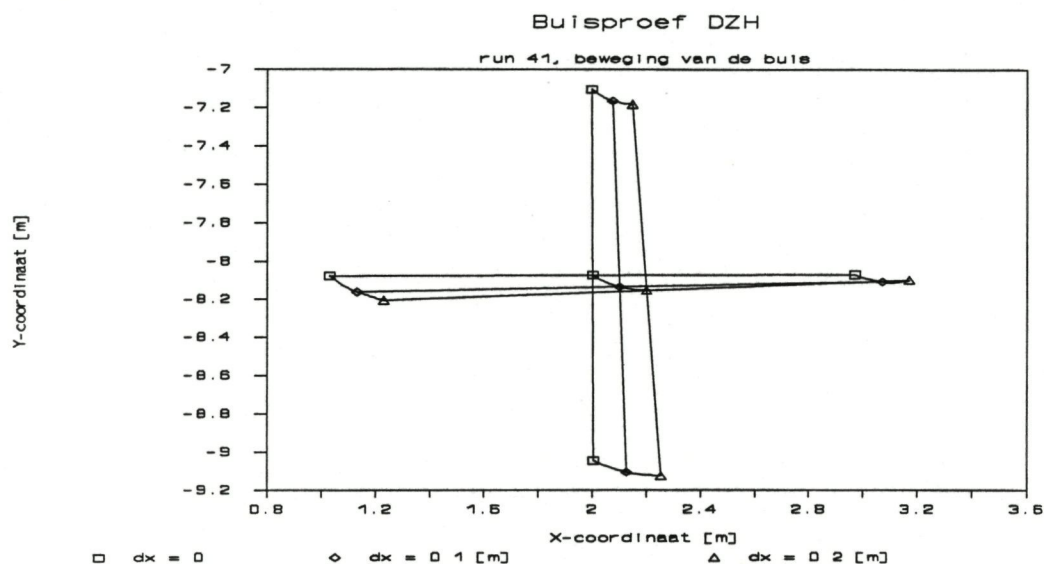
Rekening houdend met de factor 1,4 wordt met de analytische formule 4.1 een maximale

horizontale grondreactie berekend gelijk aan $1,4 \times 50 = 70 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$. Het horizontaal beddingsgetal wordt nu, rekening houdend met een factor 1,25, gelijk aan $1,25 \times 0,7 = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$.

Resultaten van de eindige elementen berekeningen zijn in Figuur 4.4 gegeven. Het blijkt dat wanneer zand wordt toegepast de helling van de curve wat steiler is en de maximale waarde hoger ligt dan bij de berekening met de kleiaanvulling. De maximale waarde bedraagt nu circa 830 kN ofwel $83 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$. Verder blijkt dat deze kracht na ca. 20 cm is bereikt.



Figuur 4.4 Kracht-verplaatsingsdiagram eindige elementen analyses voor zowel kleiaanvulling als zandaanvulling



Figuur 4.5 Beweging van de buis tijdens het horizontaal verplaatsen in kleiaanvulling

5 Resultaten belastingsproeven

5.1 Verwerking meetgegevens

Voor een totaaloverzicht van de geregistreerde meetresultaten wordt verwezen naar appendix A. De voor dit rapport van belang zijnde meetresultaten worden in dit rapport besproken.

Van belang zijn de volgende meetresultaten :

- Kracht-verplaatsing, waarbij de kracht op de proefbuis tegen de verplaatsing van de proefbuis is uitgezet. De kracht is bepaald uit de sommatie van de krachten van de twee vjzels. De verplaatsing is de gemiddelde slag van de vjzels t.o.v. de damwand, gecorrigeerd voor de verplaatsing van de damwand (bijlagen 14 en 68)
- Kracht-tijd diagram, waarbij de kracht van vjzel 1 en vjzel 2 is uitgezet als functie van de tijd (bijlagen 16 en 70)
- Horizontale verplaatsing van de proefbuis (vjzelslag en vjzelslag t.o.v. de damwand) uitgezet als functie van de tijd (bijlagen 17,18 en 71,72)
- Horizontale verplaatsing van de damwand achter de proefbuis als functie van de tijd elektrisch en met de teodoliet gemeten (bijlagen 23 en 77)
- Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand als functie van de tijd, afgeleid van de vjzelverplaatsing t.o.v. de damwand en de vjzelslag (bijlagen 24 en 78)

- Horizontale verplaatsing van de twee zakbaken op de proefbuis tegen de tijd (bijlagen 17,18 en 71,72)
- Verticale verplaatsing van de twee zakbaken op de proefbuis in de tijd elektrisch gemeten en als nauwkeurigheidswaterpassing (bijlagen 21 en 75)
- Hoekverdraaiing in de noord-zuid en oost-west richting van de twee zakbaken tegen de tijd (bijlagen 25, 26 en 79, 80)
- Samengesteld diagram van de 9 horizontale gronddrukopnemers tegen de tijd (bijlagen 28, 29, 30 en 82, 83, 84)
- Samengesteld diagram van de 3 PR waterspanningsopnemers tegen de tijd (bijlagen 27 en 81).

In de op de bijlagen gegeven meetresultaten is als positieve richting aangehouden :

- druk bij krachten (spanningen)
- verplaatsing in de richting van de proefbuis (vanaf de vizel gezien).

Achtereenvolgens worden de resultaten van de belastingproeven zoals deze zijn weergegeven in de desbetreffende bijlagen in de volgende paragrafen voor zover nodig van een nadere toelichting voorzien.

5.2 Horizontale belastingsproef in klei

5.2.1 Kracht-verplaatsing

In bijlage 14 is het kracht-verplaatsingsdiagram weergegeven. In het begin van de proef is na een belasting van ca. 175 kN en een verplaatsing van 10 mm de buis weer opnieuw belast. De oorzaak hiervan was een elektrische aardingstoring waardoor de verschillende kanalen elkaar beïnvloeden en op elkaar reageerden.

Bij een verplaatsing van ca. 14 cm is de belasting teruggebracht naar 10 kN. Daarna is de belasting weer verhoogd met de verplaatsingssnelheid van 10 mm per 20 minuten. De maximale horizontale kracht op de proefbuis bedraagt 350 kN met een daarbij gemeten verplaatsing van 163 mm.

In bijlage 16 zijn de krachten, die vanuit de twee vizels die op de proefbuis zijn aangebracht, tegen de tijd uitgezet. De sturingsproblemen in het begin van deze proef veroorzaakten de ongelijkmatige belasting op de buis. In bijlage 17 en 18 zijn de verplaatsingen van de verplaatsingsopnemers tegen de tijd uitgezet. Op bijlage 23 is de gemeten horizontale verplaatsing van de damwand achter de proefbuis weergegeven. Uit deze gegevens is de gemiddelde verplaatsing van de proefbuis bepaald. De van de hiervoor genoemde verplaatsingen afgeleide verplaatsing van de reactiedamwand is weergegeven op bijlage 24.

De laser-verplaatsingsdetectoren bij deze proef hebben niet goed gefunctioneerd. Dit is veroorzaakt door het niet goed afgeregeld zijn van de frequentie van 400 Hz waarmee deze detectoren zich onderscheiden van het daglicht.

Uit bovenstaande metingen is afgeleid (zie bijlage 24) dat de reactiedamwand door de reactiekracht van de vijzels aan de zuidzijde maximaal 10 mm en aan de noordzijde 5 mm naar achteren is gedrukt.

5.2.2 Gronddrukmetingen

De resultaten van de gronddrukmetingen zijn weergegeven in bijlagen 28 t/m 30. Bij de meting van de gronddrukken op 9 plaatsen achter de proefbuis, waarvan de posities zijn weergegeven in de bijlagen 4a en 4b, blijkt dat bij de dichtst bij de buis geplaatste zes opnemers de waarden gedurende de proef met ca. 19 kPa toenemen en de achterste drie met maximaal 14 kPa. In het begin van de proef is de gronddrukverdeling over de lengte van de buis niet gelijkmatig. Aan de zuidzijde is de gronddruktoename hoger.

5.2.3 Waterspanningsmetingen

De resultaten van de waterspanningsmetingen zijn weergegeven in bijlage 27. De opbouw van de 3 waterspanningsmetingen achter de proefbuis, waarvan de posities zijn weergegeven in de bijlagen 4a en 4b, geeft hetzelfde beeld, wat inhoudt dat de opbouw van de waterspanning van de opnemer nummer 1 direct achter de buis maximaal 10 kPa is en de opnemers 2 en 3 op 1 en 1,5 meter achter de buis maximaal 8 kPa zijn. Het oplopen van de waterspanning achter de buis betekent dat er sprake is van een gedeeltelijke ongedraineerde situatie.

5.2.4 Hoekverdraaiing en zakking van de buis

Uit bijlage 21 volgt dat de buis behalve in horizontale richting ook in verticale richting verplaatst. Deze verplaatsing bedraagt ca. 15 mm aan de zuidzijde en 20 mm aan de noordzijde. De buis zakt in dit vlak scheef over een zeer geringe hoek ($< 0,1^\circ$).

De hoekverdraaiing van de twee zakbaken zijn weergegeven op de bijlagen 25 en 26. In de noord-zuid richting bedraagt de hoekverdraaiing aan de noordzijde 1,7 mm per meter en aan de zuidzijde 2 mm per meter (ca. $0,1^\circ$, hetgeen gezien de meetnauwkeurigheid van de hellingmeter in overeenstemming is met de geringe scheefzakking). De hoekverdraaiing in de oost-west richting (rotatie om de lengte-as) bedraagt aan de noordzijde 12 mm per meter en aan de zuidzijde 15 mm per meter (ca. $0,8^\circ$).

5.3 Horizontale belastingsproef in zand

5.3.1 Kracht-verplaatsingsdiagram

Bijlage 68 toont het kracht-verplaatsingsdiagram van de gehele belastingsproef.

Ook hierbij is na een verplaatsing van ca. 13 cm de belasting naar 10 kN teruggebracht. Daarna is de belasting weer verhoogd met de dezelfde snelheid van 1 mm per 2 minuten zoals bij de eerste belastingverhoging. De maximale horizontale kracht op de proefbuis is 720 kN geweest met een daarbij gemeten verplaatsing van 163 mm.

In bijlage 70 zijn de krachten, die vanuit de twee vijzels die op de proefbuis zijn aangebracht, tegen de tijd uitgezet. Bijlage 71 en 72 geven de verplaatsingen van de buis weer. Op Bijlage 77 is de verplaatsing van de damwand achter de proefbuis uitgezet tegen de tijd. Uit deze metingen is de gemiddelde verplaatsing van de proefbuis berekend. De van de hiervoor genoemde verplaatsingen afgeleide verplaatsing van de reactiedamwand is weergegeven op bijlage 78.

Uit bovenstaande metingen is afgeleid (zie bijlage 78) dat de reactiedamwand door de reactiekracht van de vijzels aan de zuidzijde maximaal 28 mm en aan de noordzijde 18 mm naar achteren is gedrukt.

5.3.2 Gronddrukmetingen

De resultaten van de gronddrukmetingen zijn weergegeven in de bijlagen 82 t/m 84. Bij de meting van de gronddrukken op 9 plaatsen achter de proefbuis blijkt dat er tussen de noord- en de zuidzijde (N1, M1 en Z1) direct achter de proefbuis grote verschillen zijn in de toename van de gemeten horizontale gronddrukken, namelijk 165 kPa voor N1, 80 kPa voor M1 en 60 kPa voor Z1. Bij de drie achterste gronddrukopnemers is dit verschil gering.

5.3.3 Waterspanningsmetingen

De resultaten van de waterspanningsmetingen zijn weergegeven in bijlage 81. Bij de drie waterspanningsmetingen achter de proefbuis blijkt dat de opbouw van de twee dichtst bij de buis geplaatste opnemers PR1 en PR2 minimaal is terwijl PR3 maximaal 42,5 kPa toename geeft. Dit komt overeen met de verwachting dat in de zandaanvulling nauwelijks wateroverspanning zal optreden. Opnemer PR3 bevindt zich in de kleiige grond buiten de sleuf.

5.3.4 Hoekverdraaiing en zakking van de buis

Uit bijlage 75 volgt dat de buis behalve in horizontale richting ook in verticale richting verplaatst. Deze verplaatsing bedraagt ca. 11 mm aan de zuidzijde en 13 mm aan de noordzijde. Het scheefzakken van de buis is dus minimaal.

De hoekverdraaiing van de twee zakbaken zijn weergegeven op de bijlagen 79 en 80. In de noord-zuid richting bedraagt de hoekverdraaiing aan de noordzijde 2,5 mm per meter en aan de zuidzijde 4,5 mm per meter (ca. $0,2^\circ$ hetgeen gezien de meetnauwkeurigheid van de hellingmeter in overeenstemming is met de geringe scheefzakking van de buis). De hoekverdraaiing in oost-west richting (rotatie om de lengte-as) bedraagt aan de noordzijde 10 mm per meter en aan de zuidzijde 14 mm per meter (ca. $0,8^\circ$).

6 Analyse Proefresultaten

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de hiervoor genoemde meetresultaten worden geanalyseerd. Ten behoeve van de analyse is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd in de sleufaanvulling. Per belastingsproef wordt ingegaan op dit grondonderzoek. Vervolgens worden uit de meetresultaten de maximale horizontale grondreactie en het horizontaal beddingsgetal afgeleid. Deze zullen worden vergeleken met de vooraf gemaakte predicties. Daarna worden de andere resultaten geanalyseerd.

6.2 Kleiaanvulling

6.2.1 Grondonderzoek in kleiaanvulling

Enkele dagen voor het uitvoeren van de proef zijn in de aangebrachte kleiaanvulling een sondering (A13-13) en een Begemannboring (A13-13B) met een diameter van 66 mm uitgevoerd. De sondering, met meting van de plaatselijke kleef, is uitgevoerd tot een diepte van ca. 10 m. Het resultaat van de sondering is weergegeven op bijlage 8. De Begemannboring is uitgevoerd tot een diepte van ca. 4 m. In het laboratorium is de booropbrengst uitgelegd, beschreven en gefotografeerd. De boorbeschrijving is weergegeven op bijlage 9. De foto is weergegeven op bijlage 9F.

Van de booropbrengst is de volumieke massa per meter boring bepaald. Daarnaast zijn 2 monsters beproefd in het triaxiaalapparaat. De resultaten van deze proeven zijn weergegeven in de bijlagen 9a en 9b. Verder zijn op 3 monsters een handtorvane proef en een plasticiteitsindex proef uitgevoerd.

De uit het de proeven bepaalde parameters zijn weergegeven in Tabel 6.1.

Een vergelijking met Tabel 2.3 geeft aan dat de meeste grondparameters lager zijn geworden. Ook is de conusweerstand in de sleufaanvulling lager dan die in de oorspronkelijke grond.

diepte [m tov mv]	diepte [m tov NAP]	q_c [MPa]	vol.massa [t/m ³]	c_u [kN/m ²]	E_u (triaxiaal) [kN/m ²]	p.i. [%]
0 / -0,5	-6,0 / -6,5	1,0	1,47	-	-	-
-0,5 / -1,0	-6,5 / -7,0	0,05	1,41	8	-	37,6
-1,0 / -1,5	-7,0 / -7,5	0,05	1,38	-	-	-
-1,5 / -2,0	-7,5 / -8,0	0,05	1,34	6,8	1900	68,1
-2,0 / -2,5	-8,0 / -8,5	0,1	1,39	-	1900	-
-2,5 / -3,0	-8,5 / -9,0	0,1	1,44	11,4	2600	53,8
-3,0 / -3,5	-9,0 / -9,5	0,1	1,36	-	2600	-
-3,5 / -4,0	-9,5 / -10,0	0,2	-	-	-	-

Tabel 6.1 Grondparameters van de kleiaanvulling

6.2.2 Bepaling grondmechanische parameters P_h^e en k_h

Uit het resultaat van de proef zijn de maximale horizontale grondreactie (P_h^e) en het horizontale beddingsgetal (k_h) bepaald.

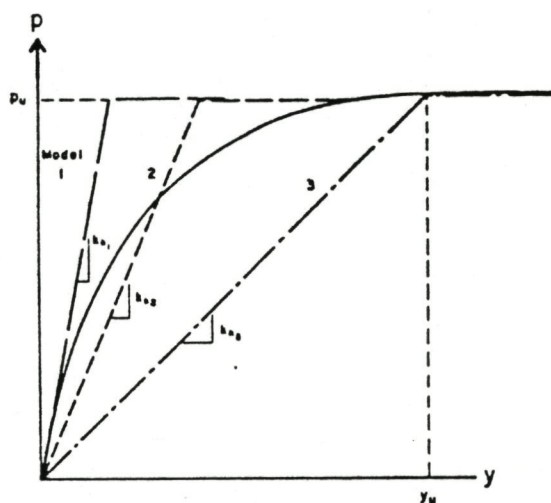
Maximale horizontale grondreactie

De maximaal gemeten horizontale kracht bedraagt ca. 350 kN. Uit Bijlage 14 kan afgelezen worden dat deze kracht bij een toename van de verplaatsing nog iets zal oplopen. Gezien de grootte van de verplaatsing wordt de gemeten 350 kN als maximum aangehouden. De horizontale grondreactie wordt nu bepaald door deze horizontale kracht te delen door het belaste oppervlak. Bij een contacthoek (ondersteuningshoek in horizontale richting) van 180° bedraagt de horizontale grondreactie nu 35 kN/m² ofwel $35 \cdot 10^{-3}$ N/mm².

Horizontaal beddingsgetal

Het beddingsgetal is een moeilijker te bepalen parameter. Bij de berekening van het verticaal beddingsgetal wordt 50% van de maximale grondreactie gedeeld door een daarbij behorende verplaatsing. Wordt deze rekenwijze ook gehanteerd voor het horizontaal beddingsgetal dan bedraagt $k_{h, 50}$ ca. $1,8 \cdot 10^{-3}$ N/mm³. Deze hoge waarde wordt veroorzaakt door het 'stijve' gedrag van de klei bij de eerste mm's van de verplaatsing. Deze waarde zou gebruikt kunnen worden voor kortdurende belastingen, die lager zijn dan circa 50% van de maximale horizontale grondreactie. Uit Figuur 6.1 blijkt dat het 50% punt een overgang is tussen het 'stijve' gedeelte van de curve en het 'slappere' gedeelte. Door een raaklijn te trekken door dit punt kan een beddingsgetal bepaald worden die een 'gemiddelde' aangeeft tussen deze gebieden. Dit blijkt

overeen te komen met het beddingsgetal dat bepaald wordt wanneer ca. 70% van de maximale grondreactie op de buis is opgetreden. De $k_{h,70}$, zoals we dit beddingsgetal kunnen noemen, kan beschouwd worden als een beddingsgetal voor een belasting tot aan de maximale horizontale gronddruk. De $k_{h,70}$ bedraagt $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$. In de literatuur [Audibert/Nyman 1977] wordt ook $k_{h,70}$ beschouwd als het gemiddeld beddingsgetal voor het hele belastingstraject. In Figuur 6.1, uit [Audibert/Nyman 1977], is aangegeven welk bilineair verloop mogelijk is. Lijn 2 is de lijn die overeenkomt met de $k_{h,70}$.



Figuur 6.1 Bilineair verloop van het kracht-verplaatsingsdiagram

Het hiervoor aan de hand van het proefresultaat vastgestelde beddingsgetal heeft betrekking op een relatief snelle belastingsverhoging. Om de invloed van de tijd op het beddingsgetal nader te onderzoeken is bekeken hoe tijdens de proef de verhoging van de korreldruk in de grond achter de buis zich verhoudt tot de verhoging van de totale gronddruk, dus inclusief de waterdruk. Uit de in de Bijlagen 27 t/m 30 weergegeven gemeten gronddrukken en waterdrukken valt af te leiden tot de toename van de korreldruk (gronddruk - waterdruk) ca. 50% is van de totale toename van de gronddruk. Deze toename van de korreldruk heeft gezorgd voor een horizontale samendrukking. Uit de tot nu toe opgetreden toename van de gronddruk blijkt dat er een toename van de korreldruk resteert van 50% die veroorzaakt wordt door het afnemen van de waterspanning in de tijd. Deze extra toename van de korreldruk zal leiden tot een extra toename van de horizontale samendrukking. De totale toename van de korreldruk, na het verdwijnen van de waterspanning, zal gelijk zijn aan de gemeten toename van de gronddruk, en bedraagt ca. 34 kN/m^2 . Hiervan is tijdens de proef dus reeds 17 kN/m^2 opgetreden. De in het veld aanwezige verticale korrelspanning (ter hoogte van de buis-as) bedraagt ca. 12 kN/m^2 , in horizontale richting zal vanwege de geringe sterkte van de klei een vrijwel gelijke spanning heersen. Uitgaande van de logaritmische samendrukkingswet van Koppejan/Buisman/Terzaghi bedraagt de verhouding tussen de uiteindelijk samendrukking en de nu opgetreden samendrukking :

$$\frac{H/C \ln \frac{12+34}{12}}{H/C \ln \frac{12+17}{12}} = \frac{1,34}{0,88} = 1,5$$

Deze benadering geeft een indicatie van de toe te passen 'kruipfactor' die in dit geval ca. 1,5 bedraagt. Deze 'kruipfactor' moet worden gehanteerd wanneer aan de hand van de proefresultaten een beddingsgetal wordt afgeleid voor een lange duur belasting.

Na het ontlasten en weer herbelasten verloopt het kracht-verplaatsingsdiagram steiler. Ook hier kan een horizontaal beddingsgetal bepaald worden. De $k_{h, 50, \text{her}}$ bedraagt dan $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ bij 50% van de maximale kracht. Om dezelfde reden als hierboven kan ook gerekend worden met het beddingsgetal dat behoort bij 70% van de maximale belasting. De $k_{h, 70, \text{her}}$ bedraagt nu $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$.

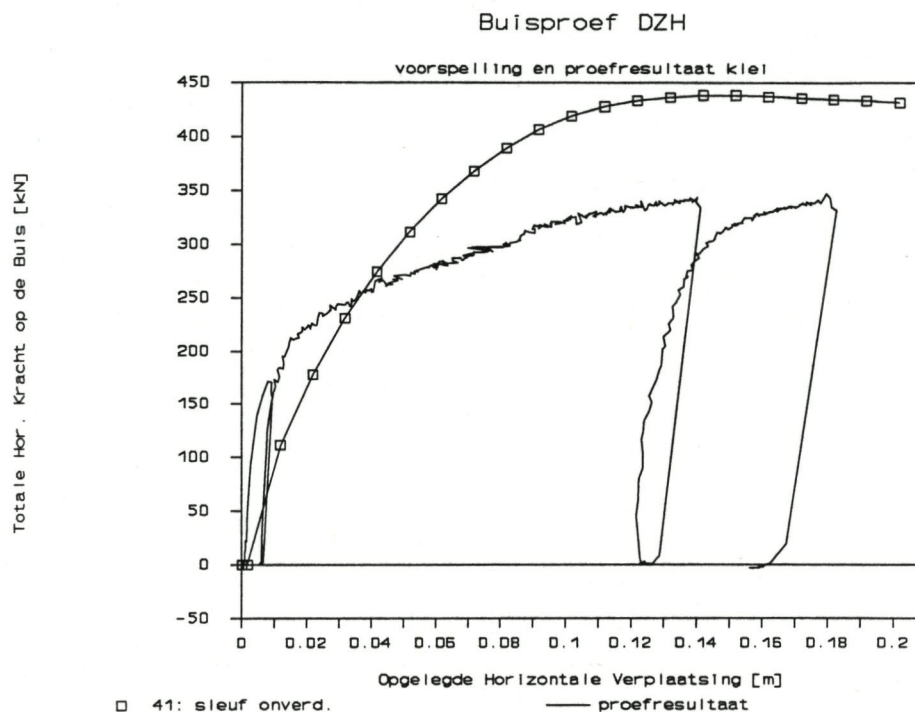
6.2.3 Vergelijking predictie met proefresultaat

In Figuur 6.2 zijn zowel het met de EEM berekende kracht-verplaatsingsdiagram als het gemeten diagram samengevoegd. Het blijkt dat de gemeten curve tijdens de eerste centimeter van de proef steiler loopt dan de voorspelde lijn, daarna verloopt deze flauwer. De eindwaarde wordt zowel bij de gemeten als de voorspelde lijn na ca. 18 cm verplaatsing bereikt. De eindwaarde bij de gemeten lijn bedraagt 350 kN en is lager dan bij de vooraf berekende 430 kN (eindige elementenberekening) en 500 kN (analytische berekening zie Formule 4.1).

Geconcludeerd kan worden dat de grond tot ca. 1 cm verplaatsing stijver reageert dan volgens de berekening en dat uiteindelijk een lagere maximale horizontale grondreactie wordt gemeten dan volgens de berekening.

Het stijvere gedrag in de eerste centimeter verplaatsing is gedeeltelijk te verklaren door de sturingsproblemen in het begin van de proef. Het is verder mogelijk dat de zuigende werking van de klei achter de buis ('trekkracht'), met name bij kleine verplaatsingen ook een rol heeft gespeeld. Door de verplaatsing van de buis ontstaat er 'ruimte' achter de buis met daarin een tijdelijk een onderdruk. Gezien het resultaat van de gronddrukmetingen is dit effect vrij klein. Daarnaast reageert klei bij een relatief snelle belasting stijver (ongedraineerd gedrag). Aan het resultaat van de waterspanningsmetingen valt af te lezen dat de waterspanningsopbouw de trend van de gronddrukmetingen volgt en dat er inderdaad sprake is van een gedeeltelijk ongedraineerd gedrag.

De lagere horizontale grondreactie van de klei kan gedeeltelijk verklaard worden door de zeer slechte conditie van de sleufaanvulling en de hoge grondwaterstand met name door de vele neerslag. Dit laatste is ook in de peilbuismetingen (Tabel 2.2) terug te zien. Uit een vergelijking



Figuur 6.2 Gemeten en berekend kracht-verplaatsingsdiagram voor de kleiaanvulling

van de grondparameters gegeven in Tabel 6.1 en oude parameters in Tabel 2.2 kan worden geconcludeerd dat de kleiaanvulling nauwelijks is gereconsolideerd. Zowel het volumegewicht (in mindere mate), de ongedraineerde schuifsterkte en de ongedraineerde E-modulus zijn lager gebleven. Ook is de conusweerstand in de sleufaanvulling lager dan die in de oorspronkelijke grond. De bij de predictie aangehouden grondparameters zijn te hoog.

6.2.4 Gronddruk- en waterspanningsmetingen

Gronddruk

De toename van de gronddruk bedraagt in de dichtst bij de buis geplaatste meters uiteindelijk ca. 19 kN/m², bij de verst van de buis geplaatste opnemers is dit ca. 14 kN/m². Aan de opbouw in de tijd valt af te lezen dat in het begin de opnemers aan de zuidzijde meer druk opbouwen dan die aan de noordzijde. Dit is veroorzaakt doordat de vijzel aan de zuidzijde meer druk gaf dan die aan de noordzijde. Een vergelijking van de opgebrachte druk met de druktoename in de opnemers geeft aan dat de opgebrachte druk direct overgedragen wordt aan de grond. De gronddrukverhoging neemt vanwege spanningsspreiding af met de afstand tot de buis hetgeen te

verwachten viel.

Waterspanning

De startwaarde van de gemeten waterspanning bedraagt gemiddeld 25 kN/m^2 . Dit houdt in dat de grondwaterstand ten tijde van de proef ongeveer gelijk is aan het maaiveldniveau. De toename van de waterspanning bedraagt uiteindelijk ca. 10 kN/m^2 voor de dichtst bij de buis geplaatste opnemer en ca. 8 kN/m^2 voor de verst van de buis geplaatste opnemer. De waterspanningstoename blijft iets achter bij de gronddruktoename maar geeft wel hetzelfde beeld, hetgeen wil zeggen dat de druktoename gedeeltelijk een waterspanningstoename en gedeeltelijk een korrelspanningstoename heeft veroorzaakt.

6.2.5 Beweging van de buis

Aan de hand van de gemeten verticale verplaatsingen van de zakbaken en de hoekverdraaiingen kan vastgesteld worden hoe de buis in de sleuf heeft bewogen.

Uit bijlage 21 volgt dat de buis behalve in horizontale richting ook in verticale richting verplaatst. Deze verplaatsing bedraagt ca. 15 mm aan de zuidzijde en 20 mm aan de noordzijde. De buis zakt scheef in dit vlak over een zeer geringe hoek ($< 0,1^\circ$).

De hoekverdraaiing van de twee zakbaken zijn weergegeven op de bijlagen 25 en 26. In de noord-zuid richting bedraagt de hoekverdraaiing aan de noordzijde 1,7 mm per meter en aan de zuidzijde 2 mm per meter (ca. $0,1^\circ$). Deze waarde bevestigt het zeer geringe scheefzakken van de buis. De hoekverdraaiing in de oost-west richting bedraagt aan de noordzijde 12 mm per meter en aan de zuidzijde 15 mm per meter. De buisdoorsnede roteert om de as over een zeer geringe hoek van gemiddeld $0,8^\circ$ naar voren.

De beweging van de buis in verticale richting bleek ook uit de eindige elementen methode berekening. De rotatie van de buis om de lengte-as is in omgekeerde richting geconstateerd. Dit is te verklaren doordat in de berekening de buis "los" in de grond ligt en afhankelijk van spanningen en vervormingen in de grond beweegt terwijl de buis in de praktijk vastzit aan de vijzel en bij een neerwaartse beweging alleen voorover kan roteren.

6.2.6 Aan de hand van proefresultaten afgeleide beddingsgetallen

Aan de hand van de proefresultaten kunnen beddingsgetallen afgeleid worden voor de bij de 2e Bergambachtleiding optredende bochtkrachten. In de nabijheid van de proeflocatie waar dezelfde klei wordt aangetroffen komen bochten voor met een hoek van ca. $30 - 60^\circ$ met een minimale bochtstraal van ca. 25 m. Tijdens een afpersprocedure wordt doorgaans kortdurend een inwendige druk van 10 bar (1000 kN/m^2) aangebracht. In de gebruikssituatie zal deze druk maximaal 5 bar

(500 kN/m²) zijn.

De bochtcracht t.g.v. inwendige druk wordt bepaald door :

$$F_{\text{bocht}} = 2 * p * A_b * \sin\left(\frac{1}{2}\alpha\right)$$

waarin :

- F_{bocht} totale bochtcracht (kN)
- p inwendige druk (kN/m²)
- A_b dwarsdoorsnede buis (m²)
- α bochthoek (°)

De benodigde horizontale grondreactiedruk, ofwel de bochtcracht gedeeld door het buisoppervlak in de bocht, bij een tijdelijke druk van 10 bar bedraagt resp. 20 kN/m² bij een bocht van 30° en 39 kN/m² bij een bocht van 60°. De bij deze drukken behorende beddingsgetallen worden op basis van de proefresultaten vastgesteld op resp. 2,2 en 0,7.10⁻³ N/mm³. Hierbij wordt opgemerkt dat uit de proef een maximale grondreactie is bepaald gelijk aan 35.10⁻³ N/mm². Bij een bocht van 60° en een inwendige druk van 10 bar zal de maximale horizontale grondreactie worden bereikt en zal de horizontale verplaatsing groot zijn (» 10% D).

De benodigde grondreactie bij een 'permanente' druk van 5 bar bedraagt resp. 10 kN/m² bij een bocht van 30° en 19 kN/m² bij een bocht van 60°. De bij deze drukken aan de hand van de proefresultaten bepaalde beddingsgetallen bedragen resp. 3,6 en 2,2.10⁻³ N/mm³. In verband met de lange duur belasting dient nu een kruipfactor te worden gehanteerd. Wordt als kruipfactor 1,5 aangehouden dan is $k_{h, \text{ lange duur}}$ resp. 2,4 en 1,5.10⁻³ N/mm³.

6.3 Zandaanvulling

6.3.1 Grondonderzoek in zandaanvulling

Enkele dagen voor het uitvoeren van de proef zijn in de aangebrachte zandaanvulling een sondering (A13-14) en een Begemannboring (A13-14B) met een diameter van 66 mm uitgevoerd. De sondering, met meting van de plaatselijke kleef, is uitgevoerd tot een diepte van ca. 4 m. Het resultaat van de sondering is weergegeven op bijlage 10. De Begemannboring is uitgevoerd tot een diepte van ca. 4 m. In het laboratorium is de booropbrengst uitgelegd, beschreven en gefotografeerd. De boorbeschrijving is weergegeven op bijlage 11. De foto is weergegeven op bijlage 11F.

Van de booropbrengst is de volumieke massa per meter boring bepaald. Daarnaast zijn 2

korrelverdelingen bepaald. De resultaten hiervan zijn vermeld in de bijlagen 11a en 11b. Het zand blijkt vrij homogeen te zijn. In de onderste meter van de sleuf bevat het zand meer fijnere deeltjes.

De uit de proeven bepaalde parameters zijn weergegeven in Tabel 6.2.

diepte [m tov mv]	diepte [m tov NAP]	q_c [MPa]	vol.massa [t/m ³]	d50 [μm]	d60/d10 [-]
0 / -0,5	-6,0 / -6,5	1,4	1,51	-	-
-0,5 / -1,0	-6,5 / -7,0	1,8	1,81	-	-
-1,0 / -1,5	-7,0 / -7,5	1,2	1,81	0,355	0,400/0,160
-1,5 / -2,0	-7,5 / -8,0	0,9	1,86	-	-
-2,0 / -2,5	-8,0 / -8,5	0,8	1,86	0,350	0,400/0,130
-2,5 / -3,0	-8,5 / -9,0	0,2	1,46	-	-
-3,0 / -3,5	-9,0 / -9,5	0,1	1,46	-	-
-3,5 / -4,0	-9,5 / -10,0	0,1	-	-	-

Tabel 6.2 Grondparameters van de zandaanvulling

Uit Tabel 6.2 blijkt dat de grondparameters en de conusweerstand door de zandaanvulling in de sleufaanvulling hoger zijn geworden.

6.3.2 Bepaling grondmechanische parameters P_h^e en k_h .

Uit het resultaat van de proef zijn de horizontale grondreactie (P_h^e) en het horizontale beddingsgetal (k_h) bepaald.

Maximale horizontale grondreactie

De gemeten maximale horizontale kracht bedraagt ca. 720 kN. Uit Bijlage 68 kan afgelezen worden dat deze kracht bij een toenemende verplaatsing nog iets zal toenemen. Gezien de grootte van de verplaatsing wordt de gemeten 720 kN als maximum aangehouden. De horizontale grondreactie wordt nu bepaald door deze horizontale kracht te delen door het belaste oppervlak. Bij een contacthoek (ondersteuningshoek in horizontale richting) van 180° bedraagt de horizontale grondreactie nu 72 kN/m² ofwel 72.10⁻³ N/mm².

Horizontaal beddingsgetal

Wordt dezelfde rekenwijze gehanteerd als genoemd in Hoofdstuk 6.2.2 dan resulteert dit tot een $k_{h, 50}$ van $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$. Gezien het verloop van het kracht-verplaatsingsdiagram, met name de kromming ervan, is het beter dit beddingsgetal te gebruiken voor belastingen kleiner dan 50% van de maximale horizontale grondreactie. Ook bij zand geldt dat de $k_{h, 70}$ beschouwd kan worden als het gemiddeld beddingsgetal voor het gehele belastingstraject. Deze $k_{h, 70}$ bedraagt $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$. In de literatuur [Audibert/Nyman 1977] wordt de keuze van $k_{h, 70}$ als gemiddeld beddingsgetal bevestigd.

Na het ontlasten en weer herbelasten blijkt het kracht-verplaatsingsdiagram steiler te lopen. De $k_{h, 50, \text{her}}$ bedraagt dan $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ bij 50% van de maximale kracht. Om dezelfde reden als hierboven kan ook gerekend worden met het beddingsgetal dat behoort bij 70% van de maximale belasting. De $k_{h, 70, \text{het}}$ bedraagt nu $2,9 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$.

6.3.3 Vergelijking predictie met proefresultaat

In Figuur 6.3 zijn zowel het met de eindige elementen methode berekende kracht-verplaatsingsdiagram als het gemeten diagram samengevoegd. Het blijkt dat de gemeten curve tijdens de eerste 2 centimeters van de proef steiler loopt dan de voorspelde lijn, daarna verloopt deze flauwer. De eindwaarde wordt bij de gemeten lijn na ca. 18 cm bereikt. De voorspelde lijn bereikt de eindwaarde na ca. 20 cm verplaatsing. De eindwaarde bij de gemeten lijn bedraagt 730 kN en is lager dan de met de eindige elementen methode berekende eindwaarde (830 kN), maar is iets hoger dan bij de met de analytische (empirische) methode van Formule 4.1 voorspelde waarde (700 kN).

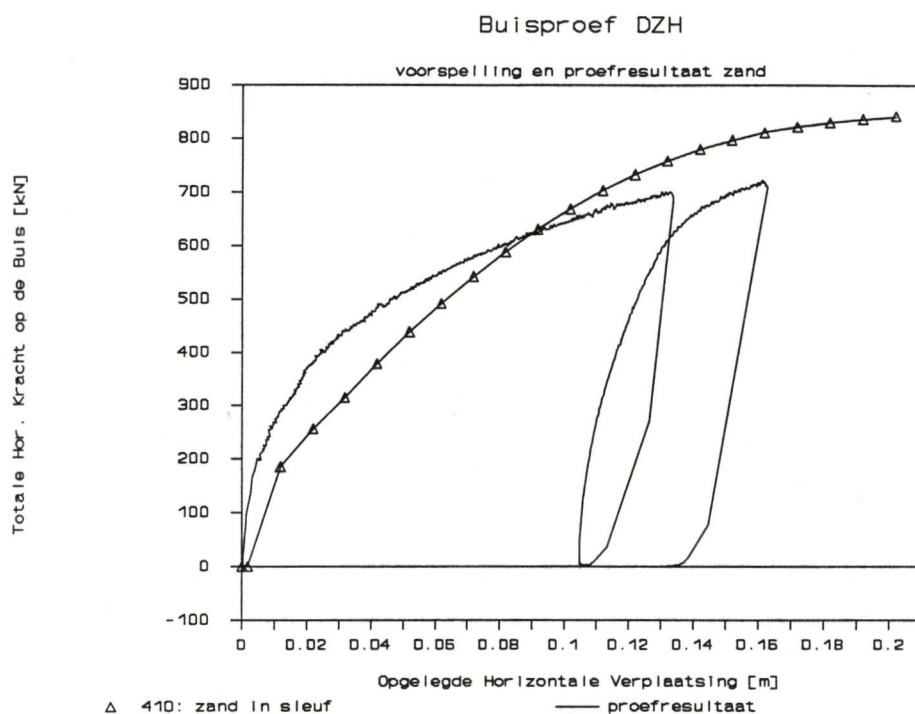
Geconcludeerd kan worden dat de grond tot ca. 2 cm verplaatsing stijver is dan volgens de berekening (een steiler kracht-verplaatsings verloop). De eindige elementen methode levert een hogere maximale horizontale grondreactie dan is gemeten.

Het steilere verloop van de kracht-verplaatsingscurve is mogelijk te verklaren doordat aan de actieve zijde van de buis, tussen de buis en de drukinstallatie, de klei niet geheel vervangen is door zand en dus tijdelijk zuigkracht op kan treden bij het verplaatsen van de buis.

6.3.4 Gronddruk- en waterspanningsmetingen

Gronddruk

Uit de gronddrukmetingen blijkt de druktoename aan de noordzijde van de buis veel groter te zijn dan aan de zuidzijde. Uit de analyse van de verplaatsingen blijkt dat de buis iets scheef gedrukt wordt. Aan de noordzijde is de verplaatsing van de proefbuis iets groter (ca. 10 mm) dan aan de



Figuur 6.3 Gemeten en berekend kracht-verplaatsingsdiagram voor de zandaanvulling

zuidzijde. Aan de zuidzijde is de vjzeldruk echter iets hoger dan aan de noordzijde. Vermoedt wordt dat de buis aan de zuidzijde wrijving ondervindt tussen buis en damwand. Bij de verst van de buis geplaatste opnemers is de druktoename gelijkmatig. De afname van de druktoename, door spanningsspreiding, bij toenemende afstand tot de buis is veel groter dan bij klei is geconstateerd.

Waterspanning

De waterspanningsopnemers laten praktisch geen veranderingen zien, behalve de verst van de buis geplaatste meter. Deze staat waarschijnlijk net in de klei. De proef heeft geen invloed op de waterspanningen hetgeen verwacht kon worden. De toename van de waterspanning in de verst van de buis geplaatste meter duidt erop dat de klei buiten de sleuf meedoet in het krachtenspel.

6.3.5 Beweging van de buis

Aan de hand van de gemeten verticale verplaatsingen van de zakbaken en de hoekverdraaiingen kan vastgesteld worden hoe de buis in de sleuf heeft bewogen.

Uit bijlage 75 volgt dat de buis behalve in horizontale richting ook in verticale richting verplaatst. Deze verplaatsing bedraagt ca. 11 mm aan de zuidzijde en 13 mm aan de noordzijde. De buis zakt dus nauwelijks scheef.

De hoekverdraaiing van de twee zakbaken zijn weergegeven op de bijlagen 79 en 80. In de noord-zuid richting bedraagt de hoekverdraaiing aan de noordzijde 2,5 mm per meter en aan de zuidzijde 4,5 mm per meter (ca. 0,2°). Deze waarde bevestigt het zeer geringe scheefzakken van de buis.

De hoekverdraaiing in oost-west richting bedraagt aan de noordzijde 10 mm per meter en aan de zuidzijde 14 mm per meter. De buisdoorsnede roteert om de as over een zeer geringe hoek van gemiddeld 0,6° naar voren.

6.4 Voorgestelde berekening horizontaal beddingsgetal

De uit de metingen afgeleide kracht-verplaatsingsdiagrammen blijken goed benaderd te kunnen worden met een hyperbolisch functie. Audibert en Nyman [Audibert/Nyman 1977] hebben dit door middel van modelproeven ook vastgesteld. Het kracht-verplaatsingsverloop kan worden aangegeven met de volgende functie :

$$p = \frac{y}{A' + B' * y} \quad (6.1)$$

waarin :

- p druk als kracht / oppervlak [kN/m²]
- y horizontale verplaatsing [m]
- A' factor gelijk aan 0,145y_u/p_u
- B' factor gelijk aan 0,855/p_u
- p_u maximale druk [kN/m²]
- y_u bij maximale druk corresponderend verplaatsing [m]

Voor de verplaatsing y_u geldt [Audibert/Nyman 1977]:

$$\frac{y_u}{D} = 0,05 + 0,03 * \left(\frac{Z}{D} + 0,5 \right) \quad (6.2)$$

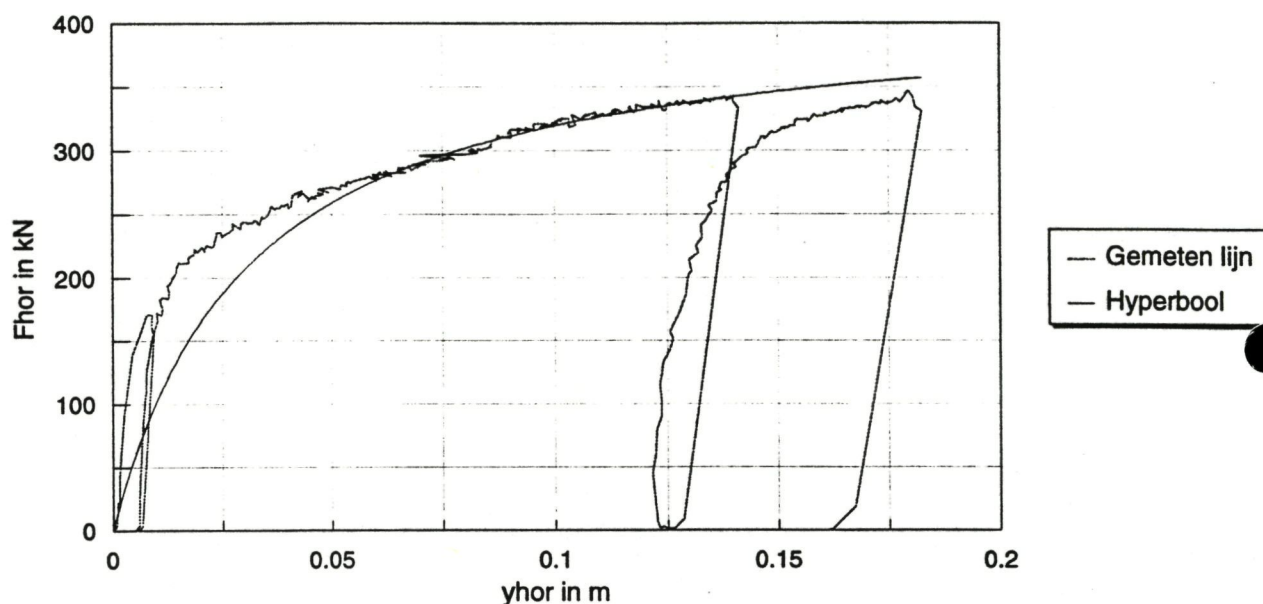
waarin :

- D diameter van de leiding [m]
- Z H_c (dekking op leiding) + ½ * D [m]

De maximale druk (p_u) volgt uit een berekening van de horizontale grondreactie. De verplaatsing y_u blijkt volgens Formule 6.2 ca. 10%*D (diameter leiding) te bedragen, hetgeen bevestigd wordt

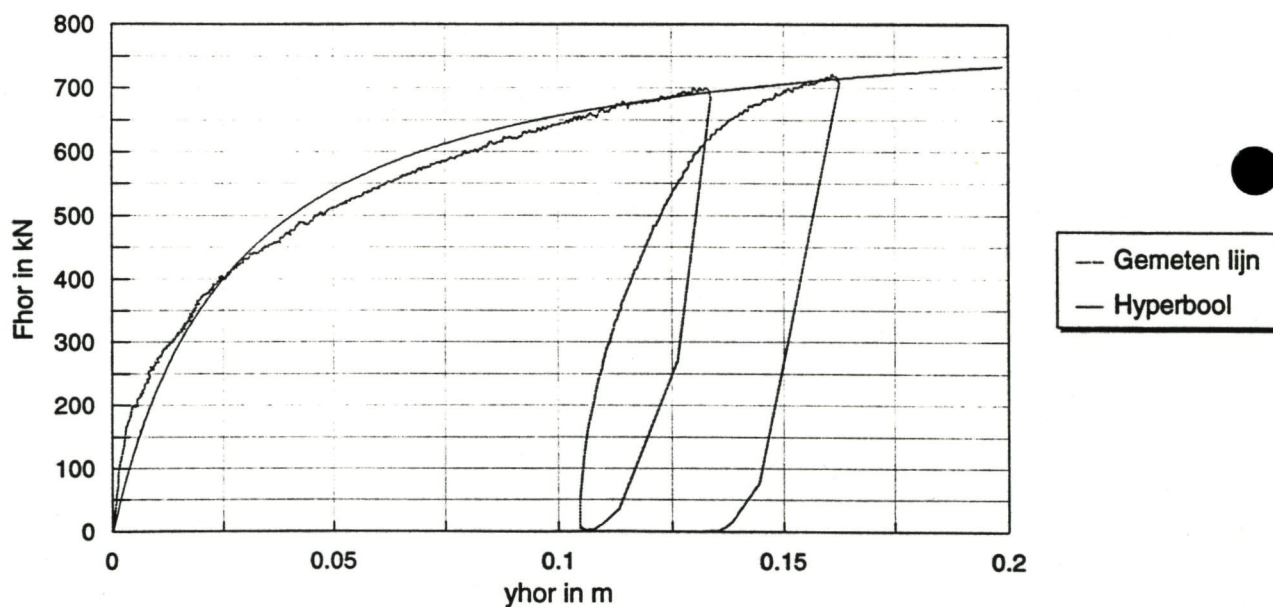
door de proefresultaten. In de Figuren 6.4 en 6.5 zijn de hyperbolische benaderingen op basis van het voorgaande weergegeven.

Kleiaanvulling



Figuur 6.4 Gemeten kracht-verplaatsingsdiagram en hyperbolische benadering voor kleiaanvulling

Zandaanvulling



Figuur 6.5 Gemeten kracht-verplaatsingsdiagram en hyperbolische benadering voor zandaanvulling

Het horizontale beddingsgetal k_h kan nu afgeleid worden als 70% van de maximale horizontale grondreactie gedeeld door een bijbehorende verplaatsing en bedraagt dan :

$$k_{h,70} = \frac{p_{70}}{y_{70}} = \frac{p_{70}}{\frac{p_{70} * A'}{1 - p_{70} * B'}} = \frac{1 - p_{70} * B'}{A'} \quad (6.3)$$

waarin :

p_{70} 70% van de maximale horizontale grondreactie

De met behulp van Formule 6.3 bepaalde k_h bedraagt voor de klei $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ bij een verplaatsing y_{70} gelijk aan 45 mm en voor zandaanvulling $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ bij een verplaatsing gelijk aan 40 mm. Deze waarden komen goed overeen met de uit de proeven afgeleide waarden in hoofdstuk 6.2 en 6.3. Eventueel zou voor belastingen kleiner dan 50% van de maximale horizontale grondreactie de $k_{h,50}$ kunnen worden gehanteerd. Deze bedraagt ca. $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ voor klei en $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ voor de zandaanvulling.

Het voordeel van de hiervoor aangegeven methode is dat het horizontale beddingsgetal nu afhankelijk is van de maximale horizontale grondreactie, hetgeen fysisch gezien juist is dan het horizontaal beddingsgetal af te leiden op basis van de verticale grondreactie onder de buis.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 Proefresultaten

X De uit de proef afgeleide horizontale grondreactie en horizontaal beddingsgetal zijn in Tabel 7.1. weergegeven, uitgaande van een contacthoek van 180° . *moet 120° zijn vlg. NEN 3650*

sleufaanvulling	grondmechanische parameter				
	P_h^e [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ²]	k_{h50} [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]	k_{h50} (ontl./herbel.) [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]	k_{h70} [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]	k_{h70} (ontl./herbel.) [$\cdot 10^{-3}$ N/mm ³]
klei	35	1,8	2,1	0,7	1,0
zand	72	1,9	4,0	1,2	2,9
P_h^e maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal					

Tabel 7.1 Grondmechanische parameters bepaald uit proefresultaten

In het geval van een kleiaanvulling zou de k_{h50} toegepast kunnen worden als de belasting tijdelijk aanwezig is en niet te groot is ($< 50\%$ van de maximale horizontale grondreactie). In alle andere gevallen zou de k_{h70} gebruikt moeten worden. Uit een analyse van de gronddruk- en waterspanningsmetingen bij de kleiaanvulling blijkt dat de verplaatsing van de buis op de lange duur een factor 1,5 groter kan zijn dan nu bij de proef is bepaald.

*verg.
D=15
(IOWA)*

De herbelastings-beddingsgetallen zijn voor klei een factor 1,2 en voor zand een factor 2,1 hoger dan de beddingsgetallen die behoren bij voor de eerste keer belasten.

7.1.2 Vergelijking predicties met proefresultaten

De vooraf met de eindige elementen methode en analytische methode berekende waarden zijn verzameld in Tabel 7.2.

sleufaanvulling	grondmechanische parameter			
	P_h^e [.10 ⁻³ N/mm ²]		k_h [.10 ⁻³ N/mm ³]	
	analytisch	EEM	analytisch	EEM
klei	50	43	0,7	-
zand	70	83	0,9	-
P_h^e maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal				

Tabel 7.2 Predicties grondmechanische parameters

De maximale horizontale kracht in de kleiaanvulling is bij de predicties overschat. De in de praktijk aanwezige geroerde kleigrond bleek minder sterk te zijn dan vooraf ingeschat.

Het horizontaal beddingsgetal is in de kleiaanvulling ondanks de gebrekkige rekenmethode vrij goed voorspeld. Wel volgt uit de proef dat de klei in de eerste cm verplaatsing veel stijver reageerde. Dit is gedeeltelijk te verklaren door de problemen die bij de sturing van de proef in het begin hebben plaatsgevonden.

De maximale horizontale kracht in de zandaanvulling is door de EEM berekening met ca. 10% overschat, door de analytische berekening werd deze redelijk goed voorspeld. *cl*

Het horizontaal beddingsgetal in de zandaanvulling is door zowel de analytische als de eindige elementen methode lager berekend dan in de praktijk aanwezig bleek. Deze hogere stijfheid is met name in de eerste cm's verplaatsing aanwezig.

7.1.3 Hyperbolische benadering kracht-verplaatsingsdiagram

Het kracht-verplaatsingsdiagram blijkt goed te kunnen worden benaderd met een hyperbolische functie zoals in Formule 6.1 gegeven. Aan de hand van de berekende maximale horizontale grondreactie kan het horizontaal beddingsgetal afgeleid worden. Deze komen overeen met de in de proef gemeten waarde. De met behulp van deze hyperbolische functie afgeleide beddingsgetallen zijn weergegeven in Tabel 7.3. De berekende $k_{h,70}$ benaderd het beste het gemiddelde beddingsgetal voor het gehele belastingstraject tot de maximale horizontale grondreactie. Voor belastingen kleiner dan 50% van de maximale horizontale grondreactie kan de $k_{h,50}$ worden gehanteerd.

sleufaanvulling	grondmechanische parameter		
	P_h^c [10^{-3} N/mm ²]	$k_{h,50}$ [10^{-3} N/mm ³]	$k_{h,70}$ [10^{-3} N/mm ³]
klei	35	0,8	0,6
zand	72	1,8	1,2
P_h^c maximale horizontale grondreactie k_h horizontaal beddingsgetal			

Tabel 7.3 Resultaten hyperbool benadering

7.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van het resultaat van de uitgevoerde proeven kunnen aantal aanbevelingen worden gedaan met betrekking tot de sleufaanvulling, de bepaling van het horizontaal beddingsgetal en de relatie met de adviespraktijk.

7.2.1 Sleufaanvulling

Het gebruik van zand voor de sleufaanvulling kan wanneer de oorspronkelijke grond bestaat uit slappe klei, leiden tot een sterke verhoging van het horizontaal beddingsgetal en de maximale horizontale grondreactie. De zandaanvulling zal over een minimale breedte van $1 \cdot D$ ter hoogte van de buis-as aanwezig moeten zijn om voldoende passieve weerstand te kunnen ontwikkelen.

Bij de uitvoering dient, met name bij bochten, het aanvullen van de sleuf met grote zorgvuldigheid plaats te vinden. De tijdsduur tussen het aanvullen van de sleuf en het in gebruik nemen (afpersen) van de leiding dient zo ruim mogelijk te worden genomen, zodat een zo groot mogelijk gedeelte van de reconsolidatie kan plaatsvinden. Ook de afwerklaag (teelaarde) speelt hierbij een rol. Afhankelijk van de mate waarin het reconsolideren op kan treden, zal de sterkte van de grond toenemen.

7.2.2 Voorstel bepaling horizontaal beddingsgetal

Het gemeten kracht-verplaatsingsverloop wordt goed benaderd met de hyperbool-vergelijking uit [Audibert/Nyman 1977]. Op basis hiervan wordt voorgesteld voor het berekenen van het horizontaal beddingsgetal gebruik te maken van Formule 6.3. Hierdoor is het horizontaal beddingsgetal afhankelijk van de eigenschappen van de grond in horizontale richting, hetgeen fysisch juister is dan het afhankelijk stellen van het verticaal beddingsgetal.

Uit de metingen blijkt dat het horizontaal beddingsgetal het beste benaderd kan worden door 70%

van de maximale horizontale grondreactie te delen door de bijbehorende verplaatsing in plaats van de vaak gehanteerde 50%. Deze laatste waarde kan gebruikt worden als de belastingen laag blijven.

7.2.3 Aanbevelingen met betrekking tot de adviespraktijk

De waarden van het horizontaal beddingsgetal en de horizontale grondreactie zoals uit de proefresultaten bepaald, kunnen, in het geval van klei als sleufaanvulling, beschouwd worden als minimale waarden. De waterstand ten tijde van de proef was hoog en de laag teelaarde ontbrak. Uit de norm NEN 3650 blijkt dat voor klei op de gemiddelde waarde van het beddingsgetal (de in het grondmechanisch advies geadviseerde waarde) een onzekerheidsfactor 1,3 gehanteerd moet worden om de karakteristieke waarde te verkrijgen. Toepassing van deze factor op reeds geadviseerde waarden in de omgeving van de proeflocatie geeft aan dat de karakteristieke waarde varieert tussen ca. $0,7$ en $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$. Dit zijn over het algemeen hogere waarden dan de $k_{h,70}$ uit de proef die gelijk is aan $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$, maar ze zijn ongeveer gelijk aan de met een factor 1,5 verlaagde $k_{h,50}$ die gelijk is aan $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^3$.

Het bovenstaande betekent dat in het geval er zeer slappe klei aanwezig is, zoals op de proeflocatie, met bovendien slechte (weers-) omstandigheden, de geadviseerde beddingsgetallen iets te hoog zijn. In het geval de optredende belastingen kleiner zijn dan 50% van de maximale horizontale grondreactie is er een redelijke overeenstemming. Aanbevolen wordt in het vervolg $k_{h,70}$ te hanteren voor het beddingsgetal. Voor lage belastingen betekent dit voor bochten een conservatieve benadering.

Daarnaast is in de proef een geringere maximale horizontale grondreactie aangetroffen. Toepassing van een onzekerheidsfactor gelijk aan 1,4 op de horizontale grondreactie zoals deze reeds zijn geadviseerd in de nabijheid van de proeflocatie geeft een karakteristieke waarde die varieert tussen 60 en $85 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2$. Ook deze waarden zijn hoger dan uit de proef is gebleken. Voor de adviespraktijk wordt aanbevolen in verband met de geroerde grond een gereduceerde sterkte van de sleufaanvulling te hanteren. Afgaande op de bij deze proef bepaalde sterkteparameters zou de gereduceerde sterkte circa 70 à 80% van de oorspronkelijke waarde moeten bedragen.

Literatuur

[Audibert/Nyman 1977]

J.M.E. Audibert, K.J. Nyman

Soil restraint against horizontal motion of pipes

Journal of geotechnical engineering division, GT10, 1977

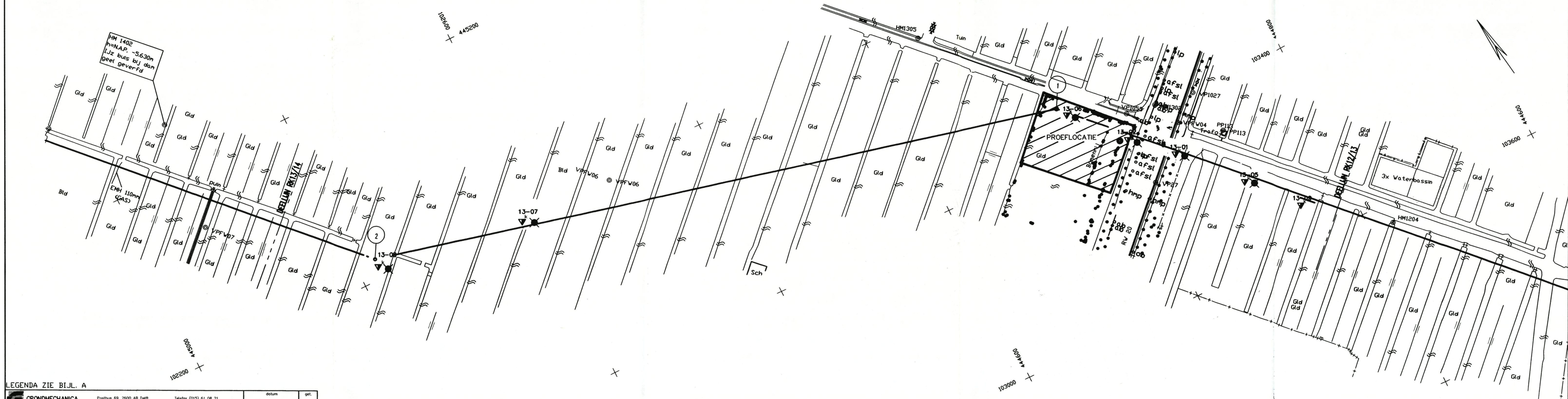
Discussion door J.O. Akinmusuru, GT9, 1978

[GD 1984]

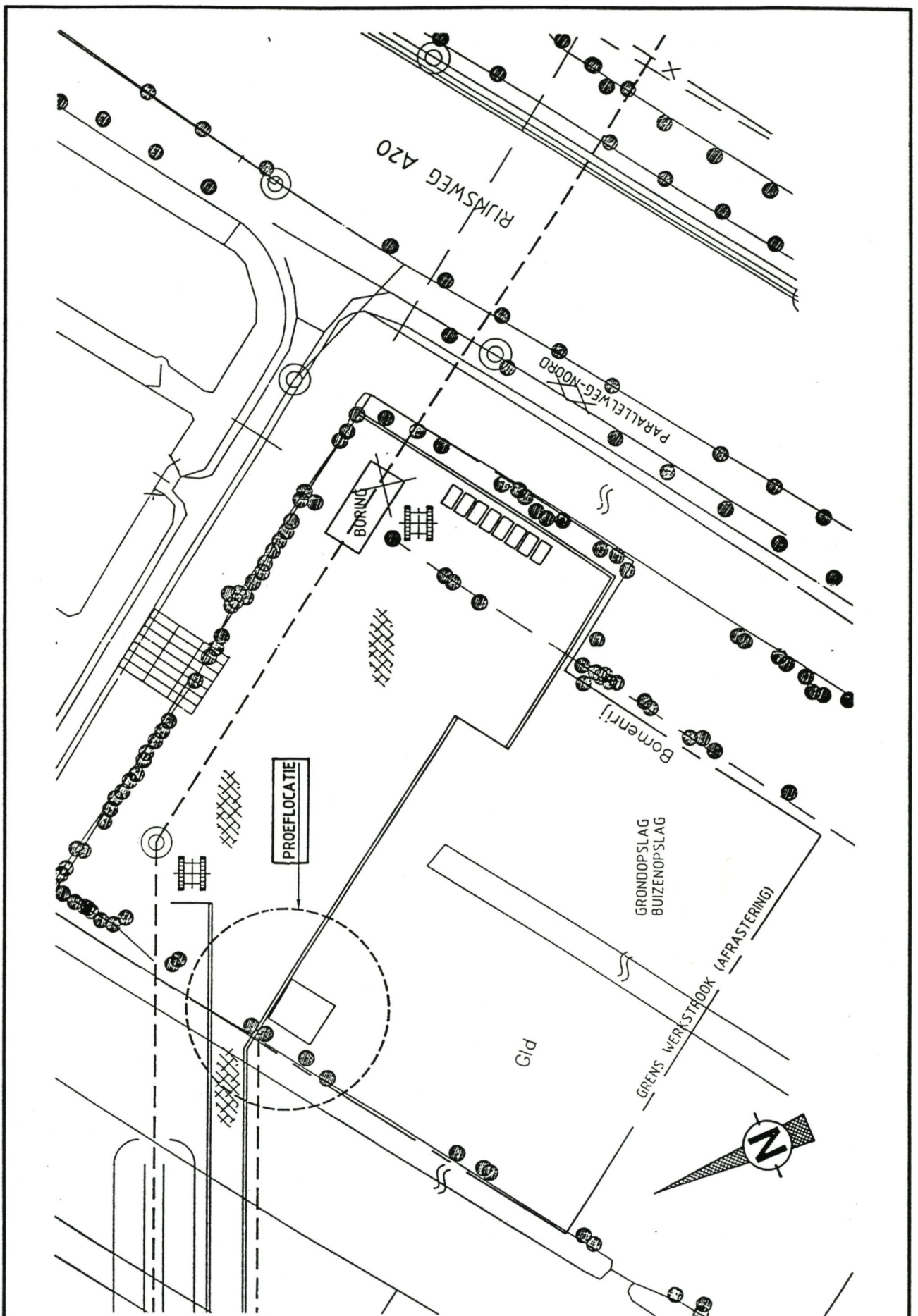
Onderzoek gedrag van buisleidingen in klei te Kesteren

Grondmechanica Delft 'CO-272040/75', 1984

BIJLAGEN



LEGENDA ZIE BIJL. A		datum		get.
 GRONDMECHANICA DELFT Postbus 69, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE		1995-03-17	KWT
	SITUATIE PROEFLOCATIE MOORDRECHT		CO- 350560	gez.
			BIJL. S13	form 30/90



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE

SITUATIE PROEFLOCATIE MOORDRECHT

datum

1994-108-20

get.

Weg

gez.

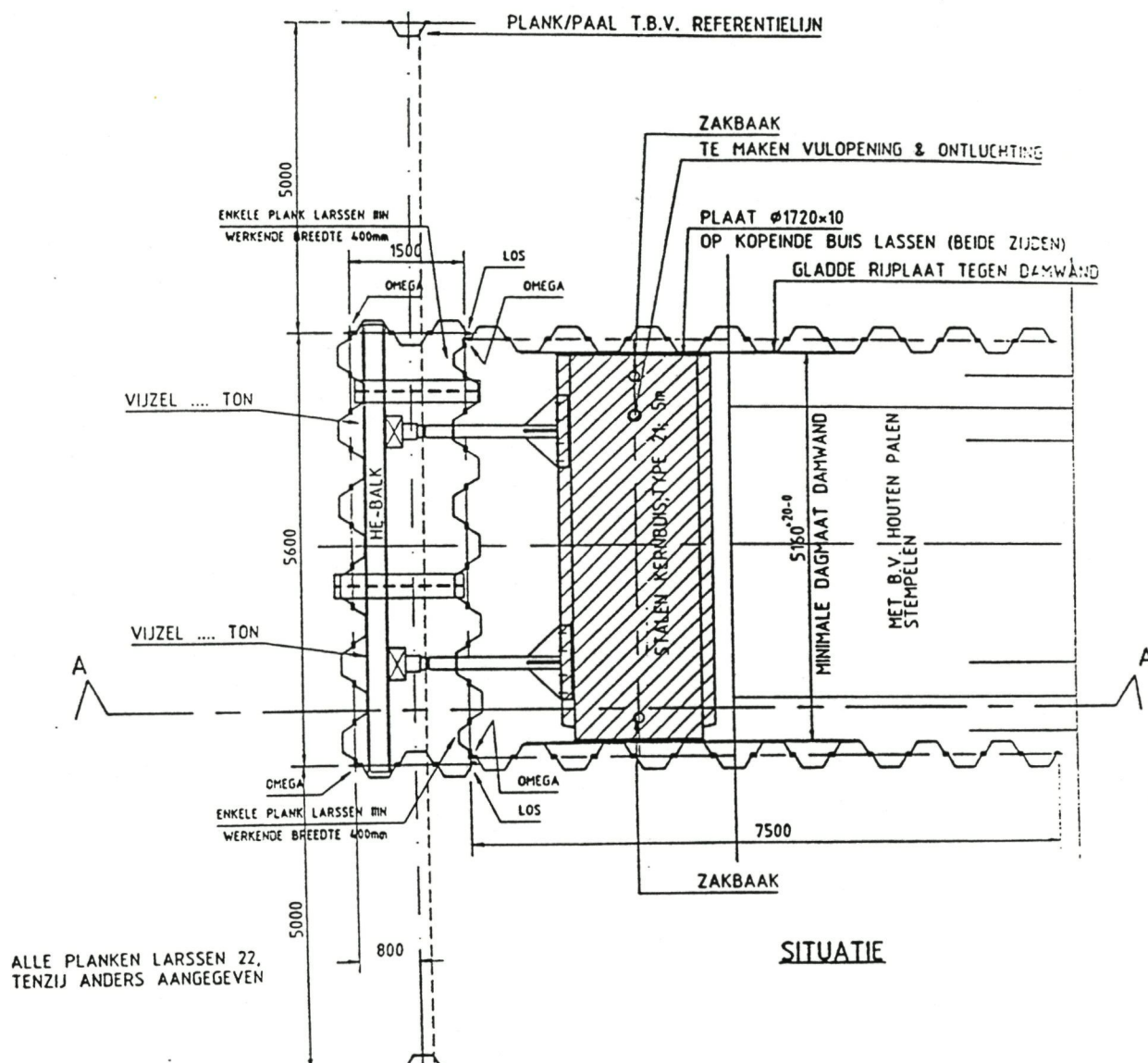
CO- 350560

form.

BIJL. 1

A4

NOORDZIJDE



ZUIDZIJDE



Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE

CO- 350560

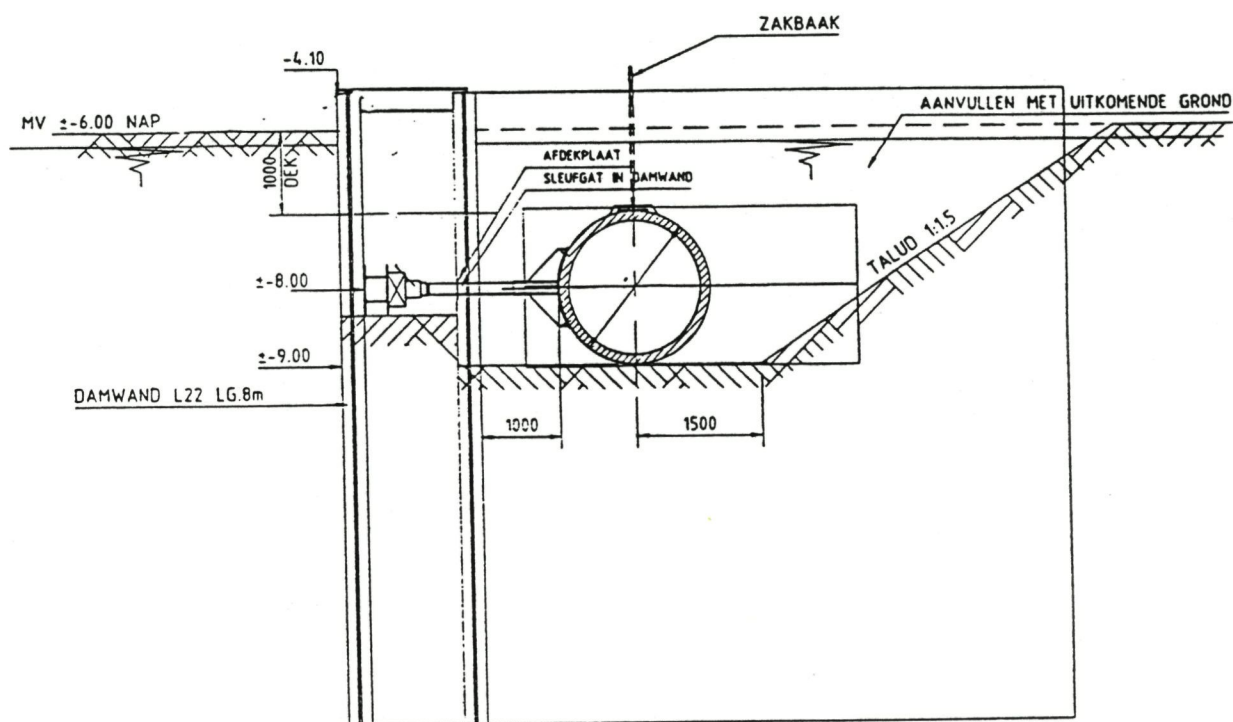
gez.

BOVENAANZICHT OPSTELLING

BIJL. 2a

form.

A4



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE

CO- 350560

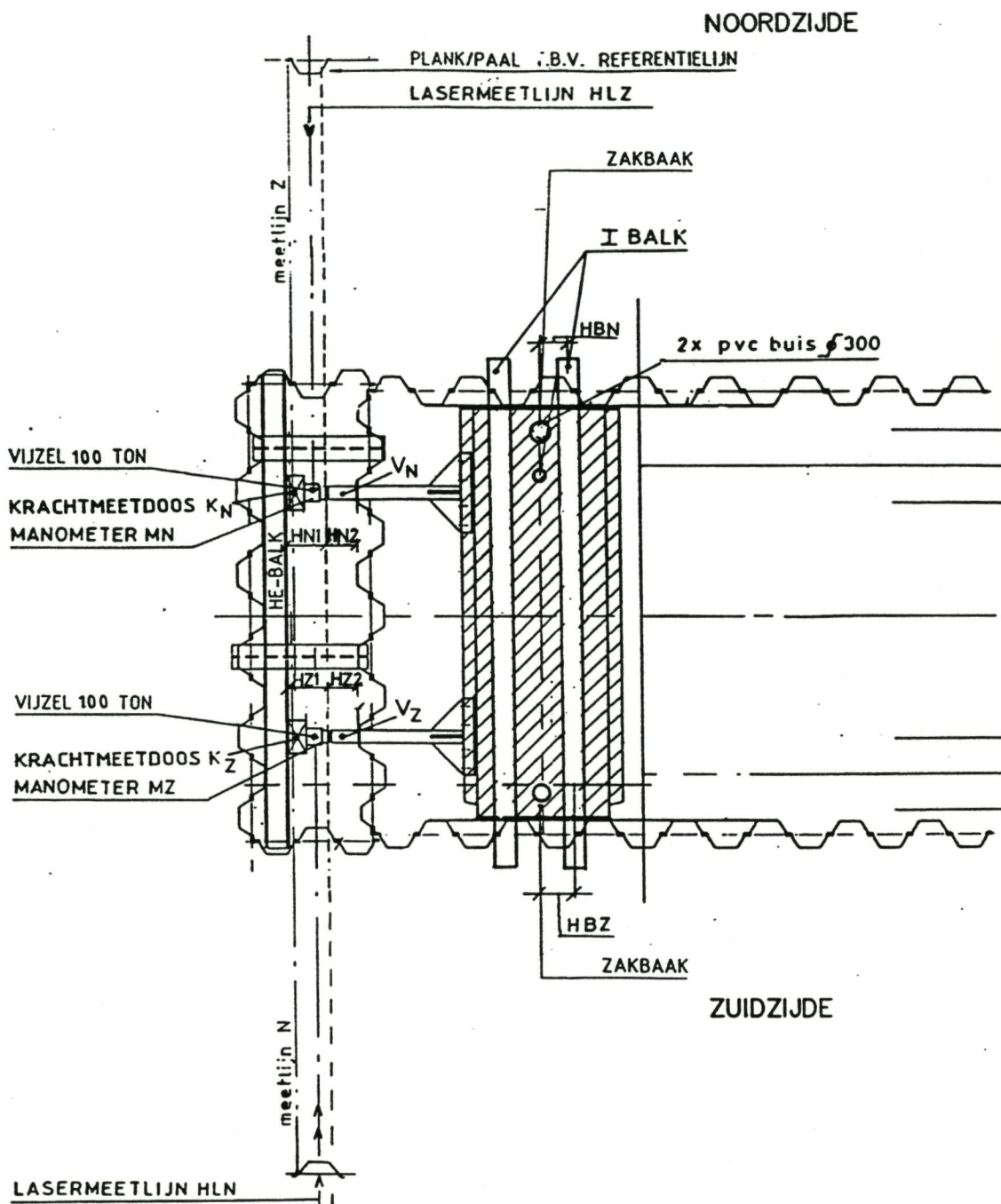
gez.

ZIJ - AANZICHT OPSTELLING

BIJL. 2b

form.

A4



LEGENDA

KN/KZ $\triangleq$ krachtmeetdoos
 MN/MZ $\triangleq$ manometer vijzel
 HN₁/HZ₁ $\triangleq$ vijzelslag
 HN₂/HZ₂ $\triangleq$ hor.verpl.stempelstang c.q. proefbuis (relatief)
 HLN/HLZ $\triangleq$ hor.verpl.stempelstang c.q. proefbuis (absoluut)
 HLDN/HLDZ $\triangleq$ hor.verpl.damwand achter de proefbuis
 NZ $\triangleq$ theodoliet-meetlijn $\triangleq$ hor.verpl. damwand t.p.v. vijzel N
 HBN/HBZ $\triangleq$ hor.verpl.zakbakens



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soll nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE

CO- 350560

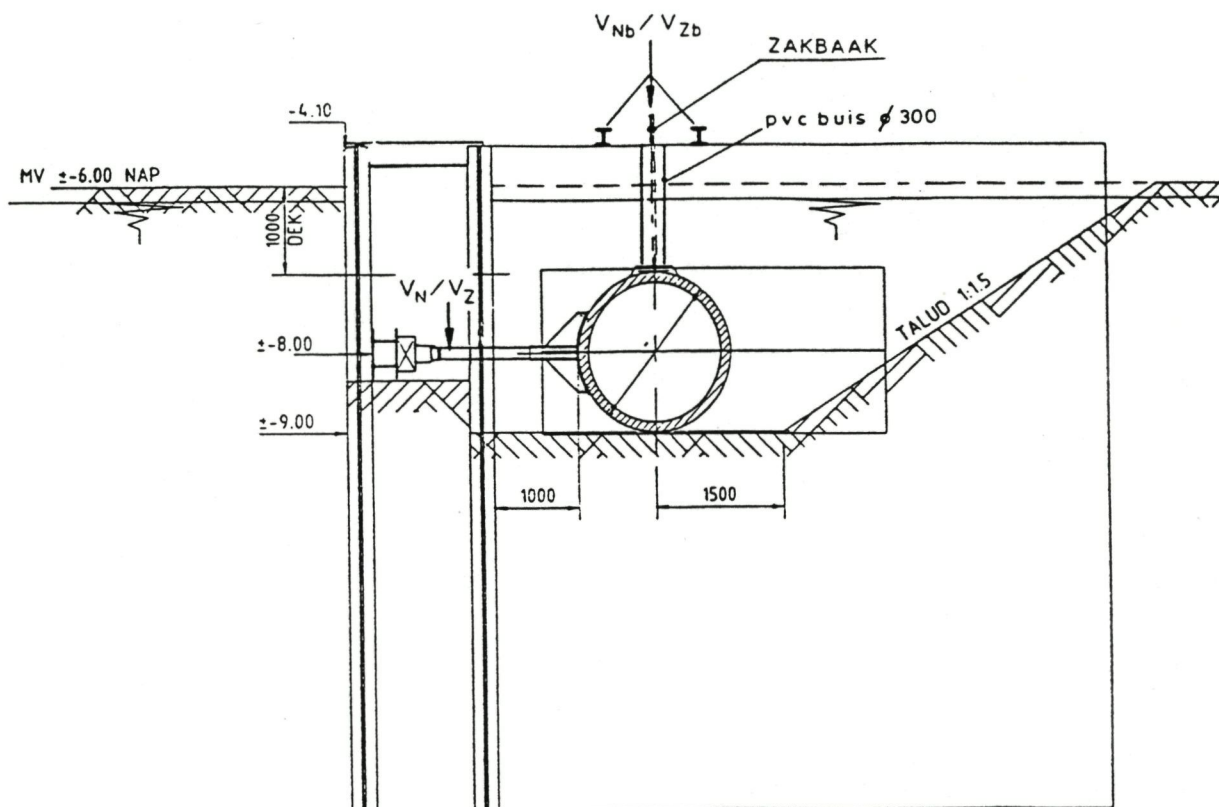
gez.

BOVENAANZICHT POSITIE HOR. VERPL. OPNEMERS

BIJL. 3a

form.

A4



LEGENDA

$V_{Nb} \triangleq$ verpl.opn.noord op de buis

$V_{Zb} \triangleq$ verpl.opn.zuid op de buis

$V_N \triangleq$ verpl.opn.noord op de stempelstang

$V_Z \triangleq$ verpl.opn.zuid op de stempelstang

$V_{ZBN} \triangleq$ zakbaken waterpassen

$V_{ZBZ} \triangleq$ zakbaken waterpassen



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

gez.

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE

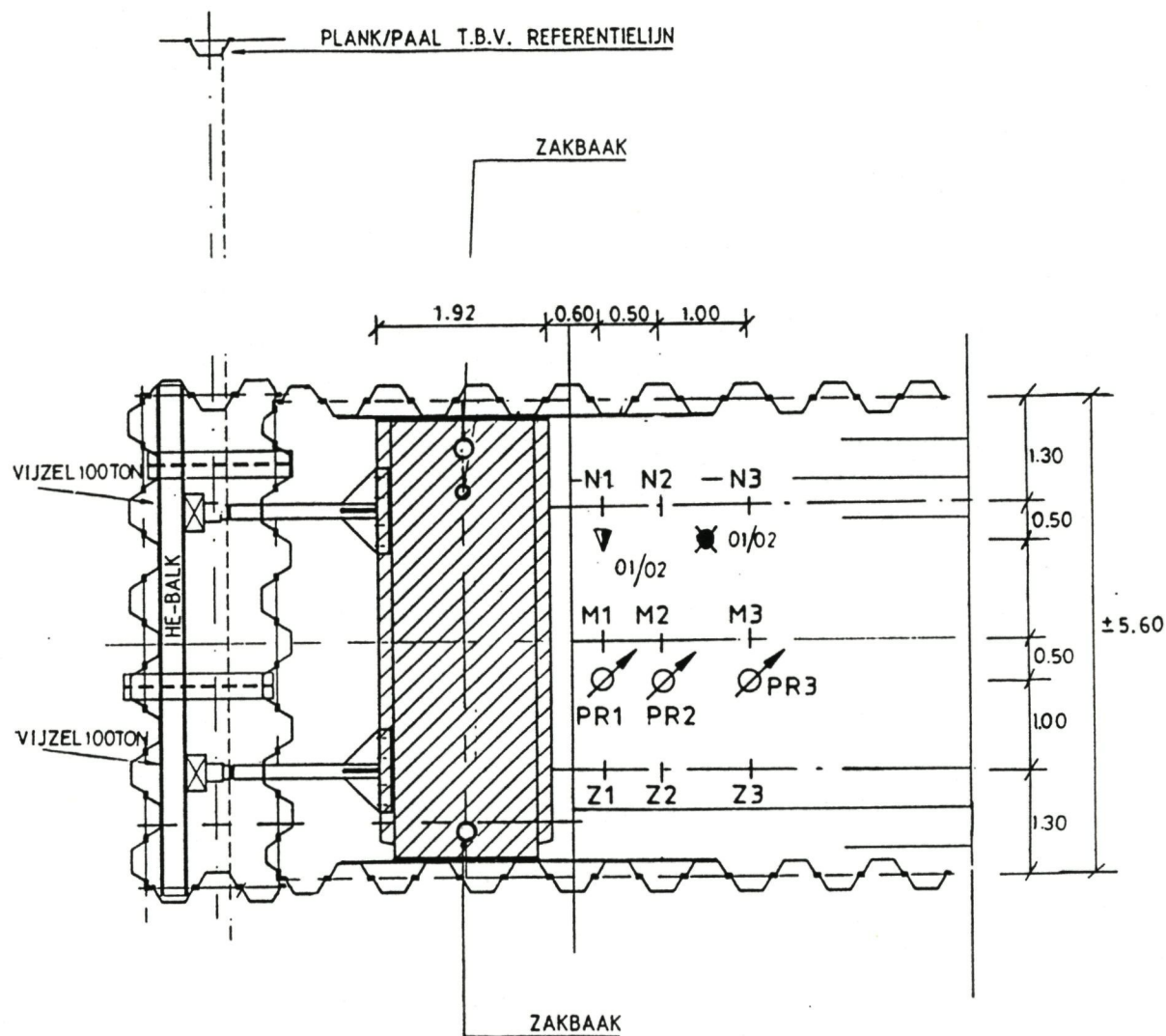
CO- 350560

form.

ZIJ-AANZICHT POSITIE VERPL.OPNEMERS VERTICAAL

BIJL. 3b

A4



LEGENDA

N1,N2,N3 $\triangleq$ gronddrukopnemer

M1,M2,M3 $\triangleq$ gronddrukopnemer

Z1,Z2,Z3 $\triangleq$ gronddrukopnemer

PR1,PR2,PR3 $\triangleq$ pr.waterspanningopnemer

$\otimes$ $\triangleq$ Begemannboring $\varnothing$ 66mm

∇ $\triangleq$ sondering



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

gez.

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE
MEETINSTRUMENTATIE ACHTER DE BUIS

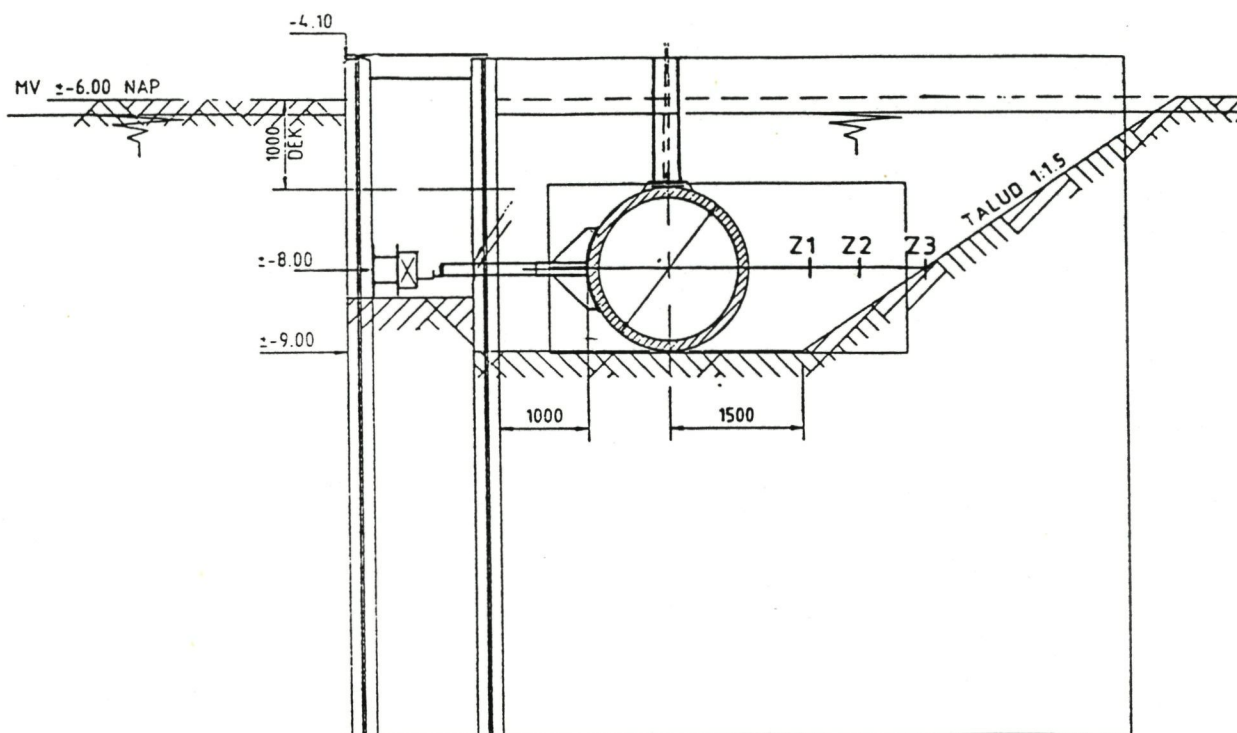
CO- 350560

BOVENAANZICHT INSTRUMENTATIE

BIJL. 4a

form.

A4



LEGENDA

Z1,Z2 en Z3 – niveau gronddrukopnemers



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon (015) 69 35 00

Telefax (015) 61 08 21
Telex 38234 soil nl

datum

1994-10-20

get.

Weg

gez.

PROEF TEN BEHOEVE VAN HOR. BEDDINGSCONSTANTE
MEETINSTRUMENTATIE ACHTER DE BUIS

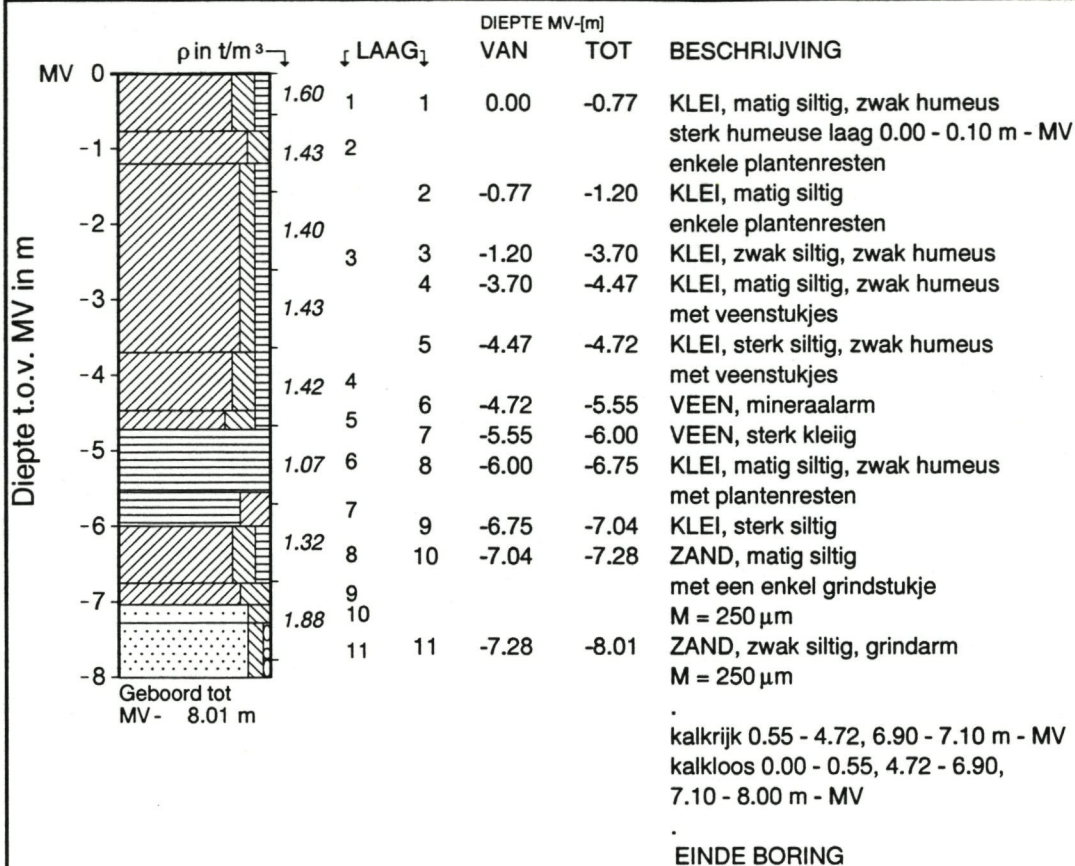
ZIJAANZICHT INSTRUMENTATIE

CO- 350560

BIJL. 4b

form.

A4



Voor legenda zie bijlage A

	GRONDMECHANICA DELFT	Postbus 69 2600 AB Delft	Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21	datum	get.
				94-06-17	<i>ee.</i>
				CO-350560	gez. Kuy
HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (ongeroerde grond) Begemannboring 66 mm A13-10				BIJL. 5	form. A4

BORING A13-10


 DELET

Postbus 69, 2600 AB Delft
Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
1994-11-21

get.
KWT

HORizontale BuisbelastingSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (ongeroderde grond)

FOTO BORING: A13-10

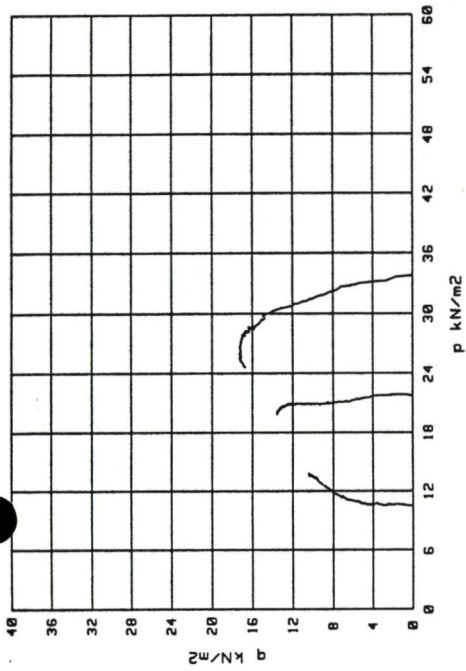
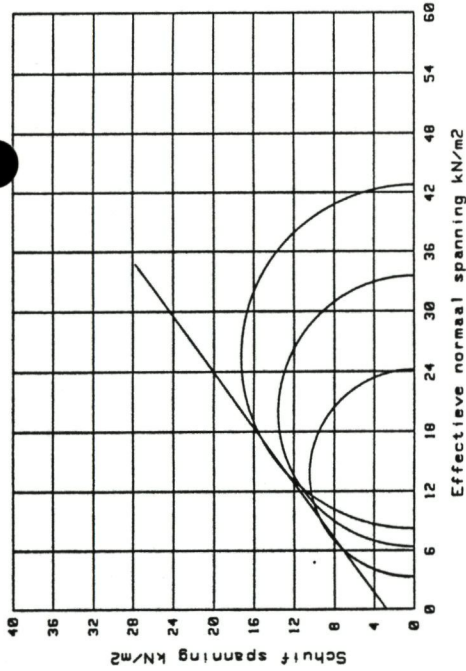
CO- 350560

BIJL. 5F

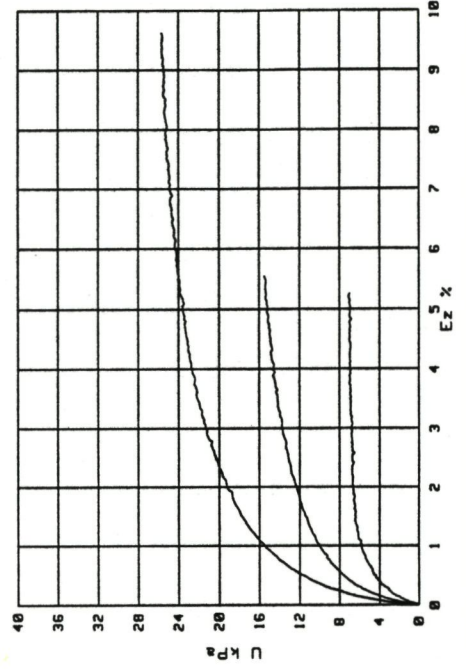
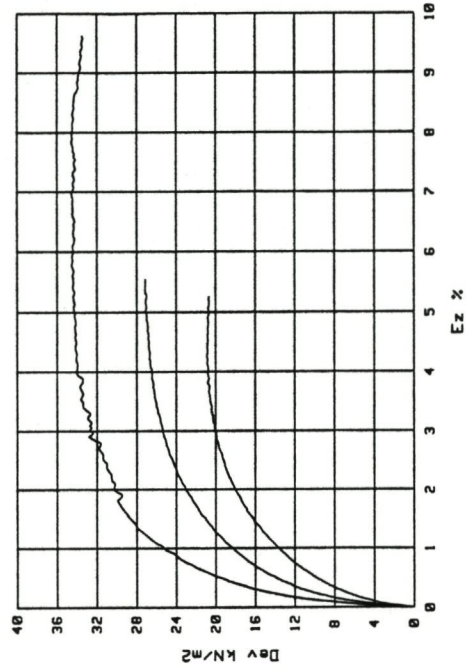
gez.

form.

A4

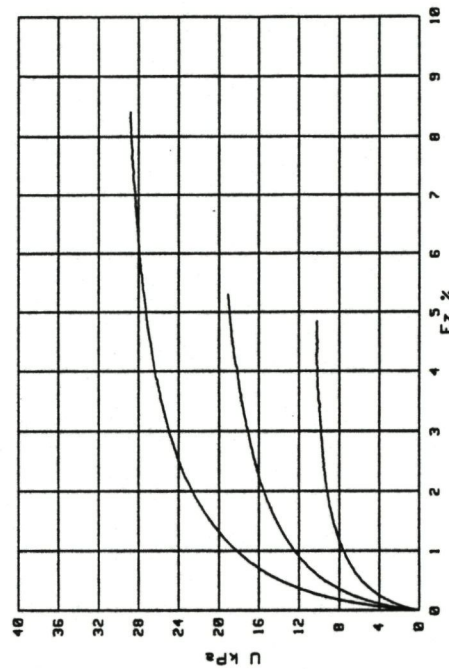
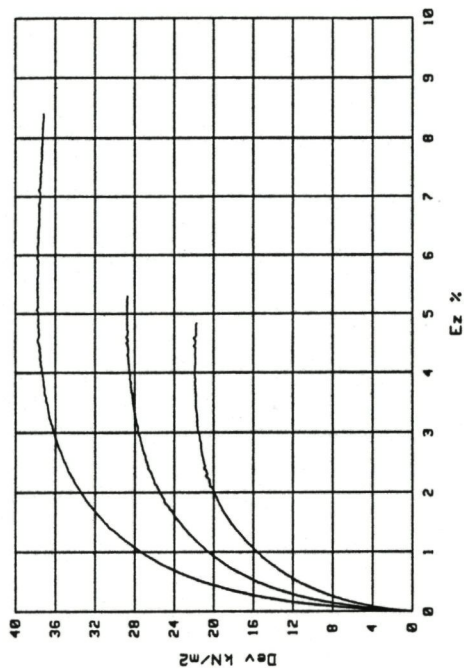
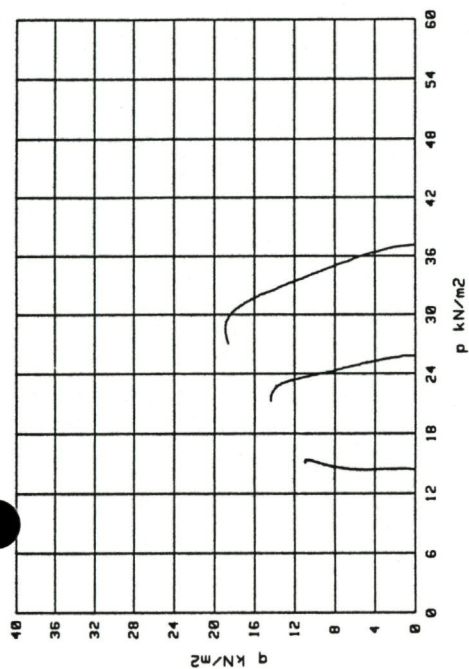
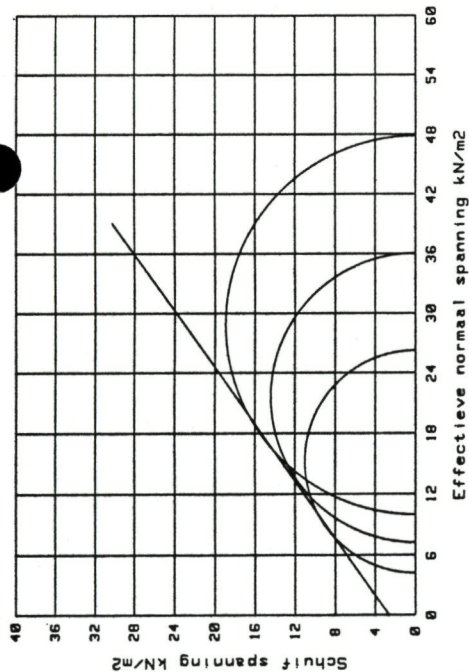


Gegevens	3	3	3
Gewicht [gr]	697.57	674.51	647.81
Volume [cc]	519.02	495.96	469.26
Watergehalte [%]	105.97	99.16	91.28
Dichtheid nat [gr/cc]	1.34	1.36	1.38
Hoogte [cm]	14.97	14.46	13.82
Grondsoort	Klei		
Phi en C bij Max Q			
Phi [graden]	35.70		
C [kN/m²]	2.78		



GRONDMECHANICA DELFT	7 Jul 1994	
	CO-350560	
	BIJL: 5A	A3

Horizontale buisbelastingsproef
 CU triaxiaalproef (Multistage)
 Boring A13-10 : Monster 3 : Diepte 1.78-1.98 m-Mv



Gegavens	Monster	4	4	4
Gewicht [gr]		598.88	567.35	714.86
Volume [cc]		495.13	471.60	518.31
Watergehalte [%]		87.82	81.43	94.12
Dichtheid nat [gr/cc]		1.40	1.42	1.38
Hoogte [cm]		14.36	13.74	14.89
Grondsoort		Klei humeus		
		Phi en C bij Max Q		
Phi [graden]		35.23		
C [kN/m²]		2.63		

GRONDMECHANICA DELFT Horizontale buisbelastingsproef CU triaxiaalproef (Multistage) Boring A13-10 ; Monster 4 ; Diepte 2.91-3.11 m-Mv	5 Jul 1994	
	CO-350560	
	BIJL: 5B	A3

load-step	load-step [kN/m ²]	c_v [m ² /s]	m_v [m ² /kN]	k [m/s]
1	0 - 4	5,551e-08	0,794e-03	4,375e-10
2	4 - 8	4,221e-08	1,041e-03	4,395e-10
3	8 - 16	4,623e-08	1,099e-03	5,079e-10
4	16 - 32	2,514e-08	1,217e-03	3,059e-10
5	32 - 64	5,679e-08	2,417e-03	1,373e-10
P_g [kN/m ²]	C_p [-]	C_s [-]	C'_p [-]	C'_s [-]
24,3	129,9	539,1	8,85	31,0

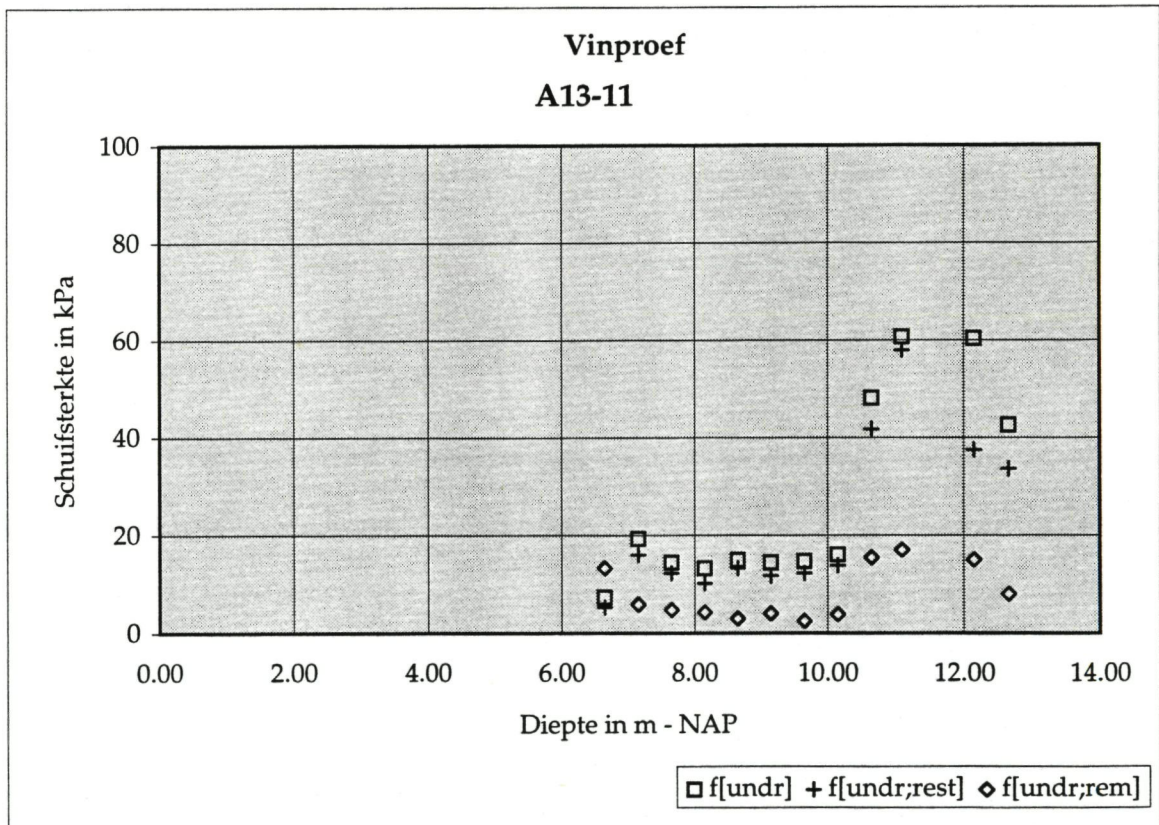
TERREINVINPROEF conform NEN 5106

Vinproef nr.: A13-11
 Vin afmeting (mm): 65 * 130
 Instrument nr.: 31
 Rotatiesnelheid (graad/s): 0.1
 Maaiveld hoogte: -6.00

Buisschuif proef

Datum : 16-Jun-94
 CO- 350560

Diepte (m - mv)	Diepte (m - NAP)	f[undr] (kPa)	Hoek verdr. (graad)	f[undr; rest] (kPa)	Hoek verdr. (graad)	f[undr; rem] (kPa)
0.65	6.65	7		5		13
1.15	7.15	19		16		6
1.65	7.65	14		12		5
2.15	8.15	13		10		4
2.65	8.65	15		13		3
3.15	9.15	14		12		4
3.65	9.65	15		12		3
4.15	10.15	16		14		4
4.65	10.65	48		42		15
5.10	11.10	61		58		17
6.15	12.15	60		37		15
6.65	12.65	43		34		8



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
1994-08-16

get.
Kuij.

**HORizontale BuisbelastingSPROEF
TE NIEUWERKERK a/d IJssel**

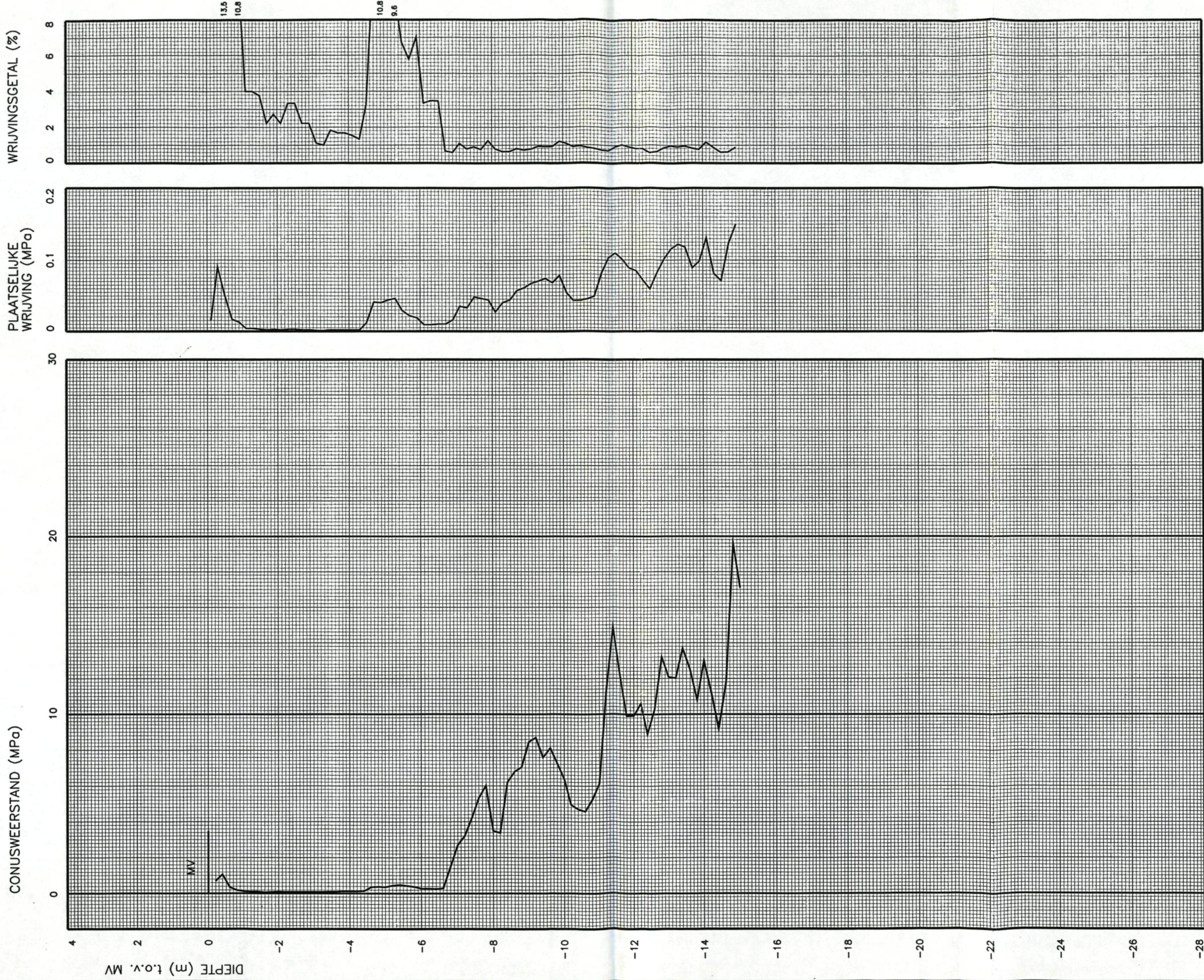
CO-350560

gez.
Ldw

Resultaat terrein-vinproef A13-11

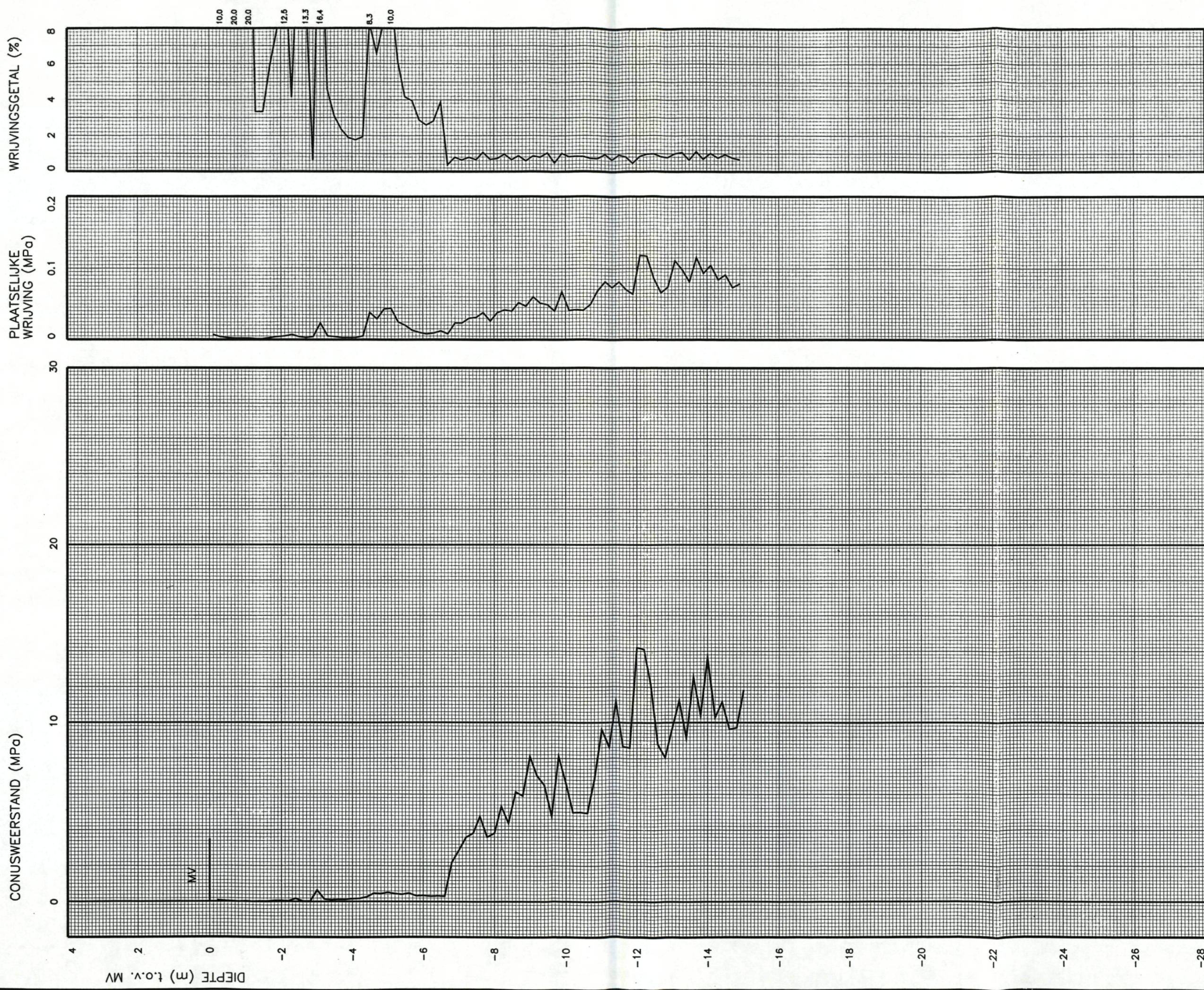
BIJL. 6

form.
A4

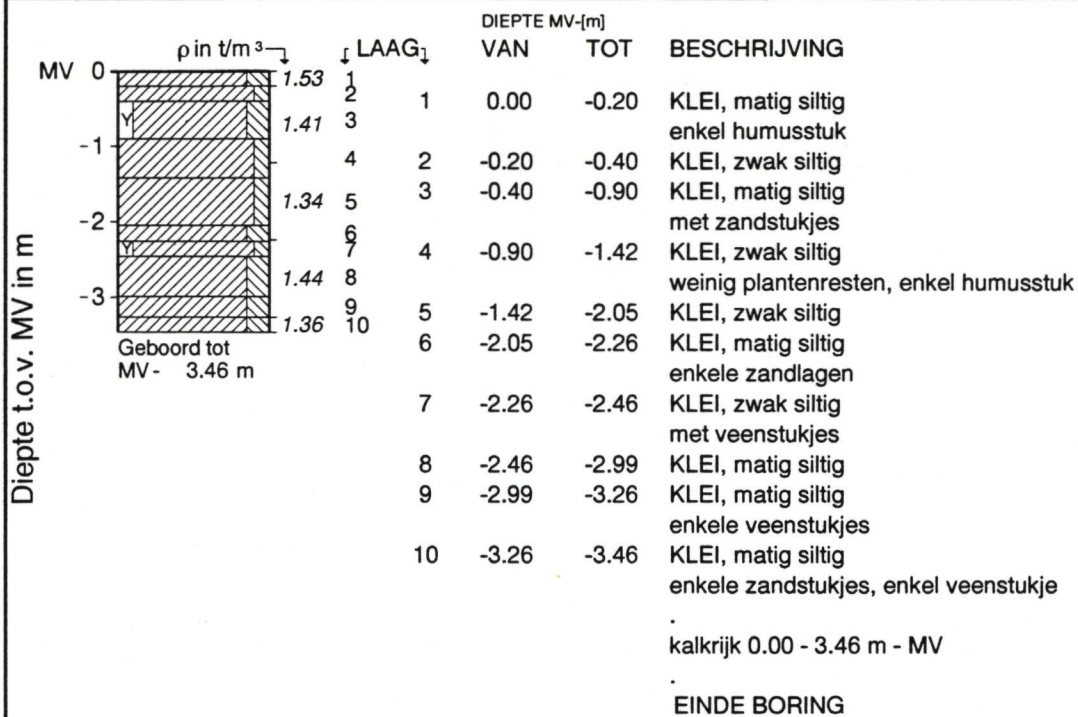


	GRONDMECHANICA	Postbus 68, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00	Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	datum 1994-09-15	get. Lws	Elektr. sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. CKR10/1-50, voorzien van elektrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
	HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (ongeroerde grond)			CO-350560	gez. form.	Meetbereiken: conusweerstand plaatselijke wrijving waterspanning conusheiling
SONDERING A13-12				BIJL. 7	A3	Geometrische bijzonderheden: MV = 0.00 m X = 0.000 km Y = 0.000 km

50 MPa
0.7 MPa
350 MPa
1 mRad



 GRONDMECHANICA DELFT	Postbus 69, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	datum 1994-09-15		get. Lws	Elektr. sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. CKR10/1-50, voorzien van elektrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.		
		CO-350560	gez. <i>gez.</i>	form. A3		Meetbereiken: conusweerstand plaatselijke wrijving waterspanning conushelling	
			BIJL. 8				
		HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (proef in kleiaanvulling)					50 MPa 0.7 MPa 350 MPa 1 mRad
SONDERING A13-13							



Voor legenda zie bijlage A



GRONDMECHANICA
DELFT

Postbus 69
2600 AB Delft

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
1994-09-16

get.
[Signature]

HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF
TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (proef in kleiaanvulling)

CO-350560

gez.
Kuy

Begemannboring 66 mm

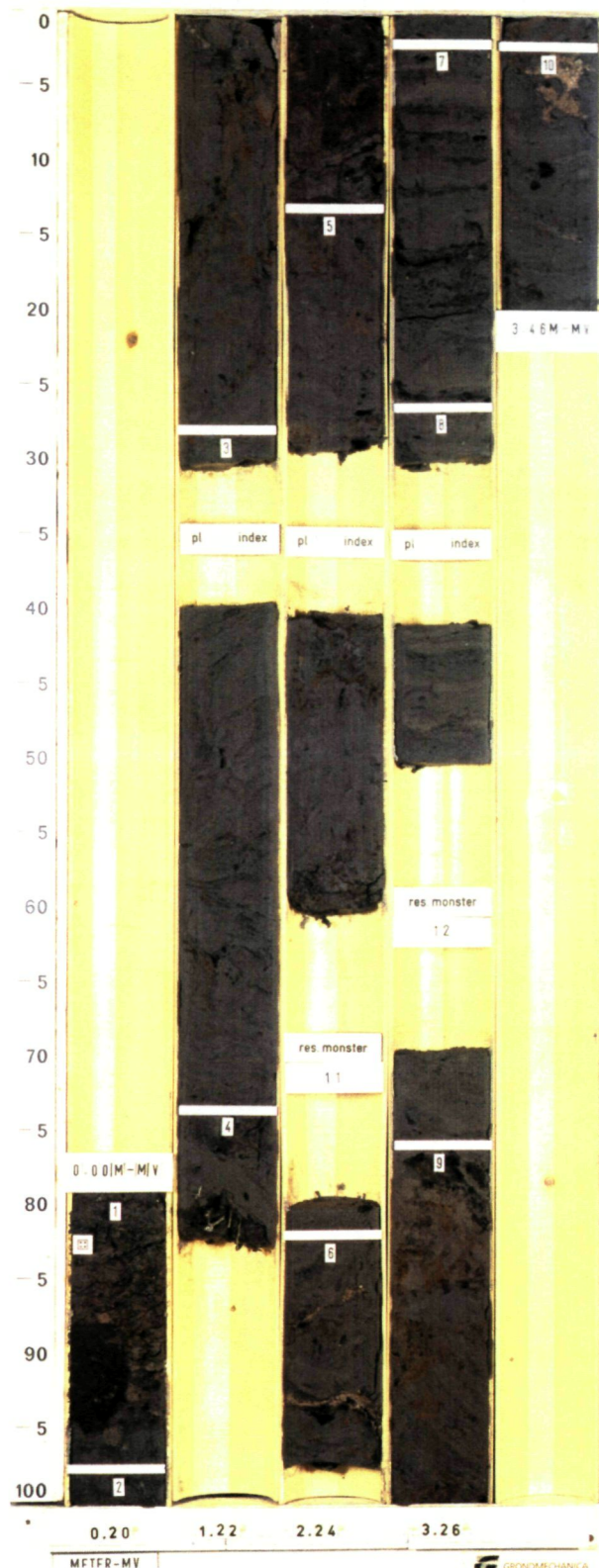
A13-13

BIJL. 9

form.
A4

CO 350560

BORING A13-13



Postbus 69, 2600 AB Delft
Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

1994-11-21

get.

KWT

HORizontale BuisbelastingSPROEF
TE Nieuwerkerk a/d IJssel (proef in kleiaanvulling)

CO- 350560

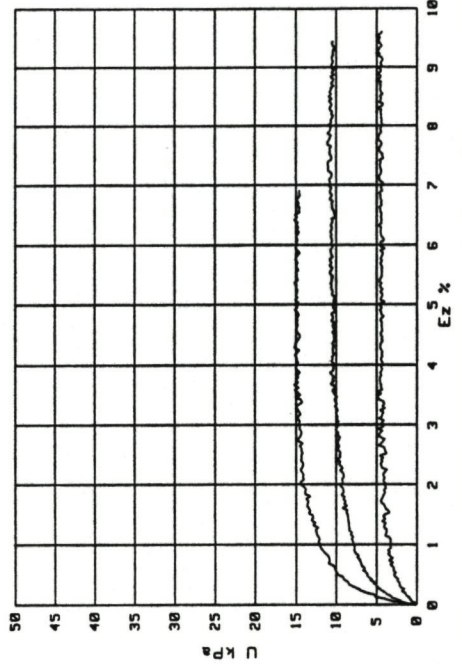
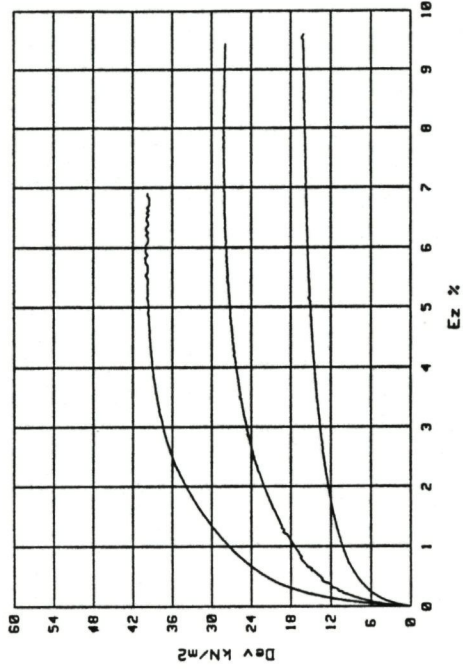
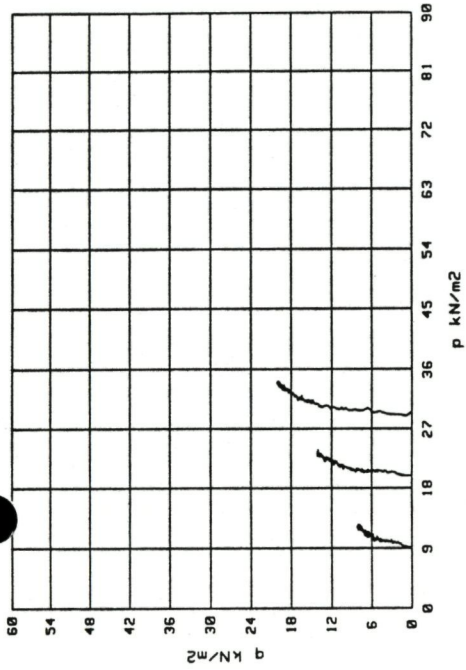
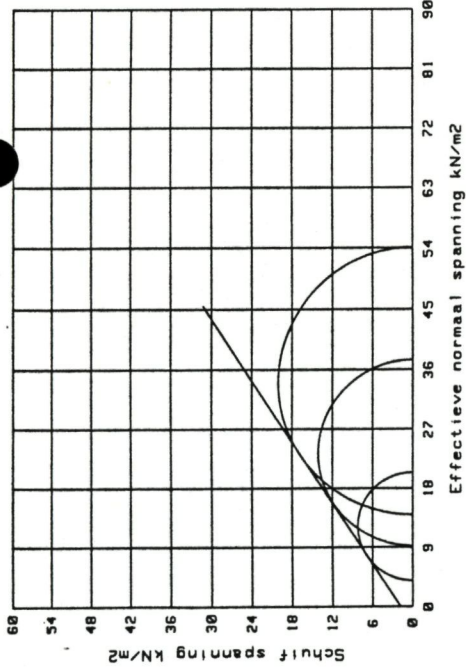
gez.

FOTO BORING: A13-13

BIJL. 9F

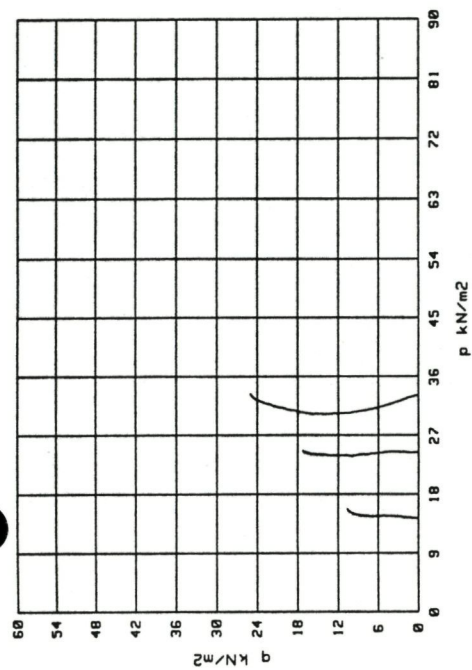
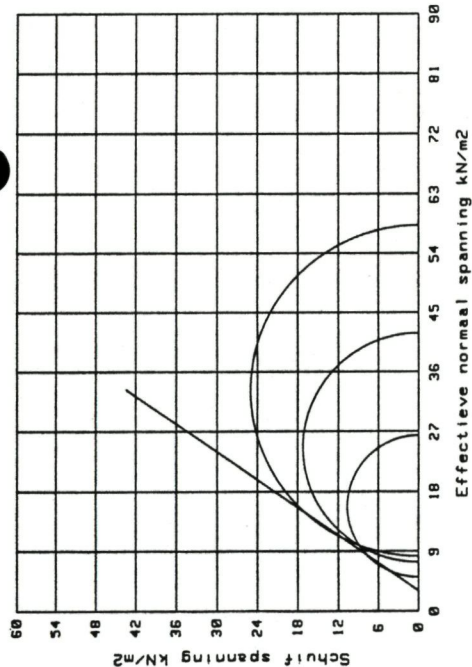
form.

A4

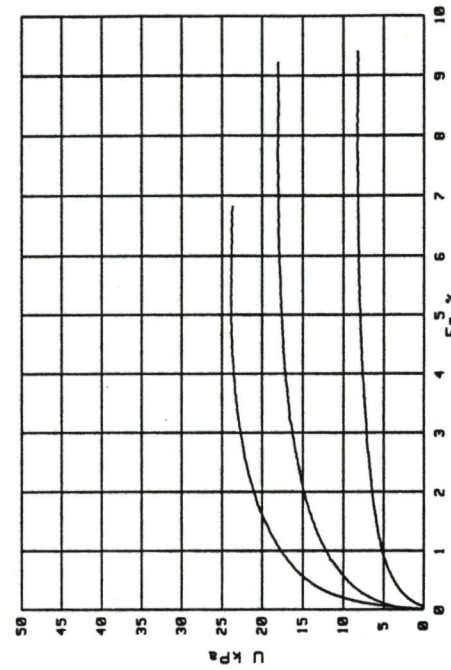
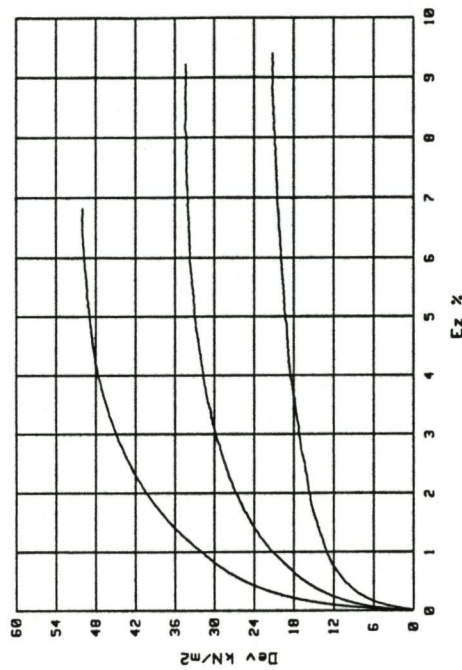


Gegevens		11	11	11
Gewicht	[gr]	616.10	594.60	577.60
Volume	[cc]	446.79	425.29	408.29
Watergehalte	[%]	77.24	71.05	66.16
Dichtheid nat [gr/cc]		1.38	1.40	1.41
Hoogte	[cm]	14.84	13.68	12.66
Grondsoort				
Klei siltig				
Phi en C bij Max O				
Phi	[graden]	32.87		
C	[kN/m²]	1.85		

GRONDMECHANICA DELFT	31 Oct 1994	
	Horizontale buisbelastingsproef kleiaanvulling	
	CU triaxiaalproef (Multistage)	
Boring R13-13B ; Monster 11 ; Diepte 1.82-2.02 m-Mv		
BIJL: 9A		A3

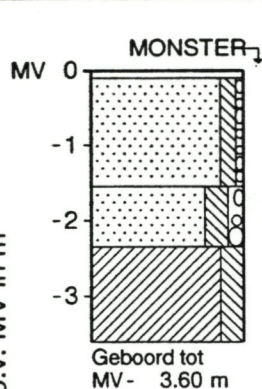


Gegevens	12	12	12
Gewicht [gr]	695.60	566.60	634.10
Volume [cc]	479.68	450.68	418.18
Watergehalte [%]	96.88	88.67	79.47
Dichtheid nat [gr/cc]	1.45	1.48	1.52
Hoogte [cm]	14.84	13.70	12.72
Grondsoort	Klei siltig		
Phi en C bij Max Q			
Phi [graden]	55.10		
C [kN/m ²]	0.00		



GRONDMECHANICA DELFT	31 Oct 1994	
Horizontale buisbelastingproef kleiaanvulling CU triaxiaalproef (Multistage) Boring RI3-13B ; Monster 12 ; Diepte 2.74-2.94 m-Mv	CO-350560	
	BIJL: 9B	A3

Diepte t.o.v. MV in m

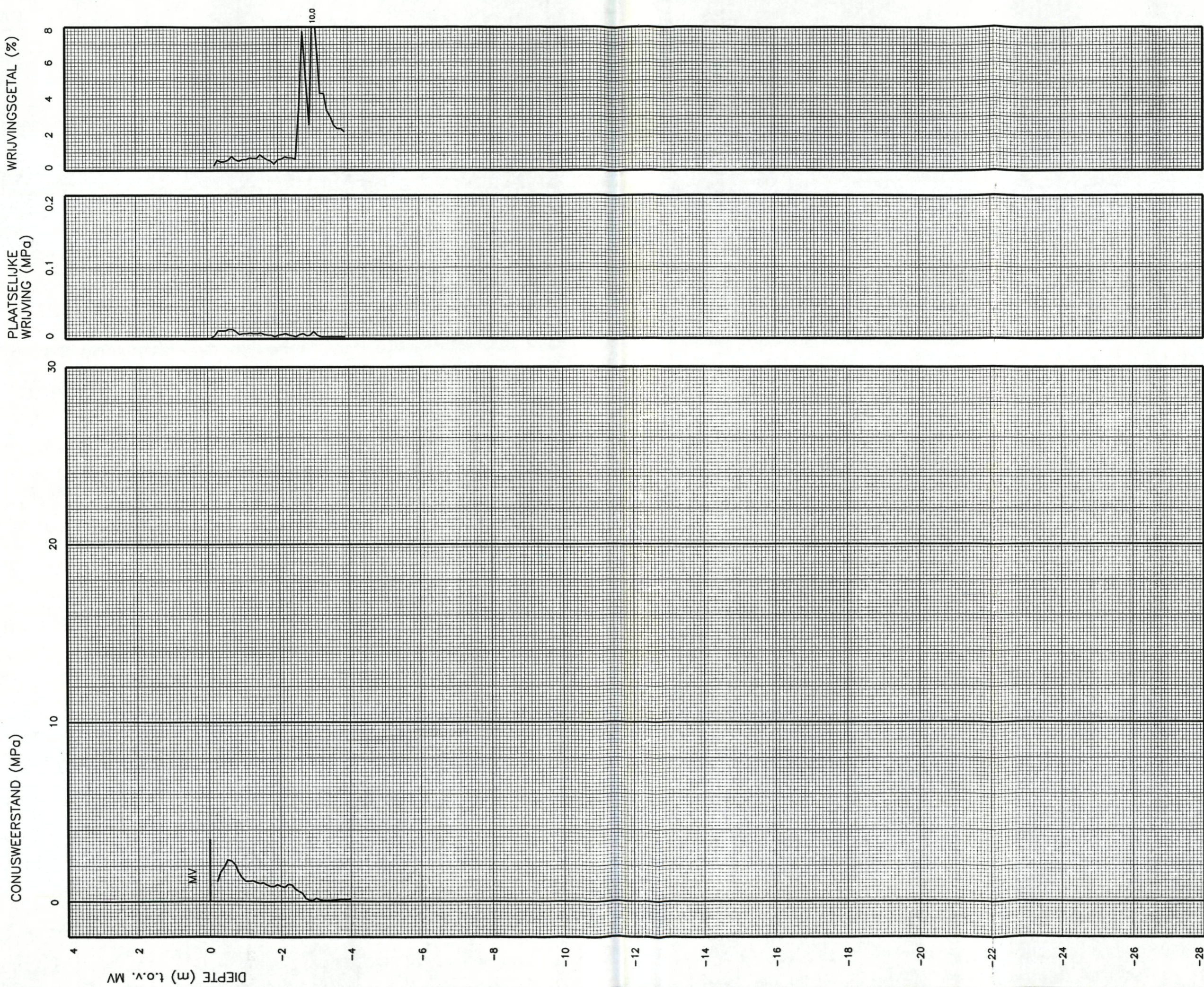


		DIEPTE MV-[m]		BESCHRIJVING
LAAG ₁		VAN	TOT	
1	1	-0.10	-1.55	ZAND, zwak siltig, grindarm met enkele kleistukjes M = 175 µm
	2	-1.55	-2.35	ZAND, matig siltig, zwak grindig enkele veen- en kleistukjes M = 350 µm
3	3	-2.35	-3.60	KLEI, matig siltig met enkele veenstukjes
kalkrijk 1.55 - 3.60 m - MV kalkloos 0.00 - 1.55 m - MV				
EINDE BORING				

Voor legenda zie bijlage A

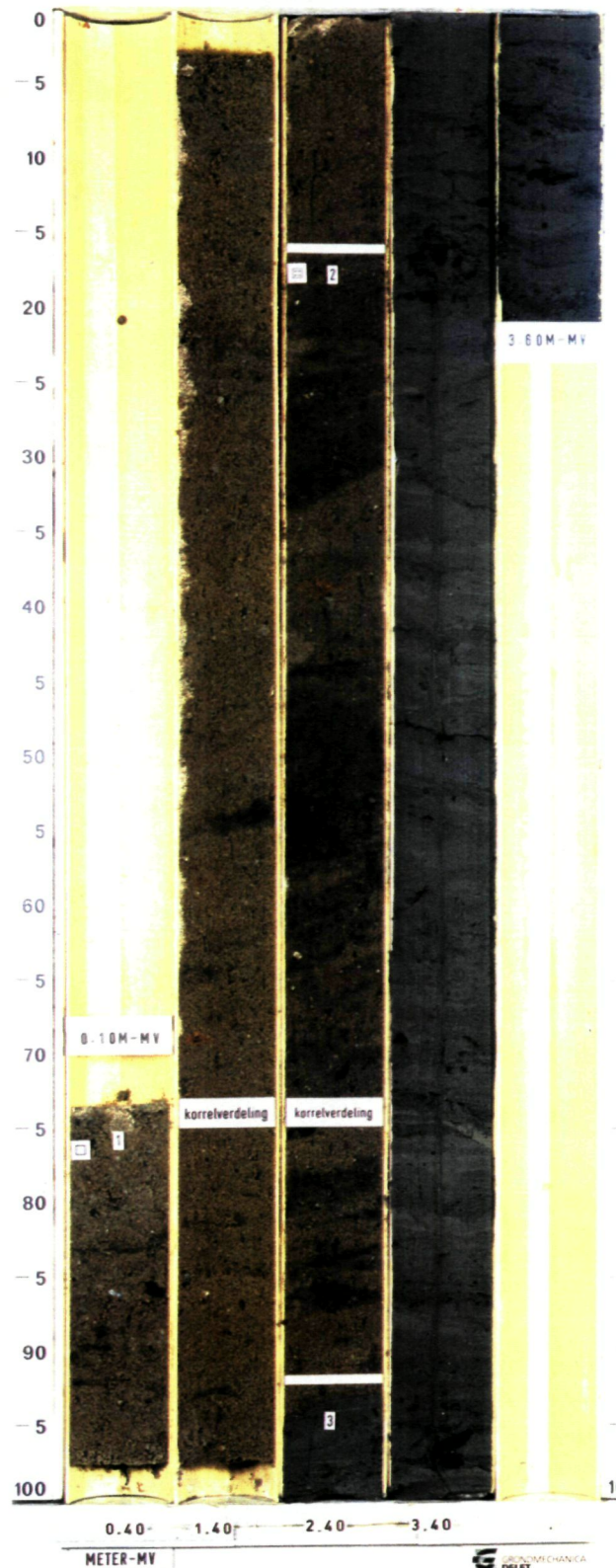
 GRONDMECHANICA DELFT	Postbus 69 2600 AB Delft	Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21	datum 1994-10-17		get. 
			HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (proef in zandaanvulling)		gez. Kuy
			Begemannboring 66 mm A13-14		form. A4

BIJL. 11



 GRONDMEECHANICA DELFT		Postbus 69, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	datum 1994-10-17		get. Lws	Elektr. sondering uitgevoerd volgens NEN 3680 Conus nr. CKR10/1-50, voorzien van elektrische opnemers voor conusweerstand en plaatselijke wrijving.
HORIZONTALE BUISBELASTINGSPROEF TE NIEUWERKERK a/d IJSSEL (proef in zandaanvulling) SONDERING A13-14		CO-350560		gez. %	Geodetische bijzonderheden: MV = 0.00 m X = 0.000 km Y = 0.000 km Meetbereiken: conusweerstand plaatselijke wrijving waterspanning conushelling	
		BIJL. 10		form. A3		
						50 MPa 0.7 MPa 350 MPa 1 mRad

CO 350560
BORING A13-14



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69, 2600 AB Delft
Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

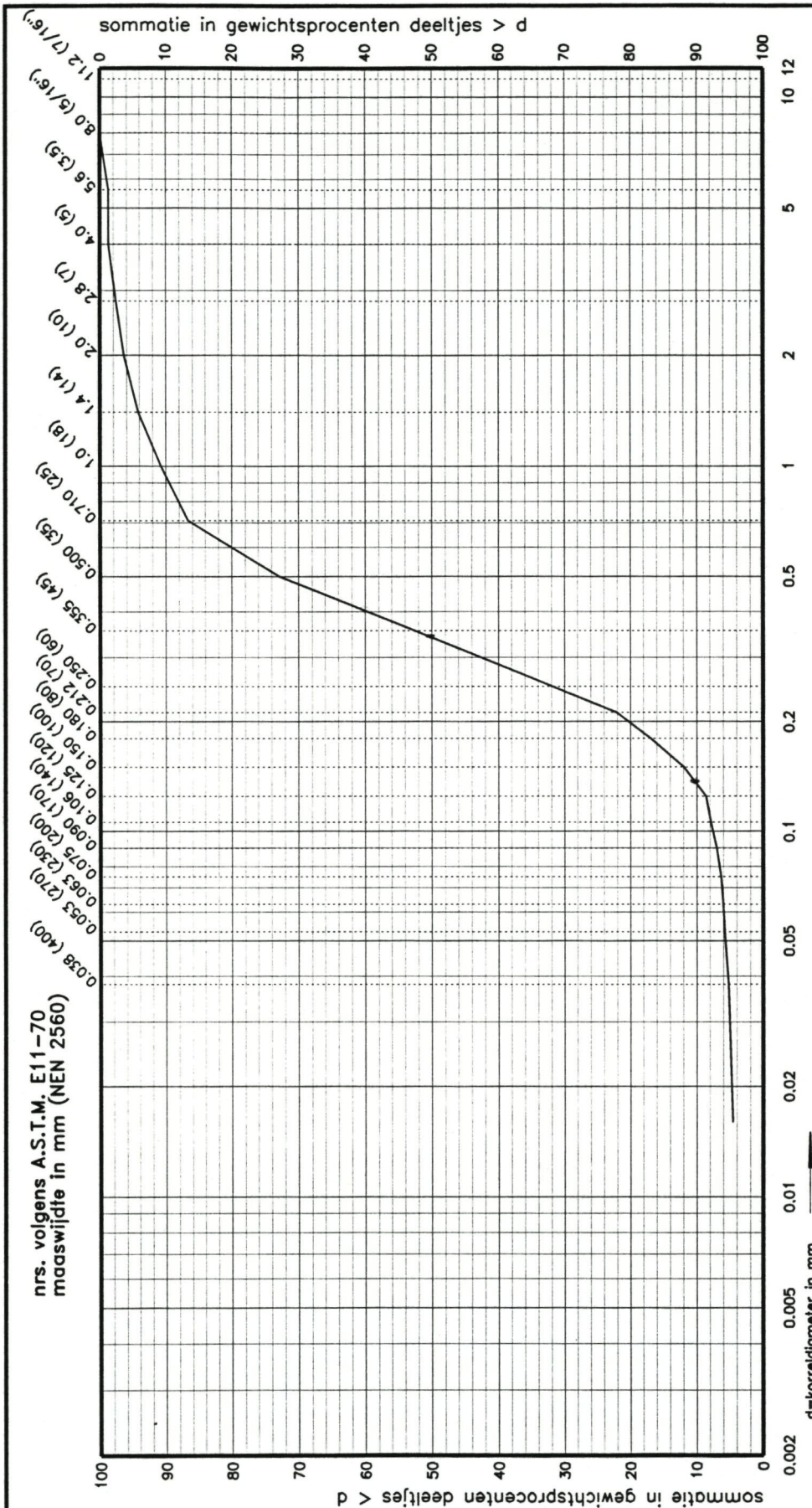
datum	get.
1994-11-21	KWT

HORizontale BuisbelastingSPROEF
TE Nieuwerkerk a/d IJssel (proef in zandaanvulling)

CO- 350560	gez.
------------	------

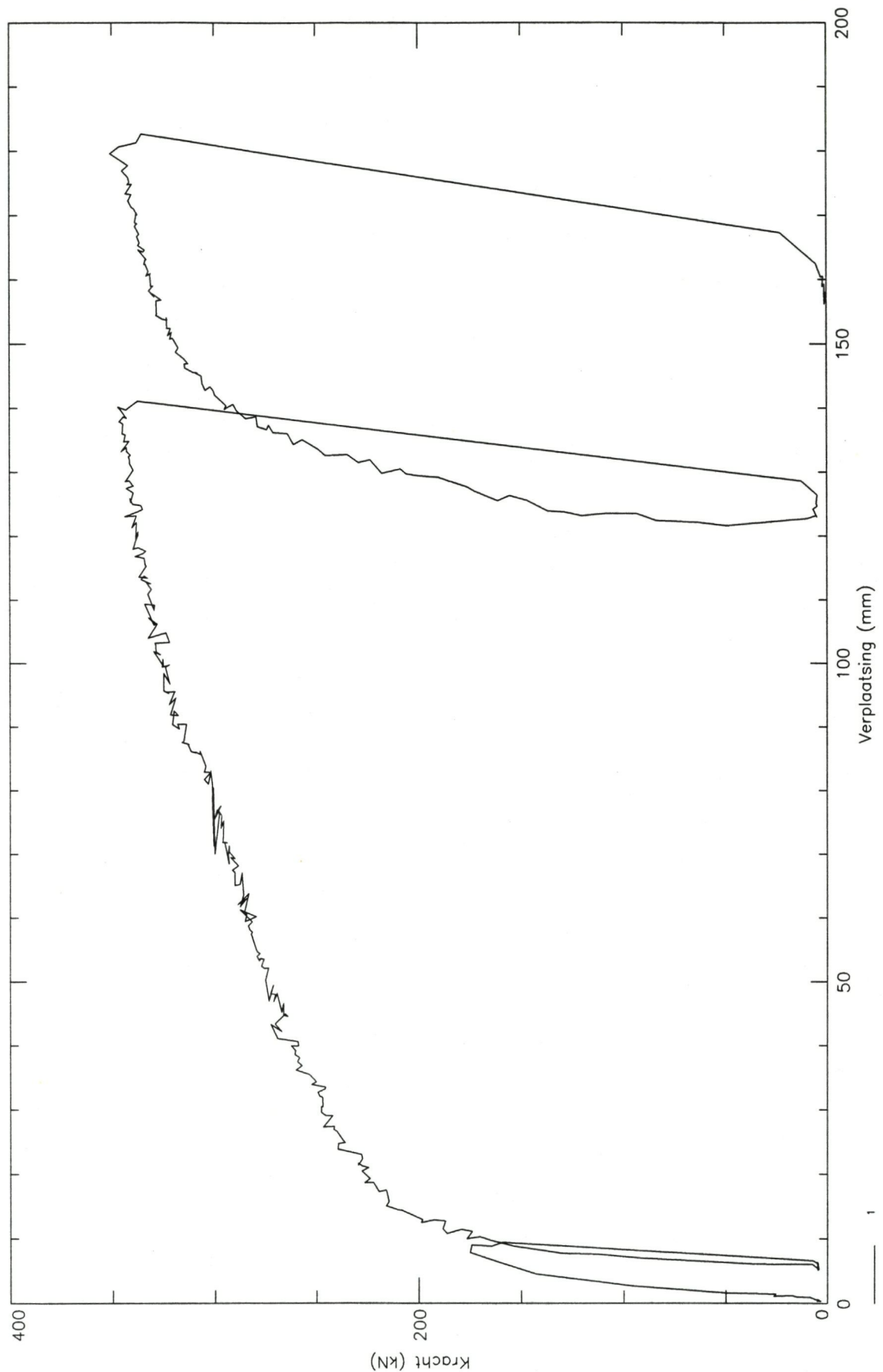
FOTO BORING: A13-14

BIJL. 11F	form.
	A4



BORING			MONSTER	DIEPTI in O - m			O m - MV	O m - NAP	O m - BODEM
A13-14B			15	2.10 - 2.20					

 GRONDMECHANICA DELFT Postbus 69, 2600 AB Delft Telefoon (015) 69 35 00 Telefax (015) 61 08 21 Telex 38234 soil nl	datum		1994-11-22	get.
	HORIZONTALE BELASTINGSPROEF IN ZAND		CO-350560	gez.
	KORRELVERDELINGSDIAGRAM		BIJL. 11 B	form. A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

KN en KZ gesommeerd tegen gecorr. gem. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis

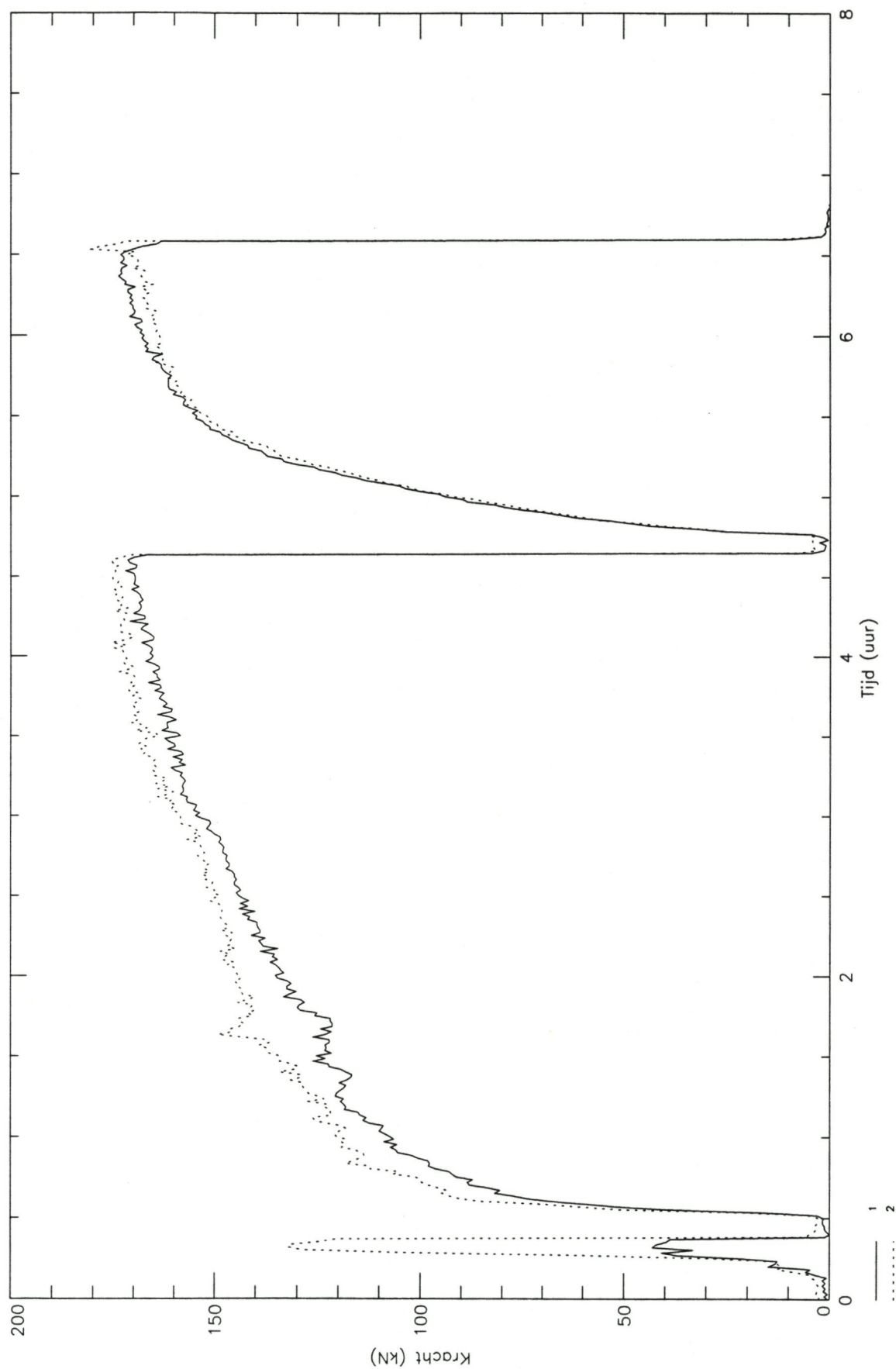
Kracht-verplaatsingsdiagram

CO-350560

gez.

BIJL. 14

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Krachtopnemers KN (1), KZ (2)

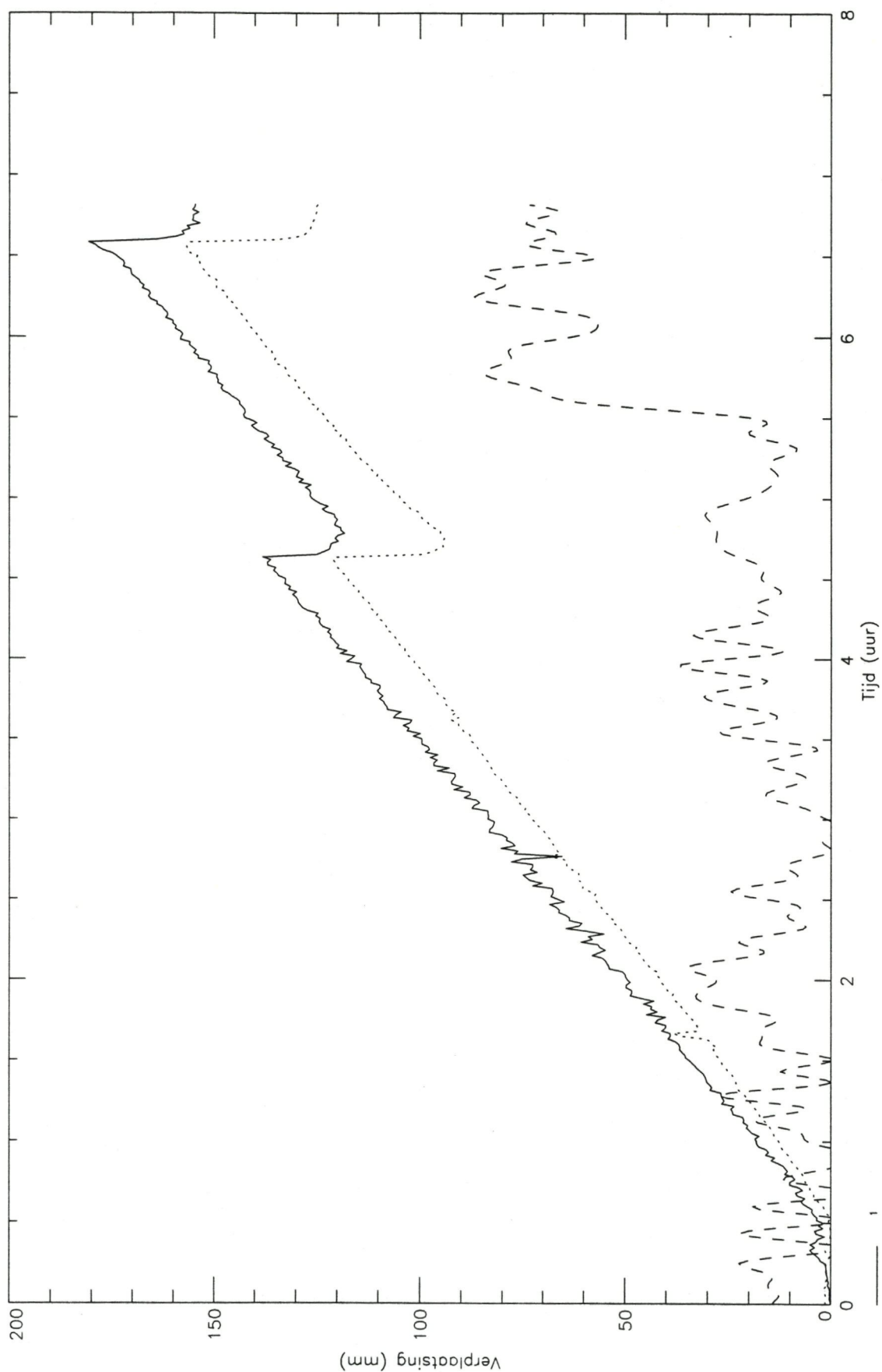
CO-350560

gez.

Tijd-krachtdiagram

BIJL. 16

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers HN2 (1), HBN (2), HLN (3)

CO-350560

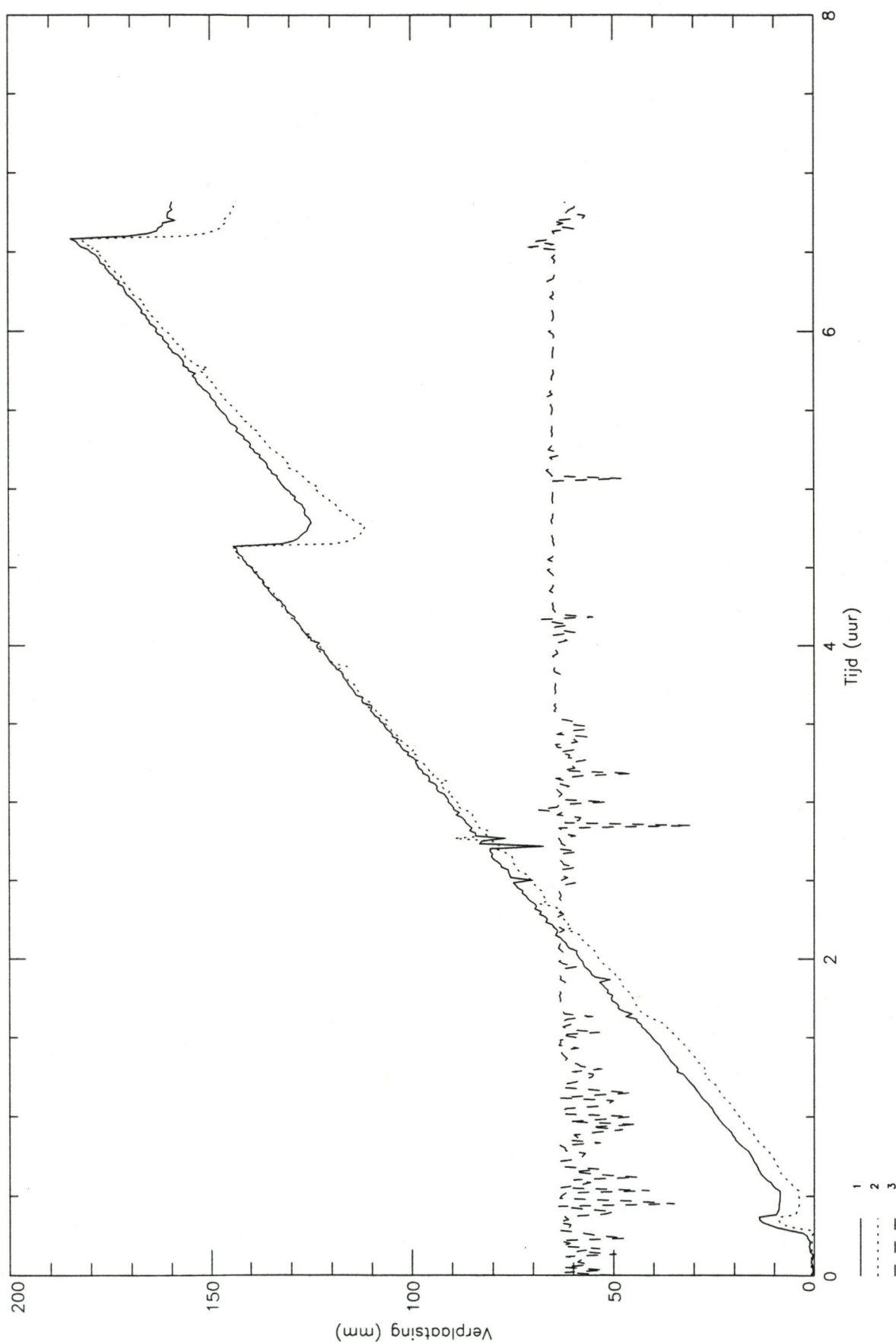
gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 17

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers HZ2 (1), HBZ (2), HLZ (3)

CO-350560

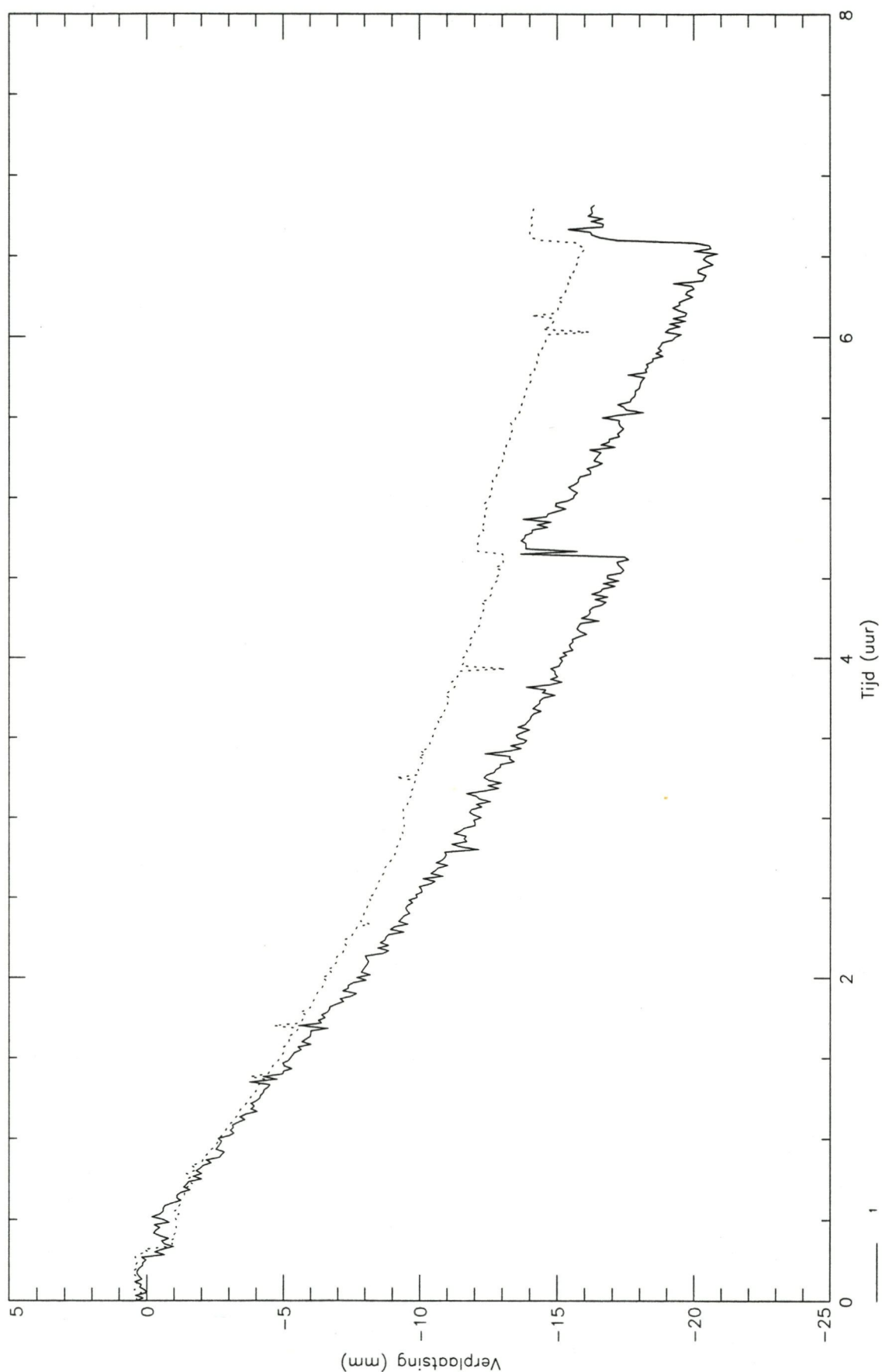
gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 18

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers VNB (1), VZB (2)

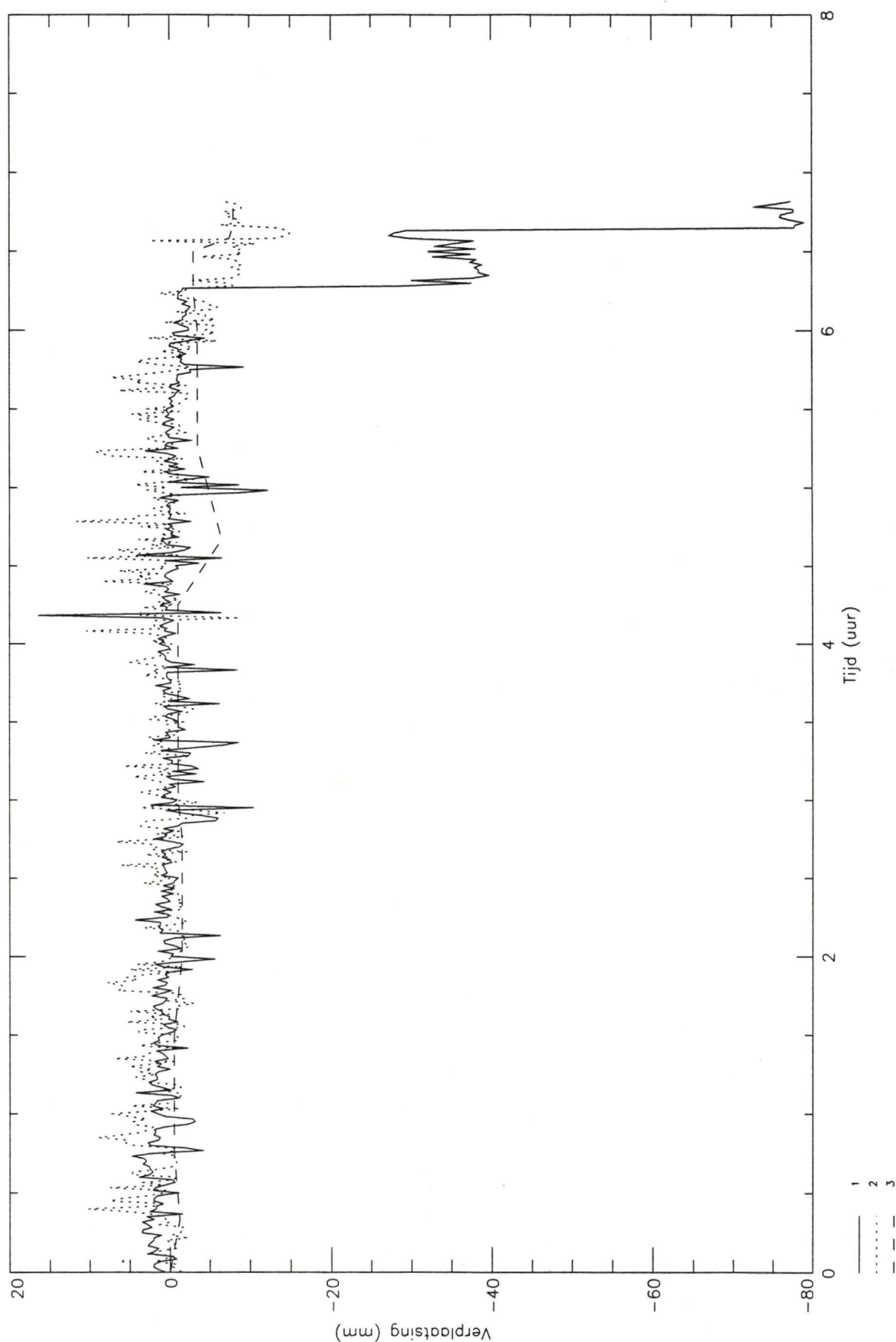
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing van de zakbakens

BIJL. 21

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLDN (1), HLDZ (2) en theodolietmeting HN (3)

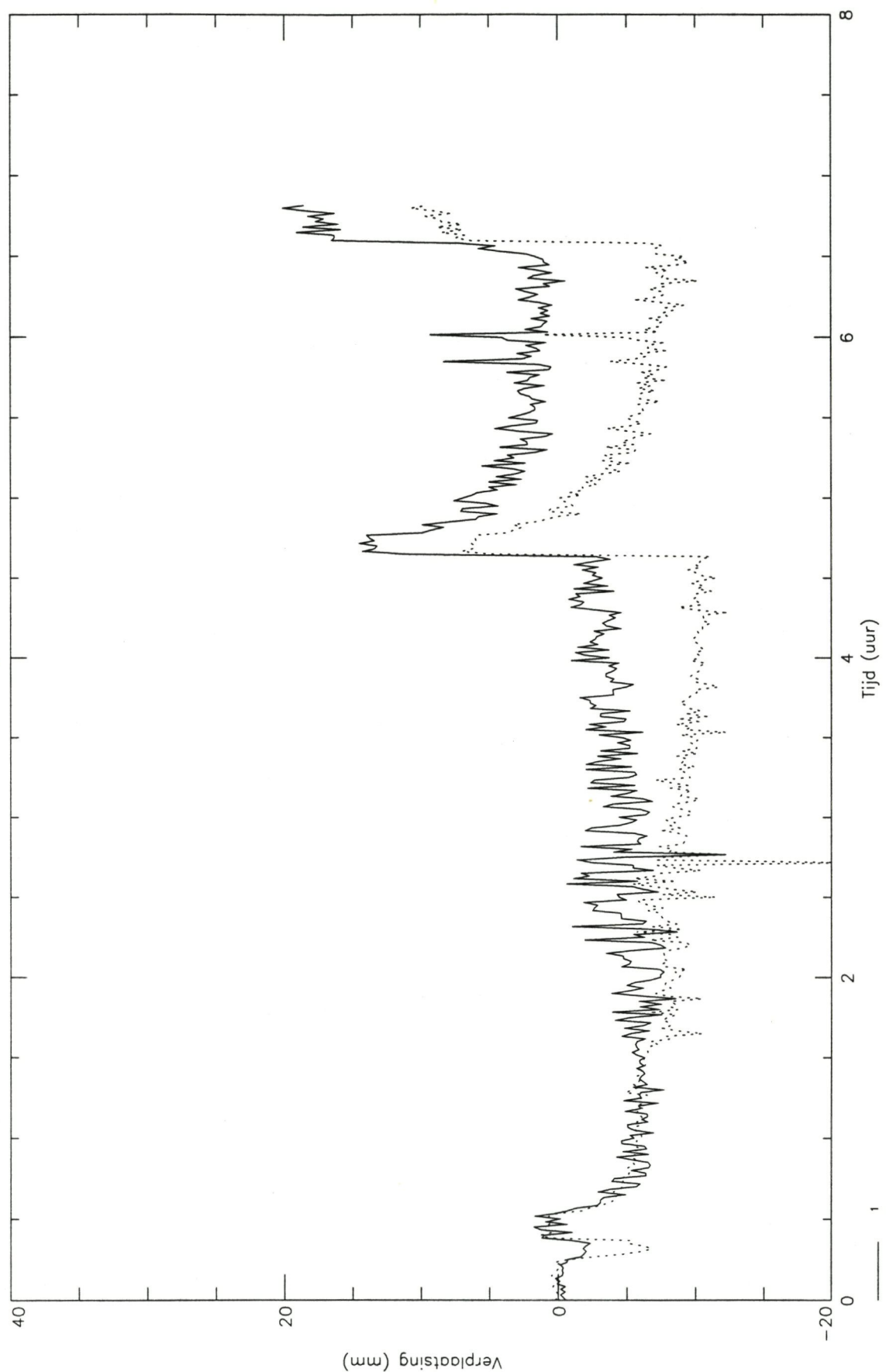
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 23

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

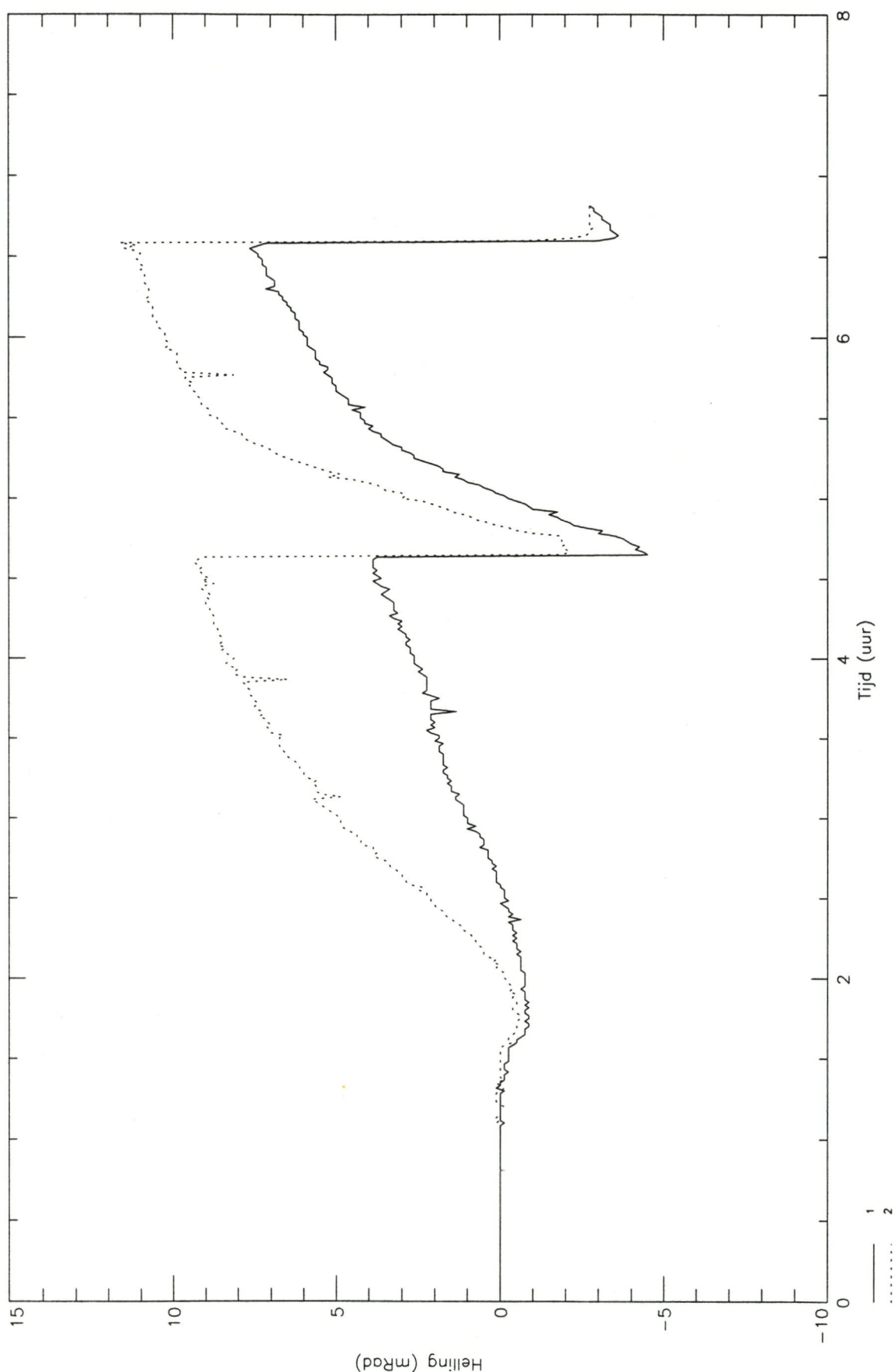
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

BIJL. 24

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Oost-west richting

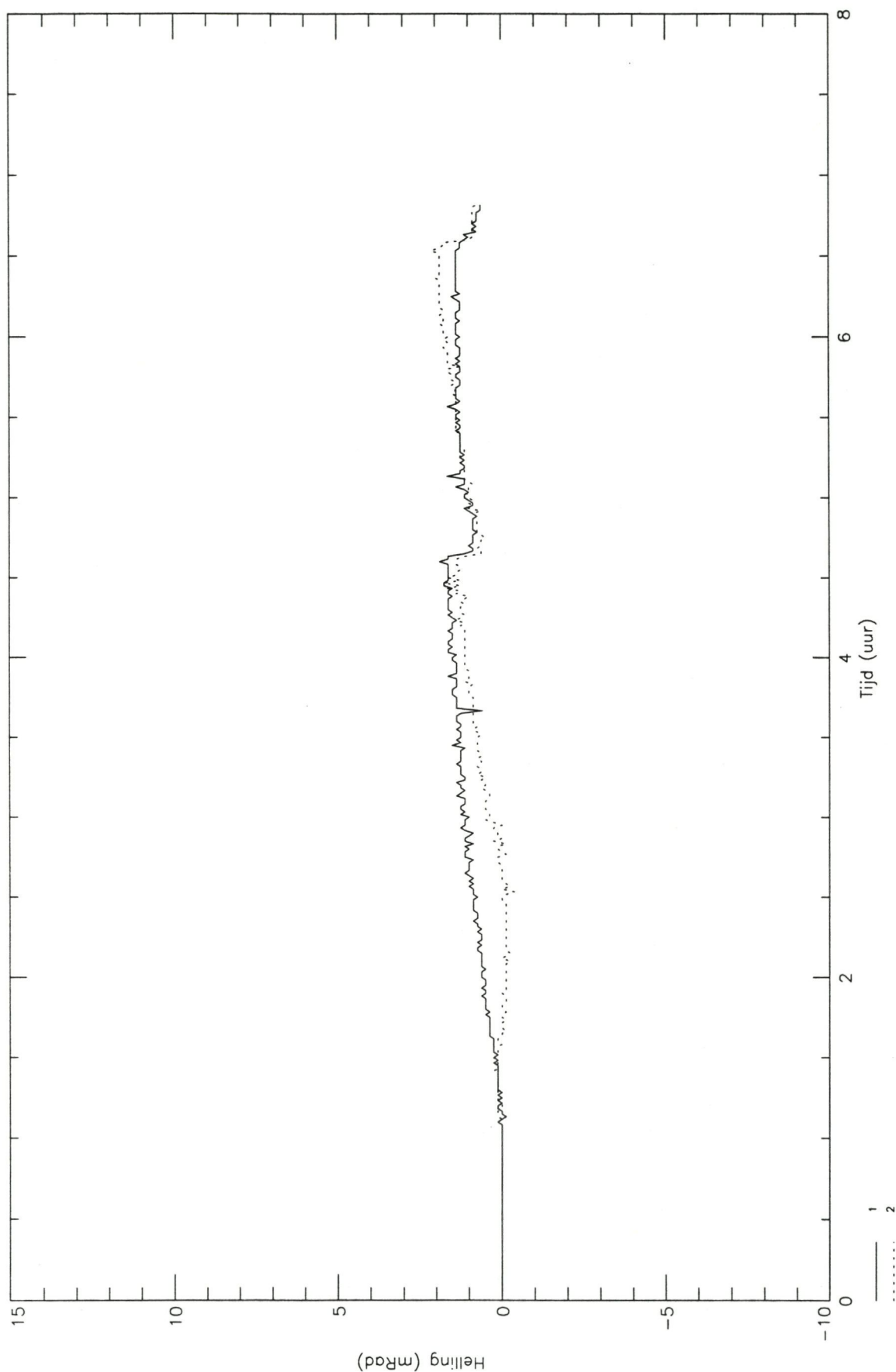
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 25

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Noord-zuid richting

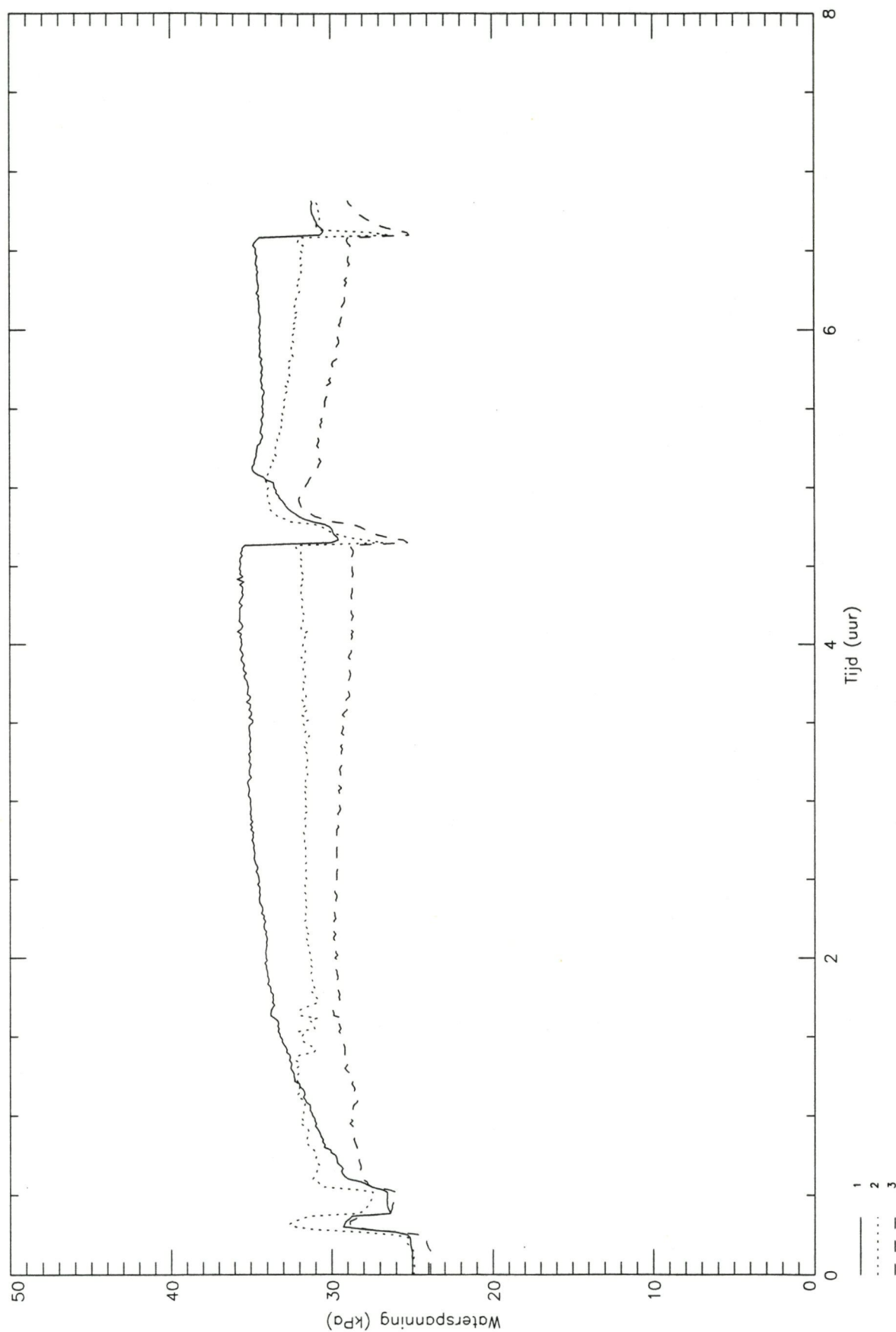
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 26

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Waterspanningsmeters PR1 (1), PR2 (2), PR3 (3)

Verloop waterspanningen achter de proefbuis

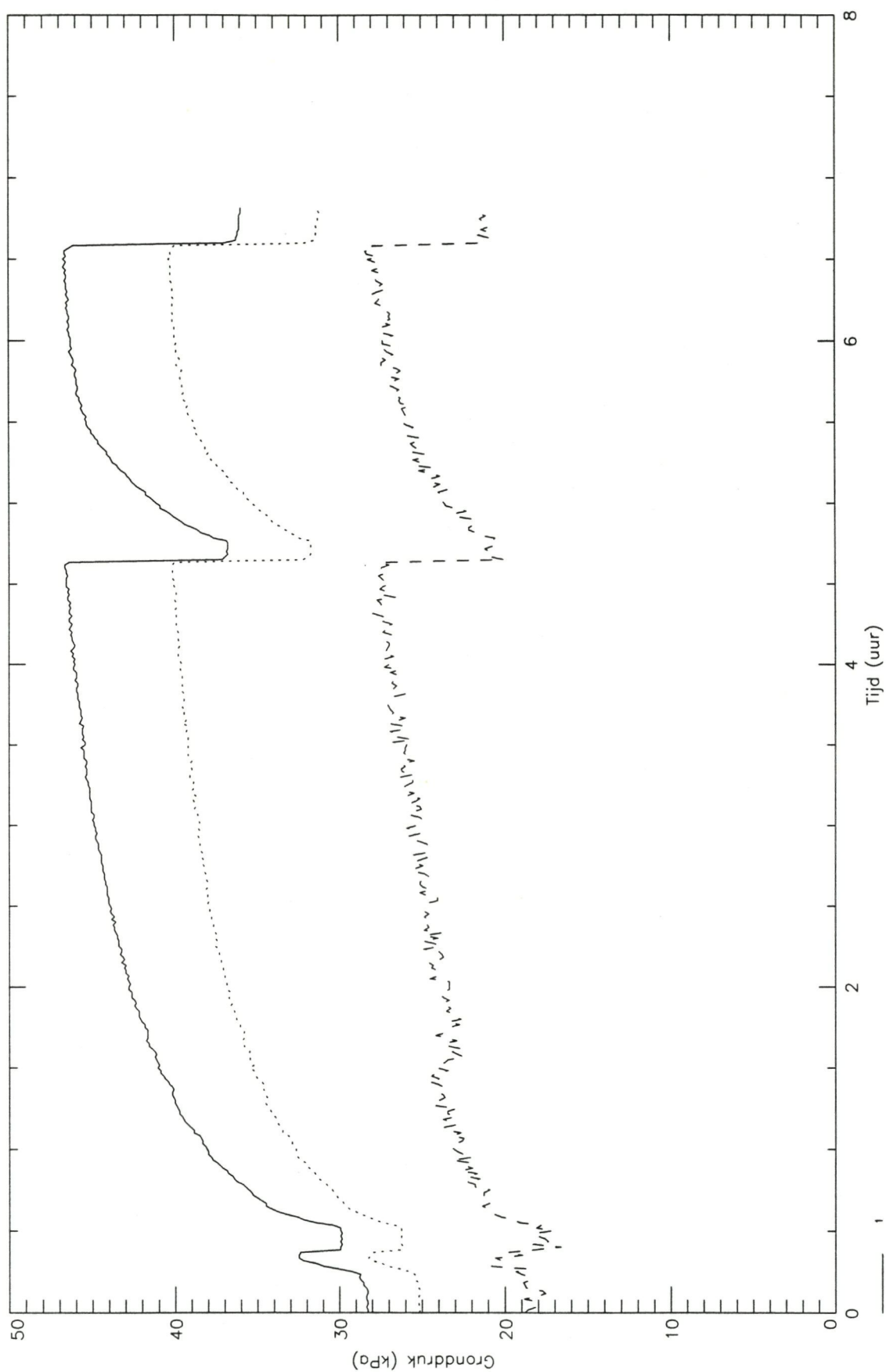
CO-350560

gez.

BIJL. 27

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Gronddrukdozen N1 (1), N2 (2), N3 (3)

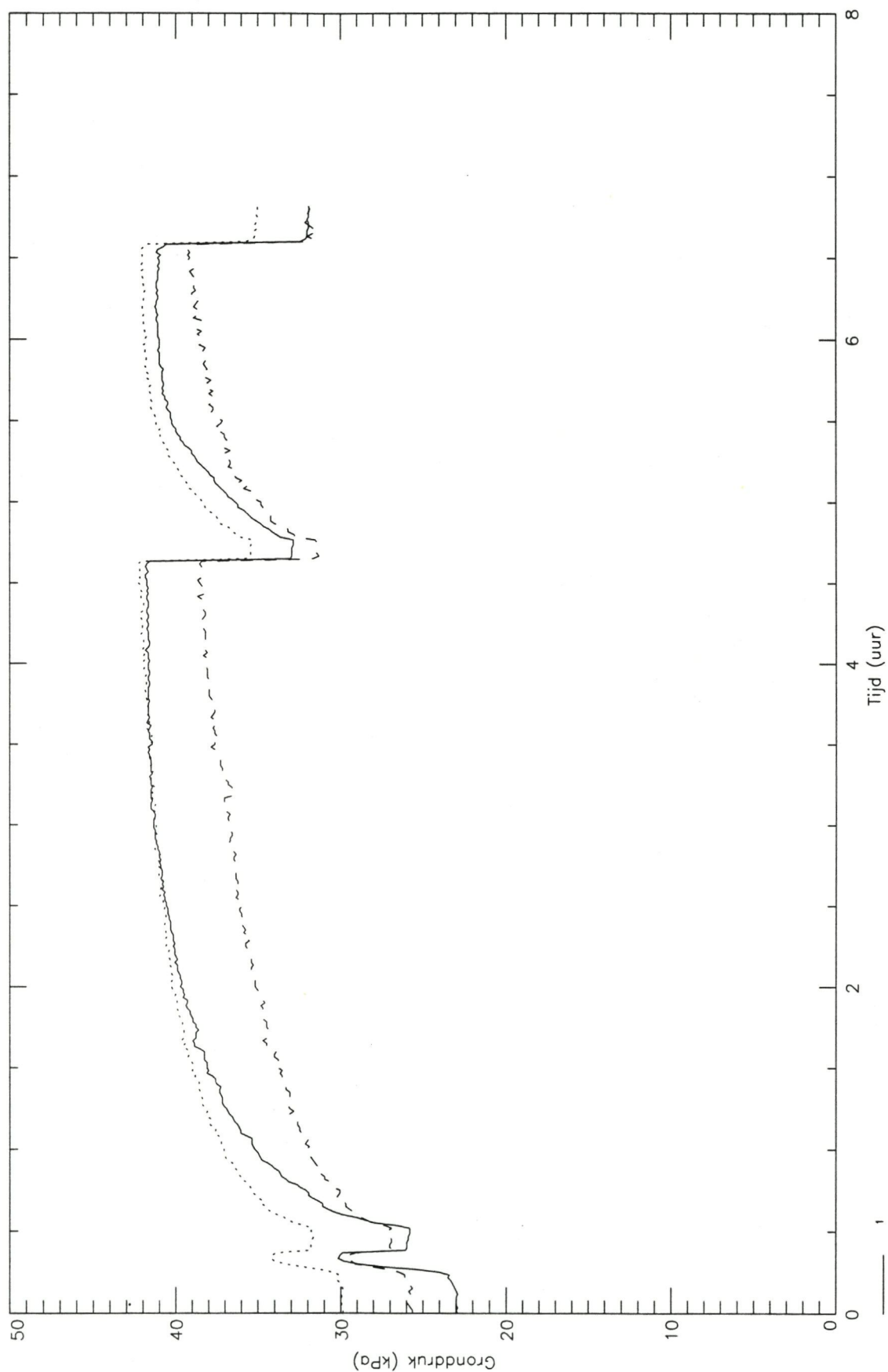
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

CO-350560

gez.

BIJL. 28

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Gronddrukdozen M1 (1), M2 (2), M3 (3)

CO-350560

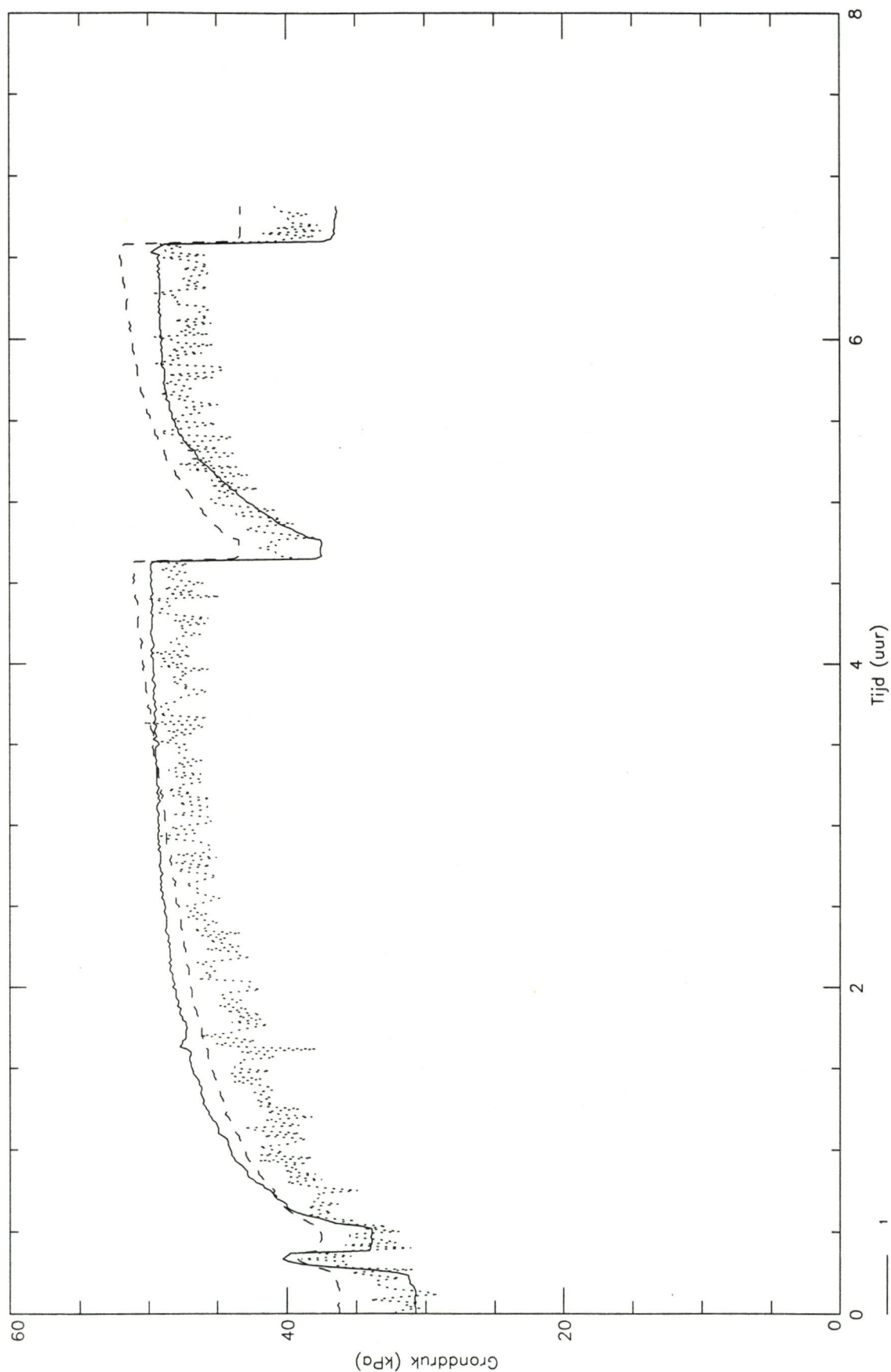
gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 29

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukdozen Z1 (1), Z2 (2), Z3 (3)

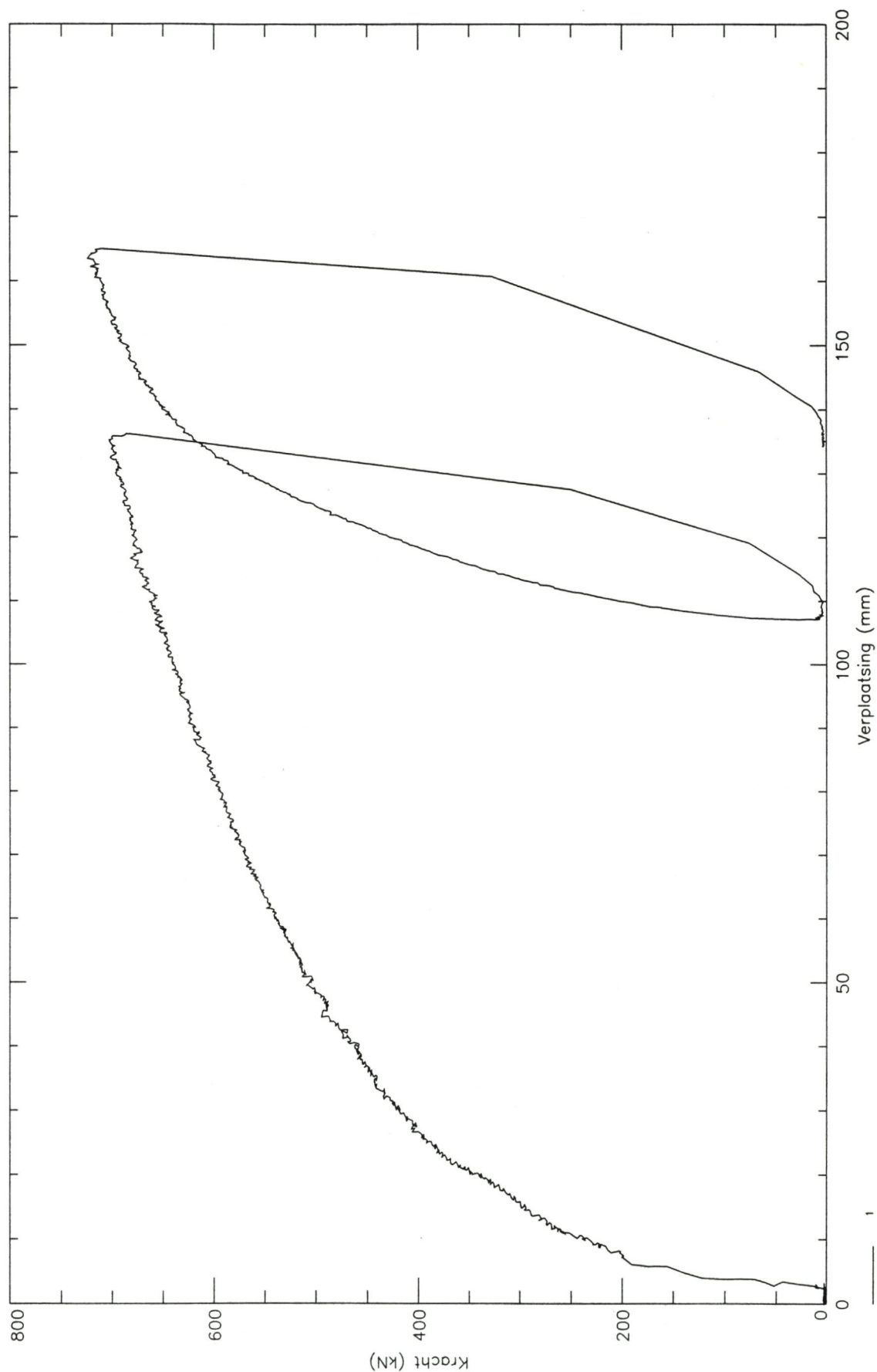
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 30

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand

KN en KZ gesommeerd tegen gecorr. gem. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis

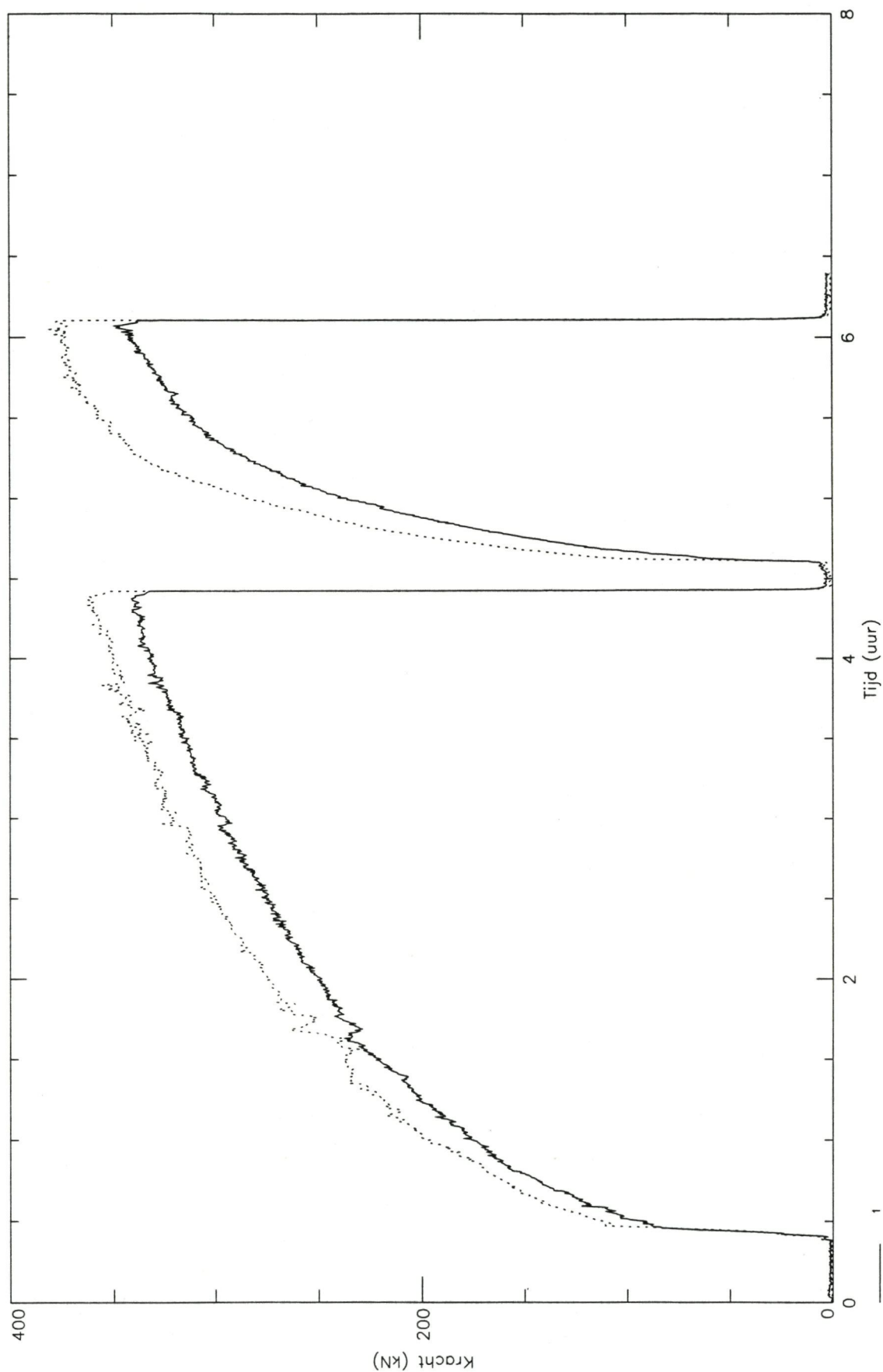
Kracht-verplaatsingsdiagram

CO-350560

gez.

BIJL. 68

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Krachtopnemers KN (1), KZ (2)

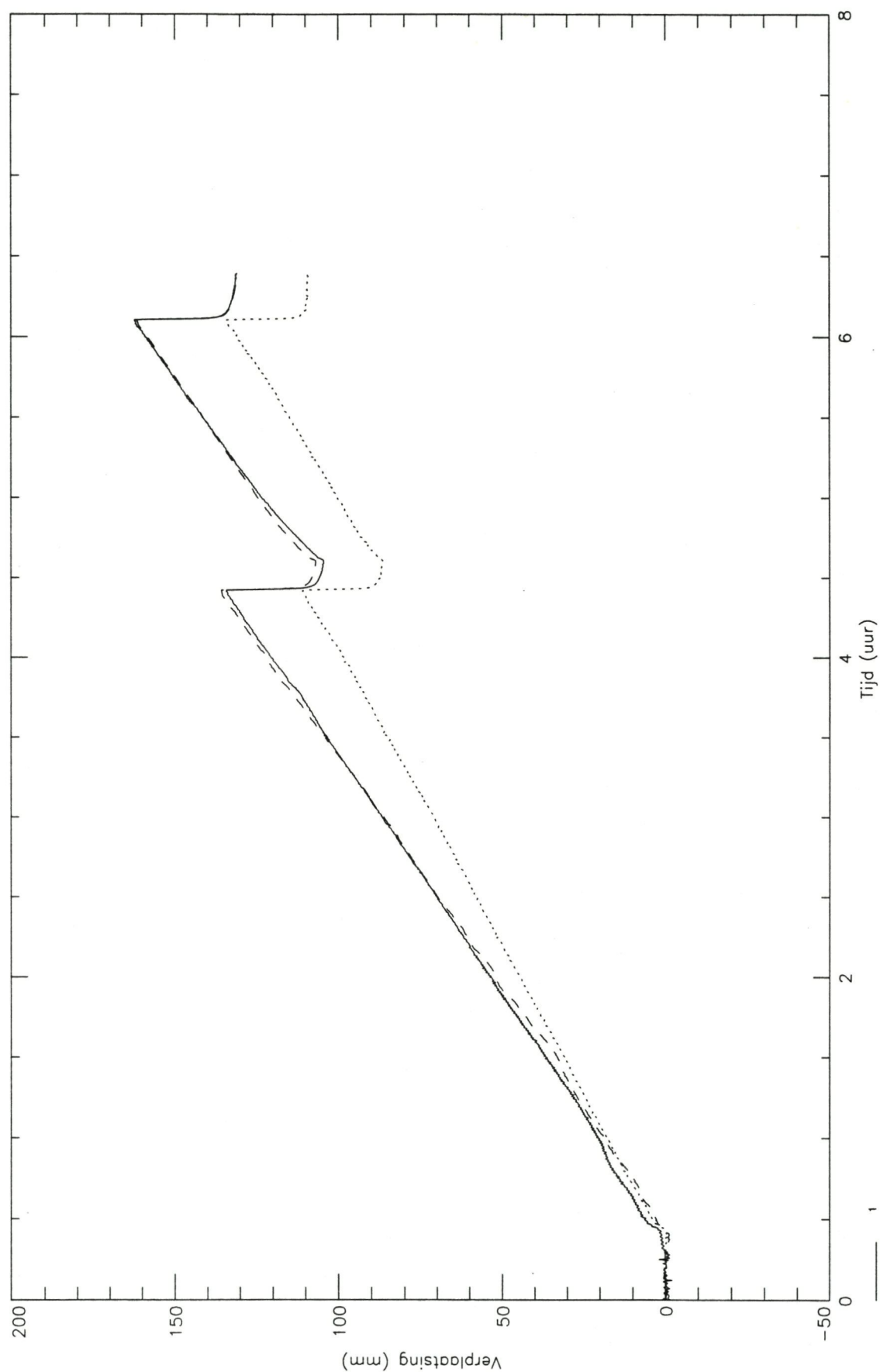
CO-350560

gez.

Tijd-krachtdiagram

BIJL. 70

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HN2 (1), HBN (2), HLN (3)

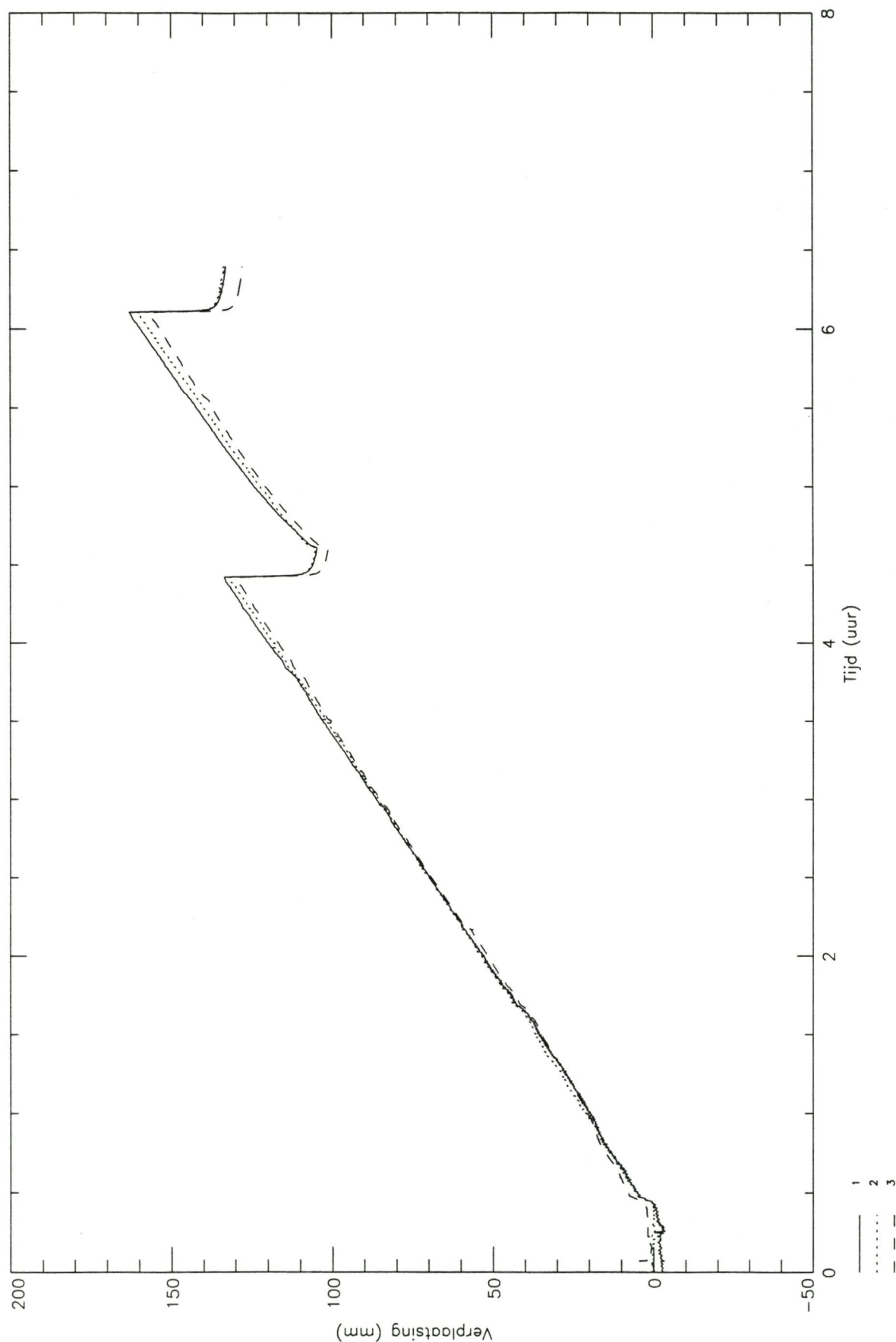
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 71

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HZ2 (1), HBZ (2), HLZ (3)

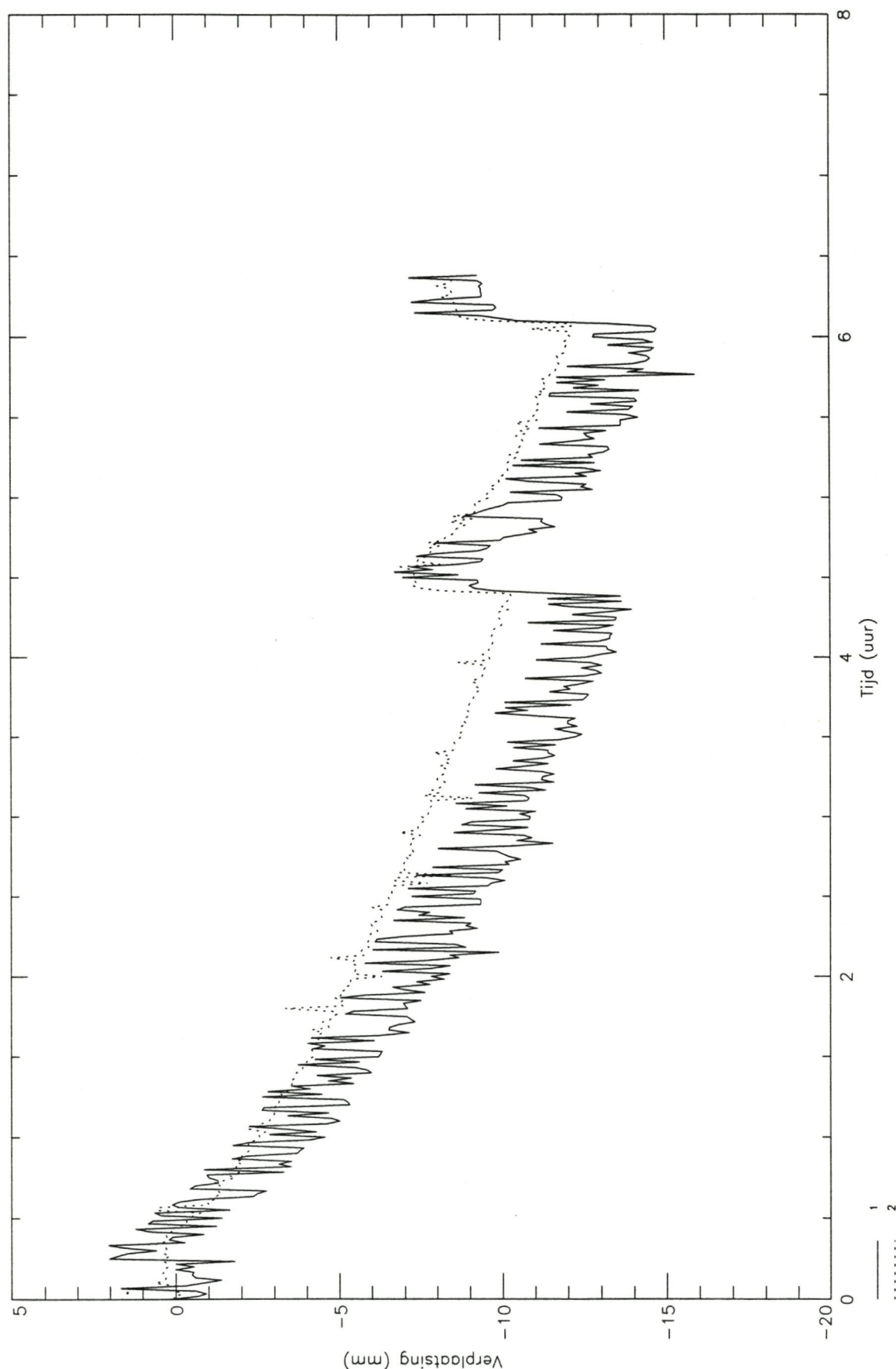
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 72

form.
A4



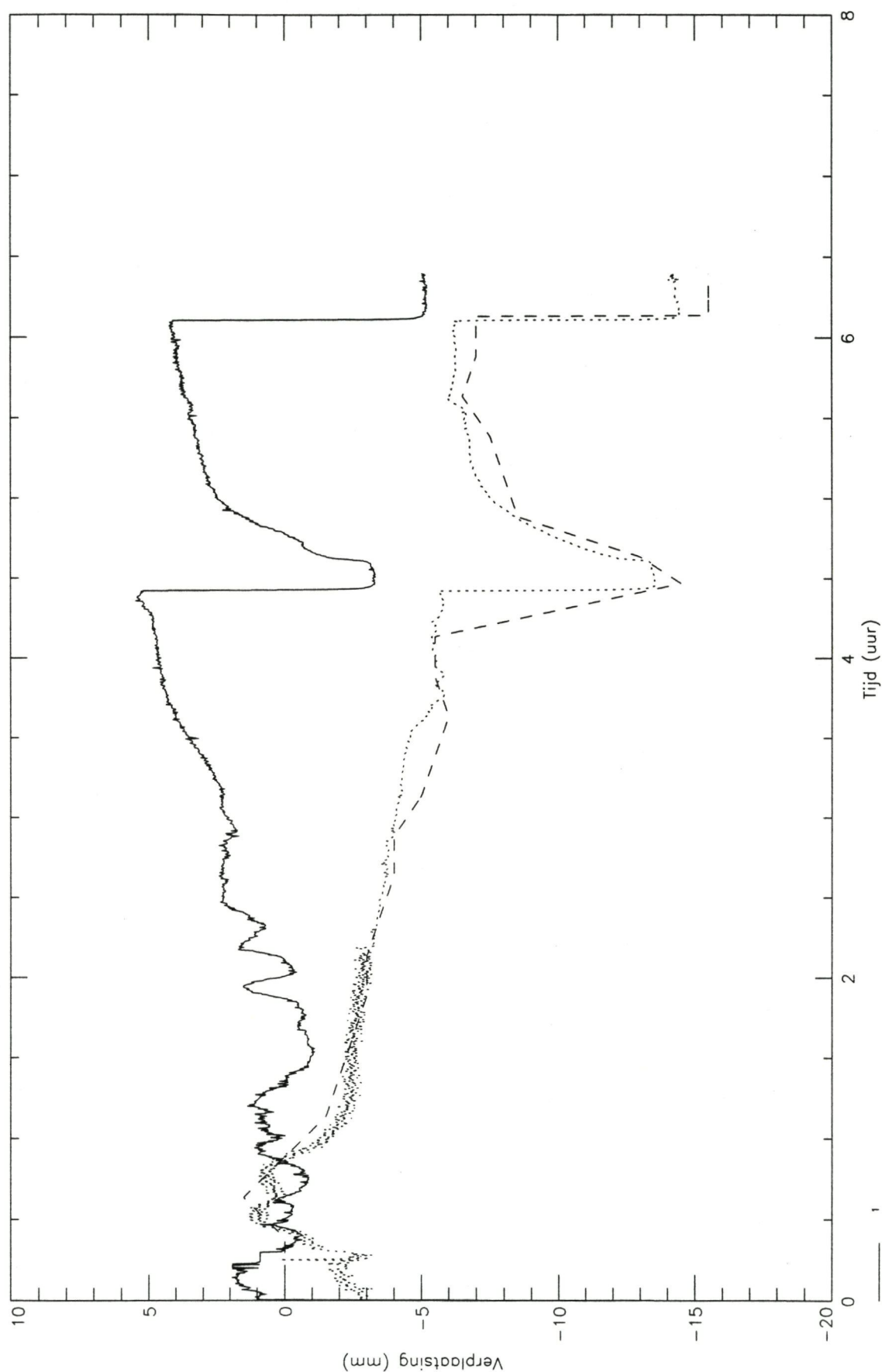
**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers VNB (1), VZB (2)
Vertikale verplaatsing van de zakbakens

datum	get.
94-10-20	WIJN
CO-350560	gez.
BIJL. 75	form. A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Laserdetector HLDN (1), HLDZ (2) en Theodolietmeting HN (3)

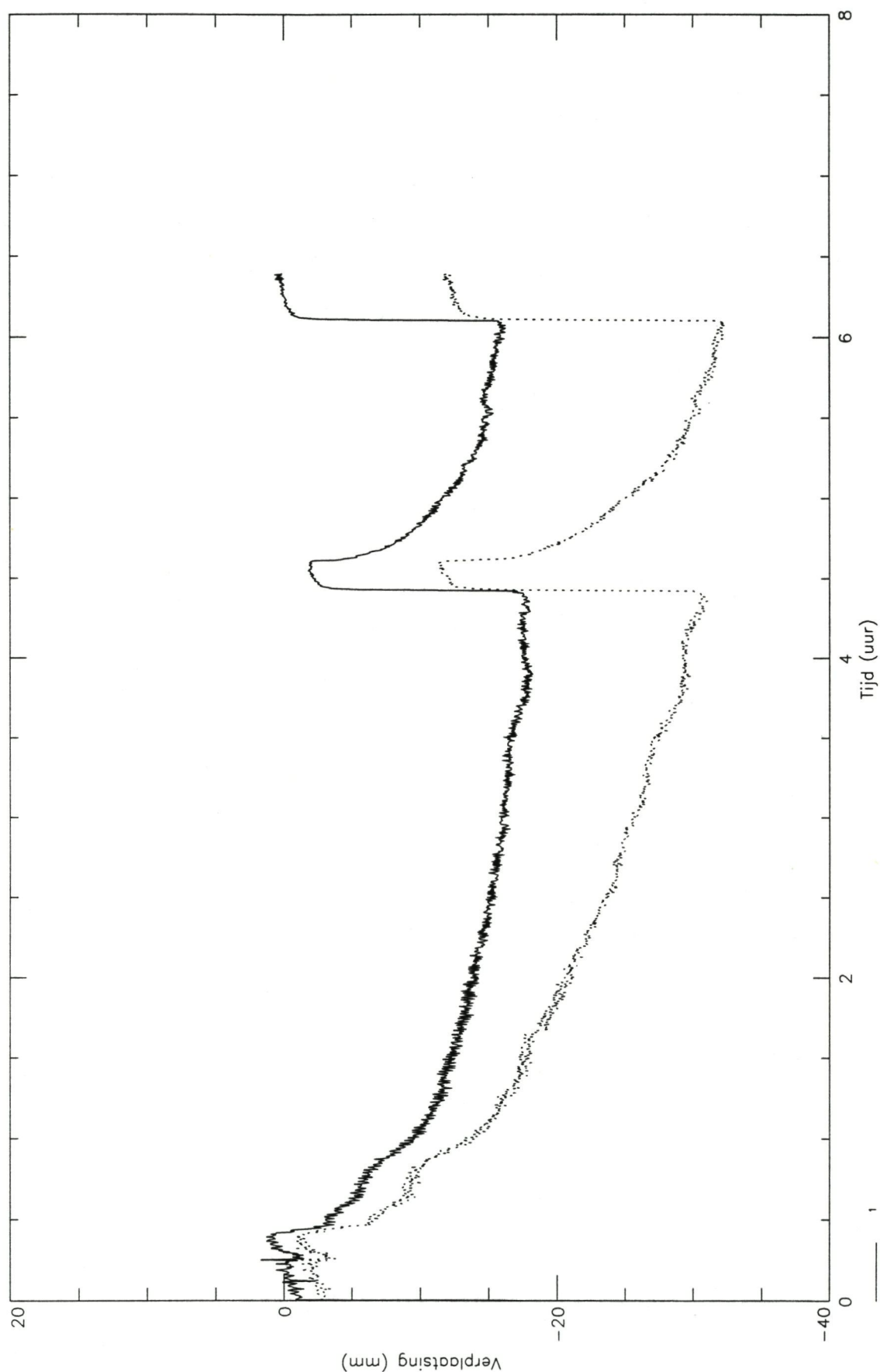
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 77

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

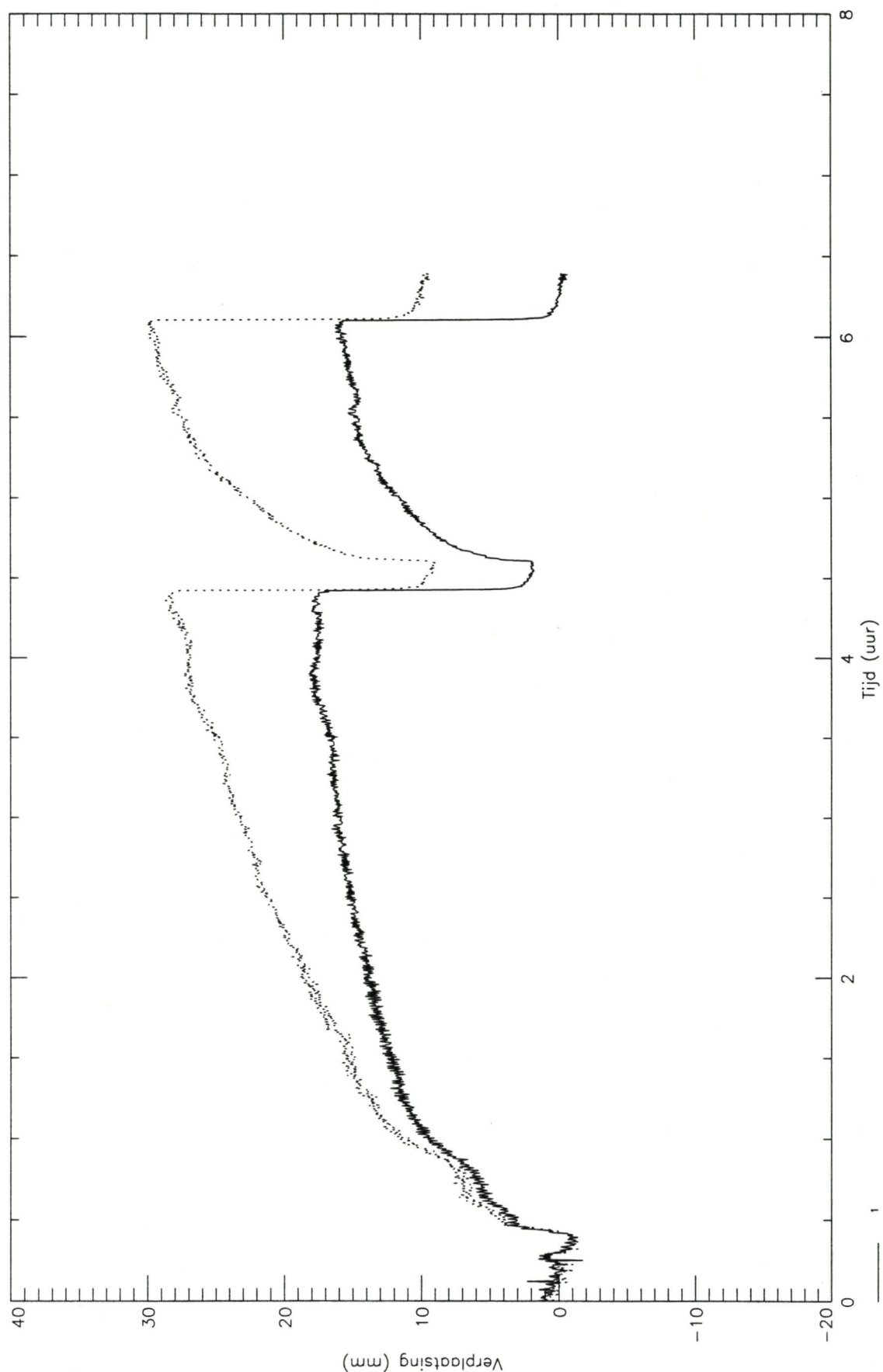
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

BIJL. 78

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

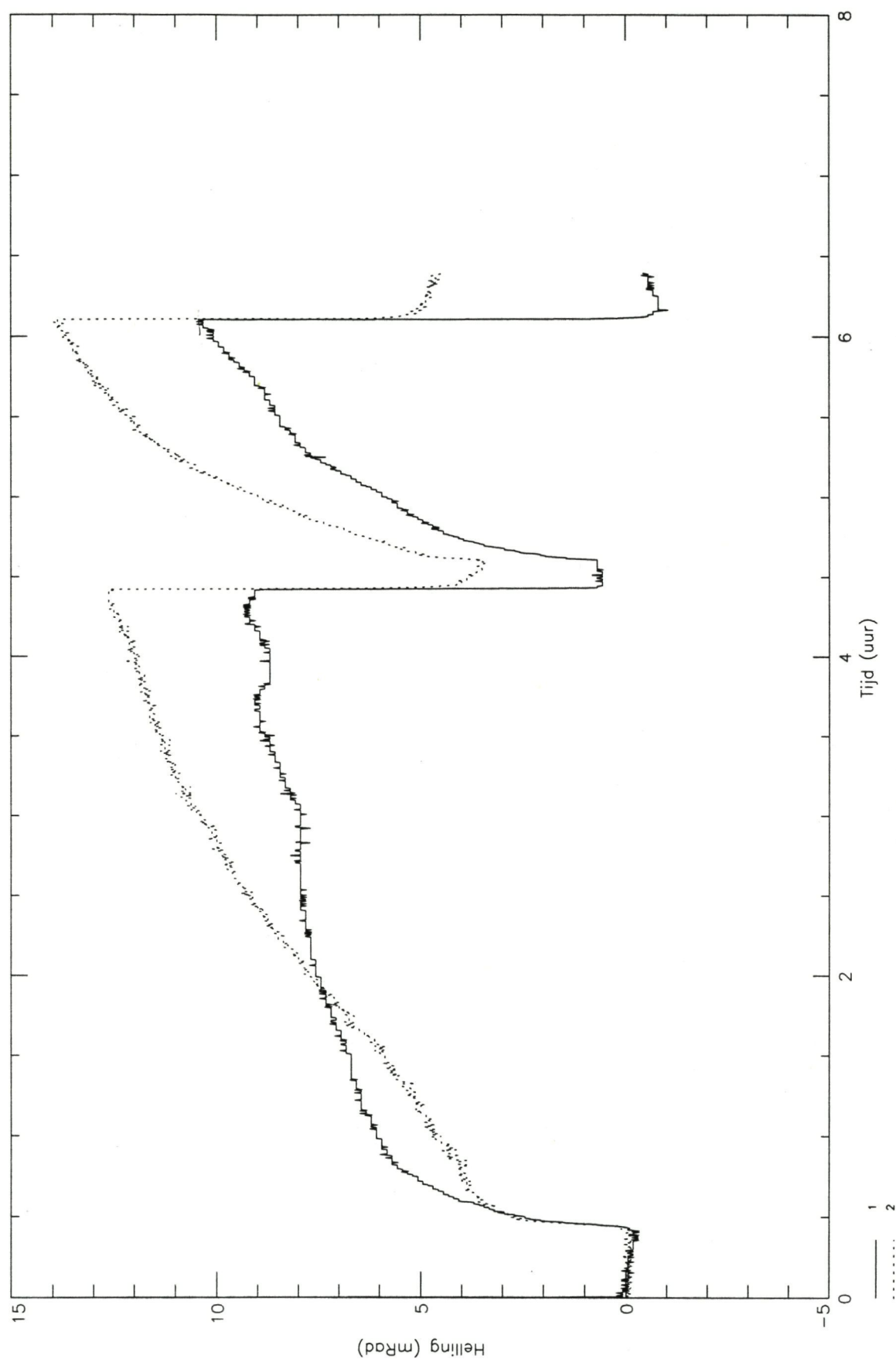
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

BIJL. 78

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Oost-west richting

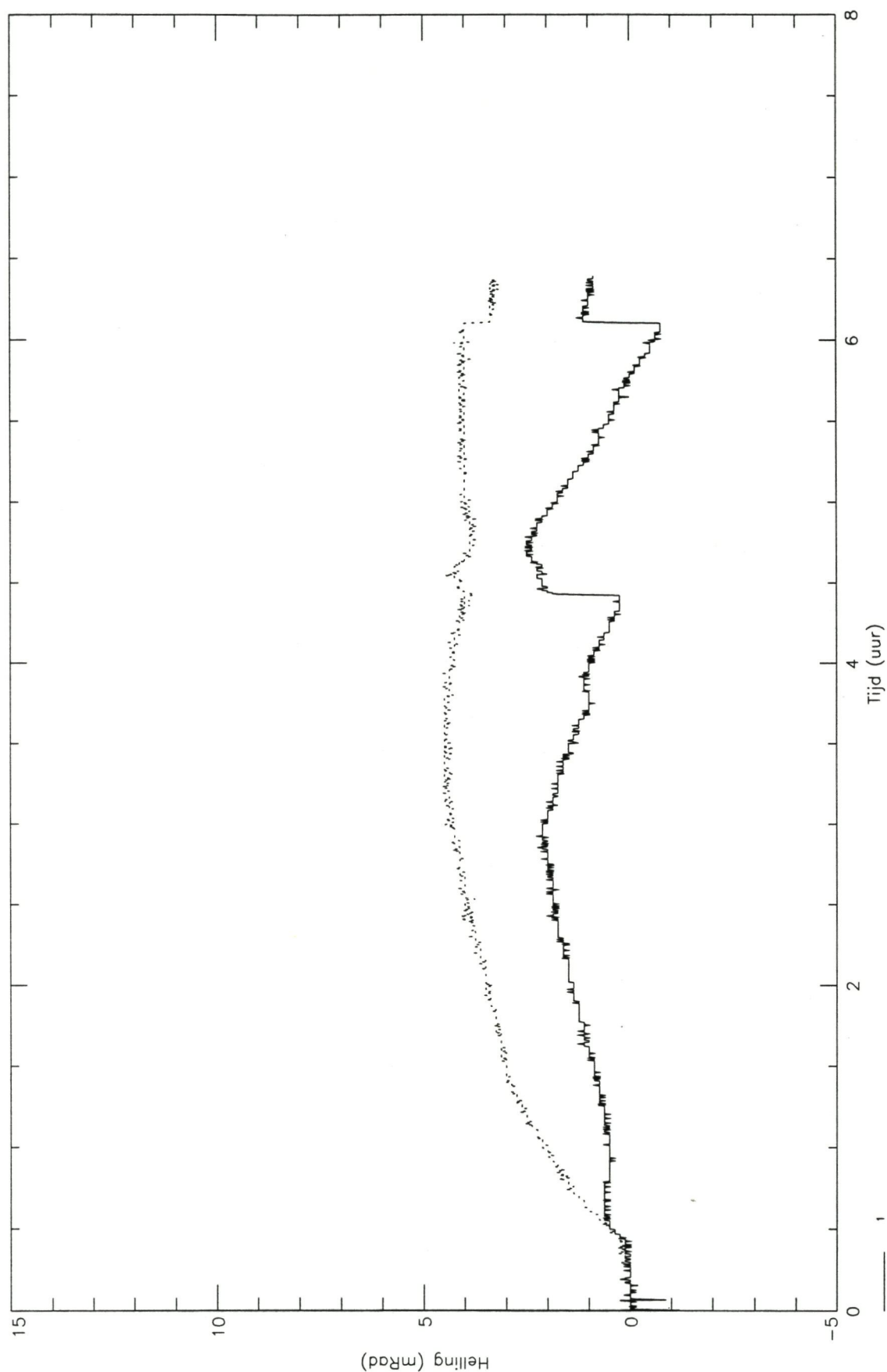
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 79

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Noord-zuid richting

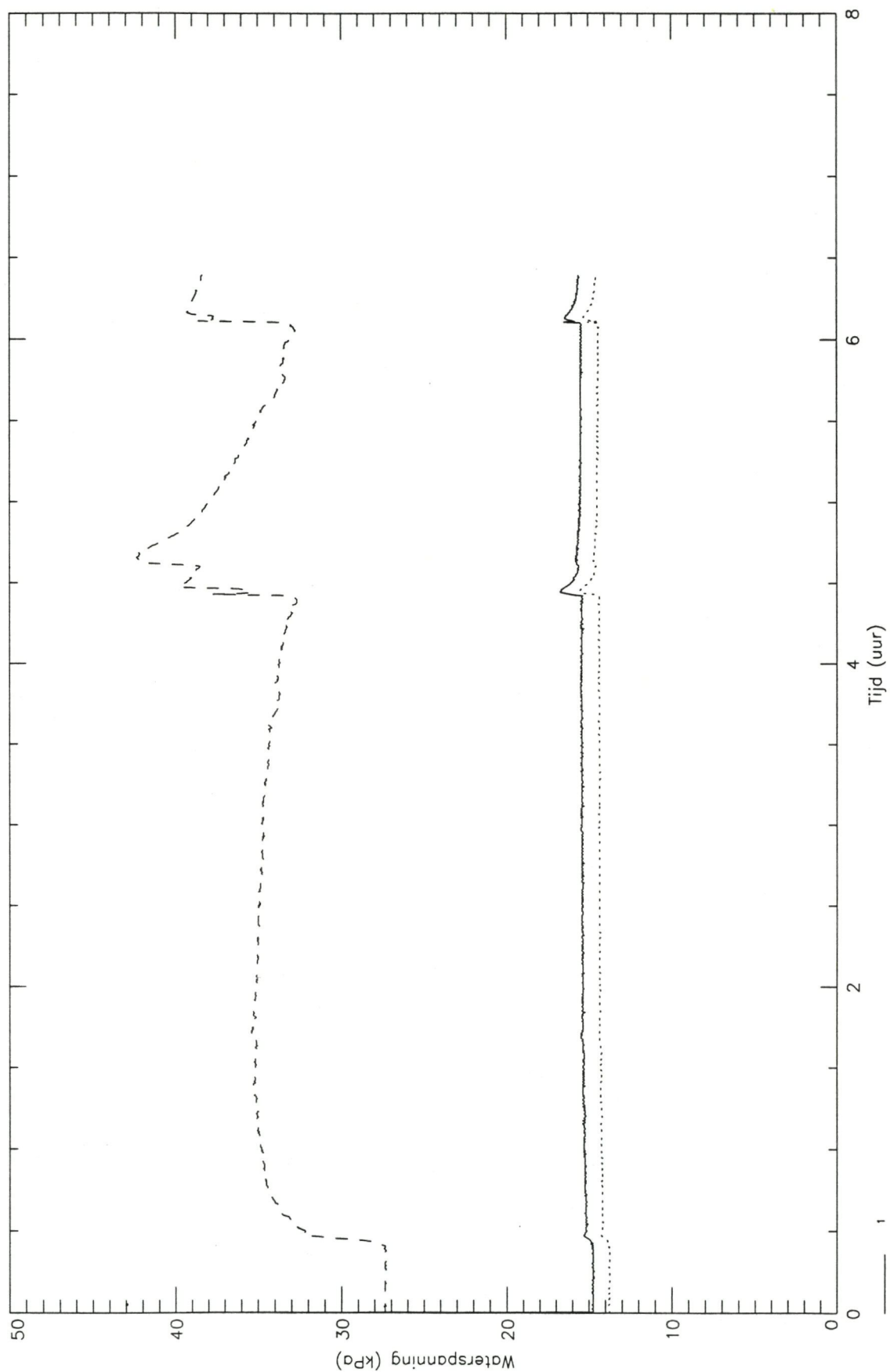
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 80

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Waterspanningsmeters PR1 (1), PR2 (2), PR3 (3)

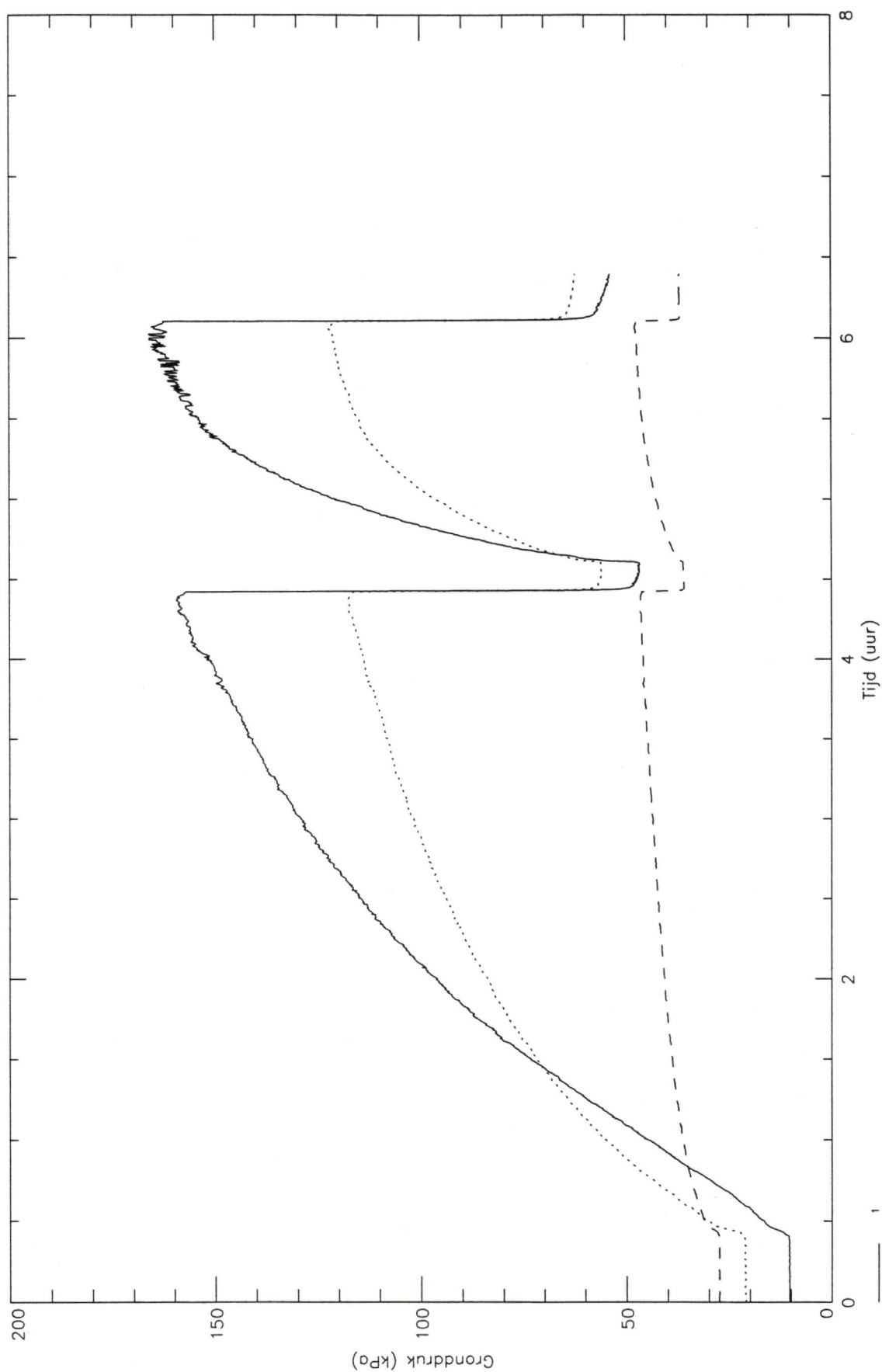
CO-350560

gez.

Verloop waterspanningen achter de proefbuis

BIJL. 81

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukdozen N1 (1), N2 (2), N3 (3)

CO-350560

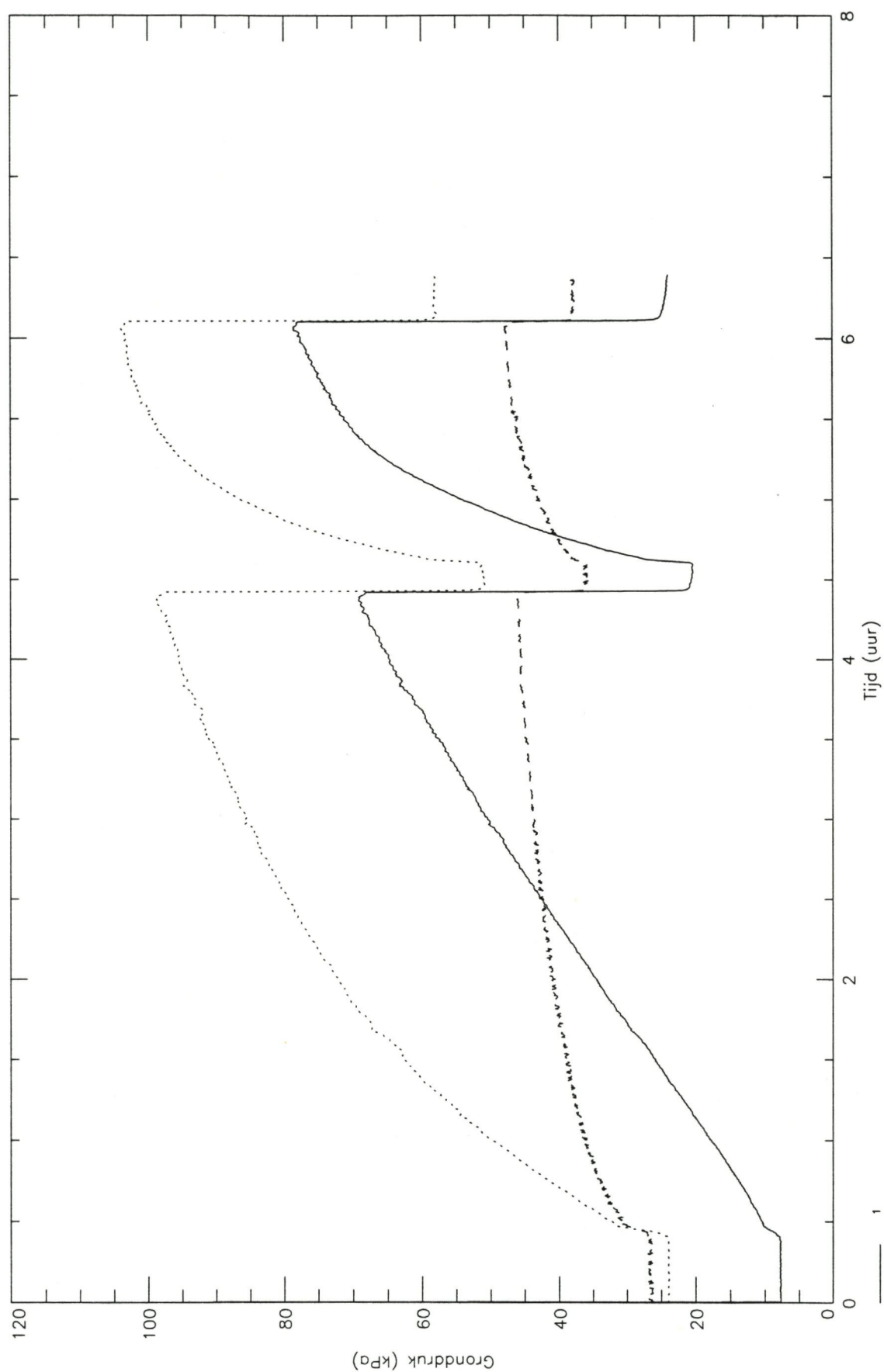
gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 82

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gronddrukdozen M1 (1), M2 (2), M3 (3)

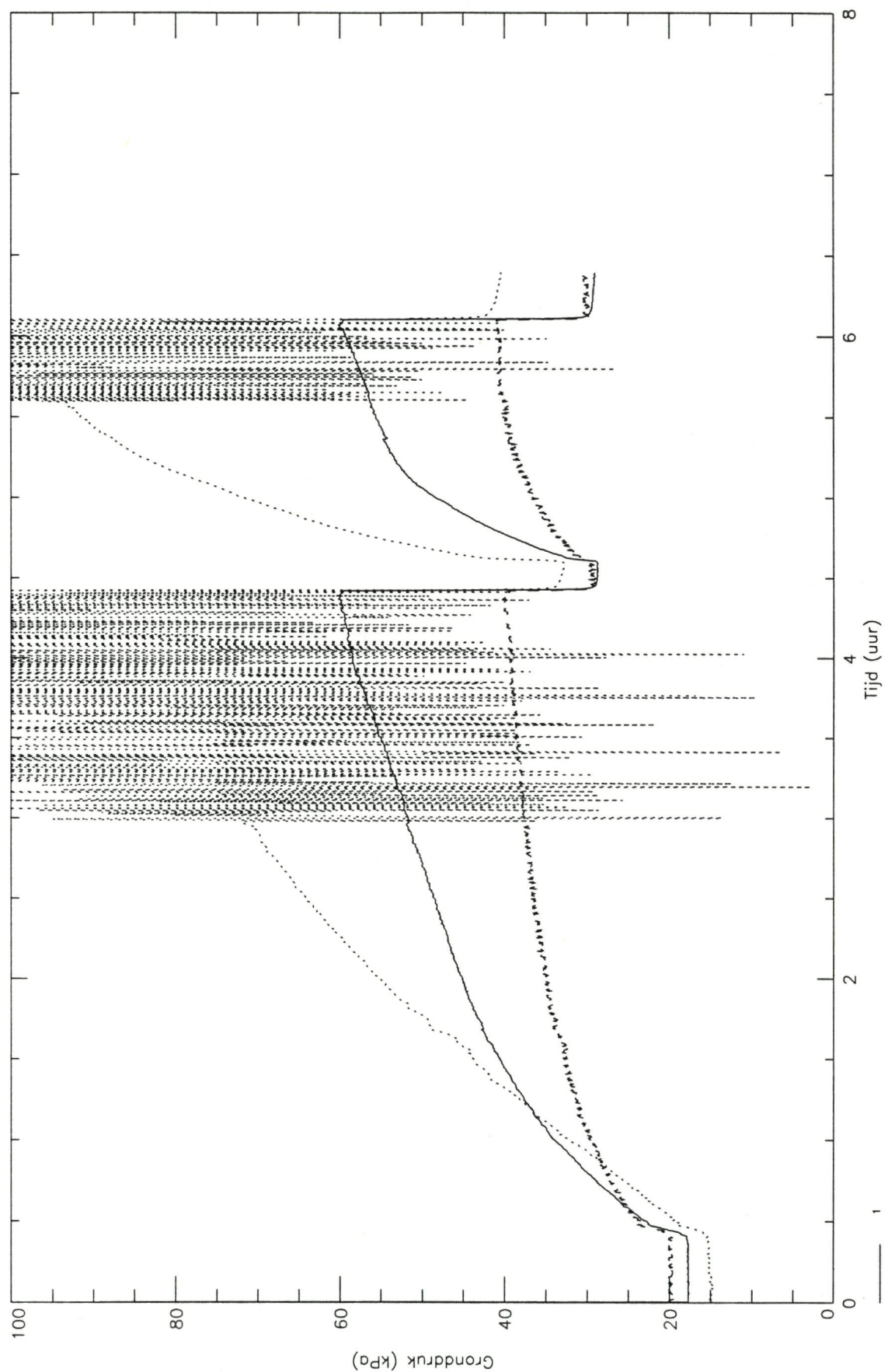
CO-350560

gez.

Verloop gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 83

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gronddrukdozen Z1 (1), Z2 (2), Z3 (3)

CO-350560

gez.

Verloop gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 84

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
wijn

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF

Overzicht proeflocatie

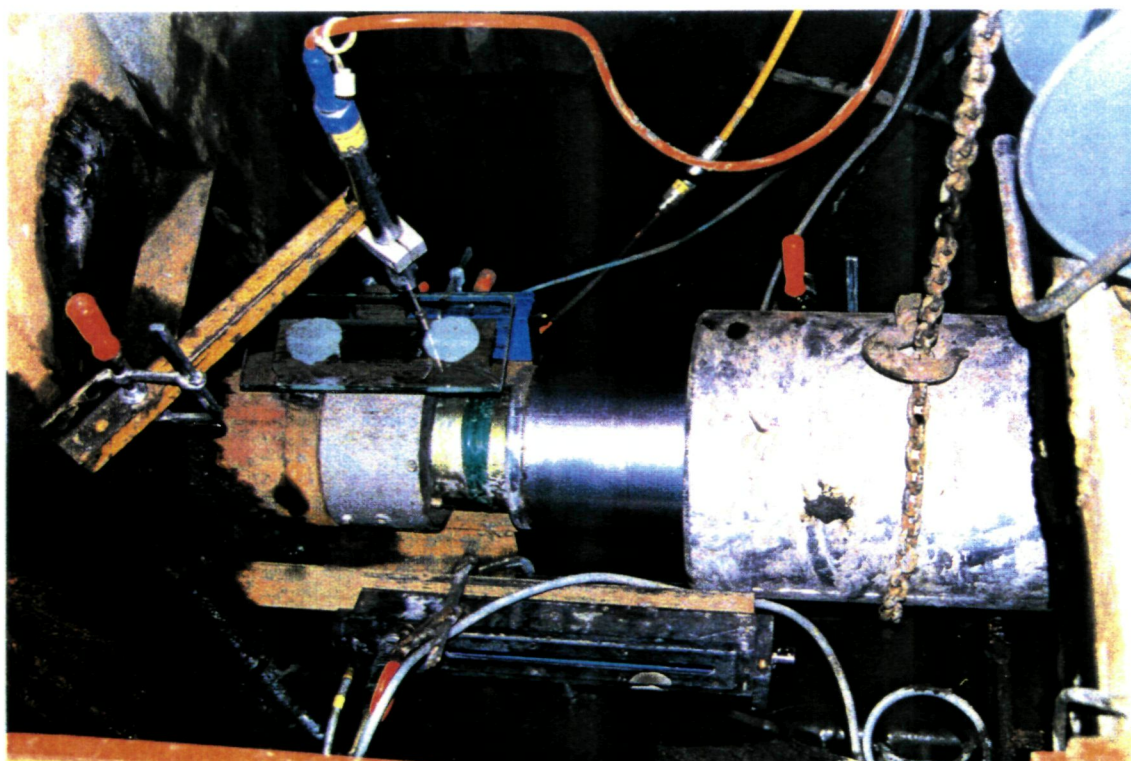
Vorbereiding instrumentatie kleiproef

CO-350560

BIJL. 120

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

wijn

gez.

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF

Overzicht meetopstelling

Detail vijzel, krachtmeetdoos en div. verpl. opnemers

CO-350560

BIJL. 121

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

wijn

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF
Overzicht teodolietmeting

Detail laser, teodolietopstelling

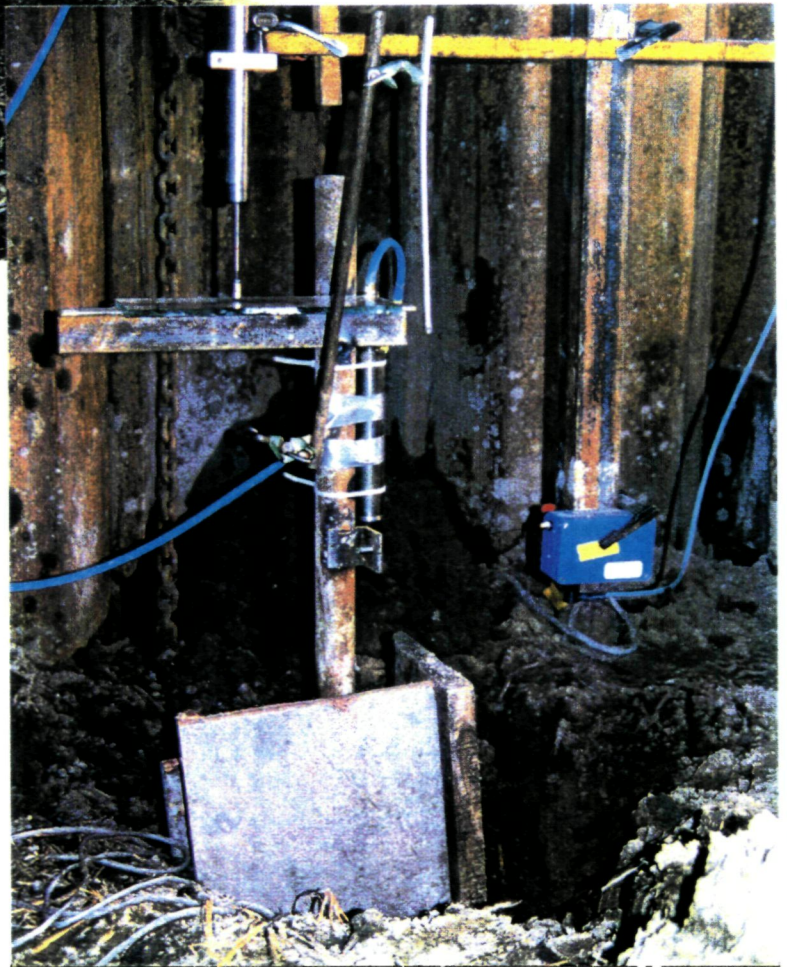
CO-350560

gez.

BIJL. 122

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

wijn

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF

Overzicht zakbaken opstelling na de zandproef

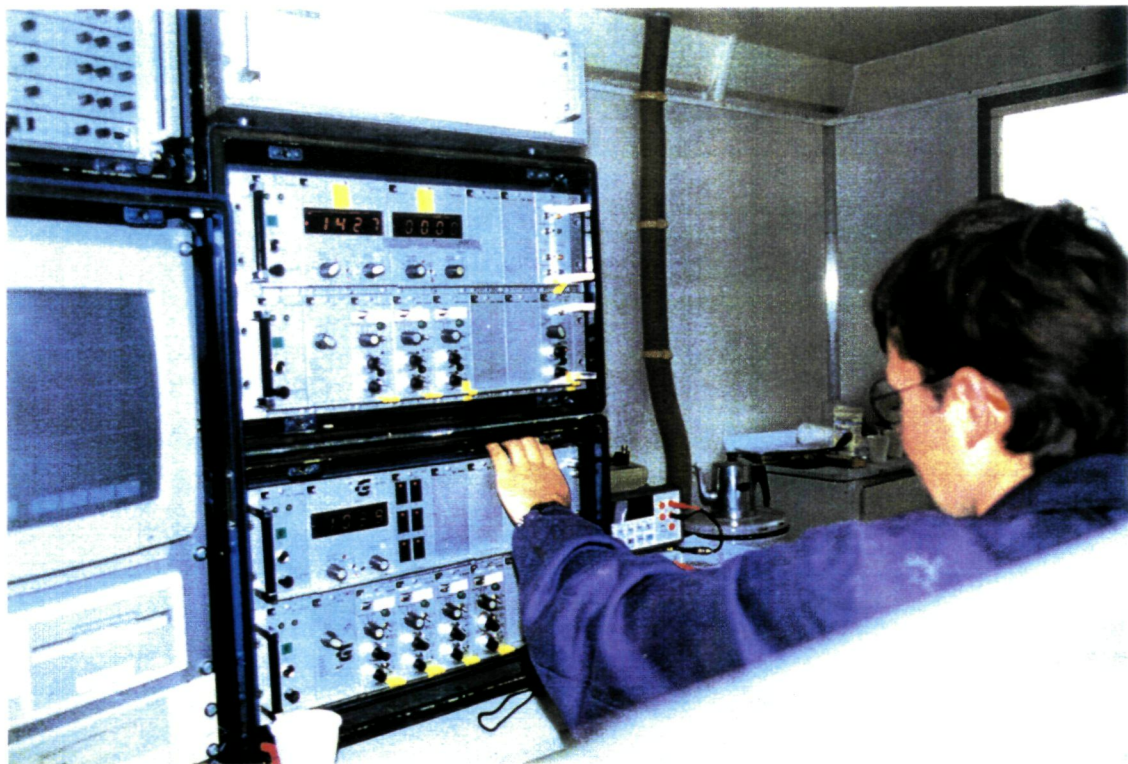
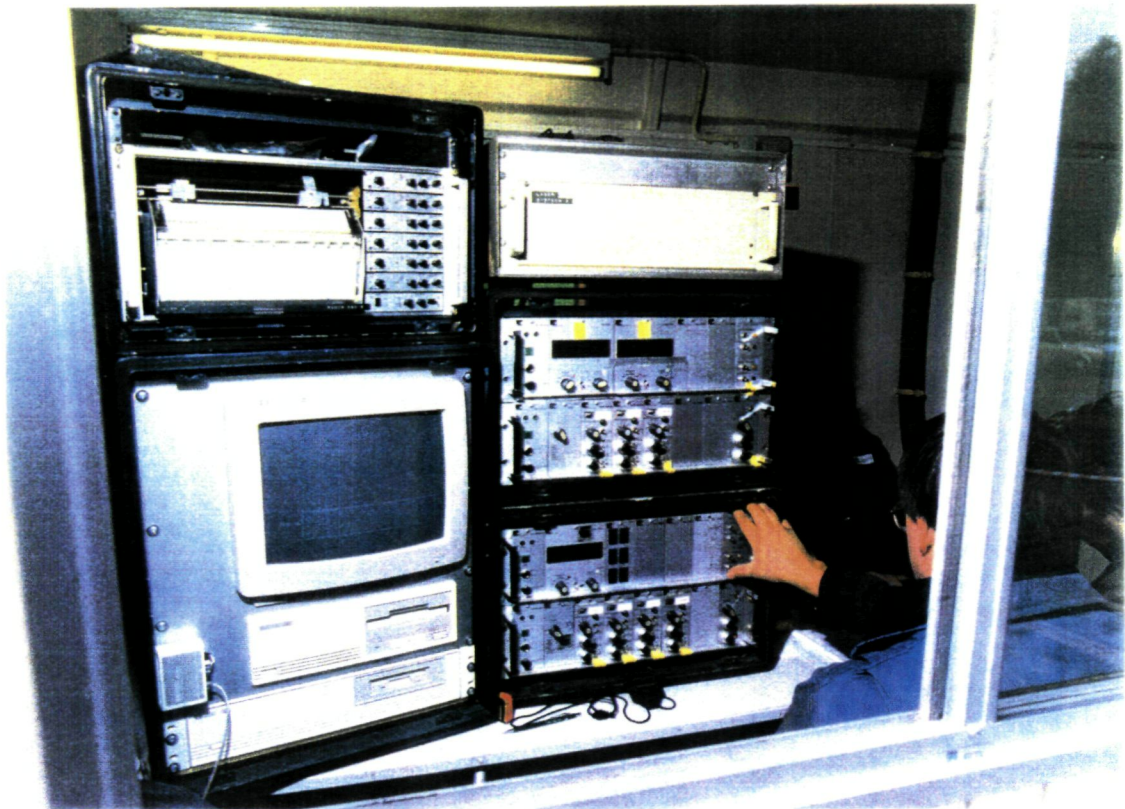
Detail helling en verplaatsingopnemer zakbaak

CO-350560

gez.

BIJL. 123

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

wijn

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF

CO-350560

gez.

Registratie en opslag apparatuur

BIJL. 124

form.
A4

Appendix A

Meetresultaten
CO-350560/12

Deze appendix bevat het totaal van de geregistreerde meetresultaten. De resultaten zijn weergegeven op de bijlagen 12 t/m 119. Hierna volgt een volledige lijst van bijlagen.

Waar nodig zijn bij de uitwerking voor de verschillende type opnemers de volgende correcties toegepast:

- aanpassing voor een lagere voedingsspanning
- vergelijking met de opnemer kalibratie
- offset d.w.z. nulpositie-instelling
- hoekverdraaiingscorrectie bij horizontale verplaatsingen.

De verplaatsingsmetingen bij de vijzels en aan de damwand zijn relatieve metingen. Deze zijn na de boven genoemde correcties bij de kleiproef absoluut vastgelegd aan de teodoliet en de horizontale verplaatsingsmeting van de zakbaken. Bij de zandproef is een gelijke werkwijze gevolgd en is tevens gerelateerd aan de laserverplaatsingsdetectoren. De genoemde stempelverplaatsingen komen overeen met de verplaatsingen van de proefbuis.

In de op de bijlagen gegeven meetresultaten is als positieve richting aangehouden :

- druk bij krachten (spanningen)
- verplaatsing in de richting van de proefbuis (vanaf de vijzel gezien).

Ten aanzien van de verplaatsingsmetingen wordt opgemerkt dat verplaatsingsmeting HBN afwijkt van HN2 en HLDN (bijlage 17, 47 en 71, 101). Dit is bij beide proeven het geval en heeft waarschijnlijk te maken met de bevestiging van de zakbaak op de proefbuis.

De laser-verplaatsingsdetectoren hebben bij de kleiproef niet goed gefunctioneerd. Dit is veroorzaakt door het niet goed afgeregeld zijn van de frequentie van 400 Hz waarmee deze detectoren zich onderscheiden van het daglicht. Het betreft de metingen op de bijlagen 17, 37 en 18, 38.

De volledige lijst bijlagen is als volgt :

Proef in klei

- 12 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-krachtdiagram
Sommatie van KN en KZ
- 13 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsing proefbuis
Gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis
- 14 *Horizontale belastingsproef in klei*
Kracht-verplaatsingsdiagram
KN en KZ gesommeerd tegen gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis

- 16 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-krachtdiagram
Krachtopnemers KN, KZ
- 17 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsingen
Verplaatsingsopnemers HN2, HBN, HLN
- 18 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsingen
Verplaatsingsopnemers HZ2, HBZ, HLZ
- 19 *Horizontale belastingsproef in klei*
Vijzelslag
Verplaatsingsopnemers HN1, HZ1
- 20 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verticale verplaatsing van de twee stempels t.o.v. de damwand
Verplaatsingsopnemers VN, VZ
- 21 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verticale verplaatsing van de zakbaken
Verplaatsingsopnemers VNB, VZB
- 22 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verticale verplaatsing van de zakbaken
Waterpassing VZBN, VZBZ
- 23 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDN, HLDZ, en teodolietmeting HN
- 24 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 en HZ2-HZ1
- 25 *Horizontale belastingsproef in klei*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Hellingmeters ZBN, ZBZ Oost-west richting
- 26 *Horizontale belastingsproef in klei*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Hellingmeters ZBN, ZBZ Noord-zuid richting
- 27 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop waterspanningen achter de proefbuis
Waterspanningsmeters PR1, PR2, en PR3
- 28 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen N1, N2, en N3
- 29 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen M1, M2, en M3

- 30 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen Z1, Z2, en Z3
- 31 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-krachtdiagram
Krachtopnemer KN
- 32 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-krachtdiagram
Krachtopnemer KZ
- 33 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingsdiagram proefbuis
Verplaatsingsopnemer HN2
- 34 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingsdiagram proefbuis
Verplaatsingsopnemer HZ2
- 35 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingdiagram proefbuis
Verplaatsingsopnemer HBN
- 36 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingdiagram proefbuis
Verplaatsingsopnemer HBZ
- 37 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsing proefbuis
Laserdetector HLN
- 38 *Horizontale belastingsproef in klei*
Horizontale verplaatsing proefbuis
Laserdetector HLZ
- 39 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingdiagram vijzelslag
Verplaatsingsopnemer HN1
- 40 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verplaatsingdiagram vijzelslag
Verplaatsingsopnemer HZ1
- 41 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verpl. diagram verticale verplaatsing stempel
Verplaatsingsopnemer VN
- 42 *Horizontale belastingsproef in klei*
Tijd-verpl. diagram verticale verplaatsing stempel
Verplaatsingsopnemer VZ
- 43 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verticale verplaatsing zakbaken
Verplaatsingsopnemer VNB

- 44 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Verplaatsingsopnemer VZB
- 45 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Waterpassing VZBN
- 46 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Waterpassing VZBZ
- 47 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Horizontale verplaatsing damwand
 Laserdetector HLDN
- 48 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Horizontale verplaatsing damwand
 Laserdetector HLDZ
- 49 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Teodoliet meting damwand
 Verplaatsing HN
- 50 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Hoekverdraaiing van de zakbaken
 Helling ZBN Oost-west richting
- 51 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Hoekverdraaiing van de zakbaken
 Helling ZBZ Oost-west richting
- 52 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Hoekverdraaiing van de zakbaken
 Helling ZBN Noord-zuid richting
- 53 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Hoekverdraaiing van de zakbaken
 Helling ZBZ Noord-zuid richting
- 54 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verloop waterspanning achter de proefbuis
 Waterspanningsmeter PR1
- 55 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verloop waterspanning achter de proefbuis
 Waterspanningsmeter PR2
- 56 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verloop waterspanning achter de proefbuis
 Waterspanningsmeter PR3
- 57 *Horizontale belastingsproef in klei*
 Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
 Gronddrukopnemer N1

- 58 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer N2
- 59 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer N3
- 60 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M1
- 61 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M2
- 62 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M3
- 63 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z1
- 64 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z2
- 65 *Horizontale belastingsproef in klei*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z3

Proef in zand

- 66 *Horizontale belastingsproef in zand*
Tijd-krachtdiagram
Sommatie van KN en KZ
- 67 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsing proefbuis
Gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis
- 68 *Horizontale belastingsproef in zand*
Kracht-verplaatsingsdiagram
KN en KZ gesommeerd tegen gemiddelde gecorrigeerde verplaatsing HN2 en HZ2 = verplaatsing proefbuis
- 70 *Horizontale belastingsproef in zand*
Tijd-krachtdiagram
Krachtopnemers KN, KZ
- 71 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsingen
Verplaatsingsopnemers HN2, HBN, HLN

- 72 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsingen
Verplaatsingsopnemers HZ2, HBZ, HLZ
- 73 *Horizontale belastingsproef in zand*
Vijzelslag
Verplaatsingsopnemers HN1, HZ1
- 74 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verticale verplaatsing van de twee stempels t.o.v. de damwand
Verplaatsingsopnemers VN, VZ
- 75 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verticale verplaatsing van de zakbaken
Verplaatsingsopnemers VNB, VZB
- 76 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verticale verplaatsing van de zakbaken
Waterpassing VZBN, VZBZ
- 77 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDN, HLDZ, en teodolietmeting HN
- 78 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 en HZ2-HZ1
- 79 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Hellingmeters ZBN, ZBZ Oost-west richting
- 80 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Hellingmeters ZBN, ZBZ Noord-zuid richting
- 81 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop waterspanningen achter de proefbuis
Waterspanningsmeters PR1, PR2, en PR3
- 82 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen N1, N2, en N3
- 83 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen M1, M2, en M3
- 84 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis
Gronddrukdozen Z1, Z2, en Z3
- 85 *Horizontale belastingsproef in zand*
Tijd-krachtdiagram
Krachtopnemer KN

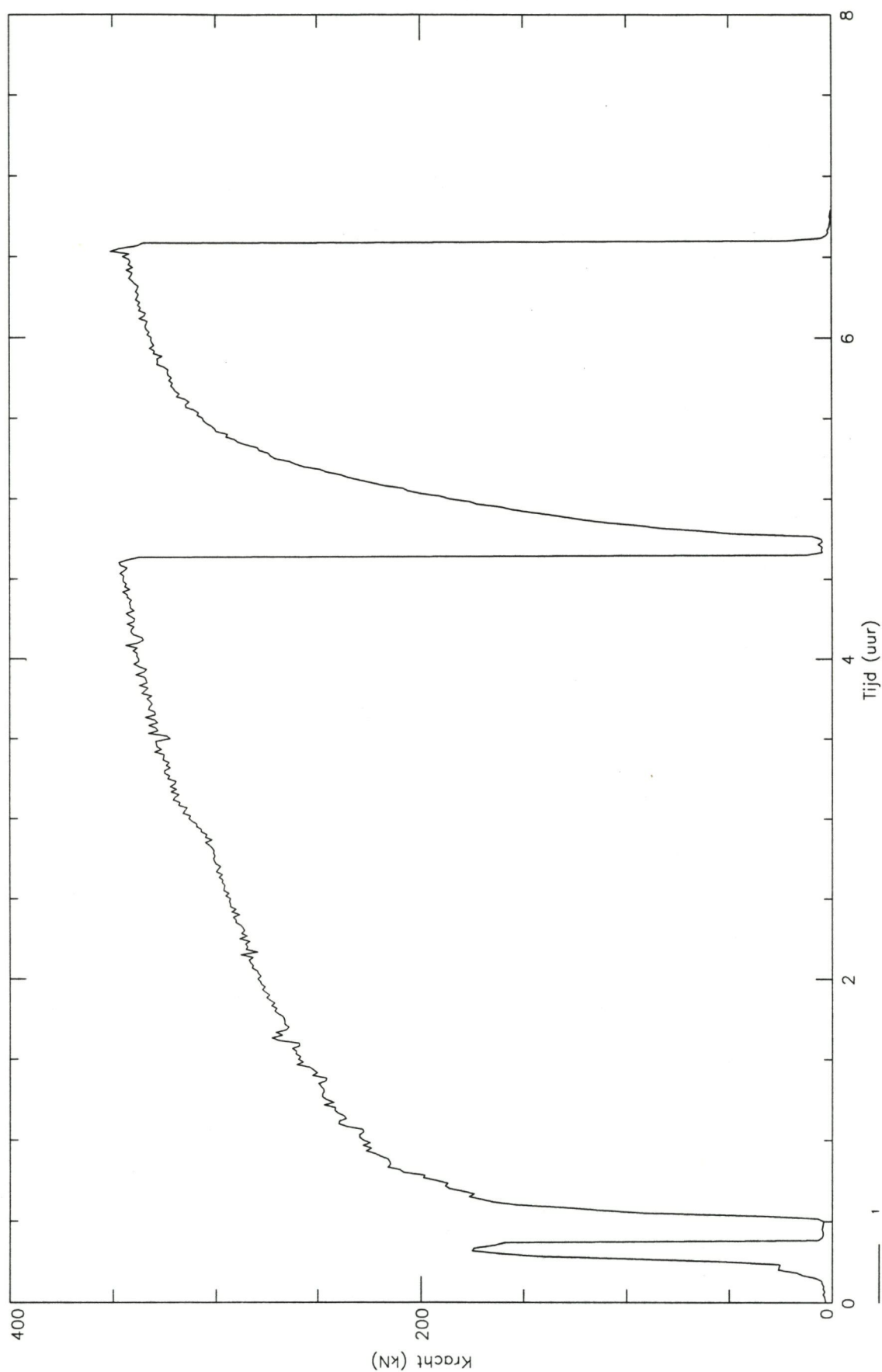
-
- 86 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-krachtdiagram
 Krachtopnemer KZ
 - 87 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram proefbuis
 Verplaatsingsopnemer HN2
 - 88 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram proefbuis
 Verplaatsingsopnemer HZ2
 - 89 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram zakbaken
 Verplaatsingsopnemer HBN
 - 90 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram zakbaken
 Verplaatsingsopnemer HBZ
 - 91 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Horizontale verplaatsing proefbuis
 Laserdetector HLN
 - 92 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Horizontale verplaatsing proefbuis
 Laserdetector HLZ
 - 93 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingdiagram vijzelslag
 Verplaatsingsopnemer HN1
 - 94 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram vijzelslag
 Verplaatsingsopnemer HZ1
 - 95 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingsdiagram verticale verplaatsing stempel
 Verplaatsingsopnemer VN
 - 96 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Tijd-verplaatsingdiagram verticale verplaatsing stempel
 Verplaatsingsopnemer VZ
 - 97 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Verplaatsingsopnemer VNB
 - 98 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Verplaatsingsopnemer VZB
 - 99 *Horizontale belastingsproef in zand*
 Verticale verplaatsing zakbaken
 Waterpassing VZBN

- 100 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verticale verplaatsing zakbaken
Waterpassing VZBZ
- 101 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDN
- 102 *Horizontale belastingsproef in zand*
Horizontale verplaatsing damwand
Laserdetector HLDZ
- 103 *Horizontale belastingsproef in zand*
Teodoliet meting damwand
Verplaatsing HN
- 104 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Helling ZBN Oost-west richting
- 105 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Helling ZBZ Oost-west richting
- 106 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Helling ZBN Noord-zuid richting
- 107 *Horizontale belastingsproef in zand*
Hoekverdraaiing van de zakbaken
Helling ZBZ Noord-zuid richting
- 108 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop waterspanning achter de proefbuis
Waterspanningsmeter PR1
- 109 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop waterspanning achter de proefbuis
Waterspanningsmeter PR2
- 110 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop waterspanning achter de proefbuis
Waterspanningsmeter PR3
- 111 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer N1
- 112 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer N2
- 113 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer N3



- 114 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M1
- 115 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M2
- 116 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer M3
- 117 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z1
- 118 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z2
- 119 *Horizontale belastingsproef in zand*
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis
Gronddrukopnemer Z3





**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Sommatie van KN en KZ

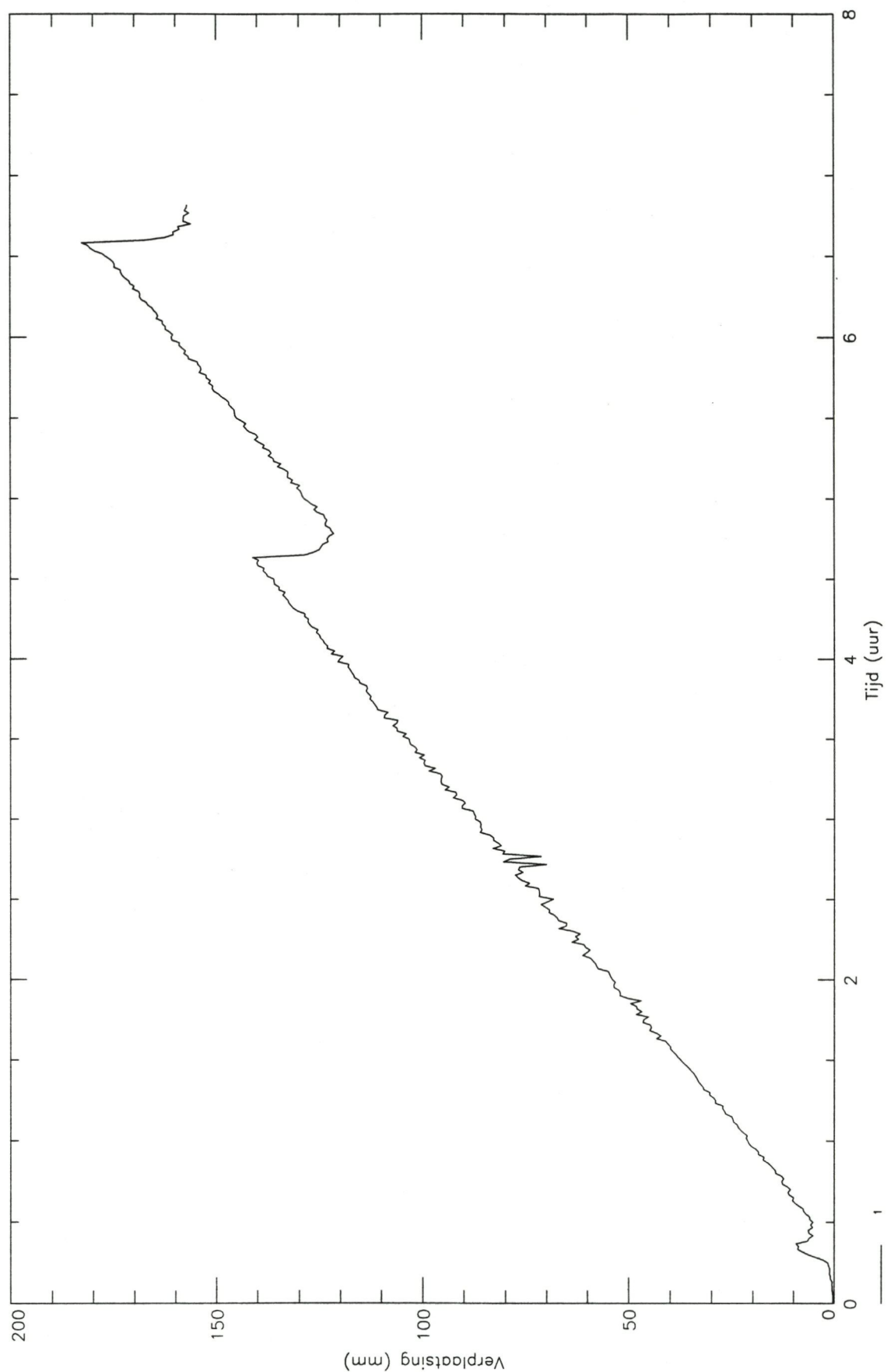
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 12

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gemiddelde gecorrigeerde verpl. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis

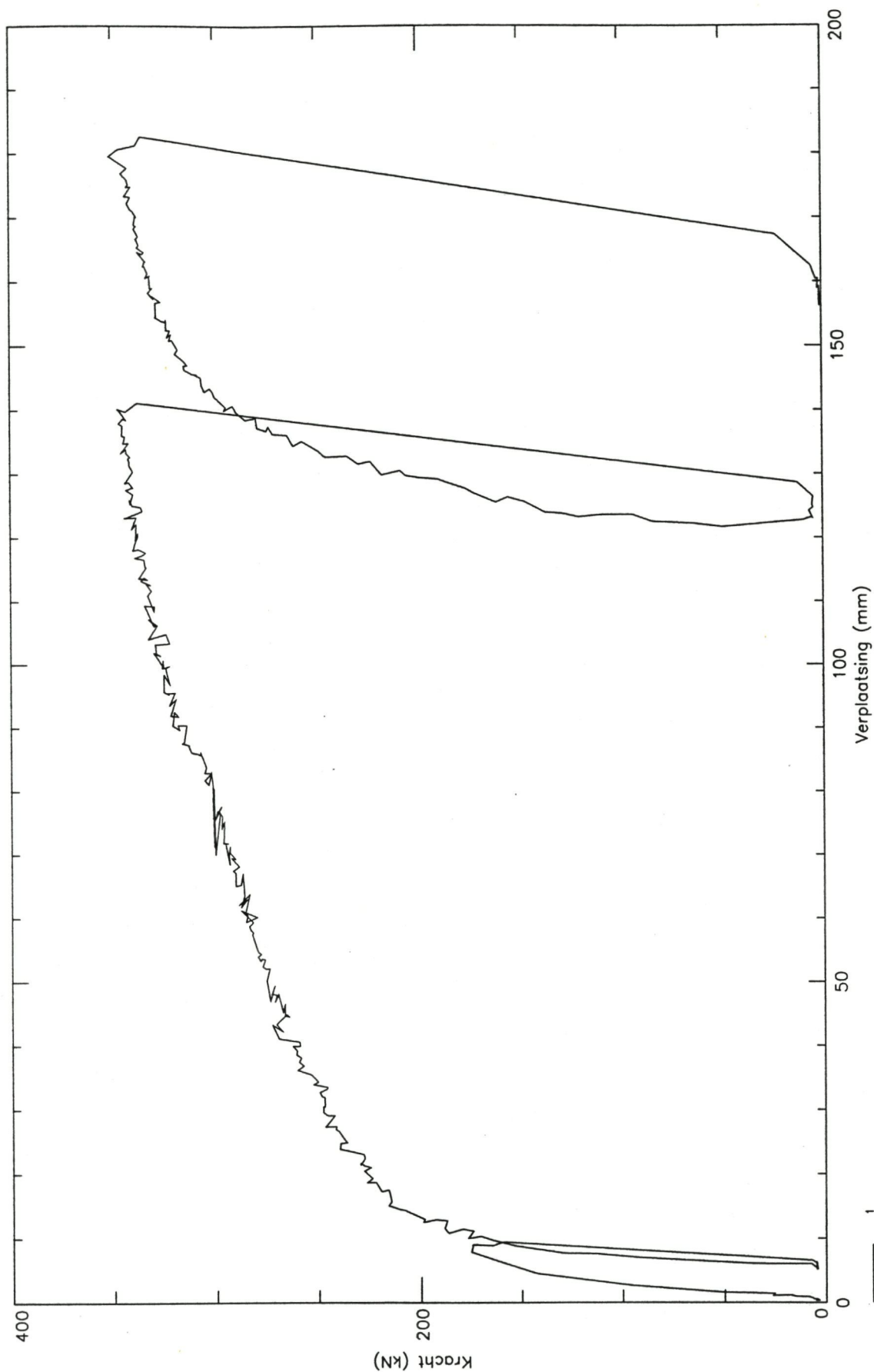
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 13

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

KN en KZ gesommeerd tegen gecorr. gem. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis

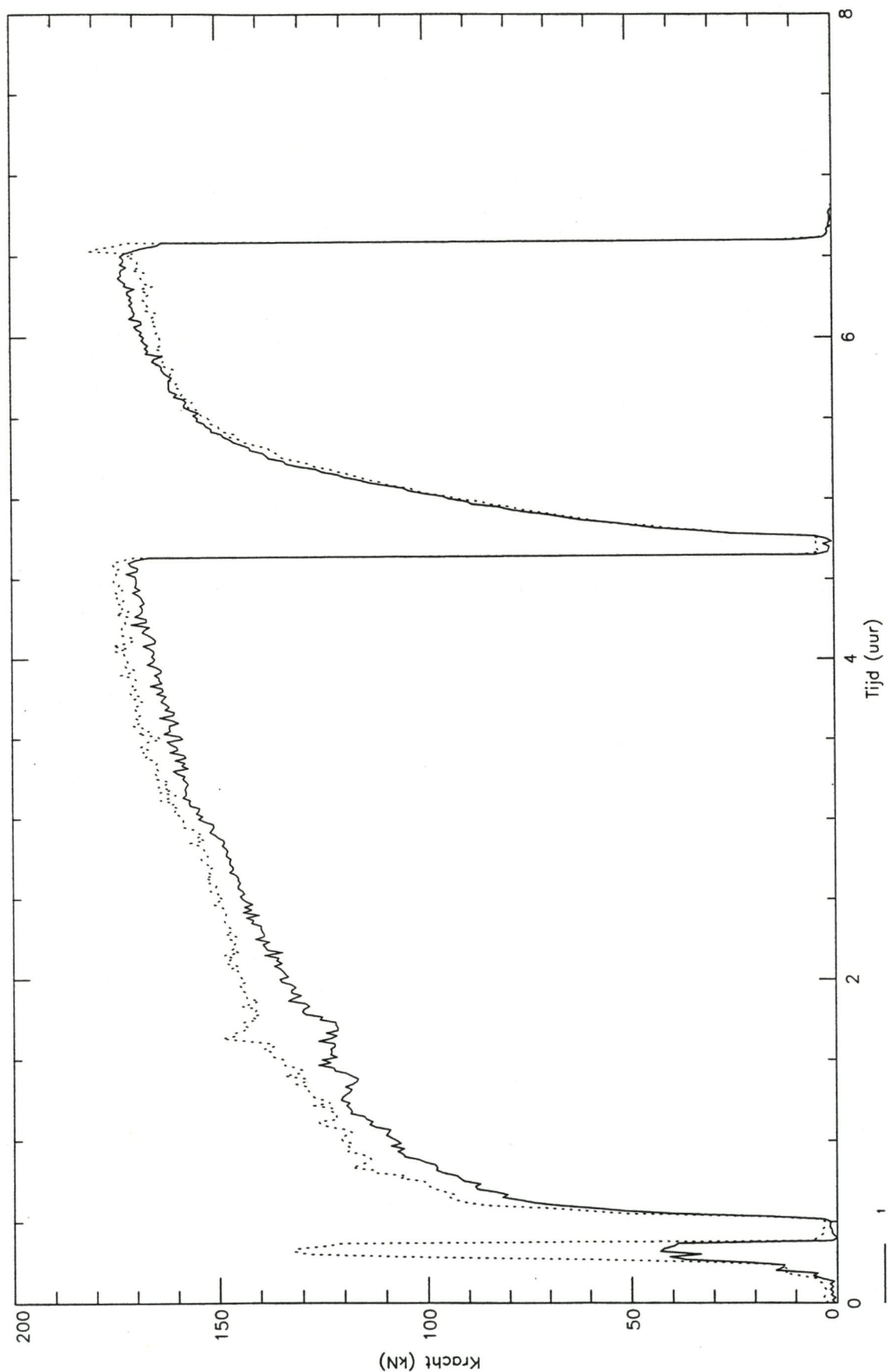
Kracht-verplaatsingsdiagram

CO-350560

gez.

BIJL. 14

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Krachtopnemers KN (1), KZ (2)

Tijd-krachtdiagram

datum
94-10-06

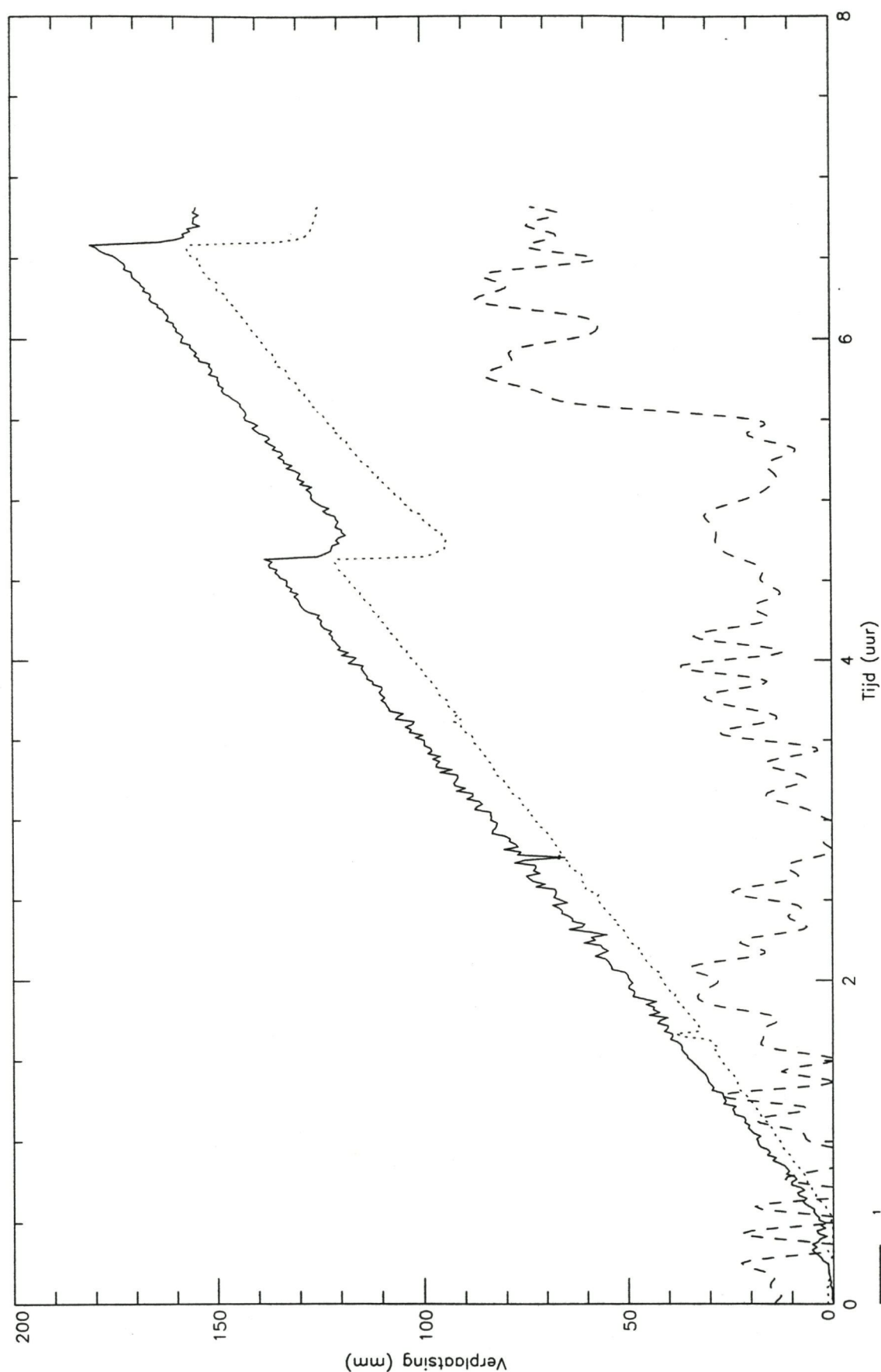
CO-350560

BIJL. 16

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers HN2 (1), HBN (2), HLN (3)

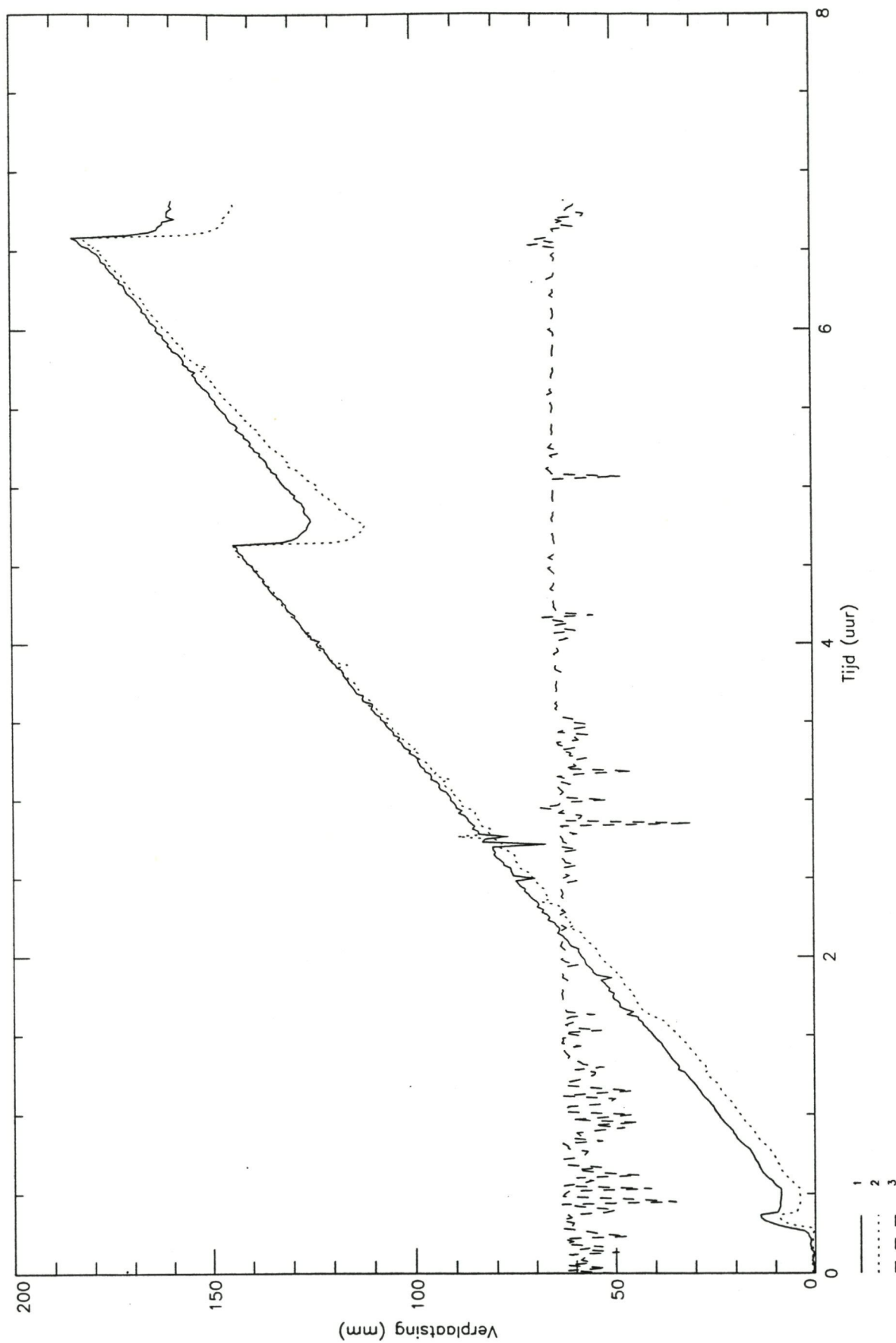
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 17

form.
A4



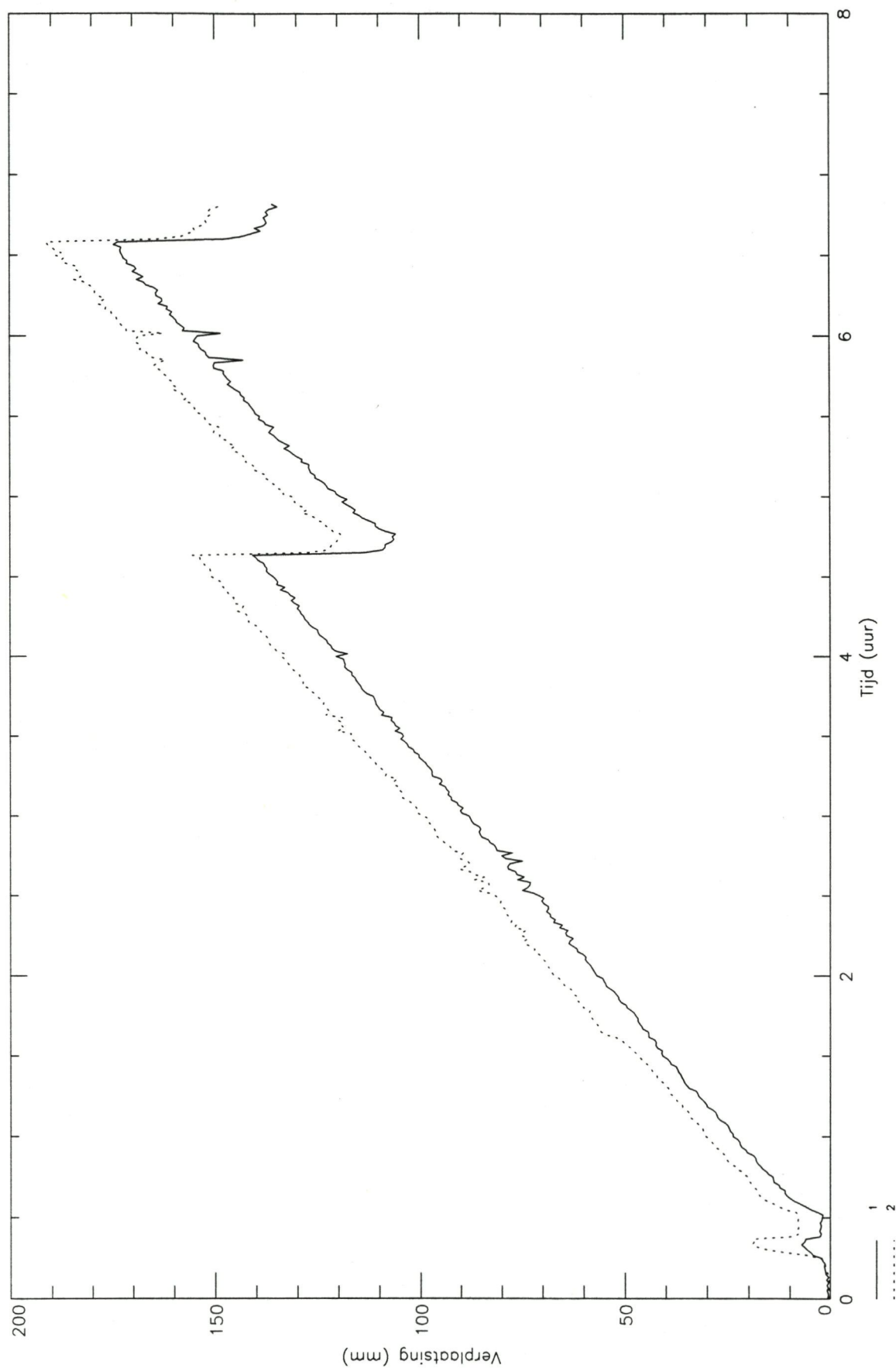
**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum	94-10-06	get.	WIJN
	CO-350560	gez.	
BIJL. 18		form.	A4

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers HZ2 (1), HBZ (2), HLZ (3)
Horizontale verplaatsingen



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers HN1 (1), HZ1 (2)

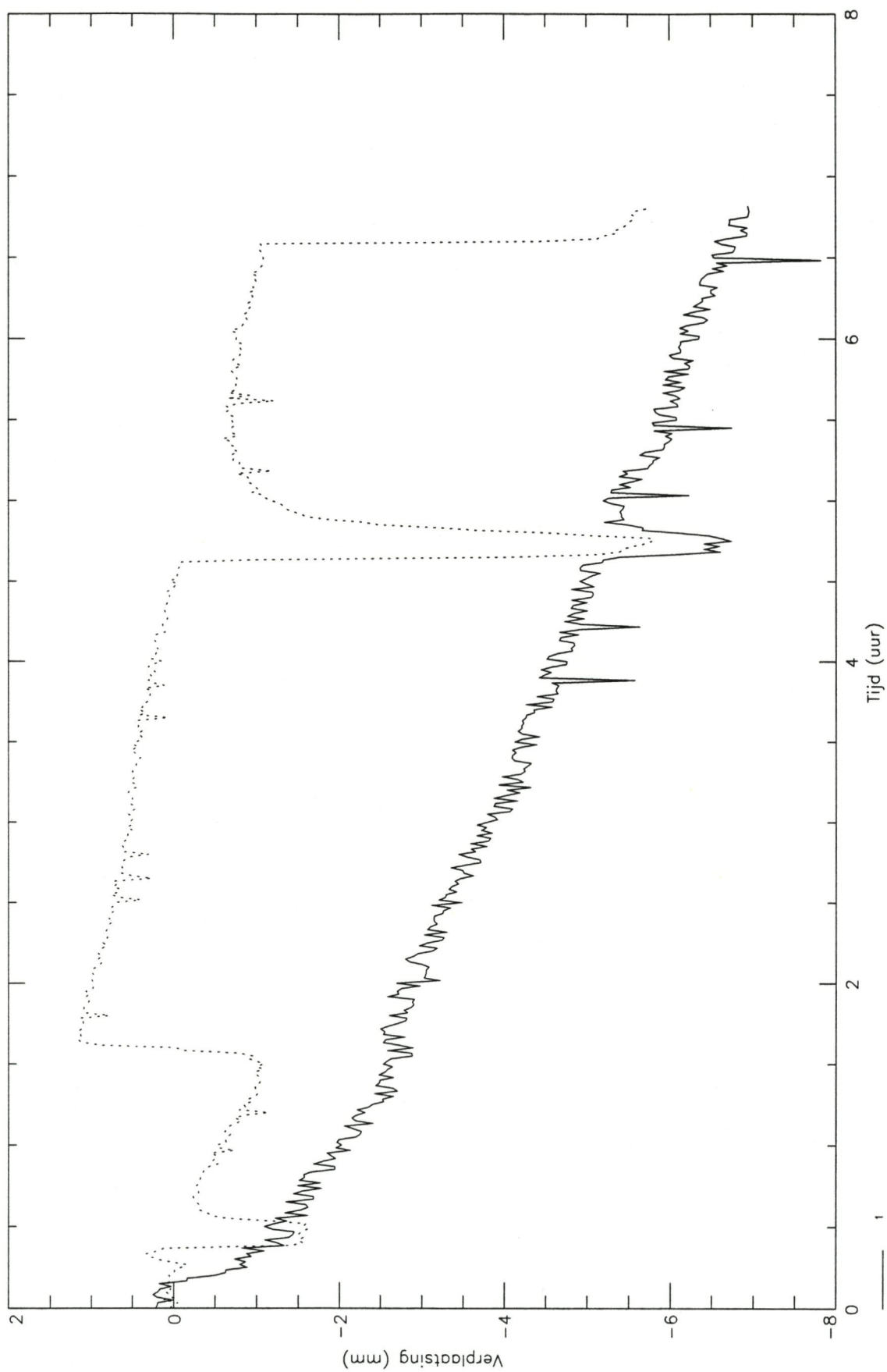
CO-350560

gez.

Vijzelslag

BIJL. 19

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers VN (1), VZ (2)

Vert. verpl. van de twee stempels t.o.v. de damwand

datum
94-10-06

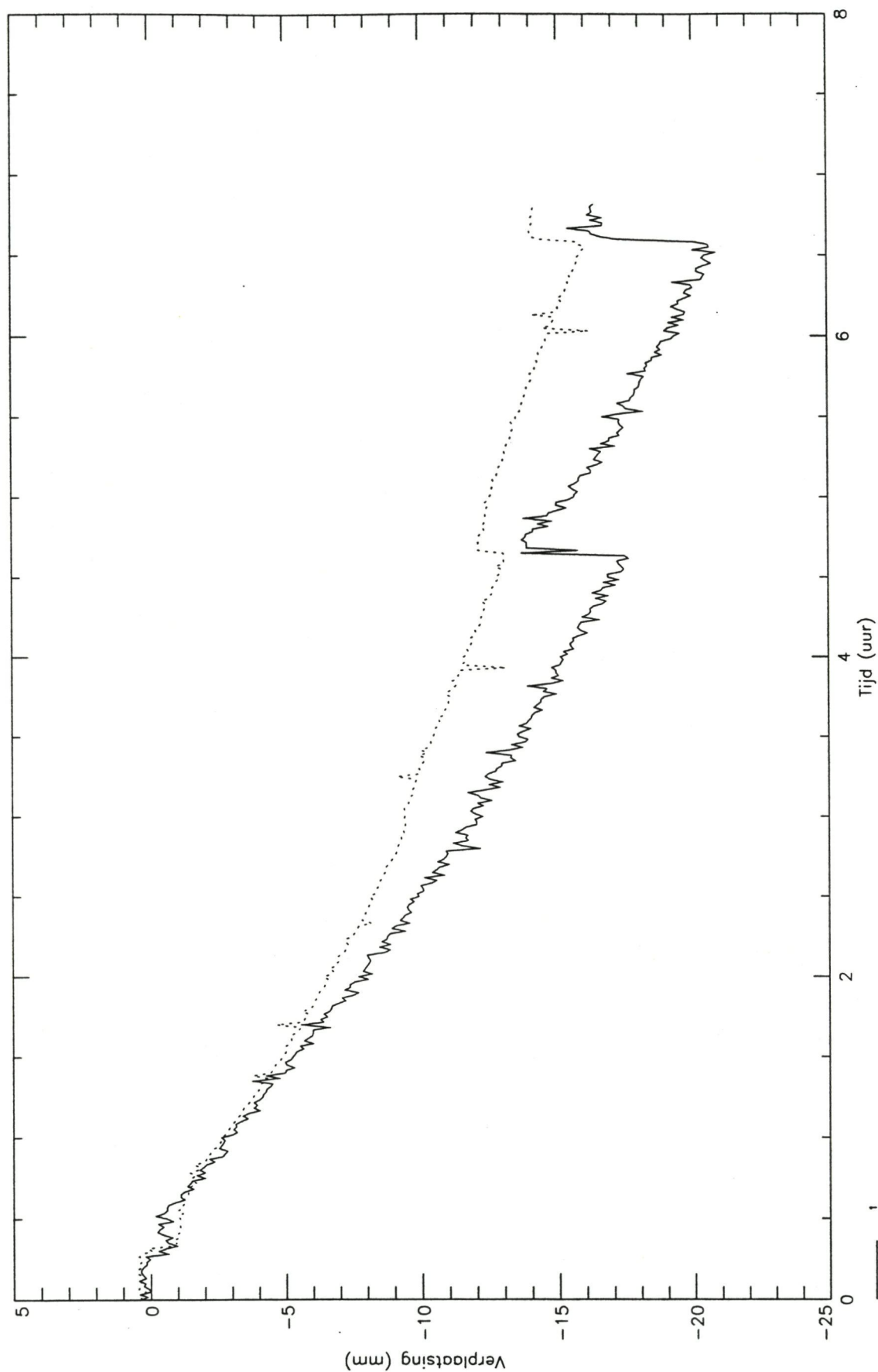
CO-350560

BIJL. 20

get.
WIJN

gez.

form.
A4



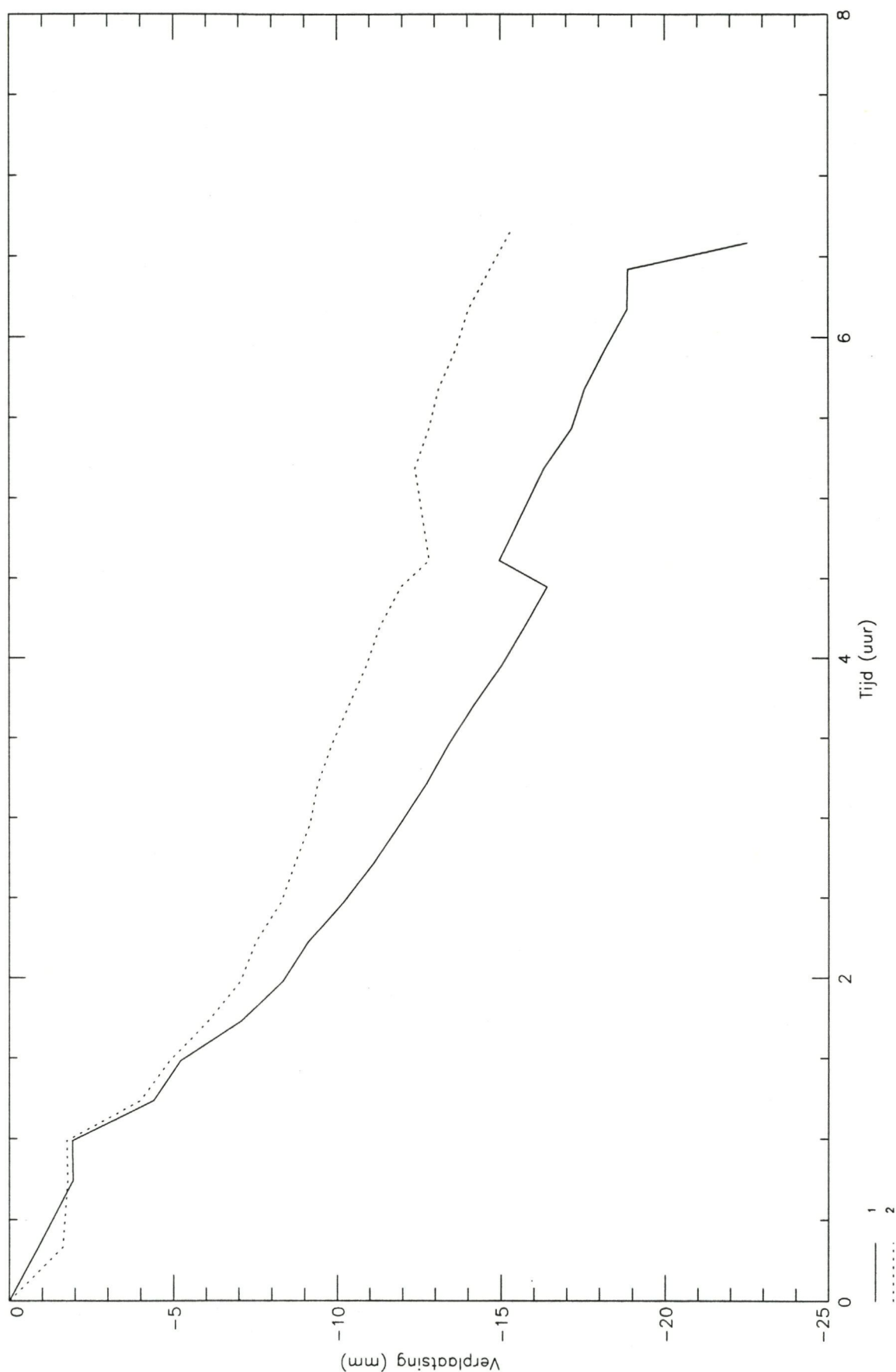
**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemers VNB (1), VZB (2)
Verticale verplaatsing van de zakbakens

datum	94-10-06	get.	WIJN
	CO-350560	gez.	
BIJL. 21		form.	A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Klei
Waterpassing VZBN (1), VZBZ (2)

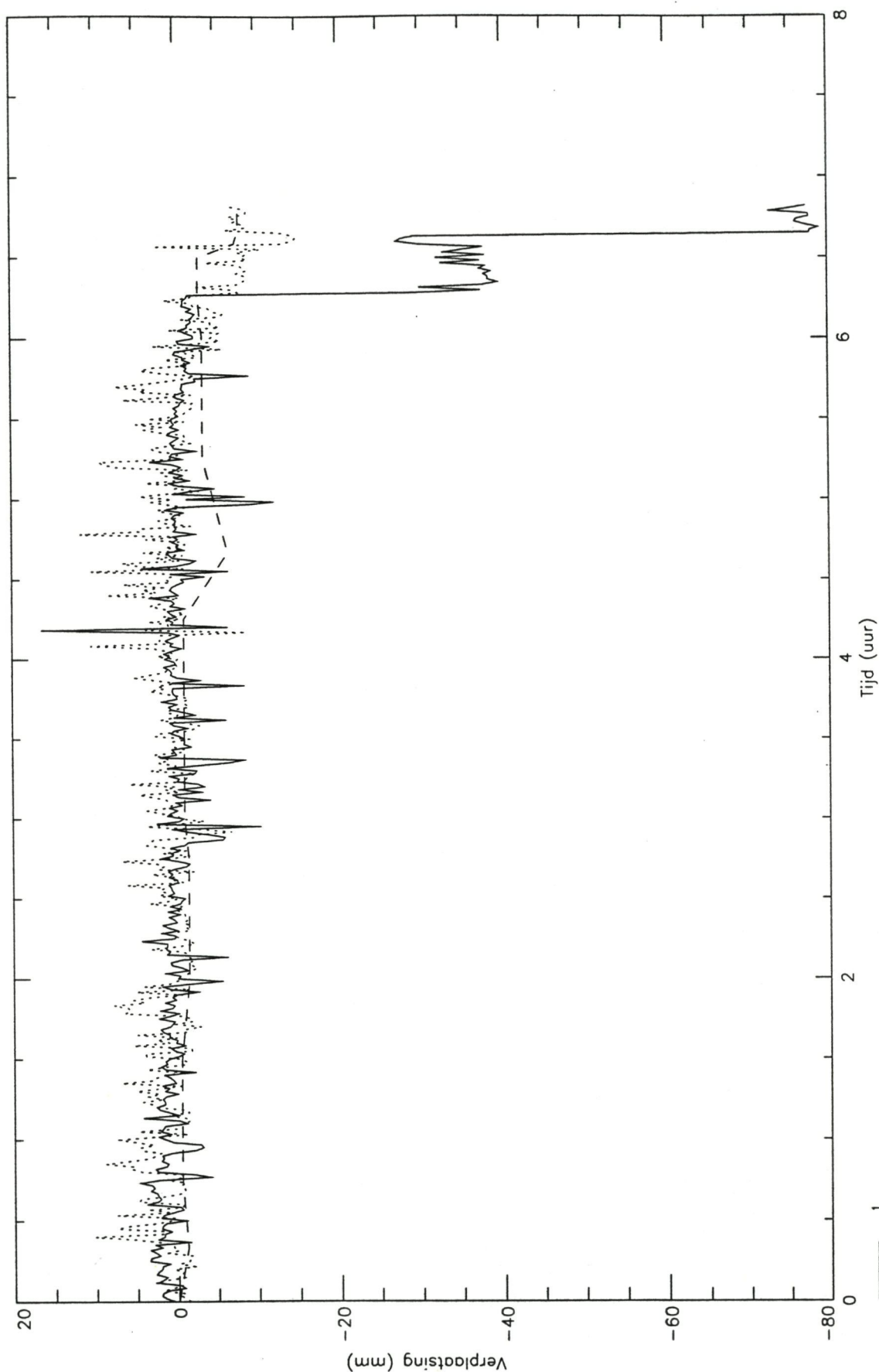
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbakens

BIJL. 22

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLDN (1), HLDZ (2) en theodolietmeting HN (3)

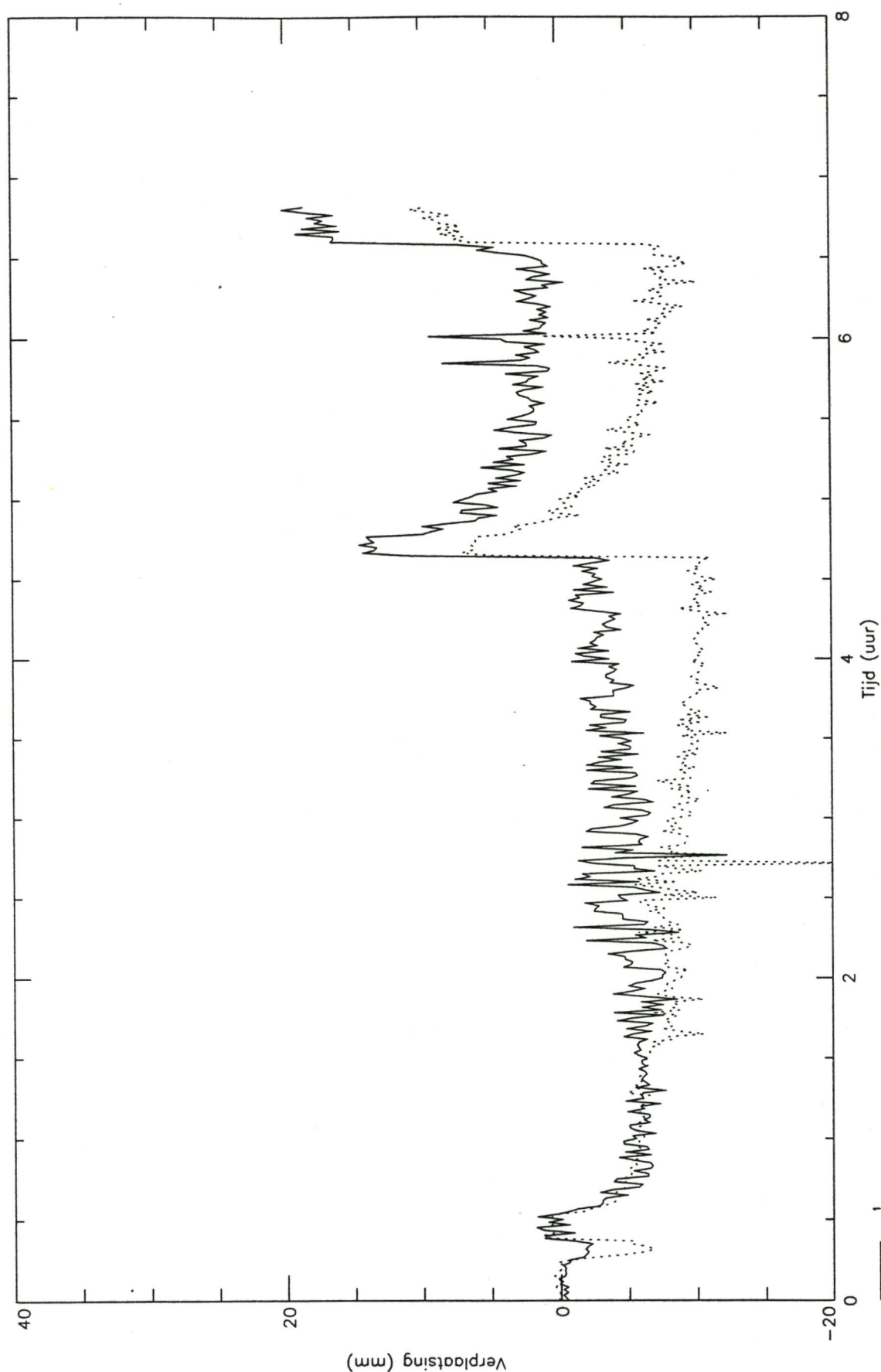
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 23

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALA BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

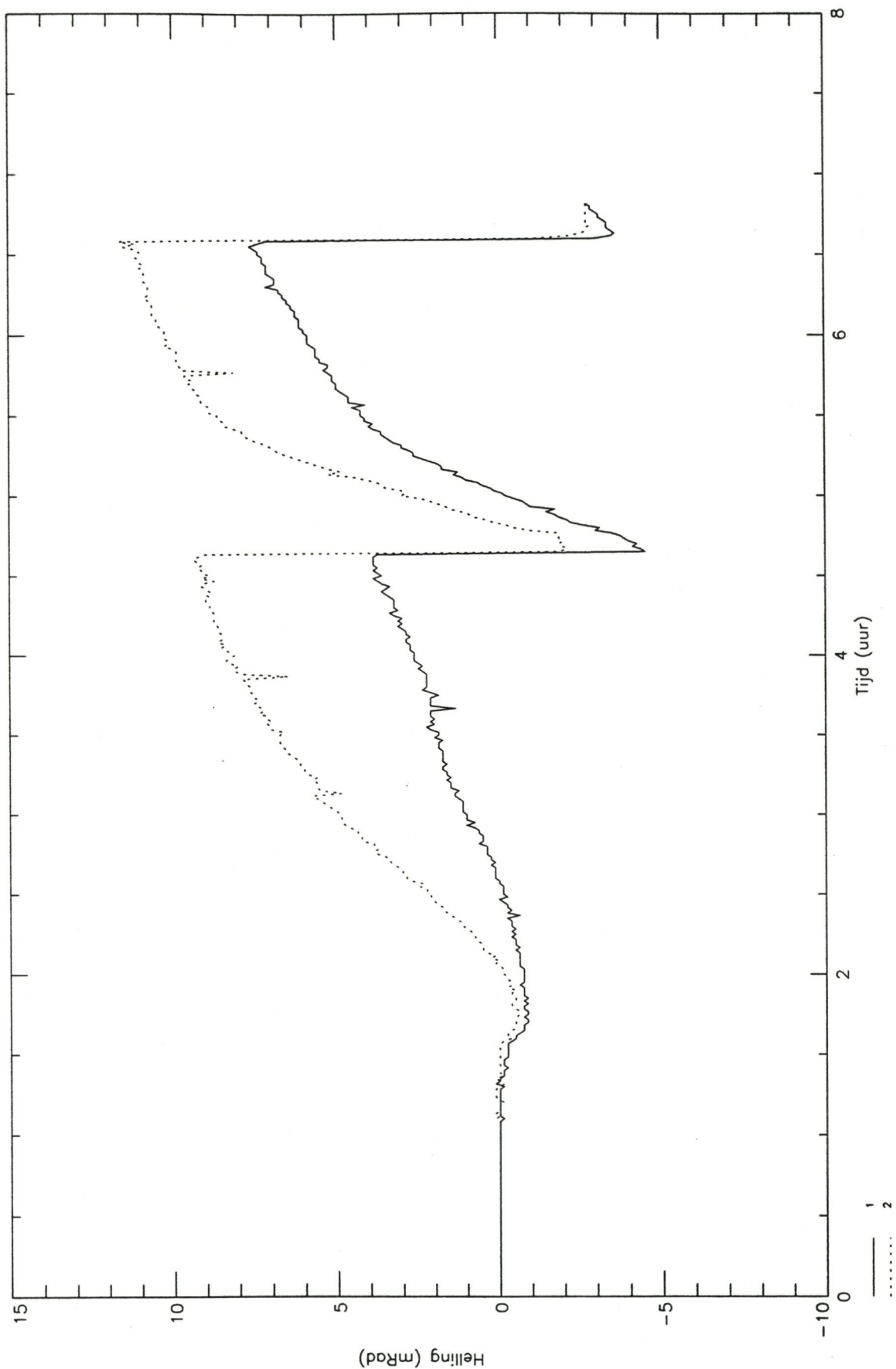
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

BIJL. 24

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Oost-west richting

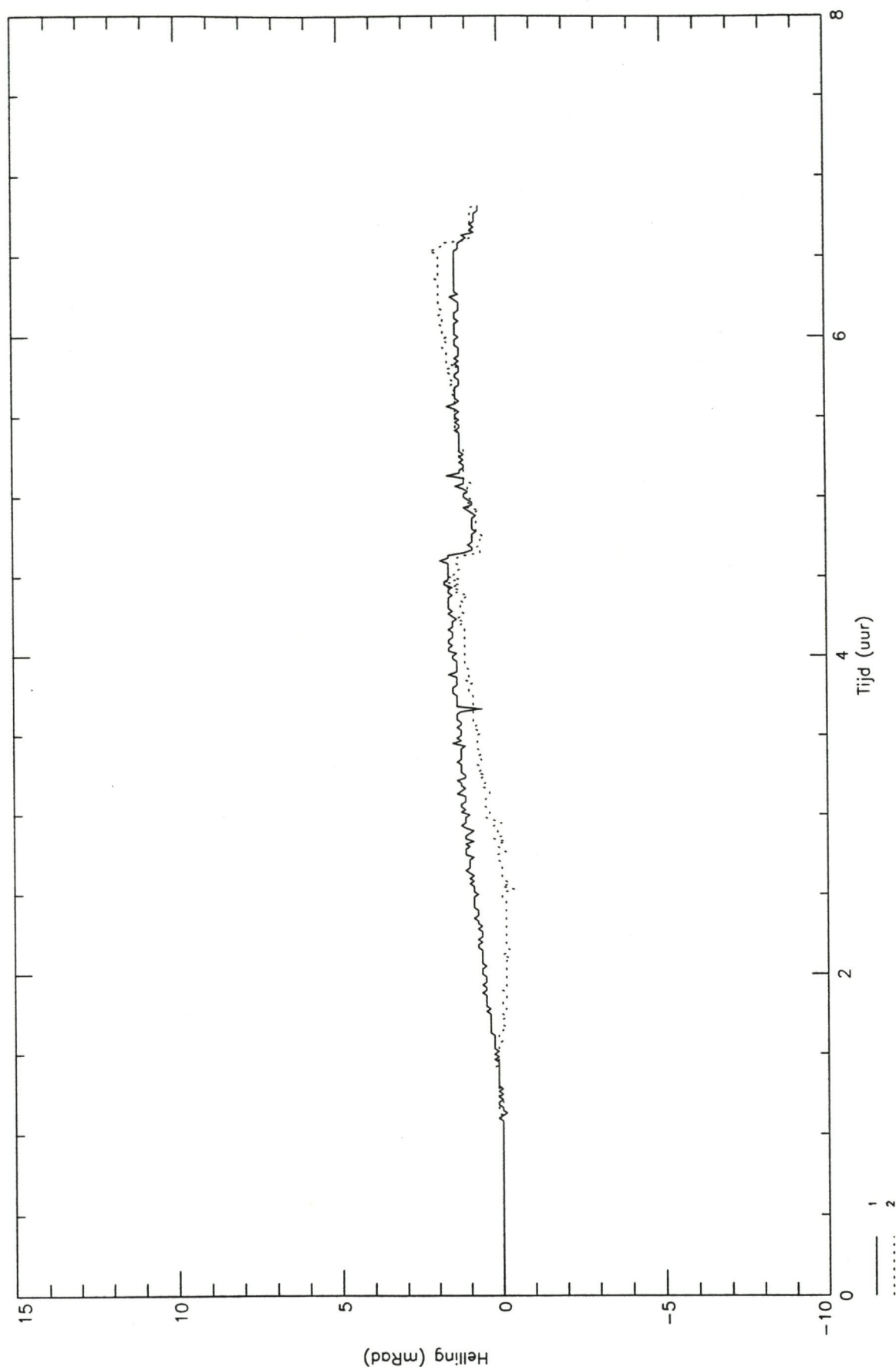
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 25

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Noord-zuid richting

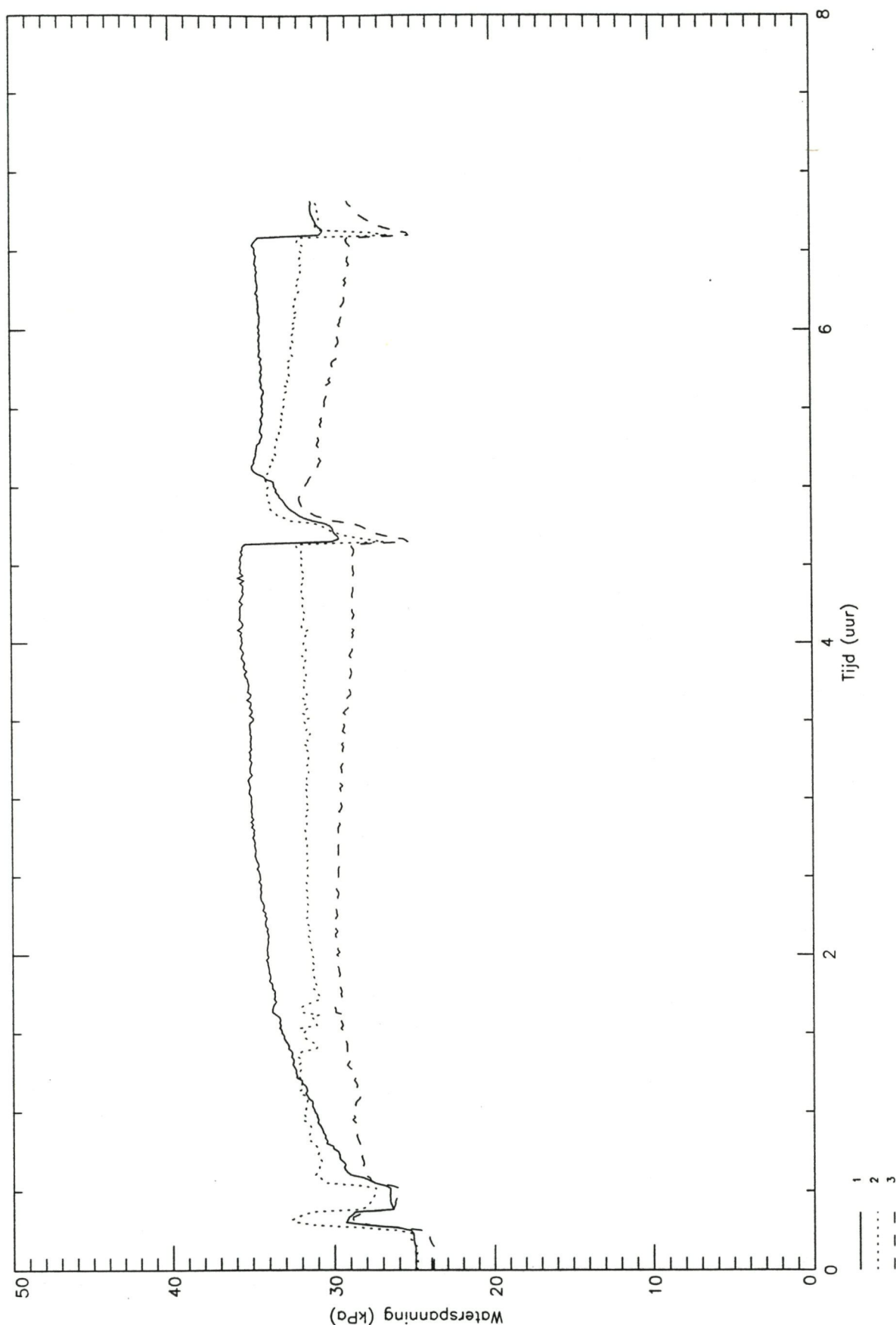
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 26

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Waterspanningsmeters PR1 (1), PR2 (2), PR3 (3)

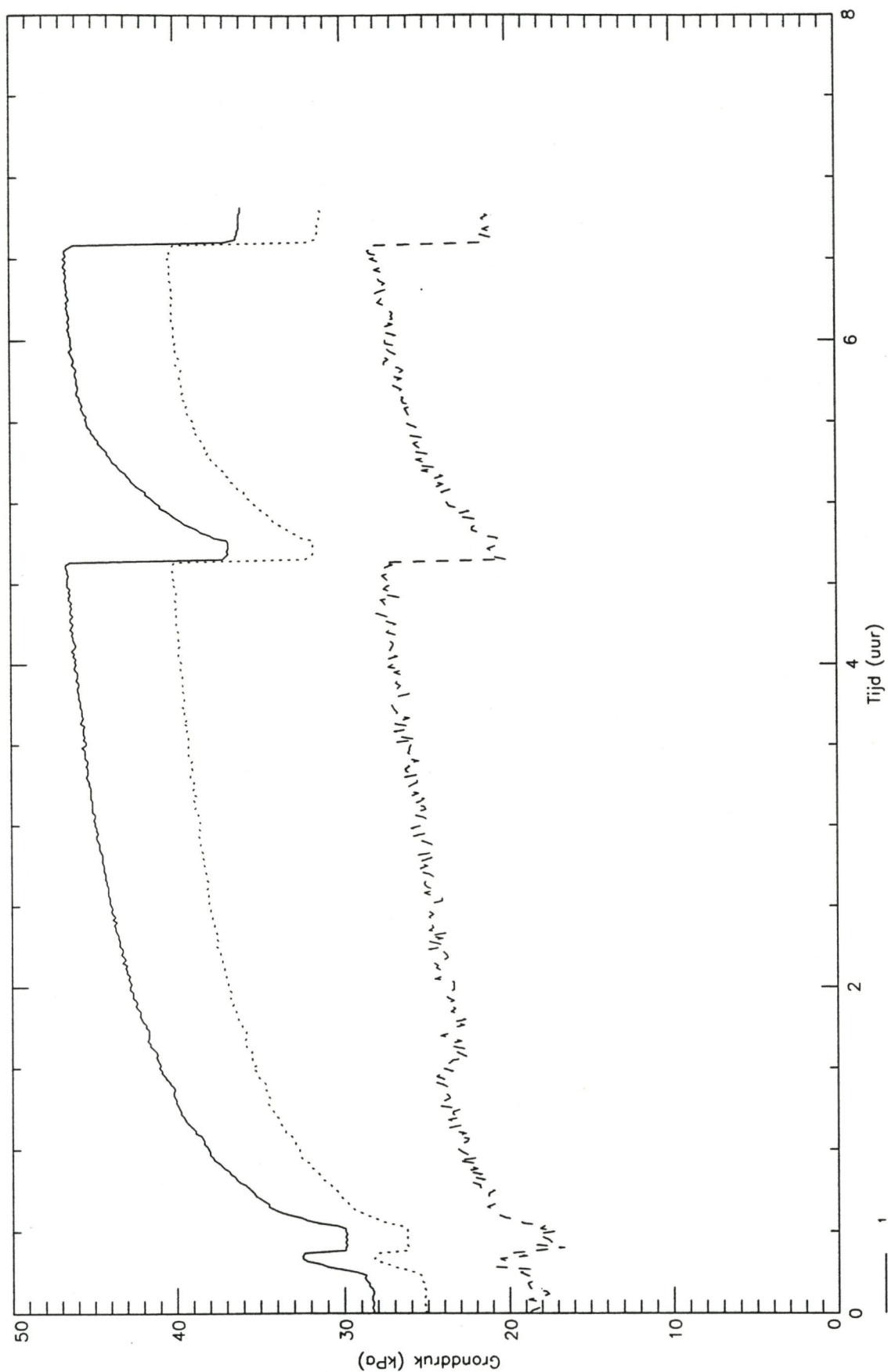
CO-350560

gez.

Verloop waterspanningen achter de proefbuis

BIJL. 27

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukdozen N1 (1), N2 (2), N3 (3)

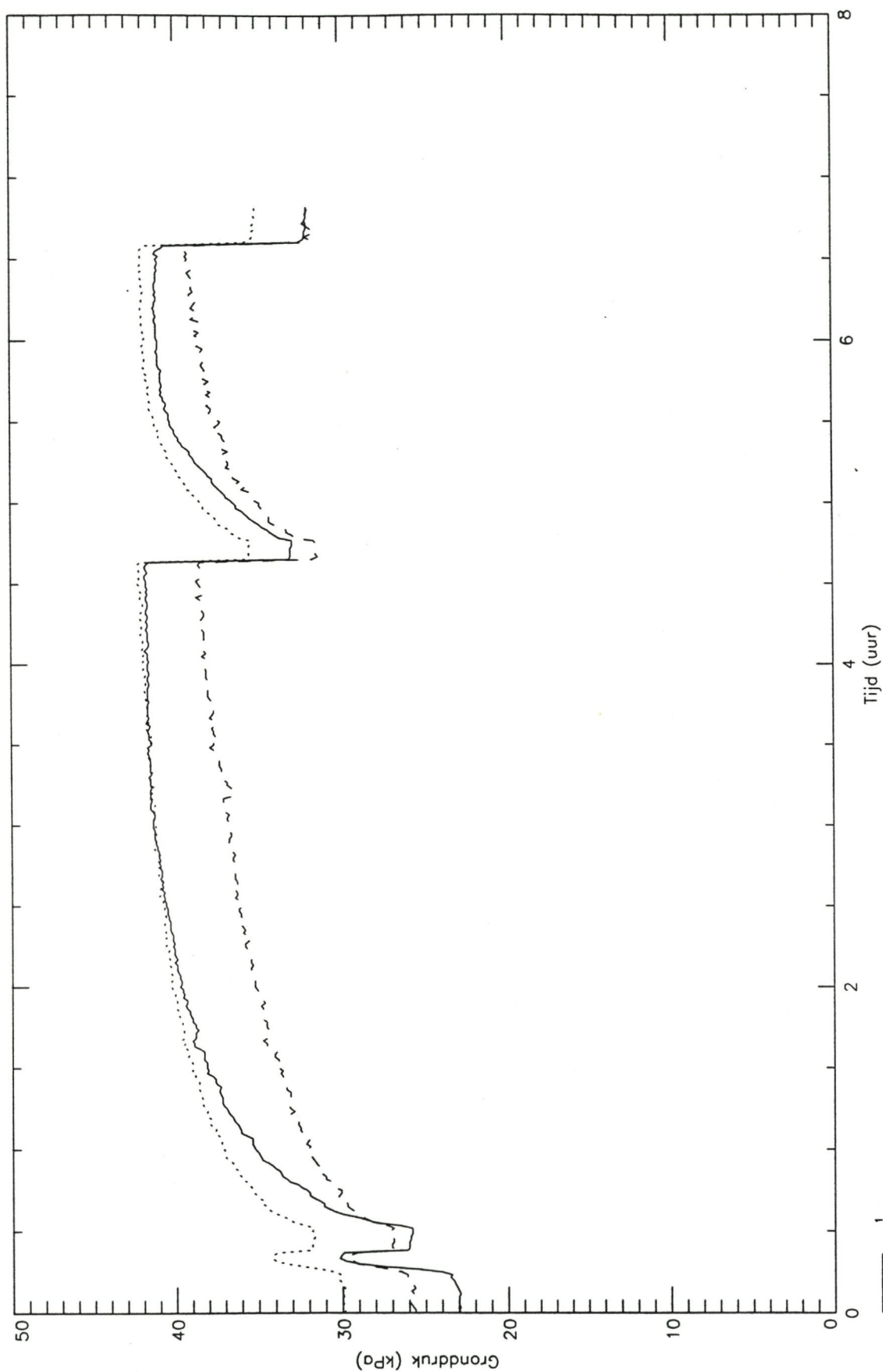
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 28

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Gronddrukdozen M1 (1), M2 (2), M3 (3)

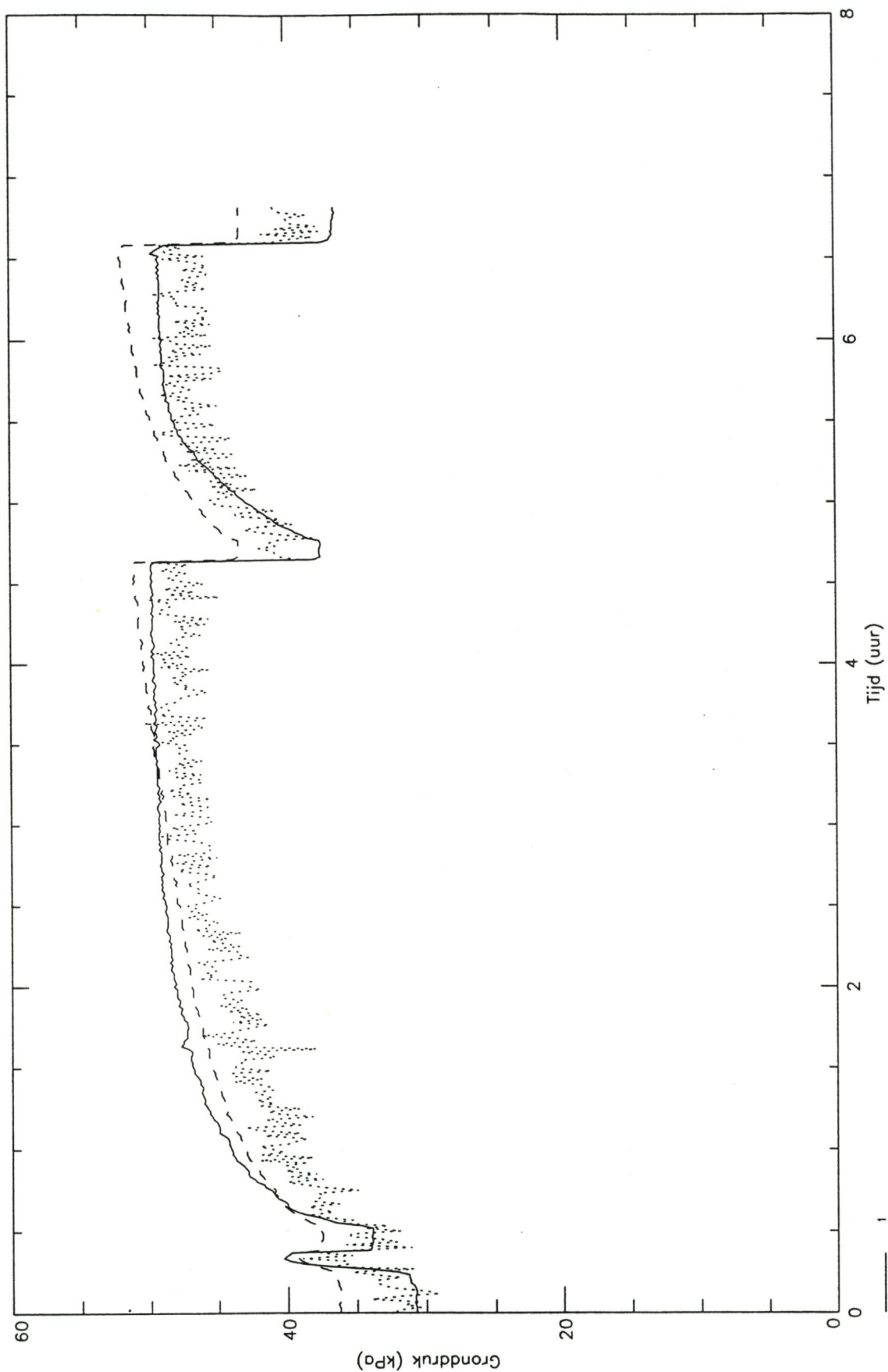
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 29

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukdozen Z1 (1), Z2 (2), Z3 (3)

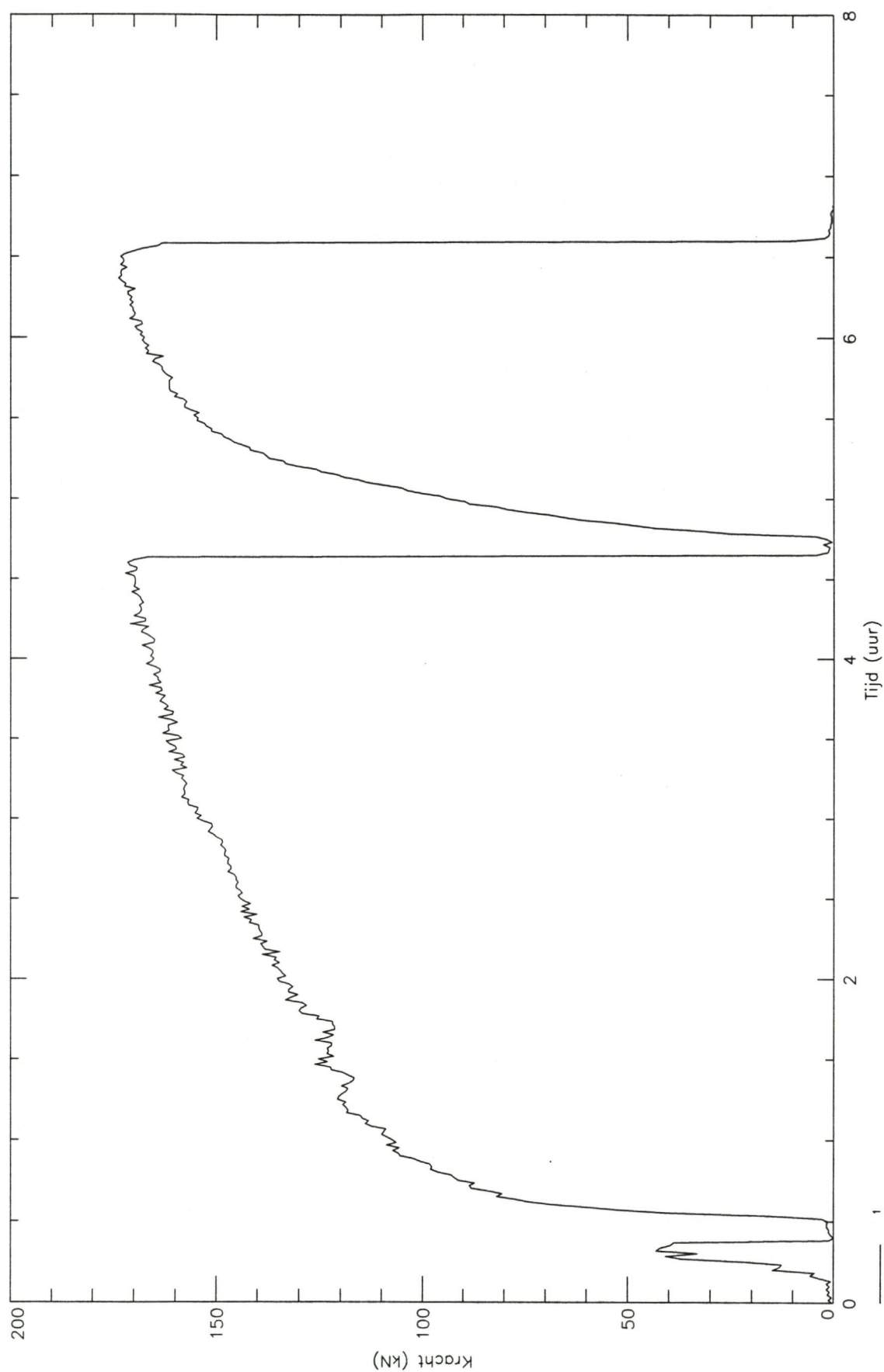
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 30

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Krachtopnemer KN

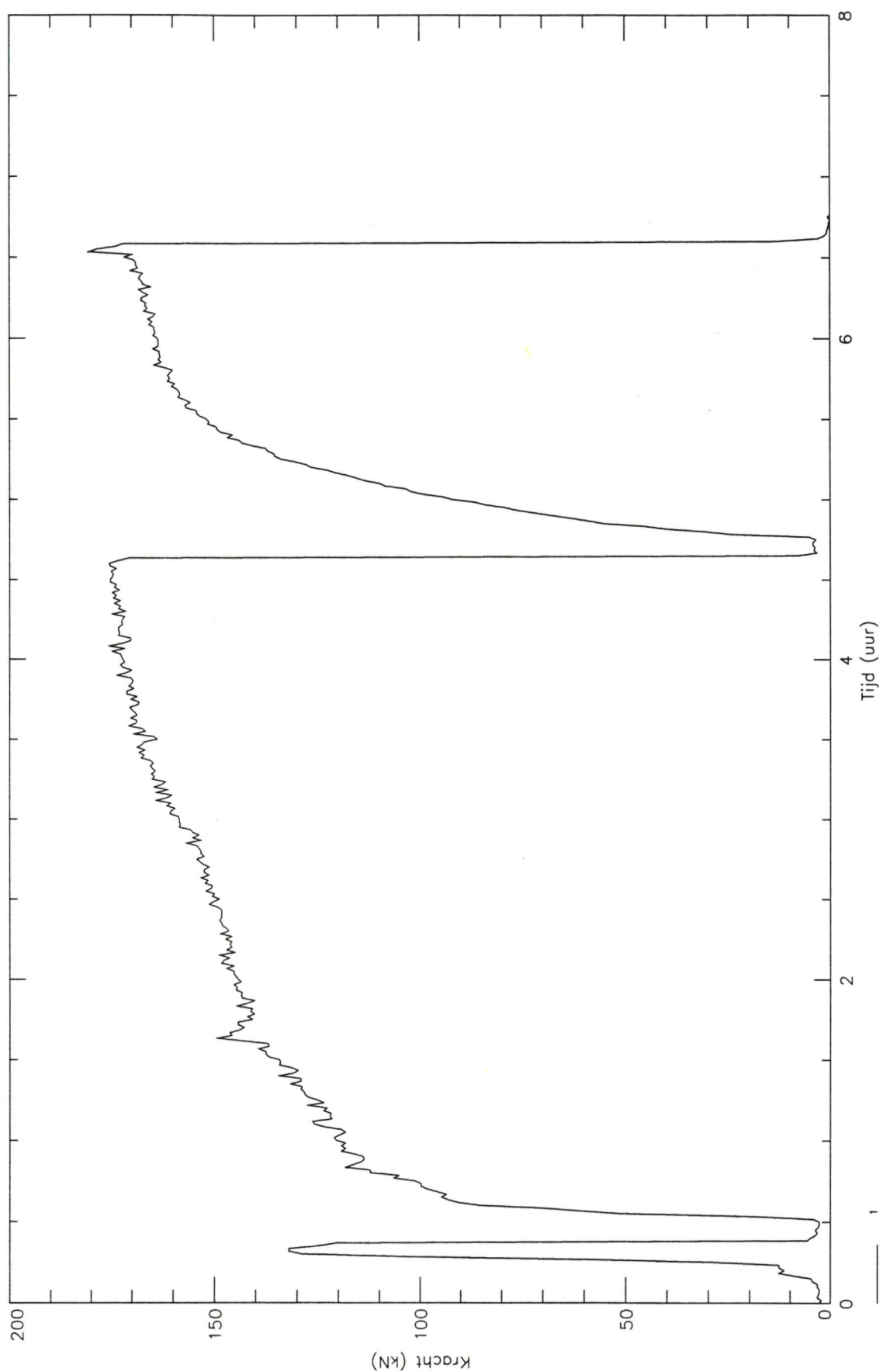
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 31

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Krachtopnemer KZ

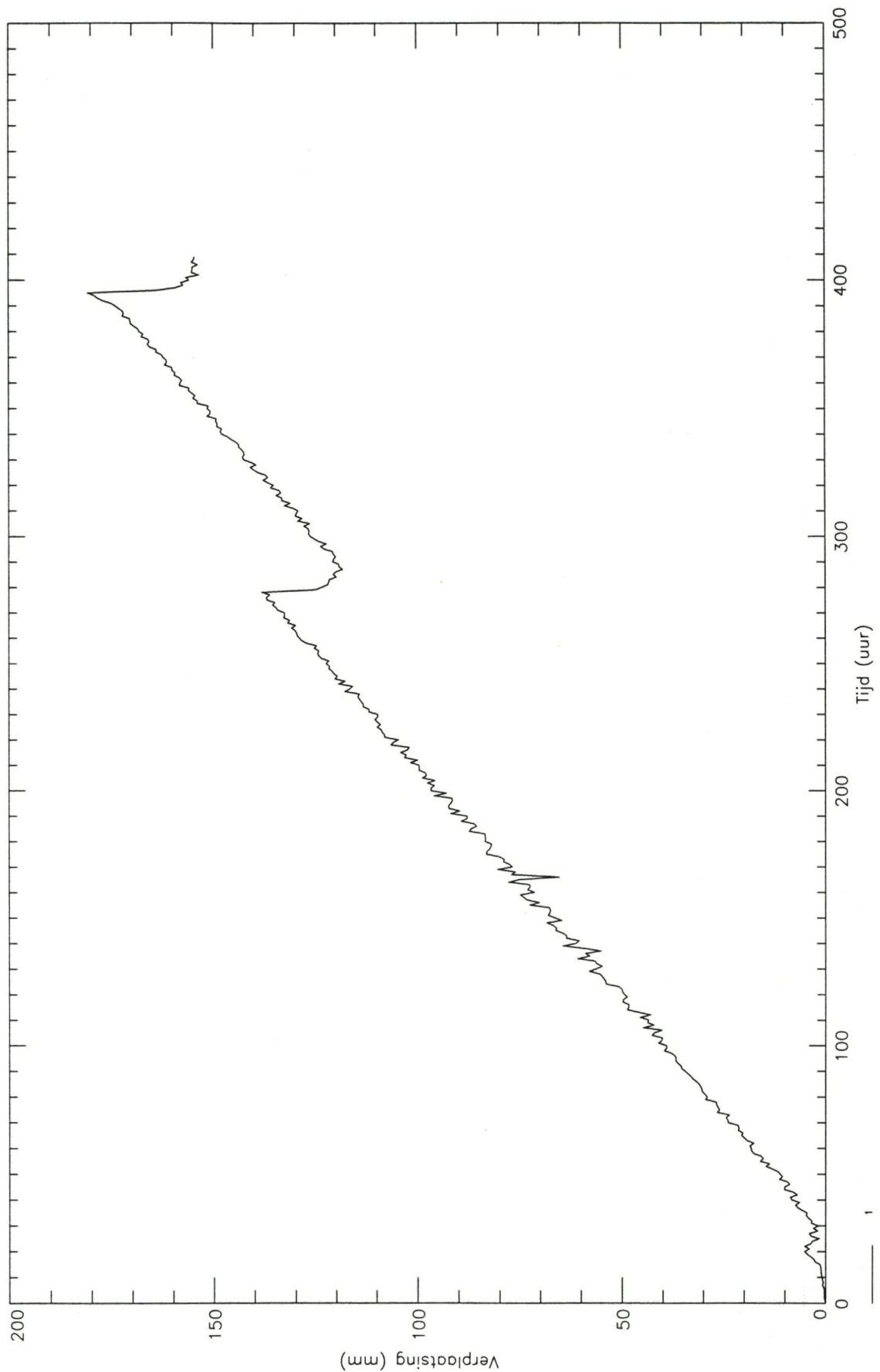
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 32

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Klei
Verplaatsingsopnemer HN2

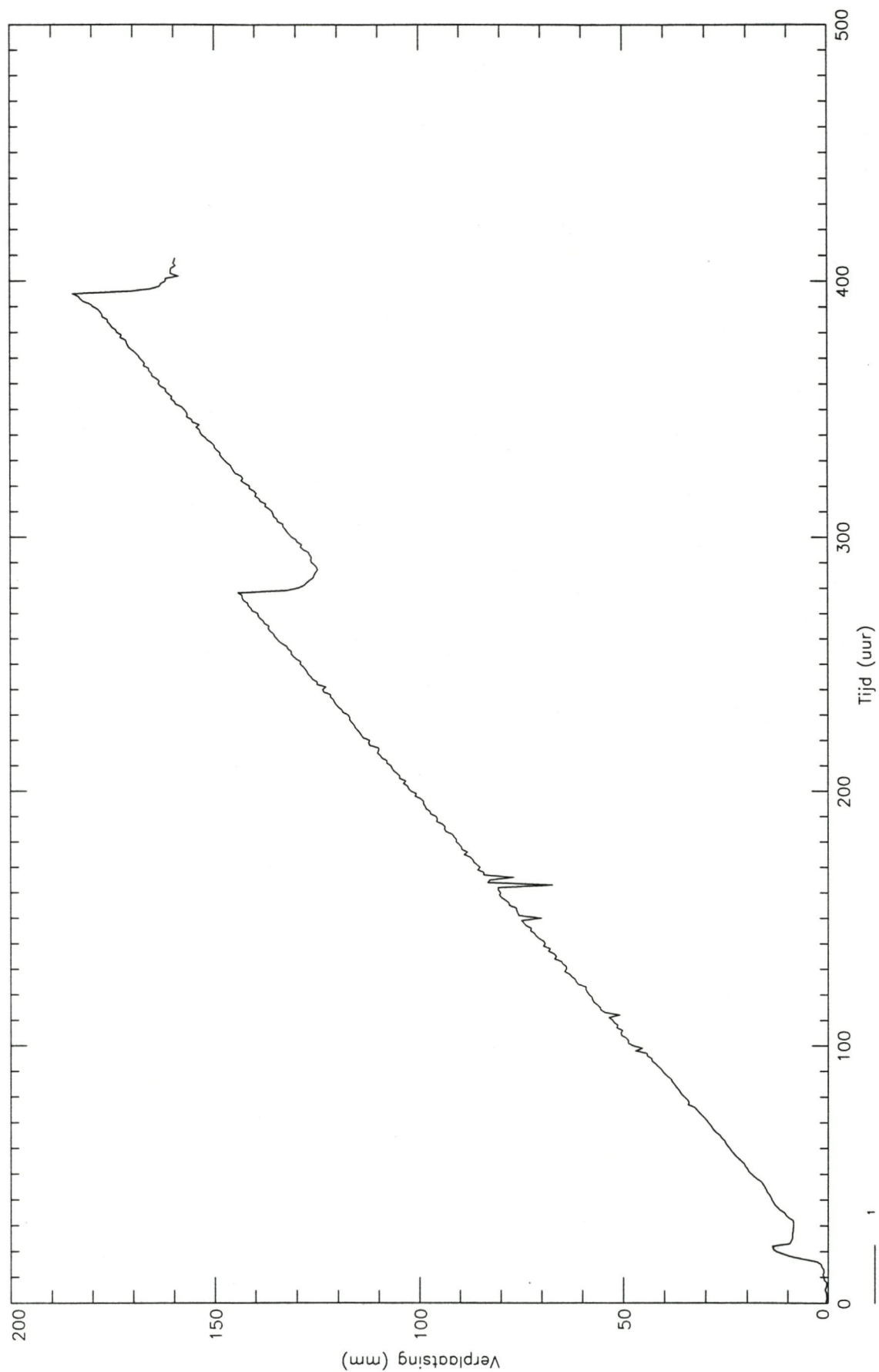
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsings diagram proefbuis

BIJL. 33

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer HZ2

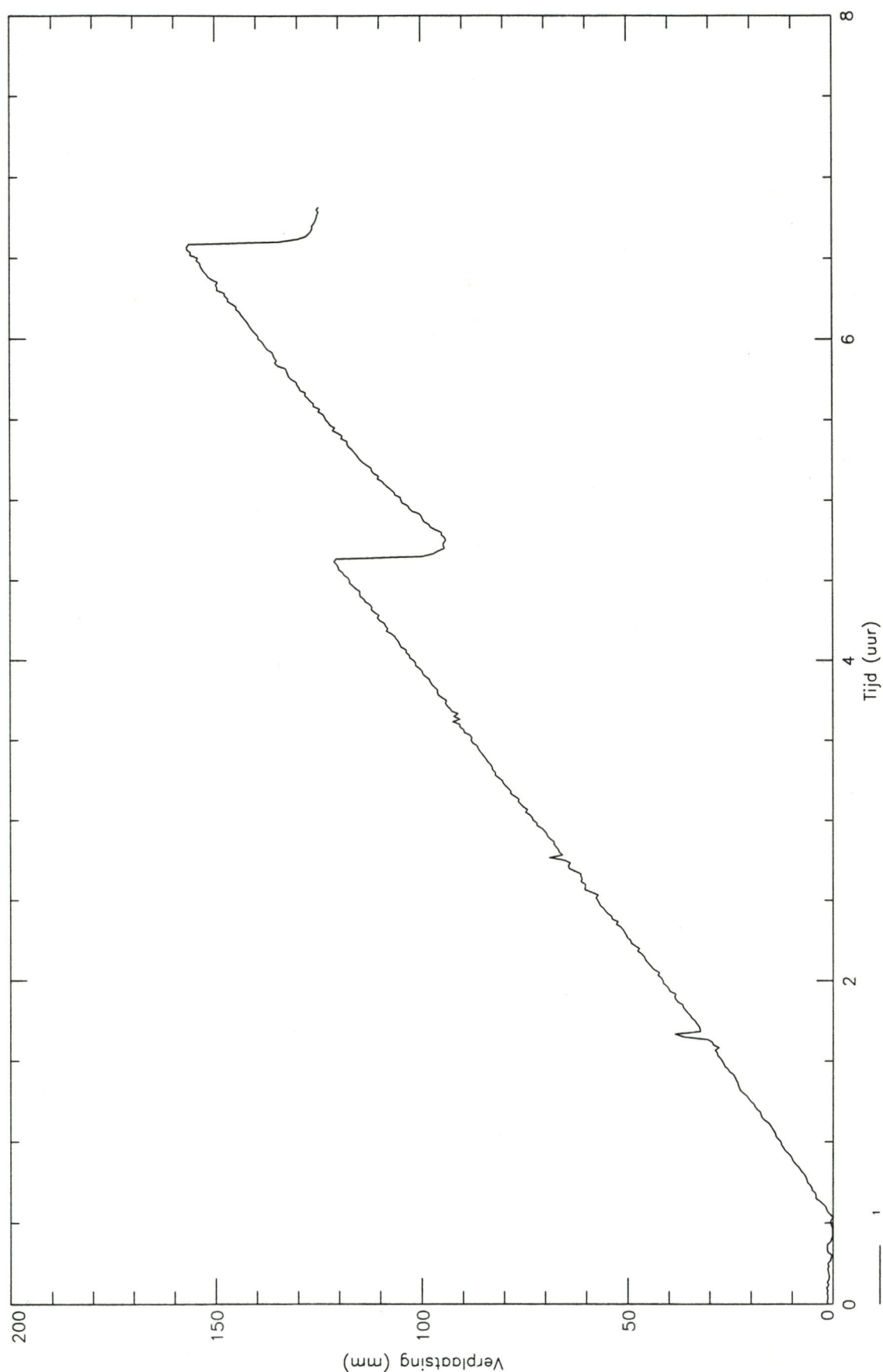
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsings diagram proefbuis

BIJL. 34

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer HBN

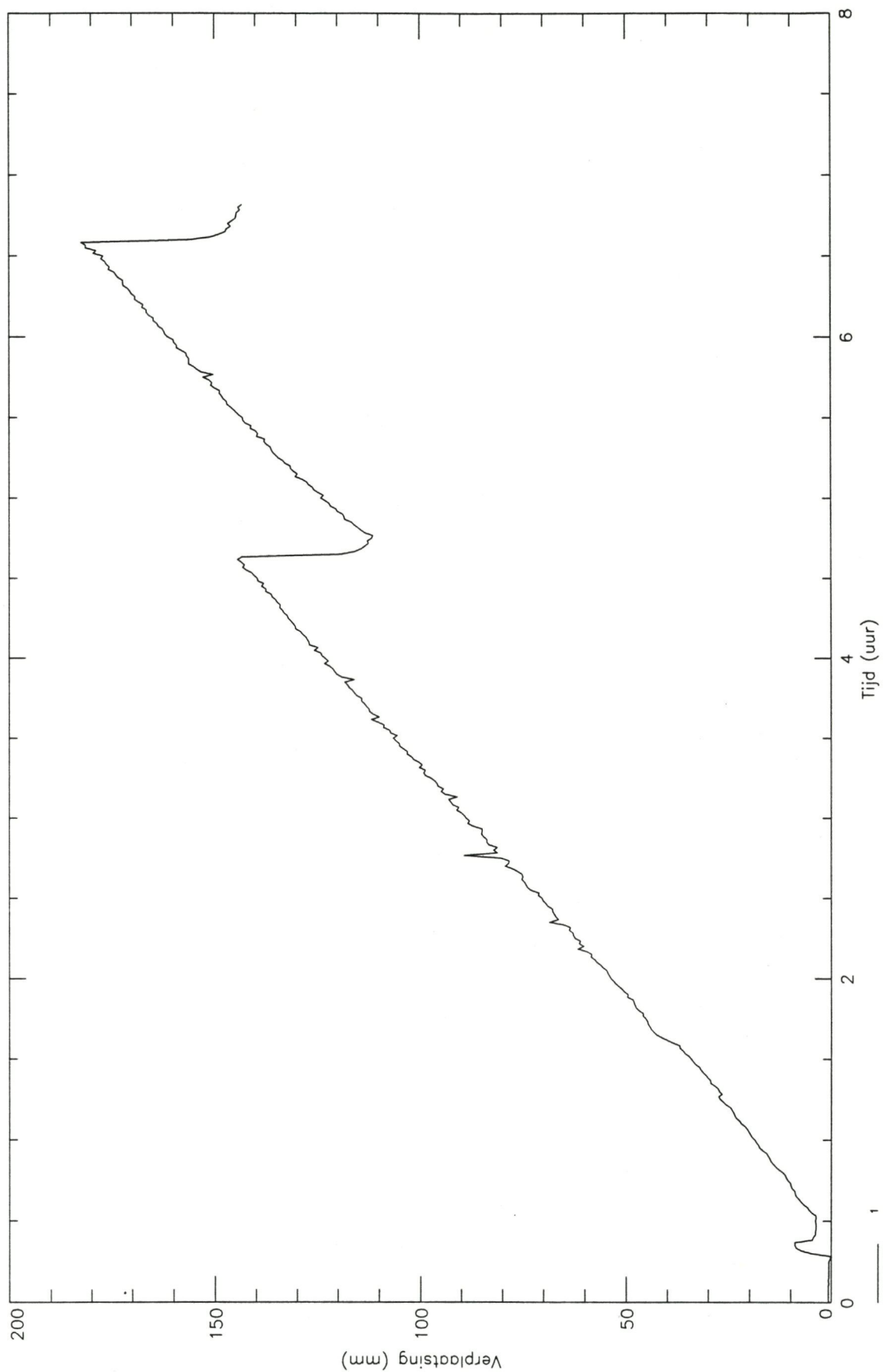
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram zakbaken

BIJL. 35

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer HBZ

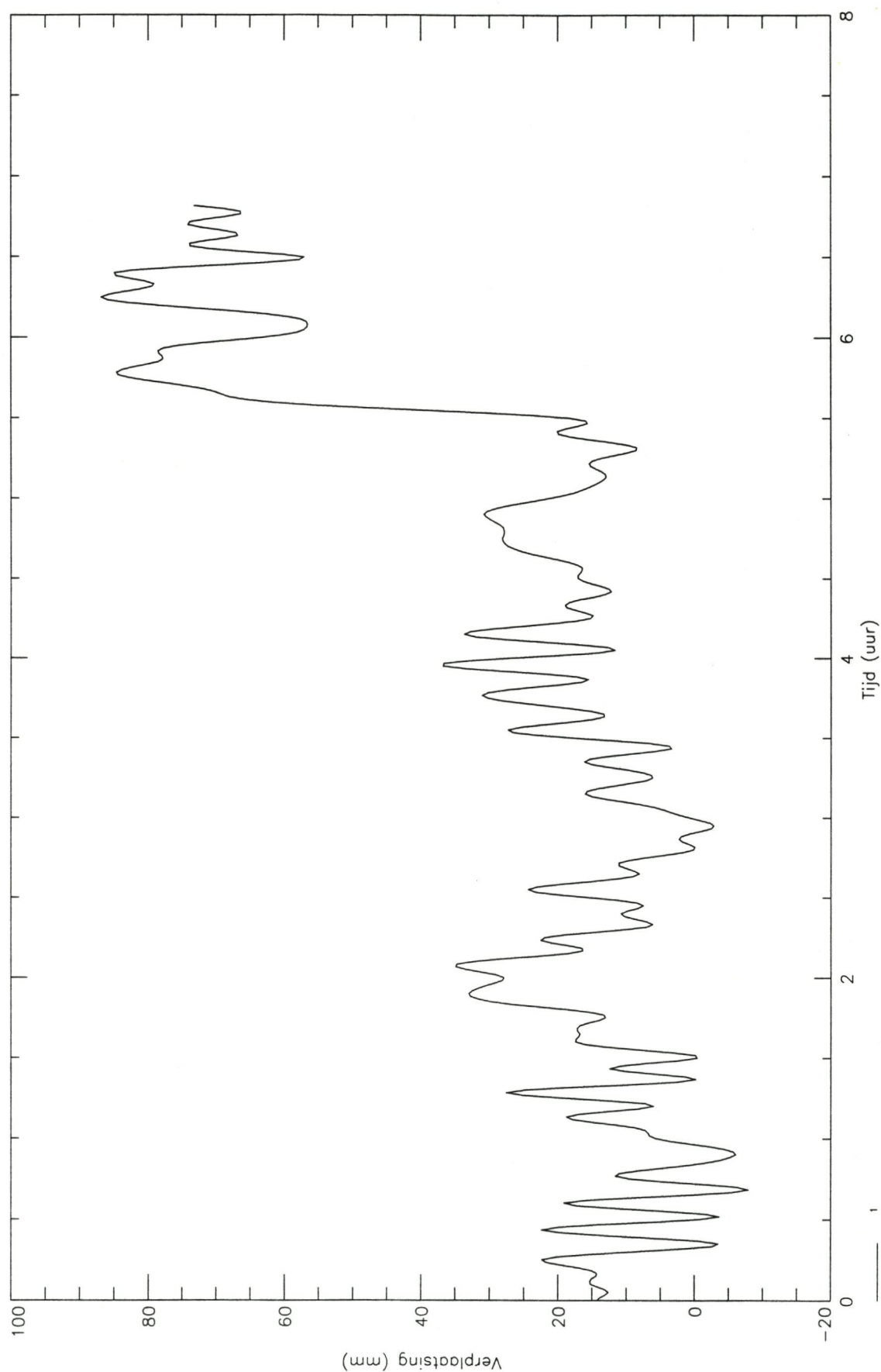
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram zakbaken

BIJL. 36

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLN

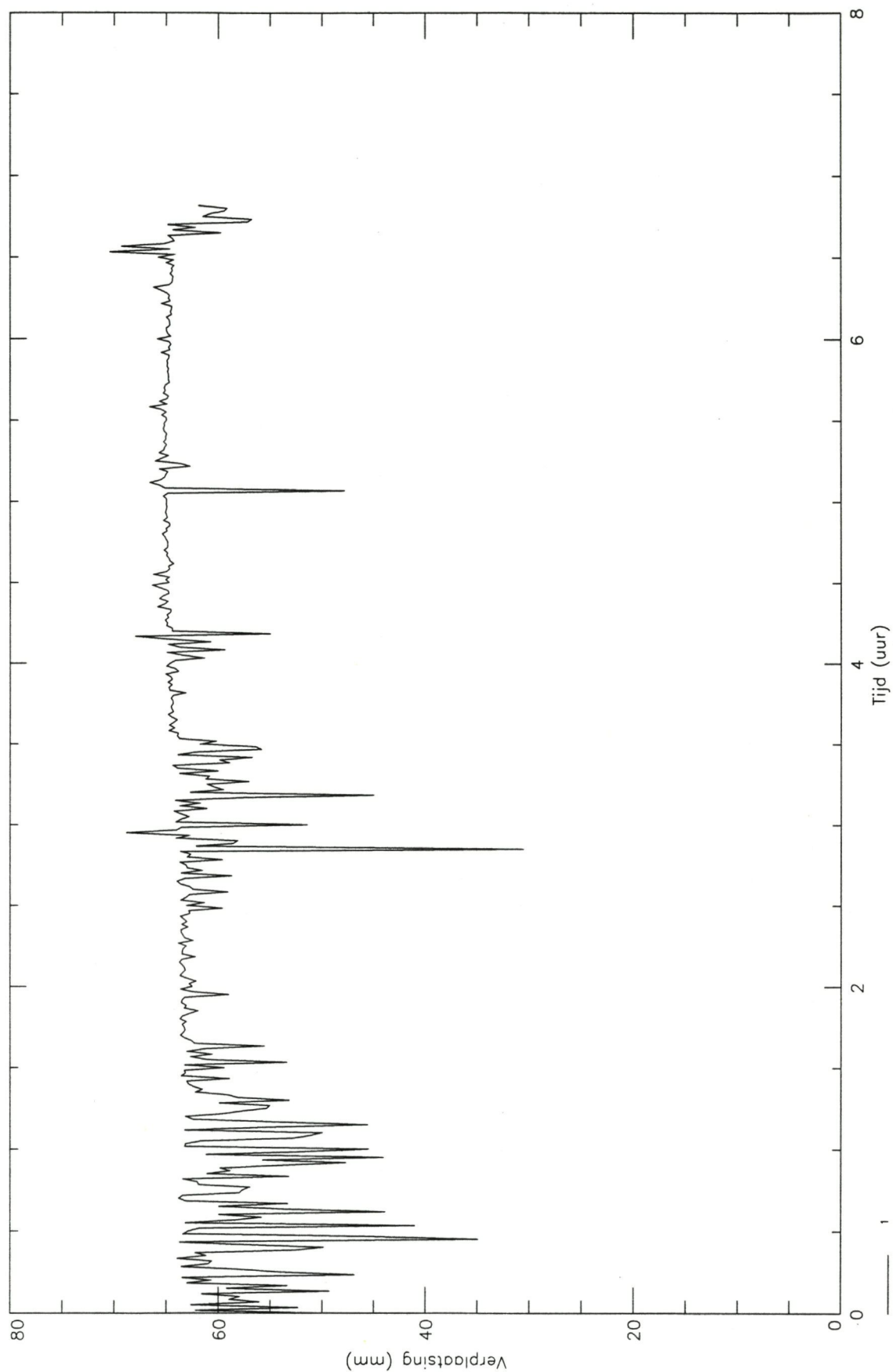
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 37

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLZ

CO-350560

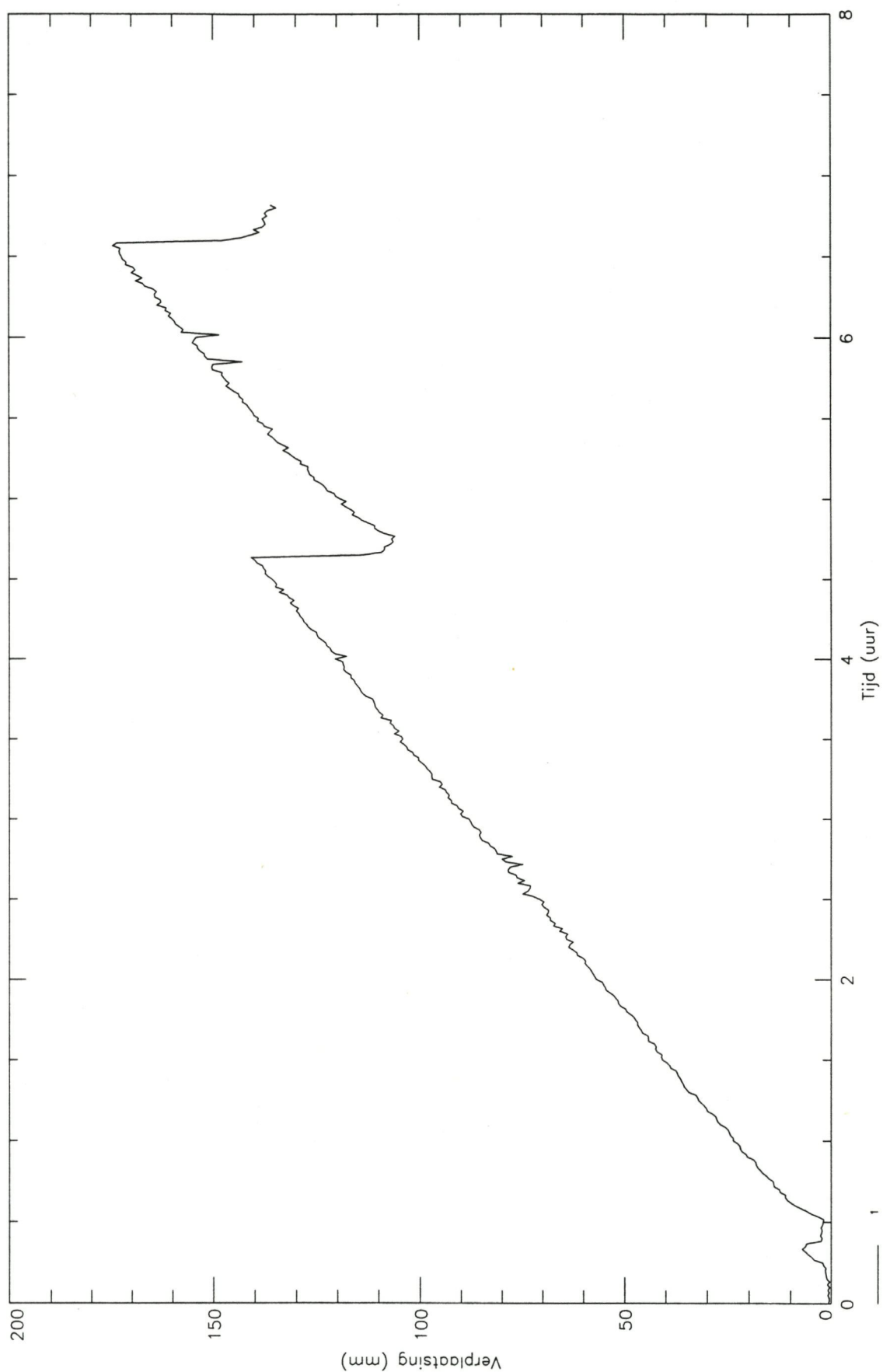
gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 38

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer HN1

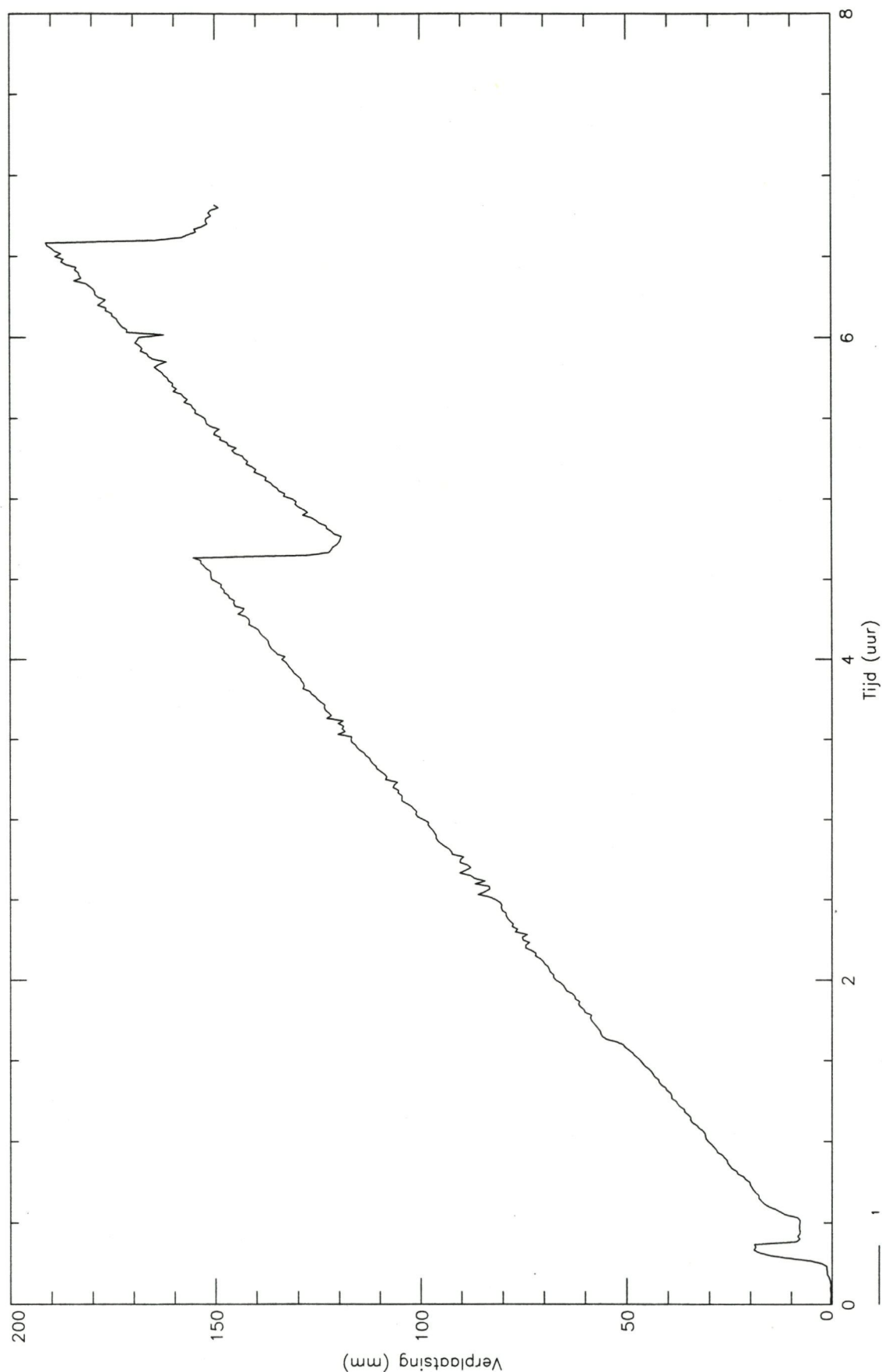
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram vijzelslag

BIJL. 39

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer HZ1

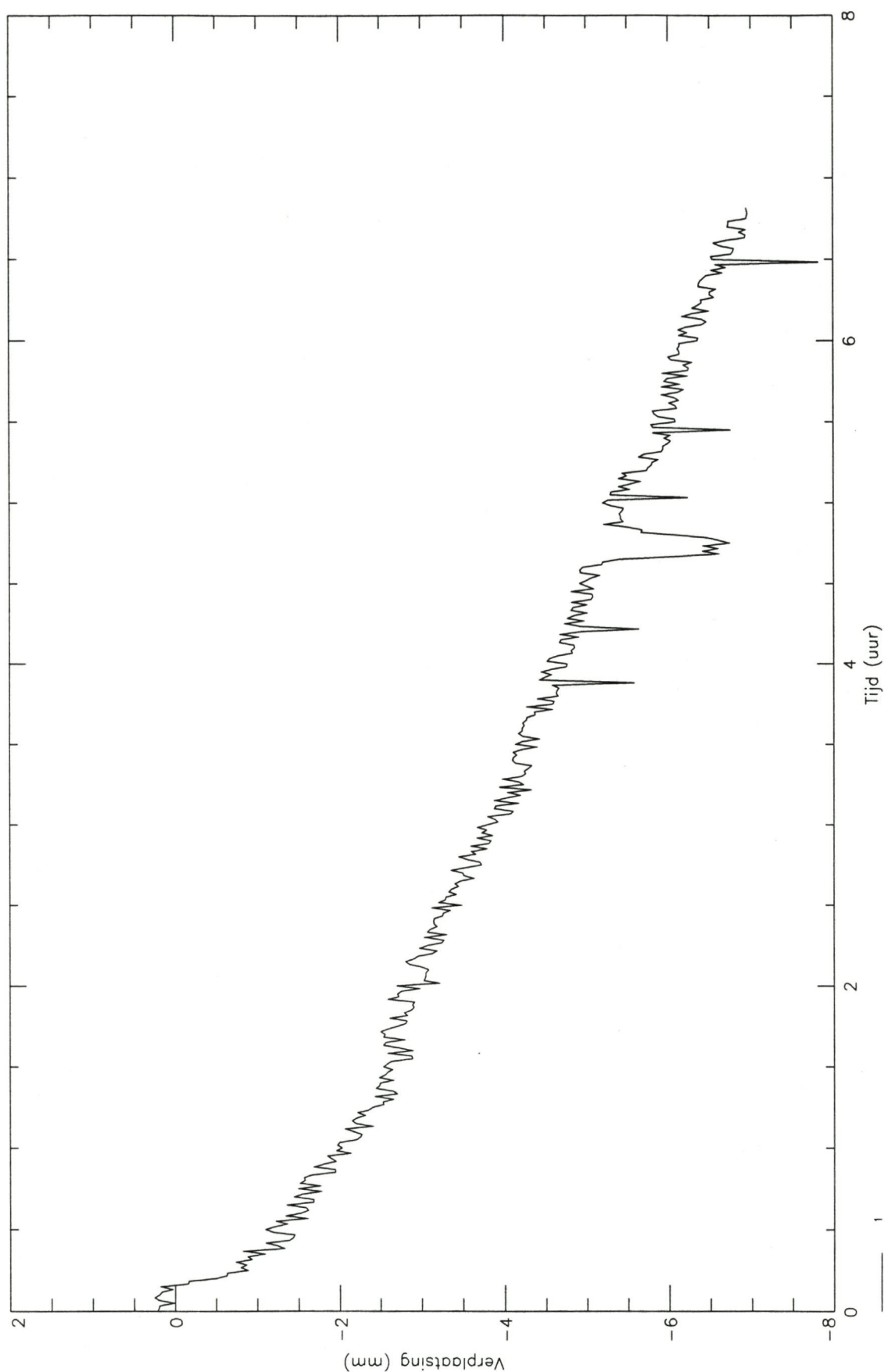
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram vijzelslag

BIJL. 40

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

gez.

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Verplaatsingsopnemer VN

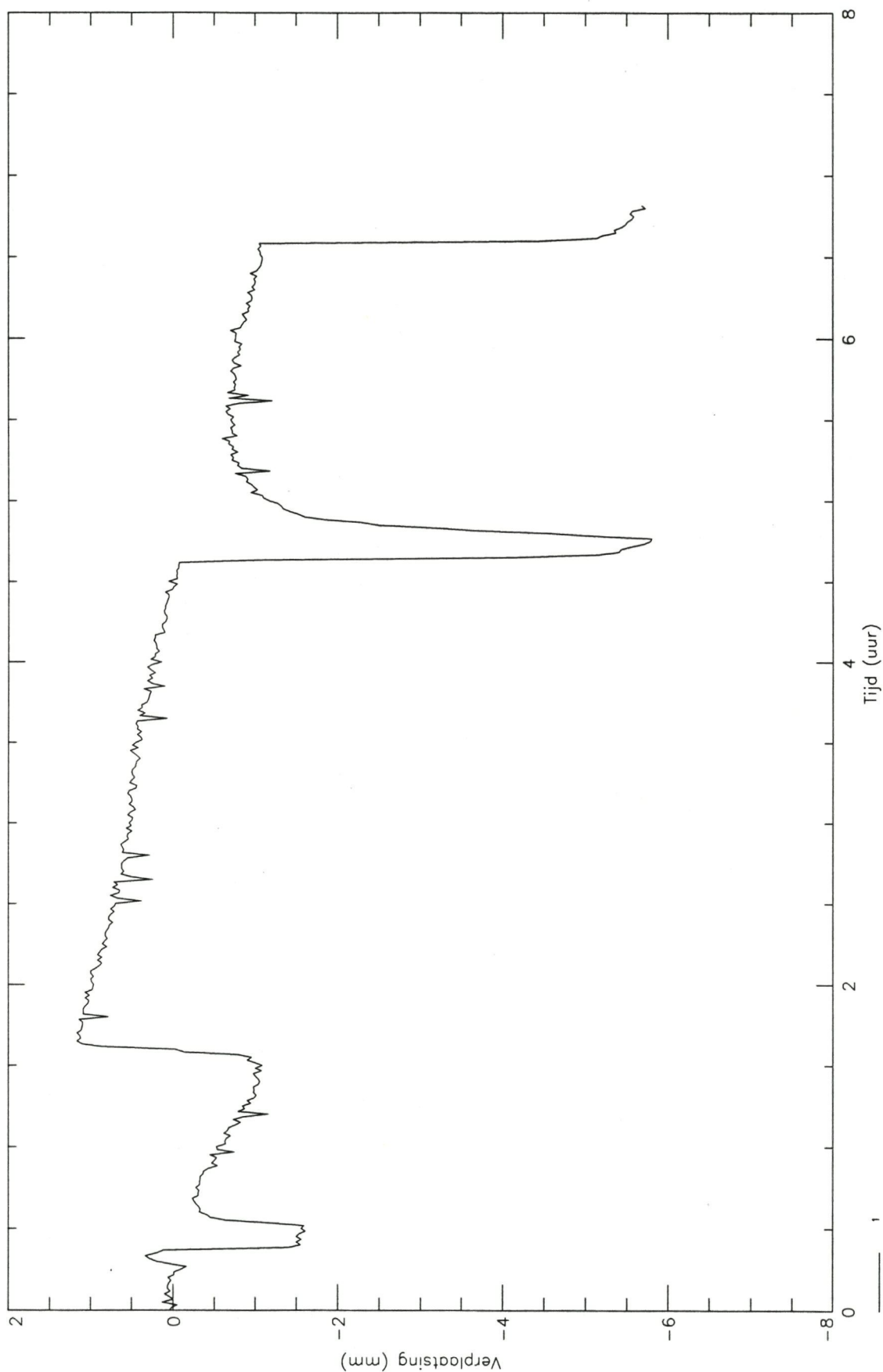
CO-350560

Tijd-verpl. diagram verticale verplaatsing stempel

BIJL. 41

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer VZ

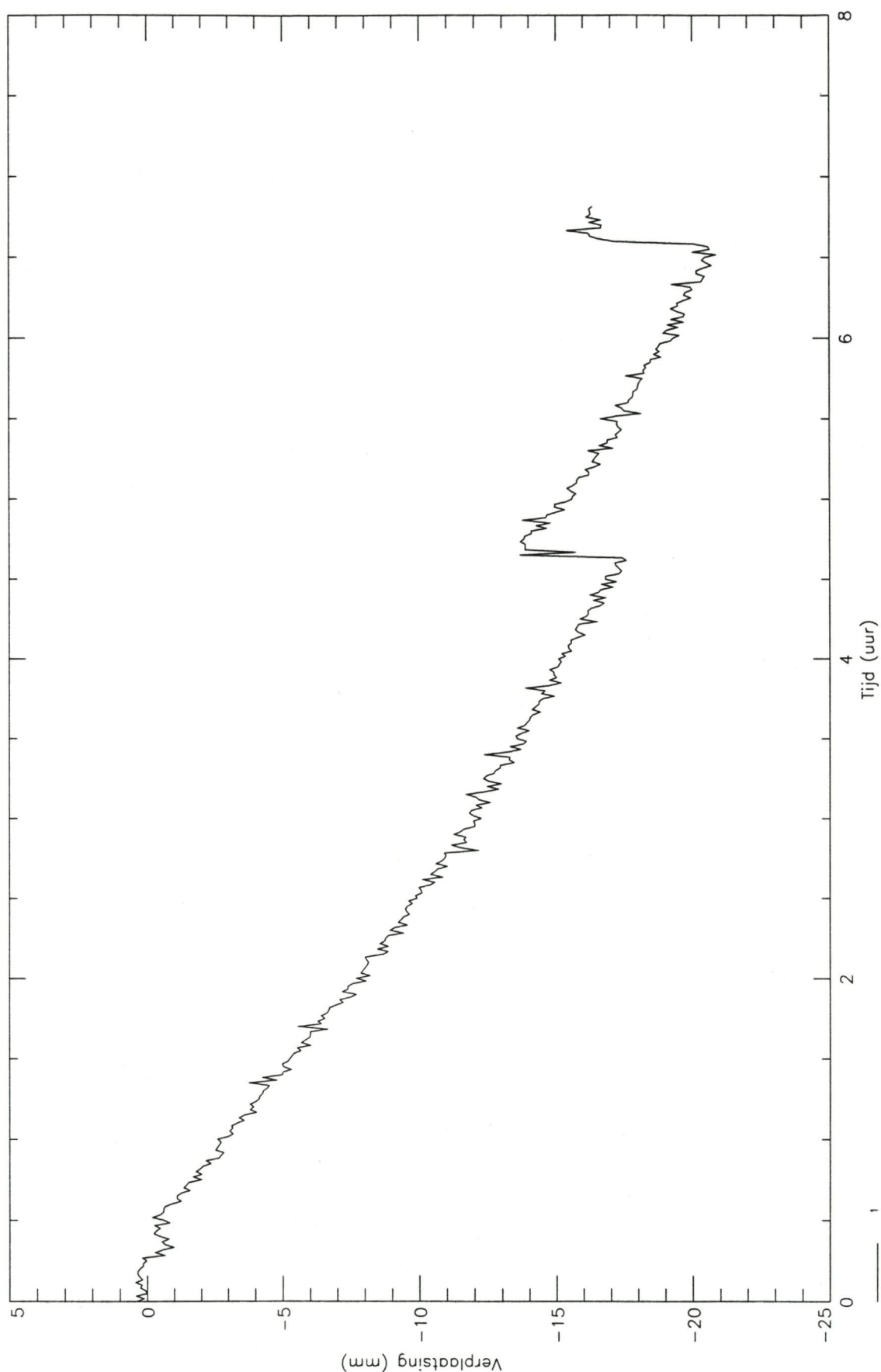
CO-350560

gez.

Tijd-verpl. diagram verticale verplaatsing stempel

BIJL. 42

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer VNB

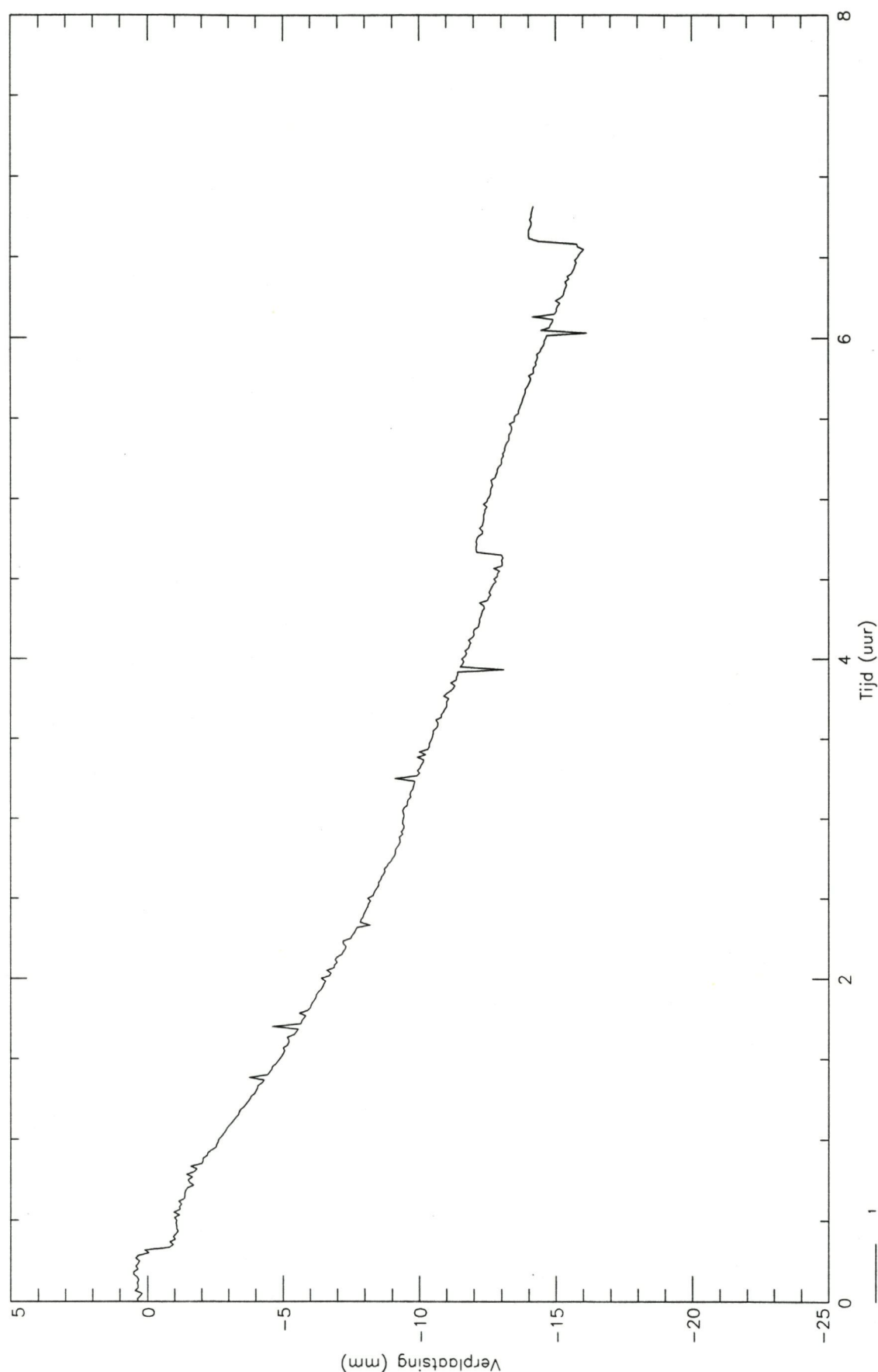
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 43

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINPROEF IN KLEI
Verplaatsingsopnemer VZB

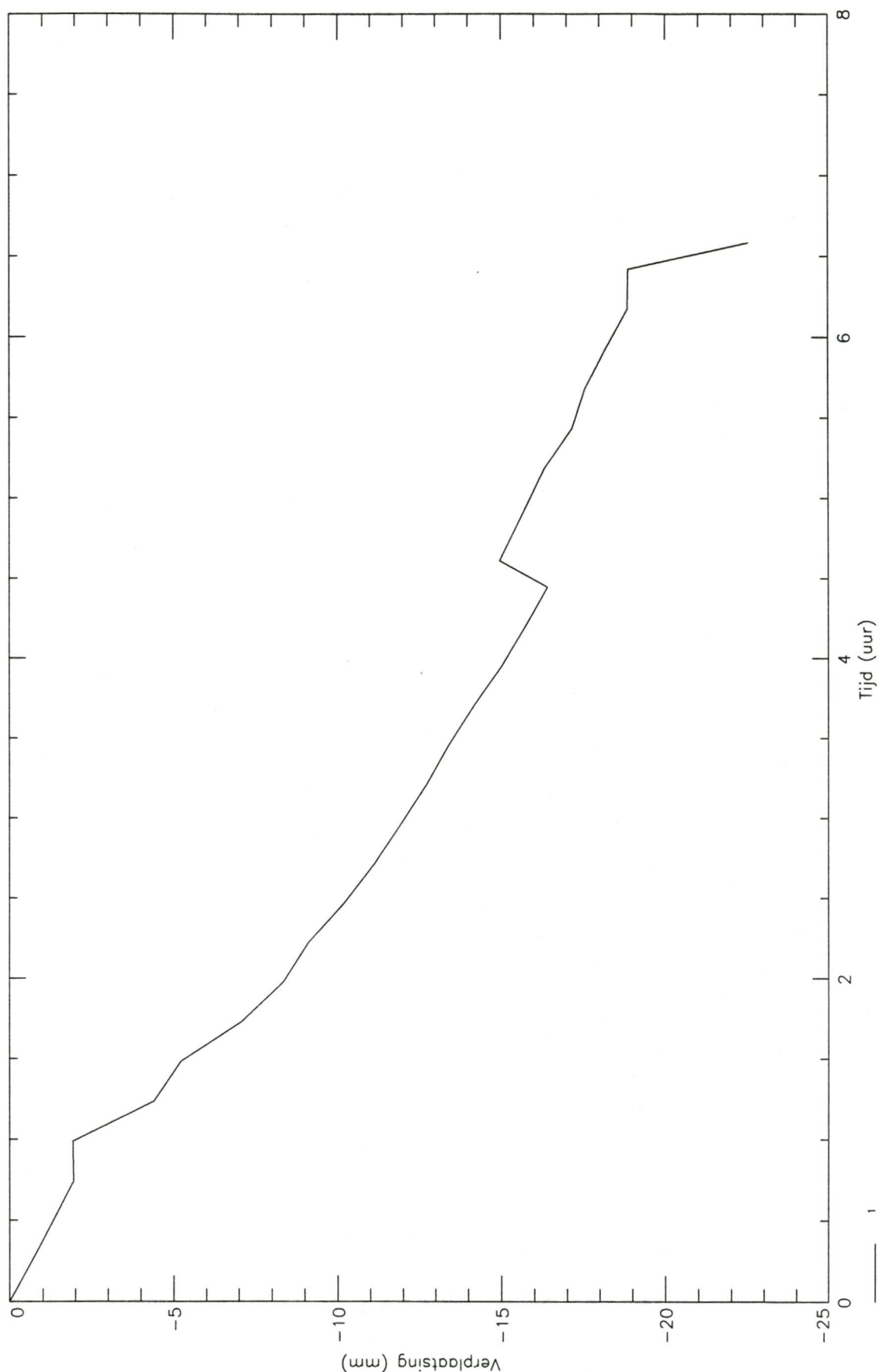
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 44

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Klei
Waterpassing VZBN

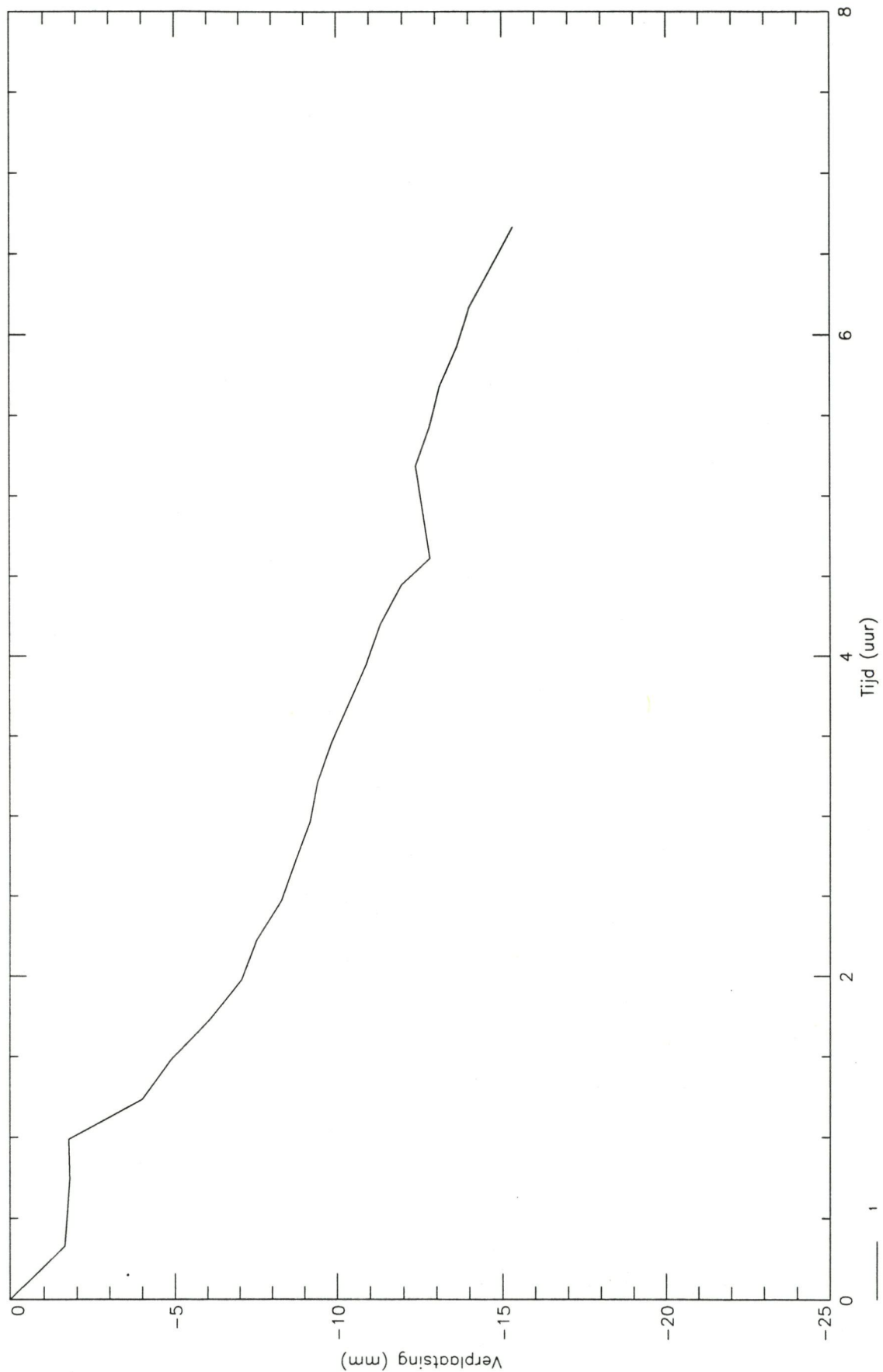
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 45

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Waterpassing VZBZ

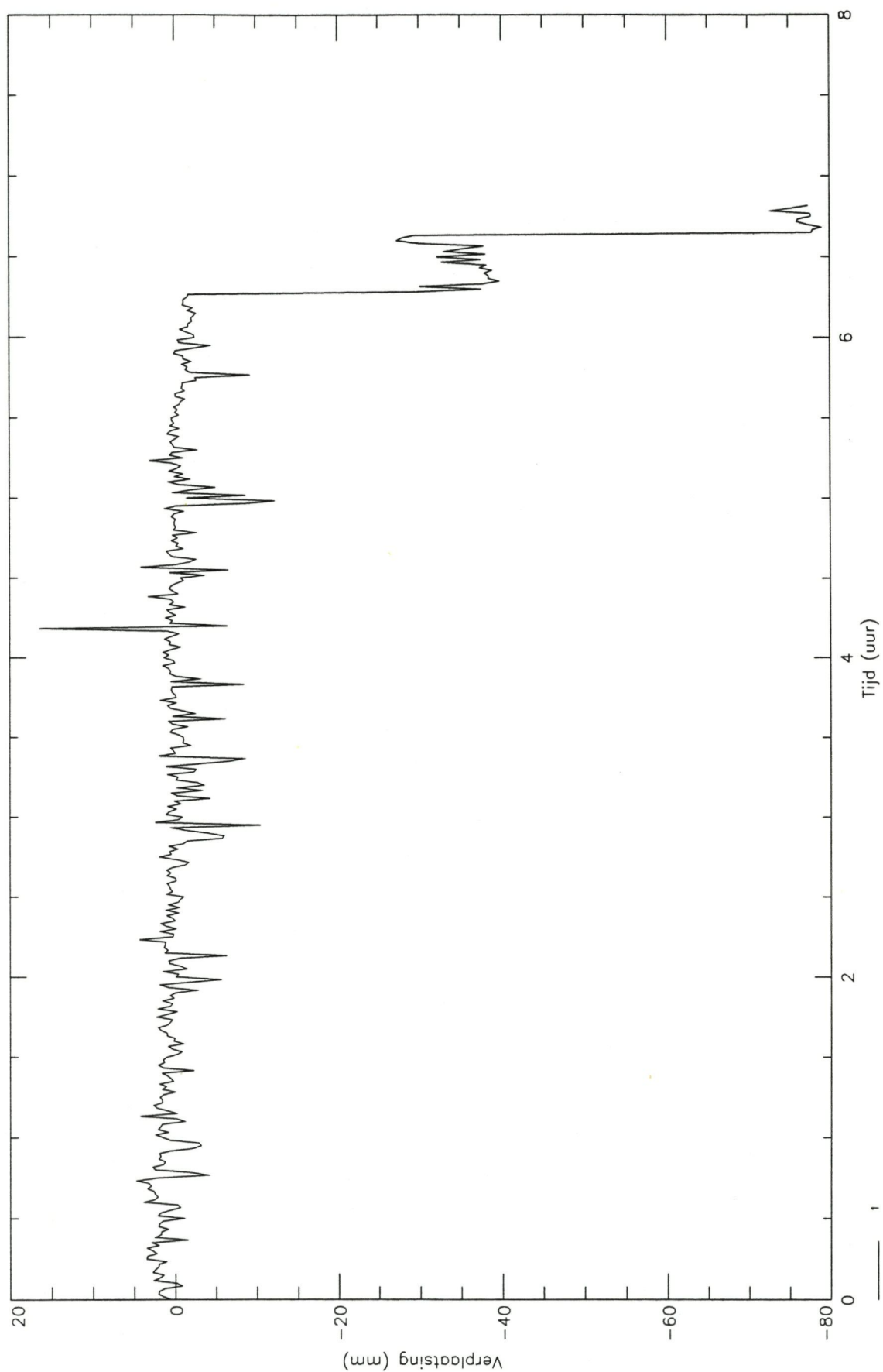
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 46

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLDN

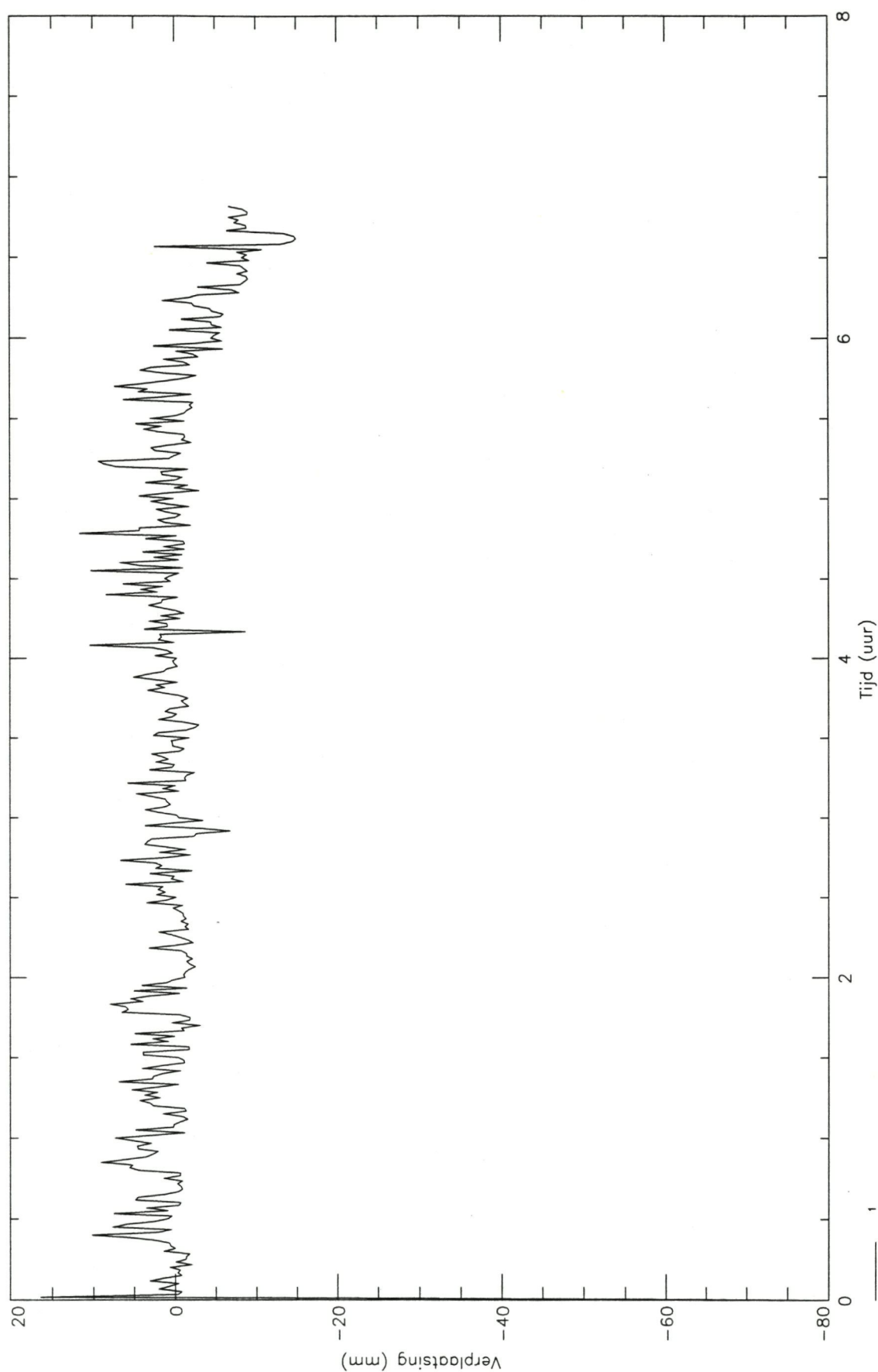
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 47

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Laserdetector HLDZ

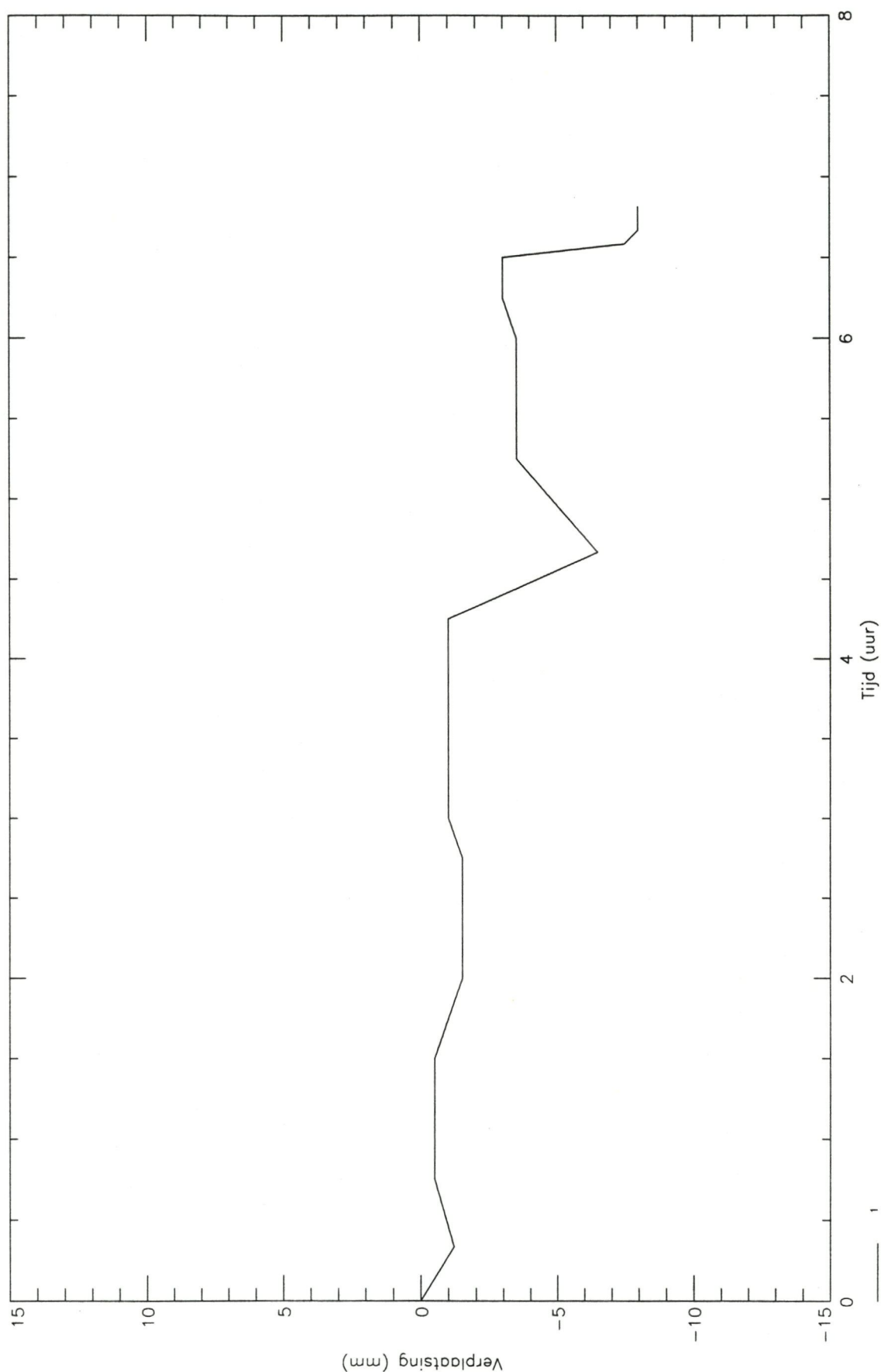
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 48

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Verplaatsing HN

Theodoliet meting damwand

datum
94-10-06

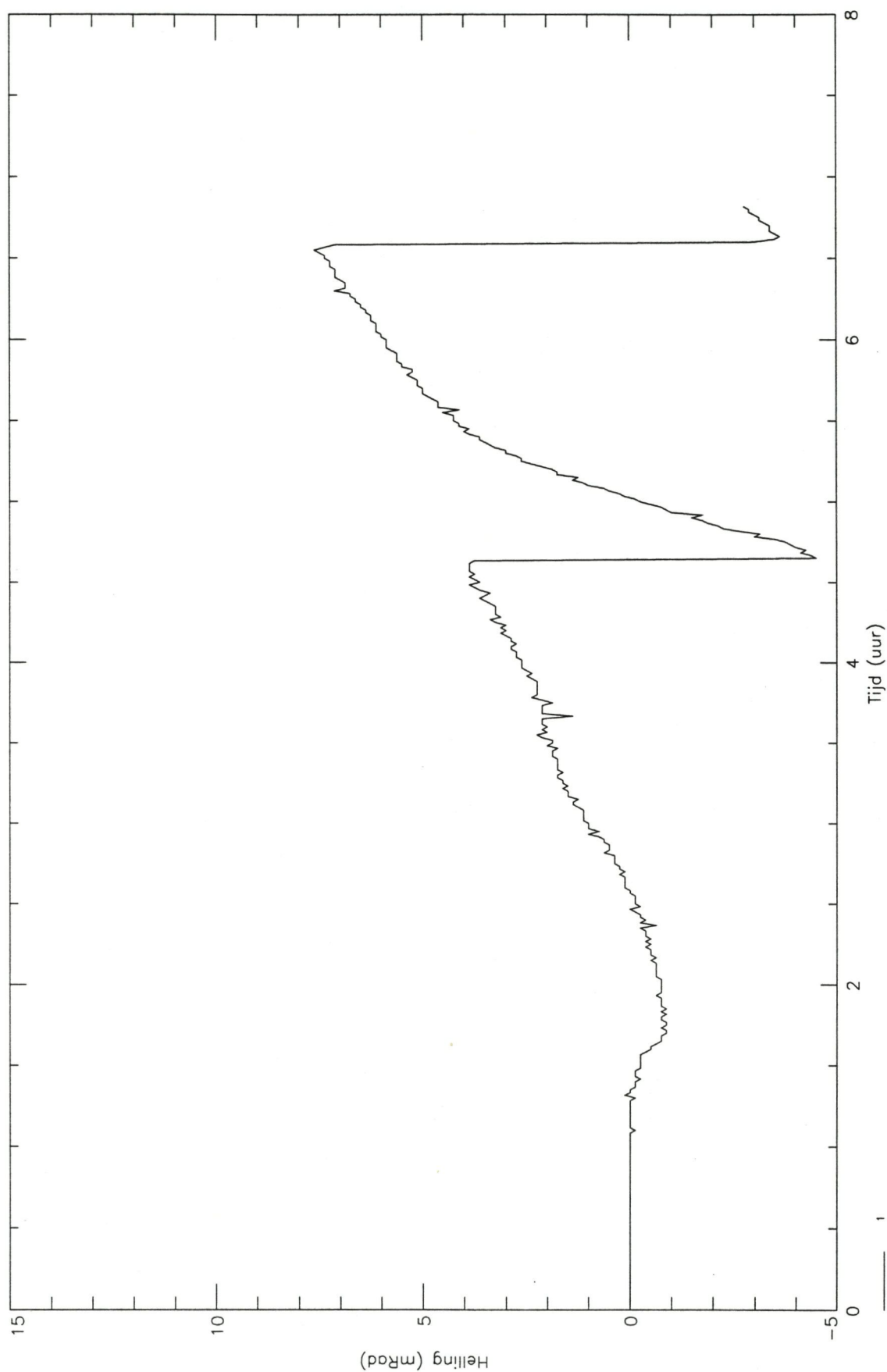
CO-350560

BIJL. 49

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Helling ZBN Oost-west richting

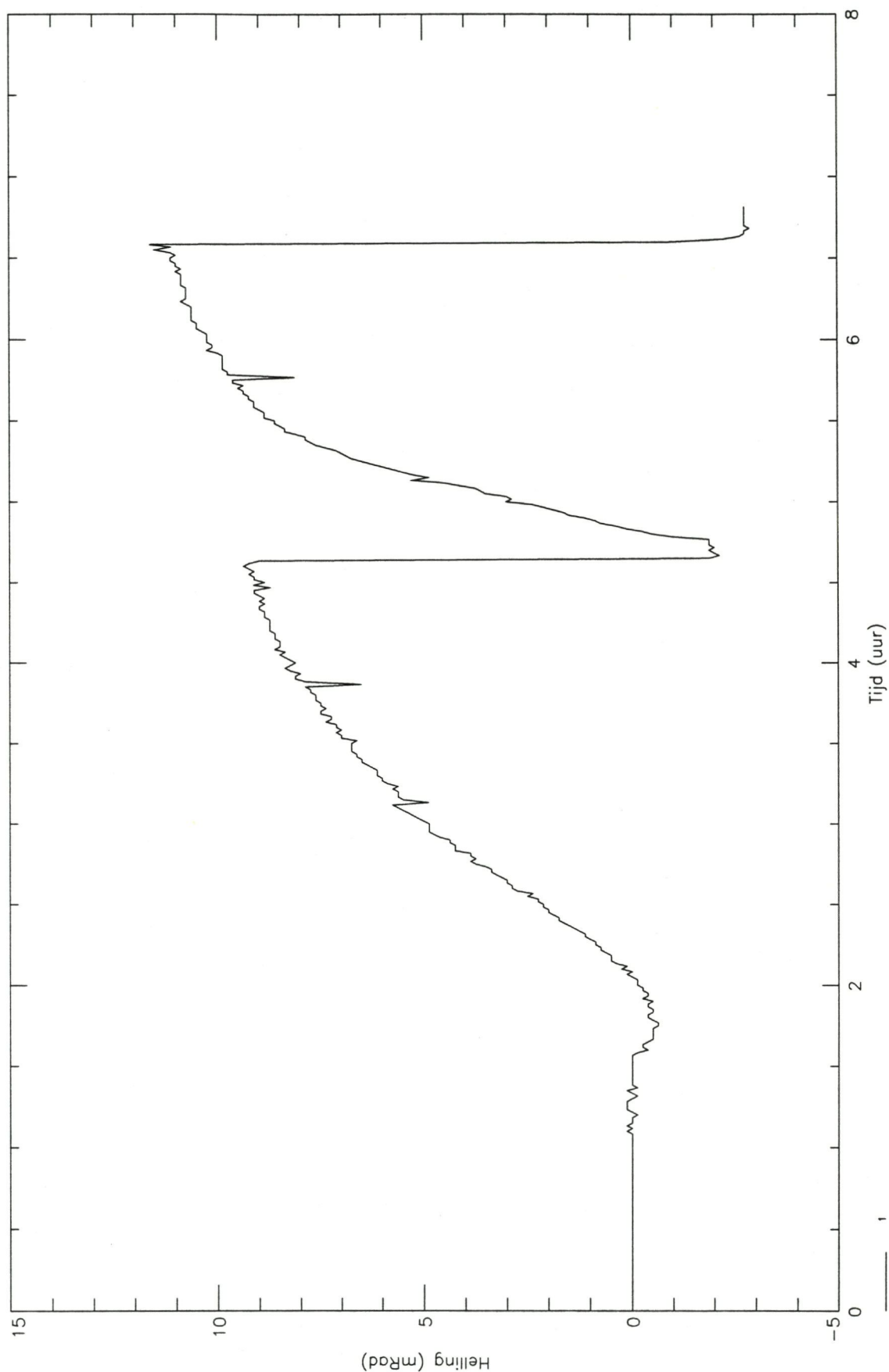
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbaken

BIJL. 50

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Helling ZBZ Oost-west richting

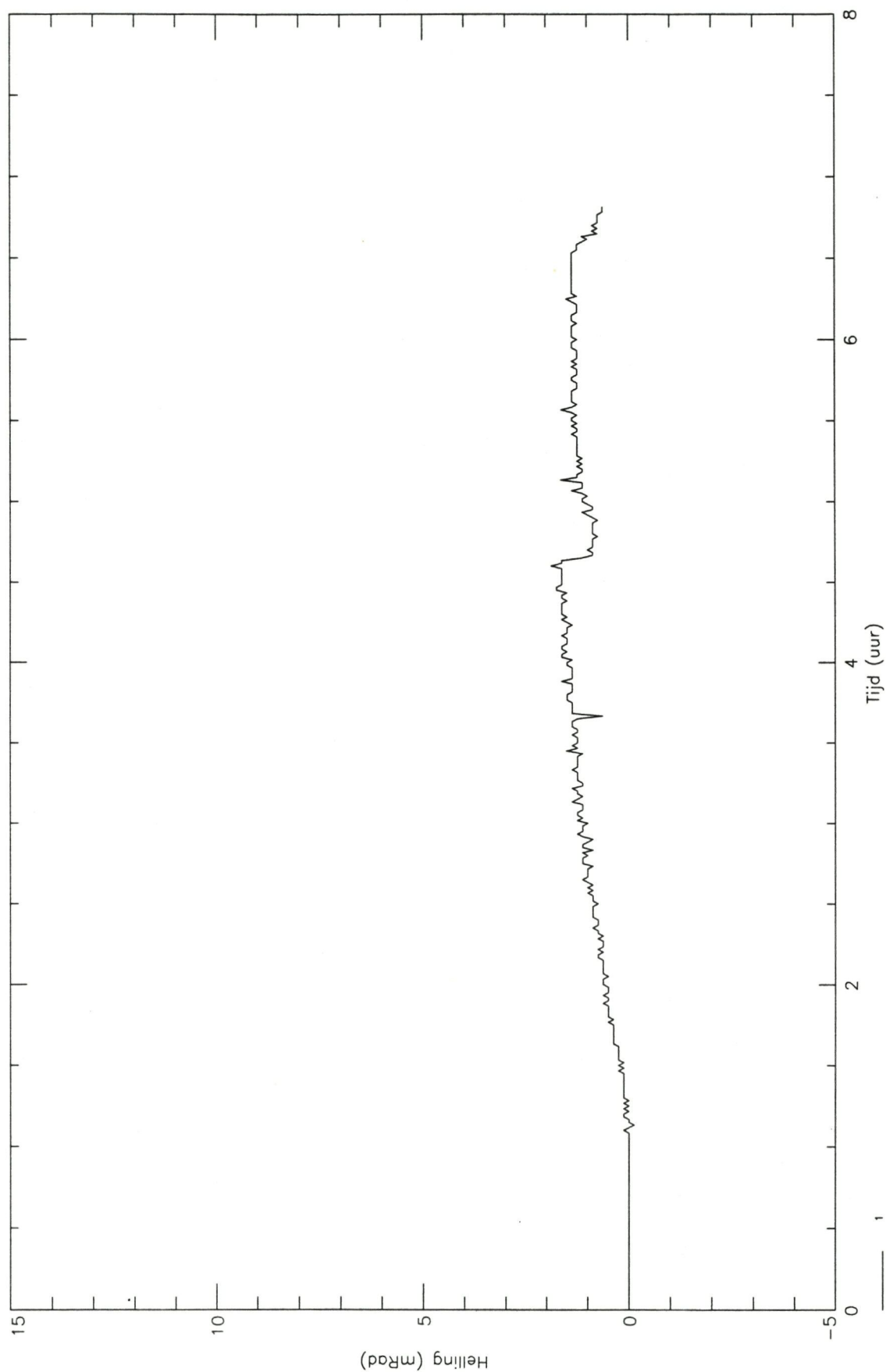
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbaken

BIJL. 51

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Helling ZBN Noord-zuid richting

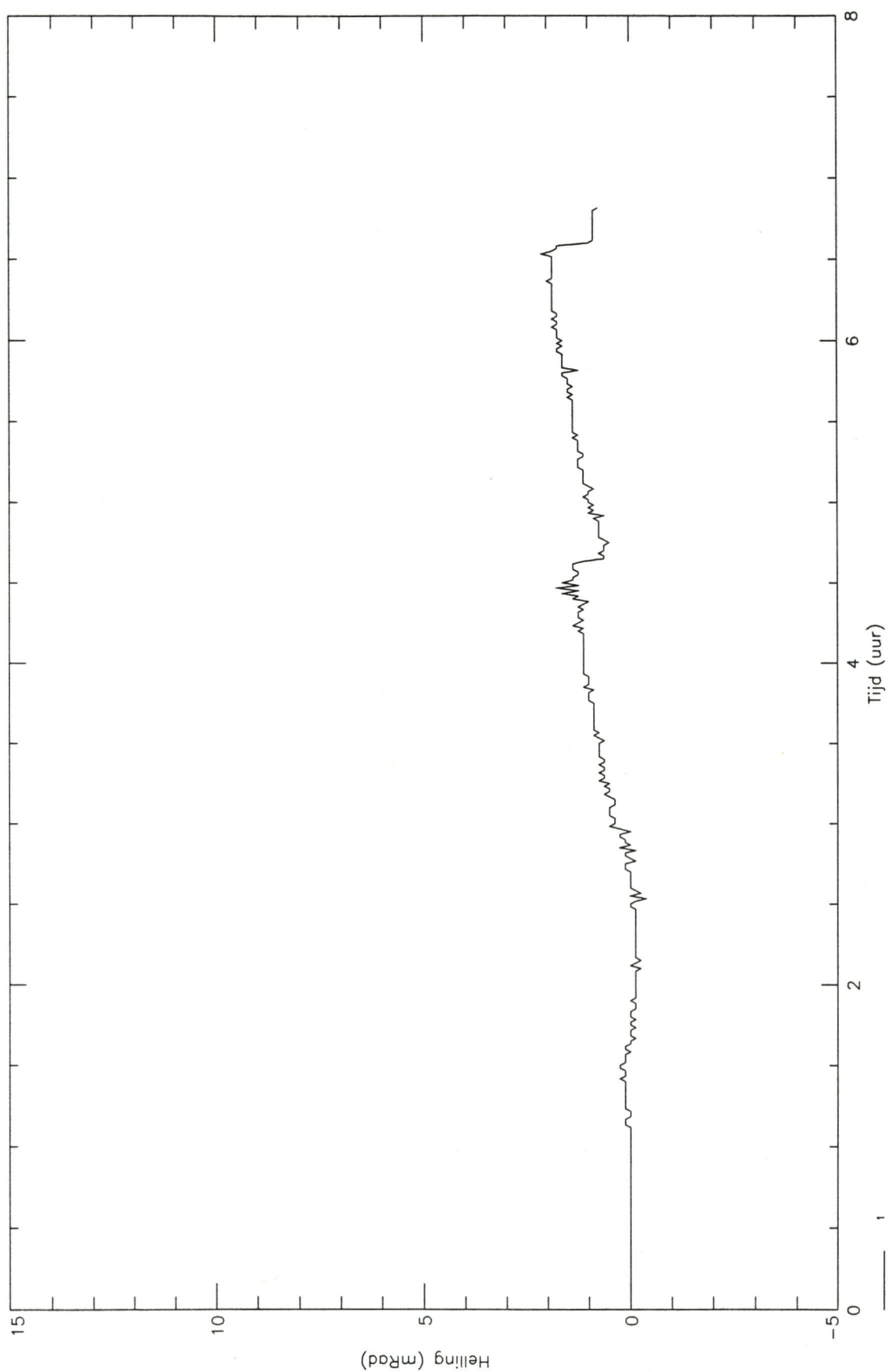
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakkaken

BIJL. 52

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Helling ZBZ Noord-zuid richting

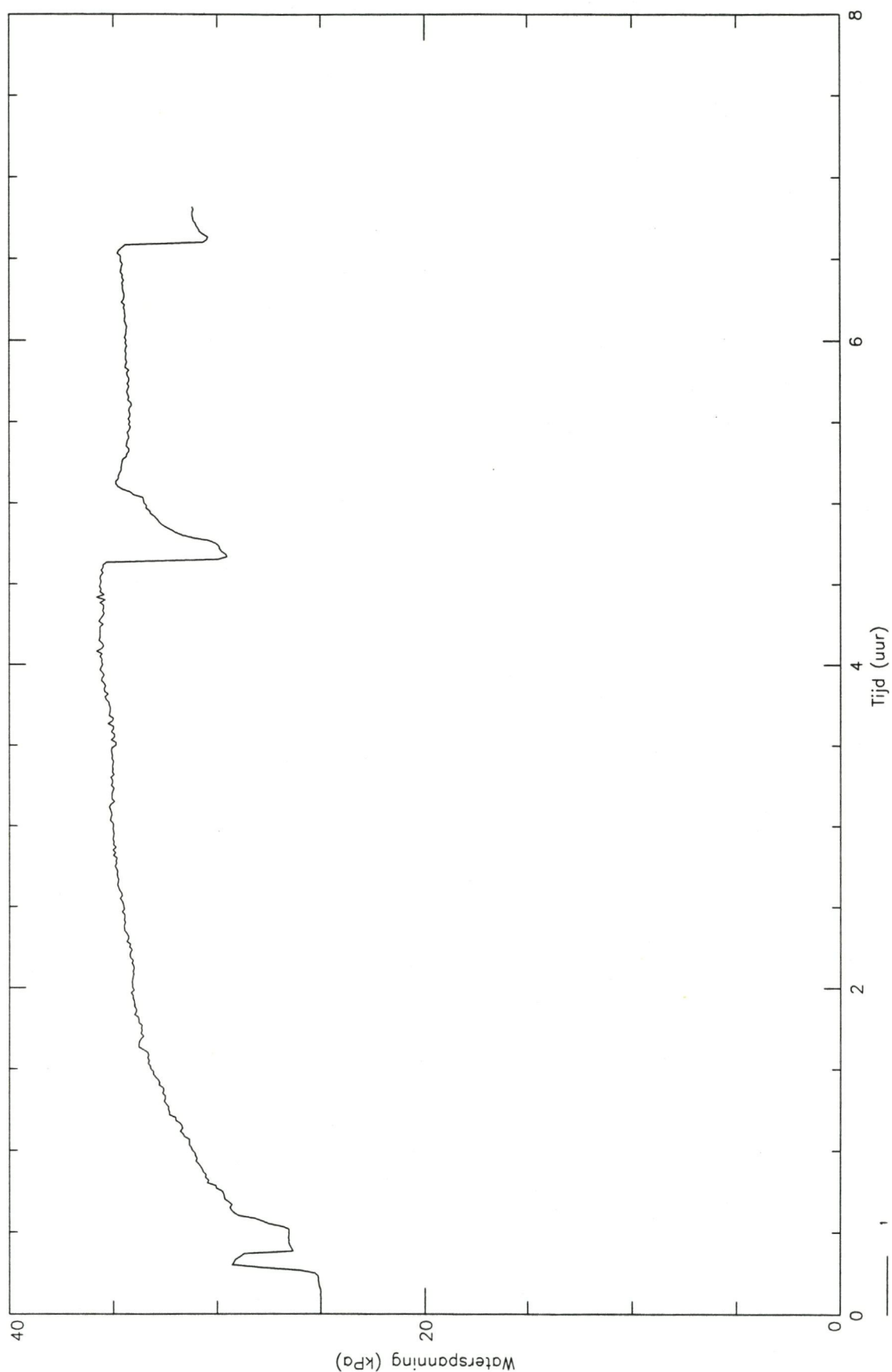
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbaken

BIJL. 53

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Waterspanningsmeter PR1

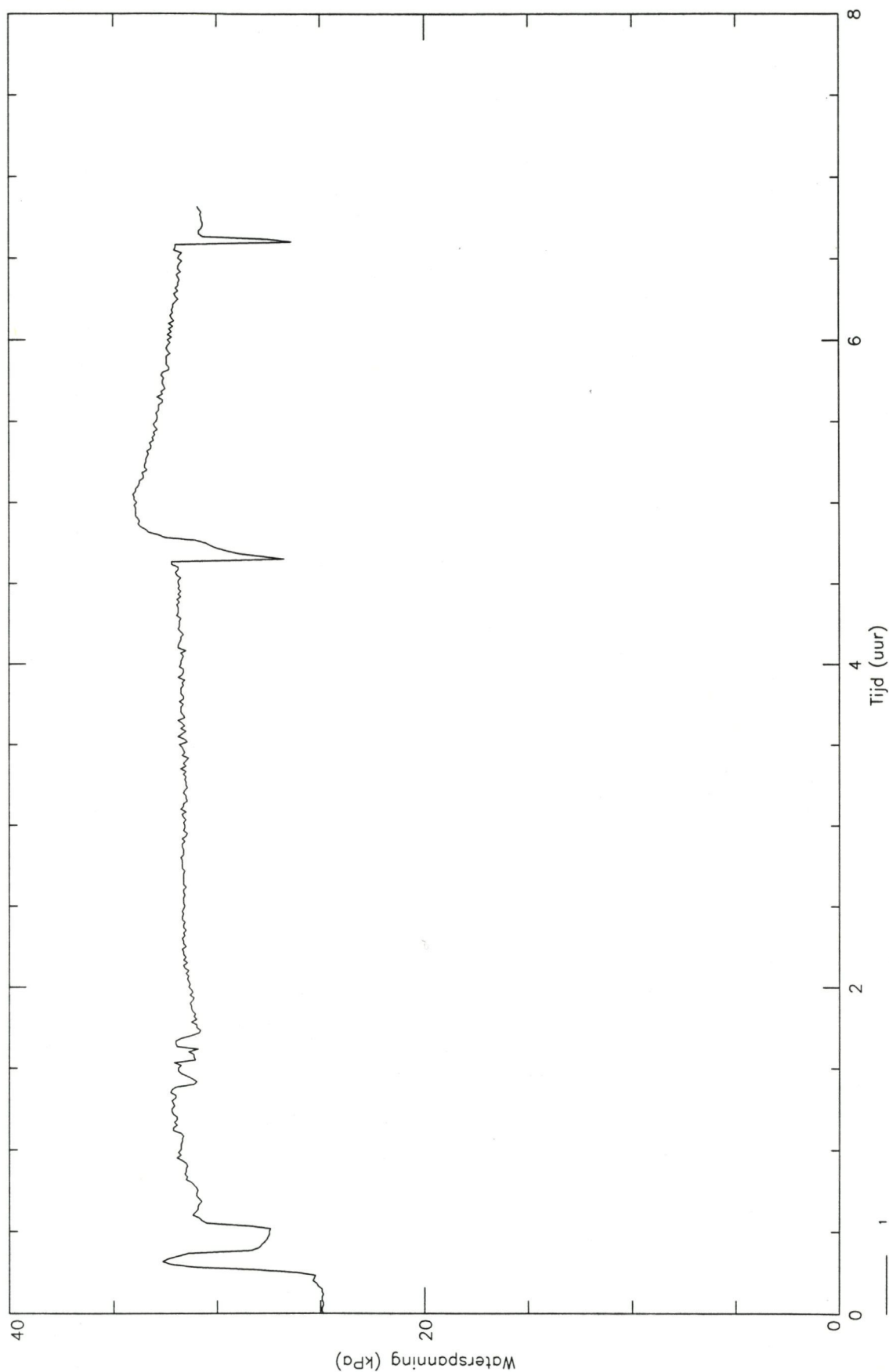
CO-350560

gez.

Verloop waterspanning achter de proefbuis

BIJL. 54

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Waterspanningsmeter PR2

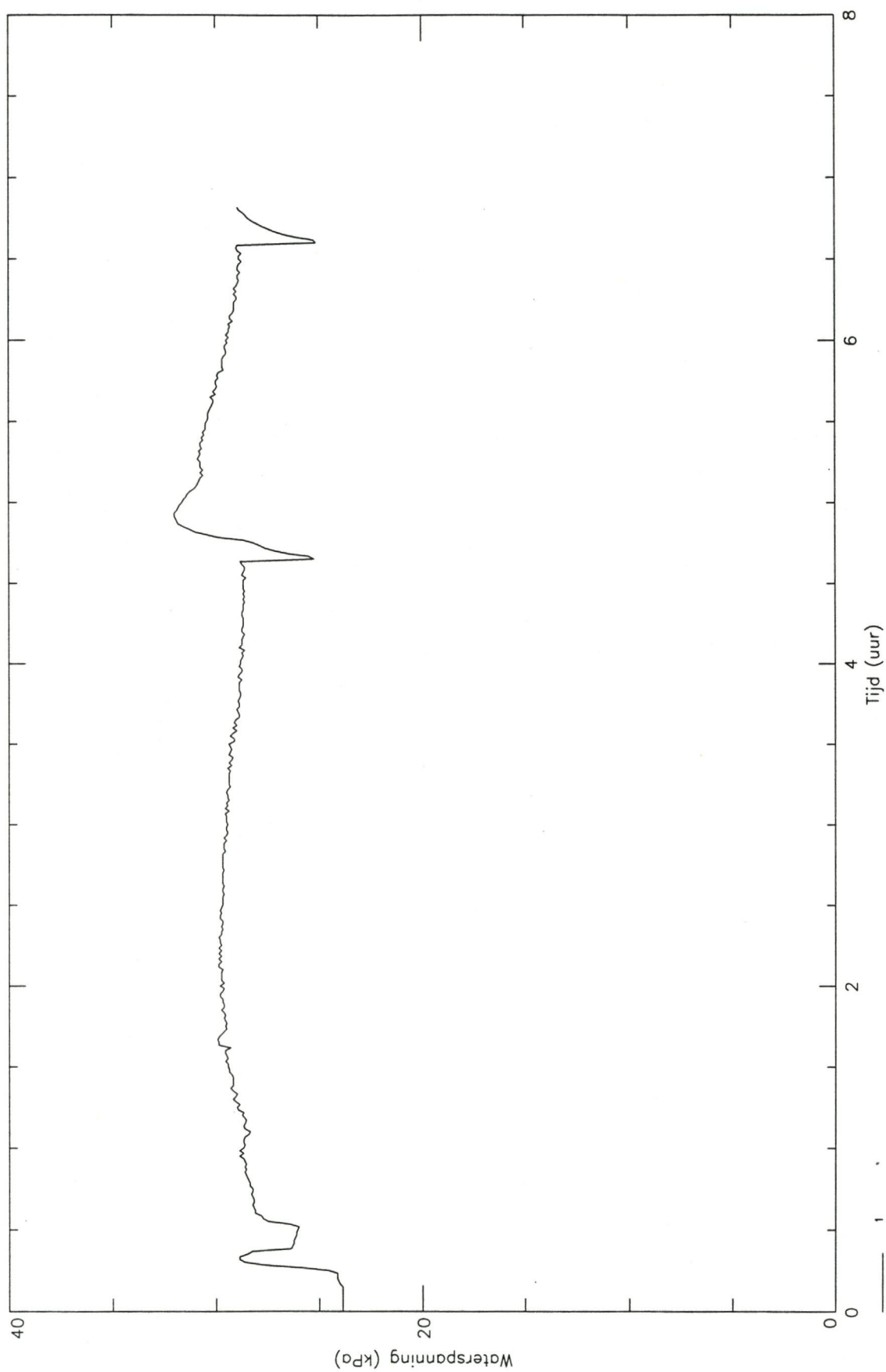
CO-350560

gez.

Verloop waterspanning achter de proefbuis

BIJL. 55

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Klei
Waterspanningsmeter PR3

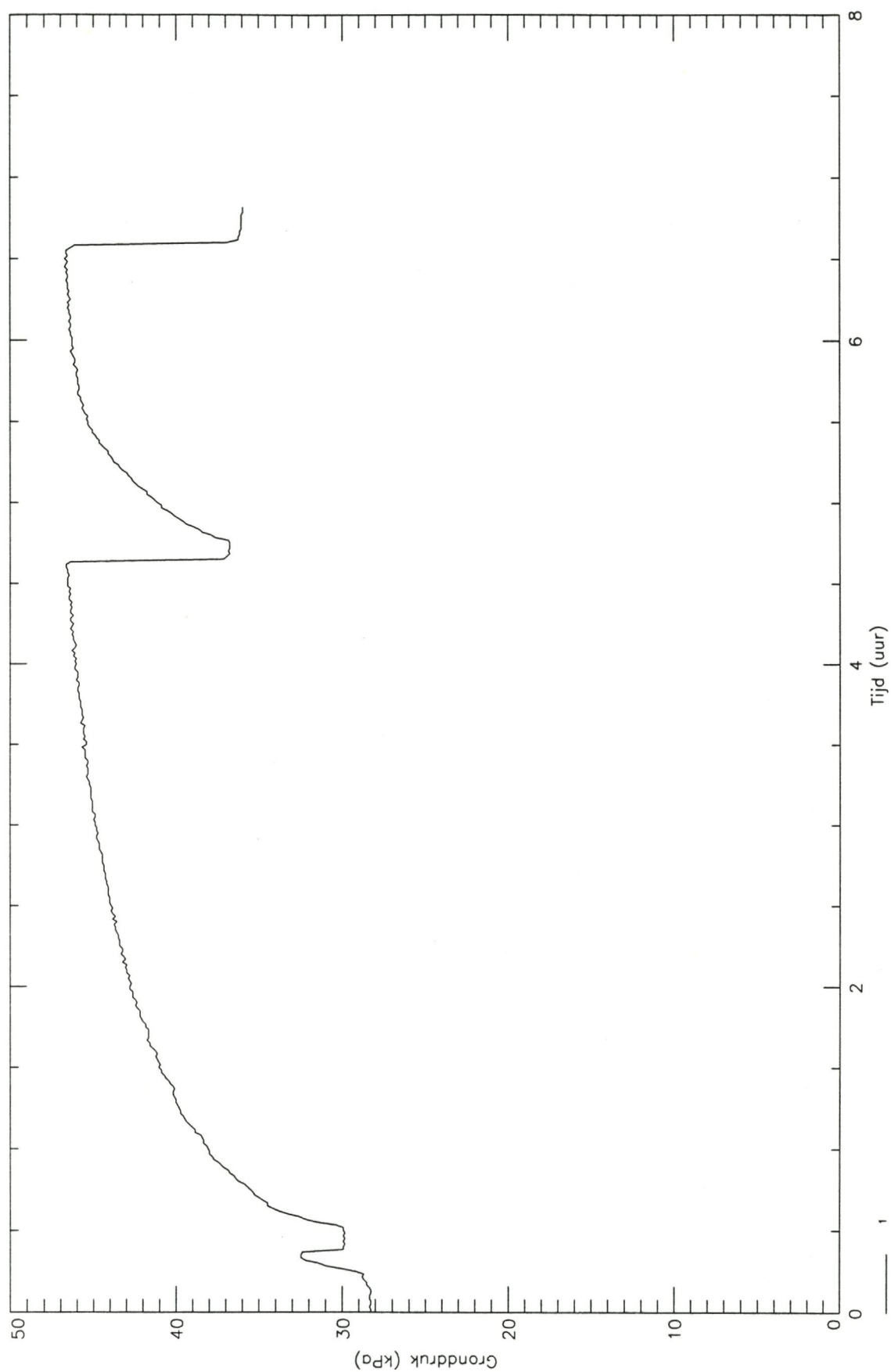
CO-350560

gez.

Verloop waterspanning achter de proefbuis

BIJL. 56

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer N1

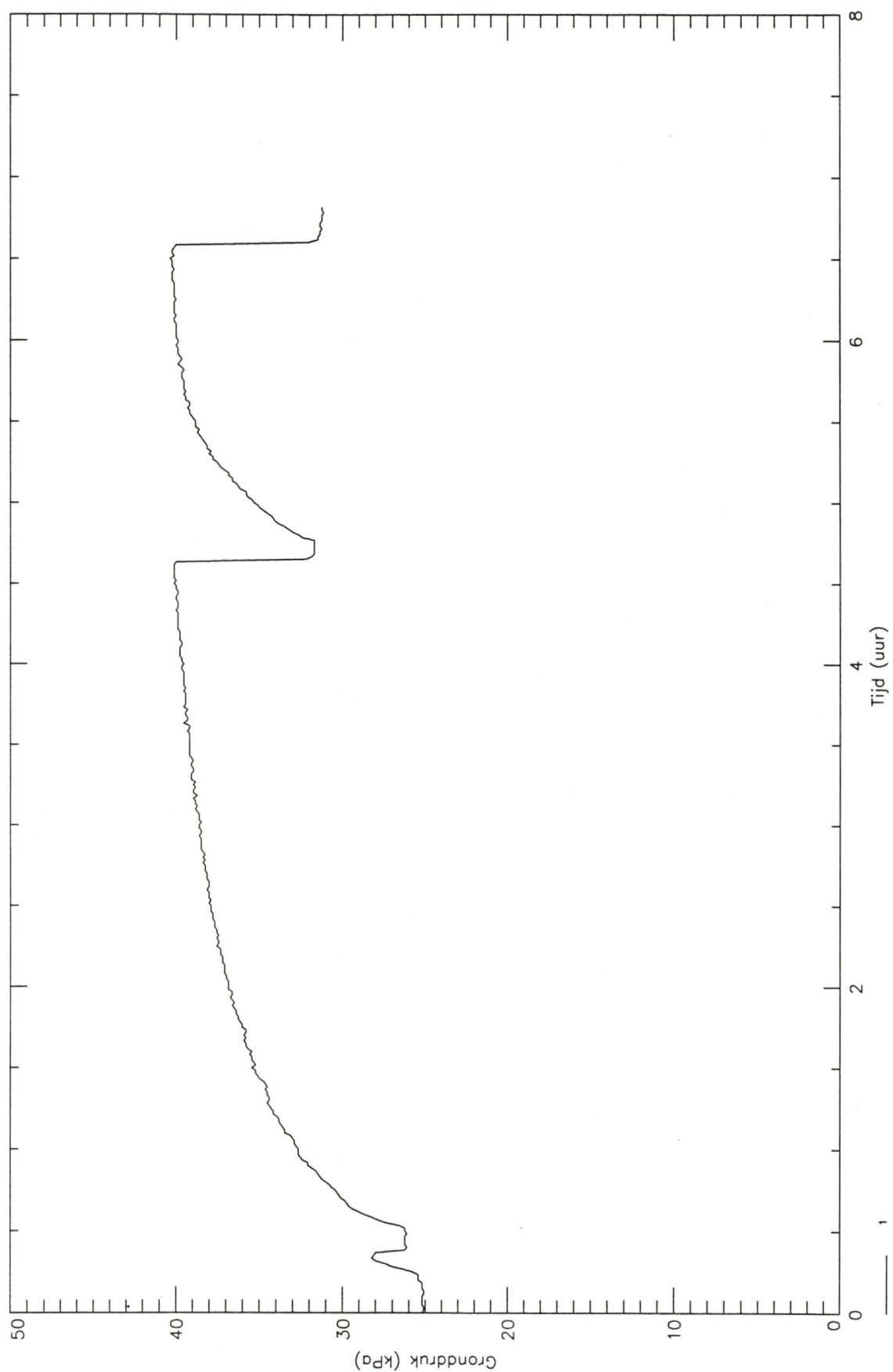
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 57

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer N2

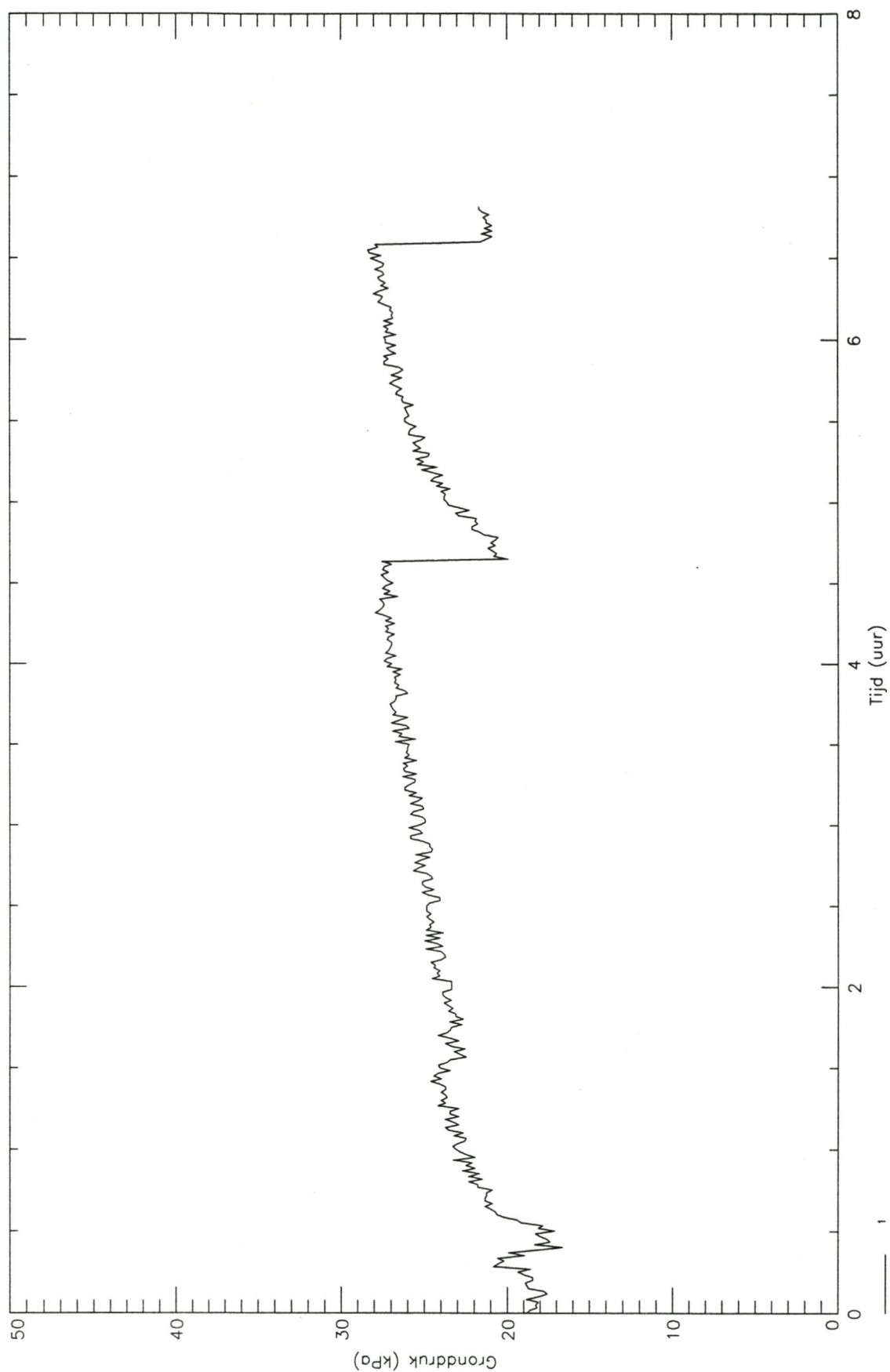
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 58

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI

Gronddrukopnemer N3

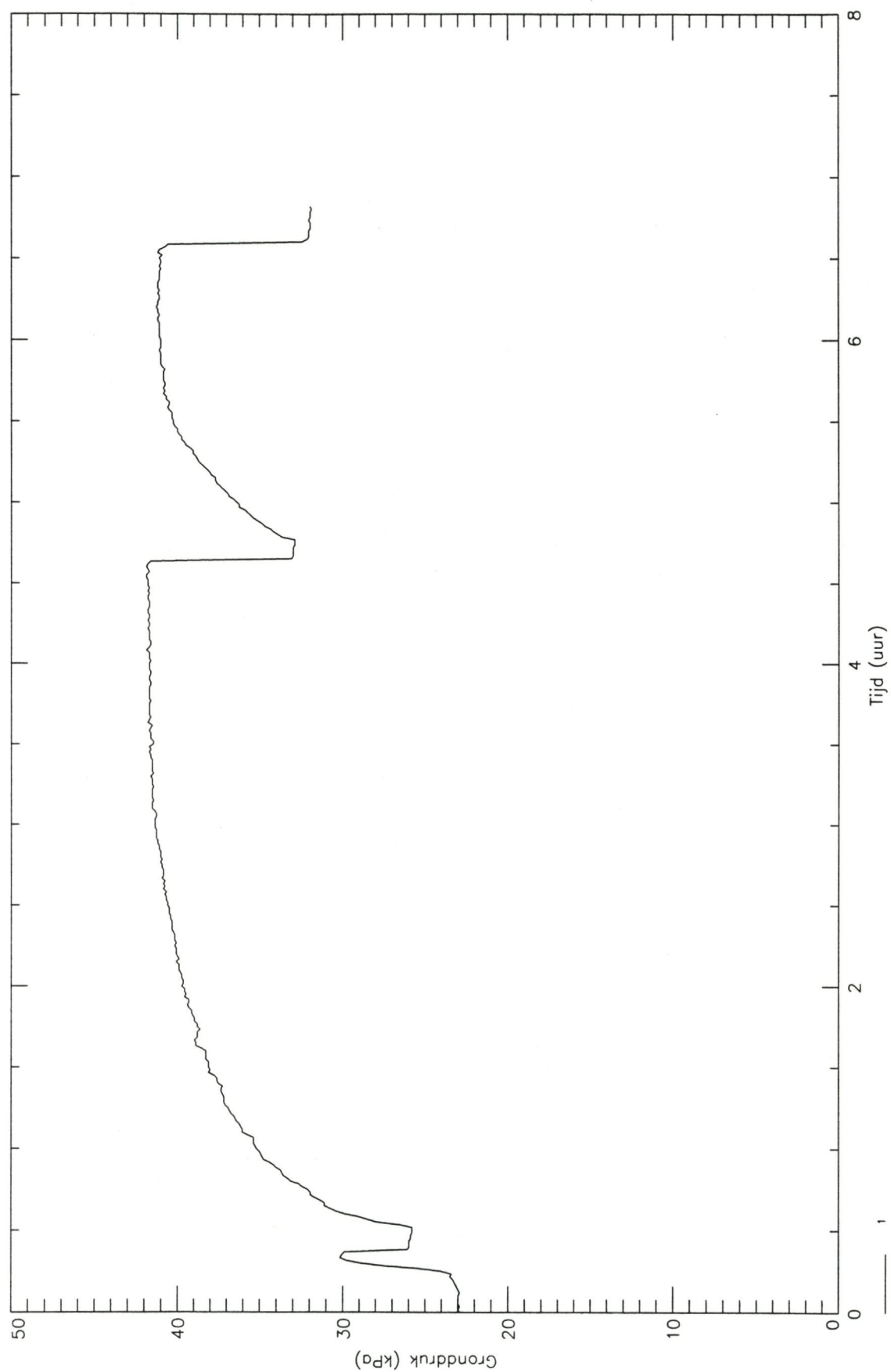
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 59

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-06

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer M1

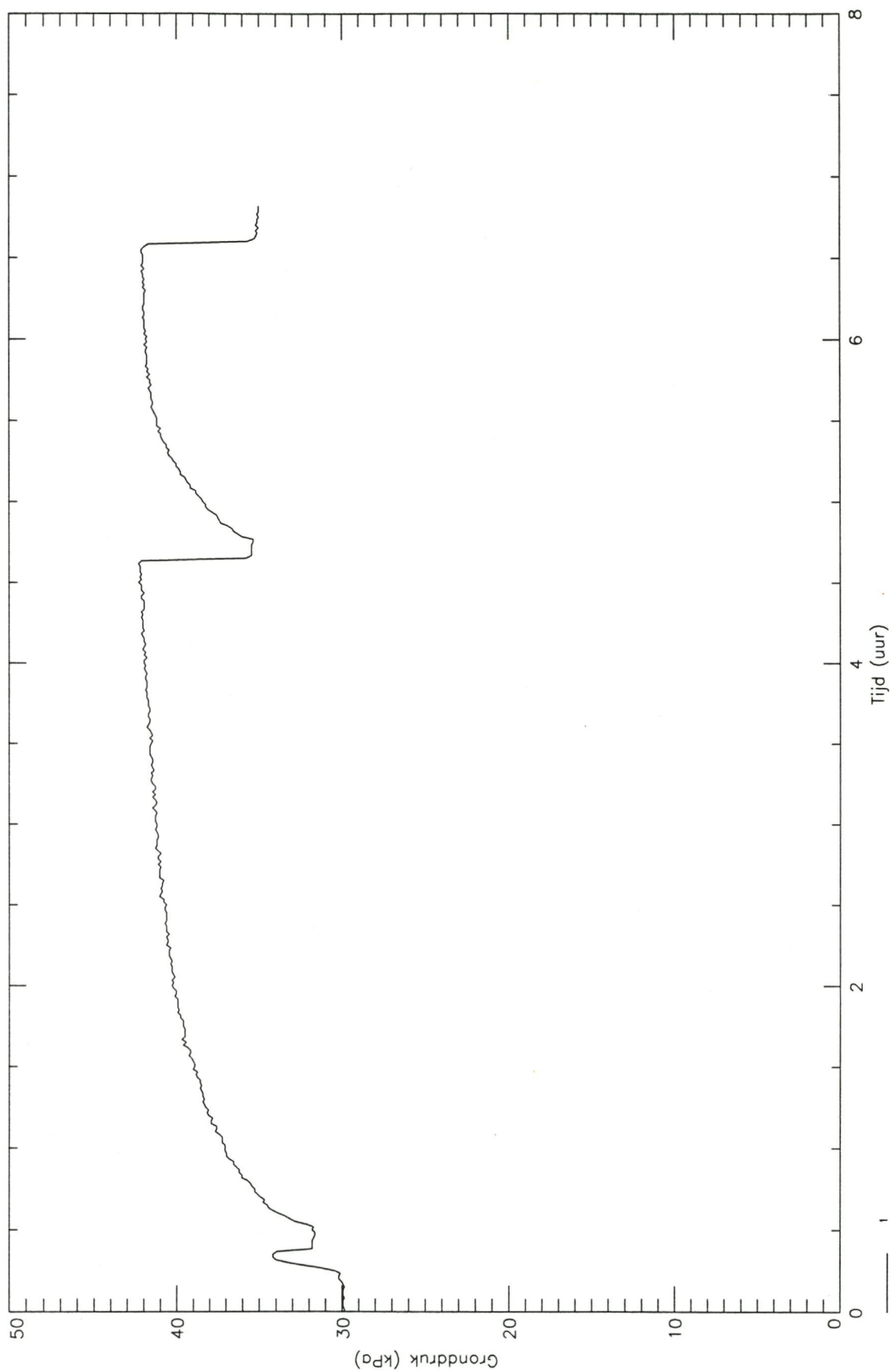
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 60

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer M2

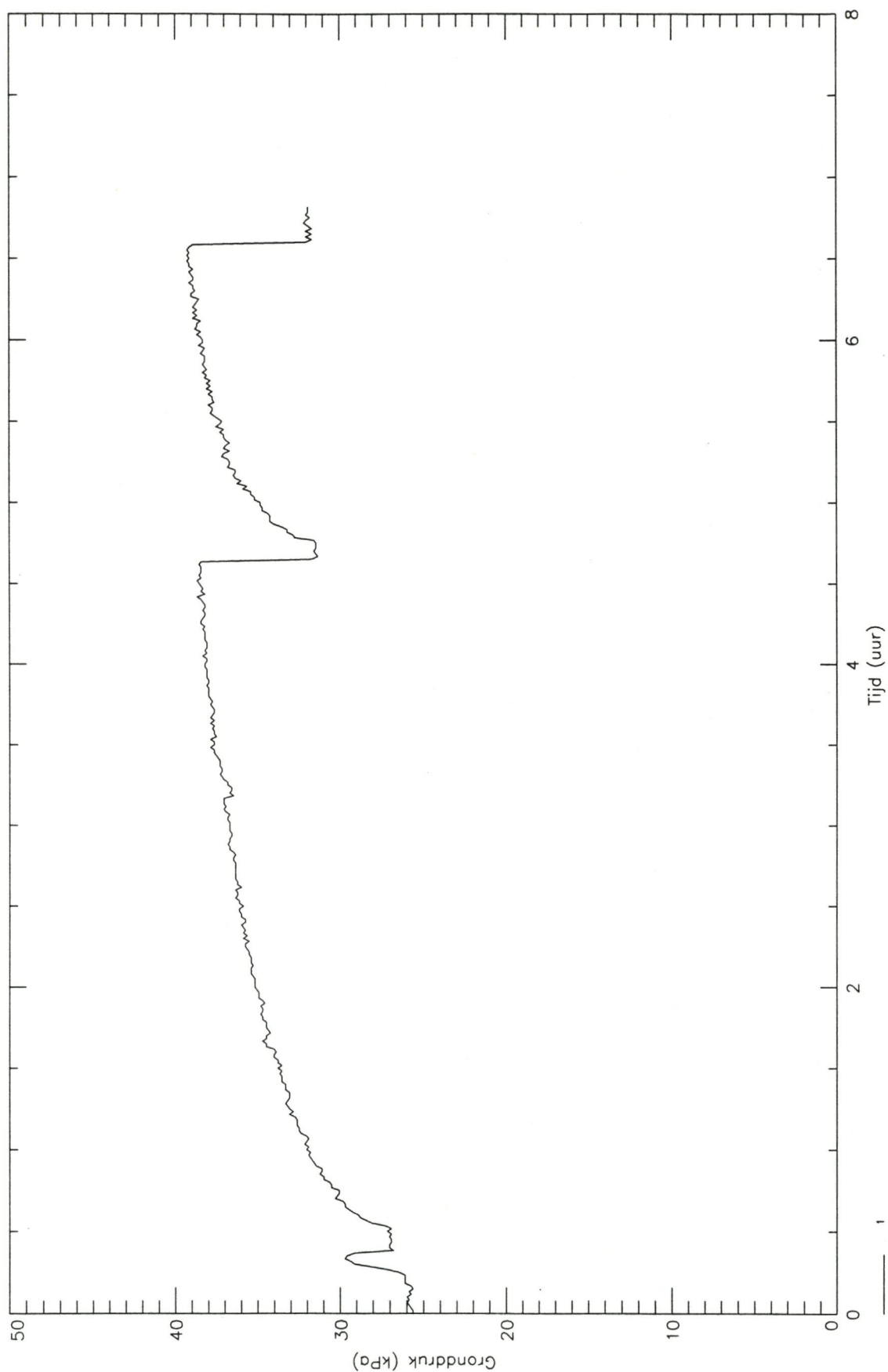
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 61

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer M3

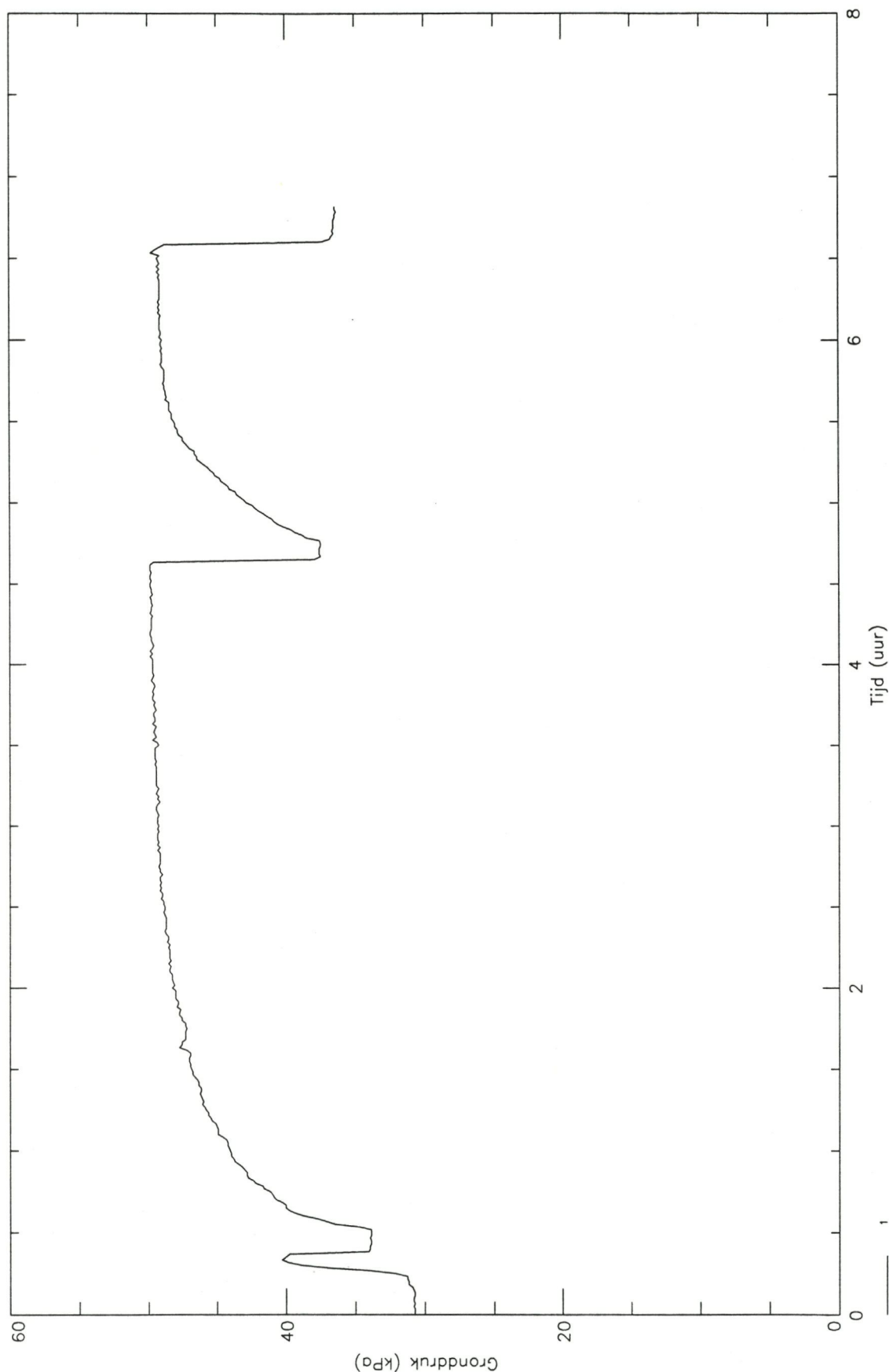
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 62

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

gez.

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer Z1

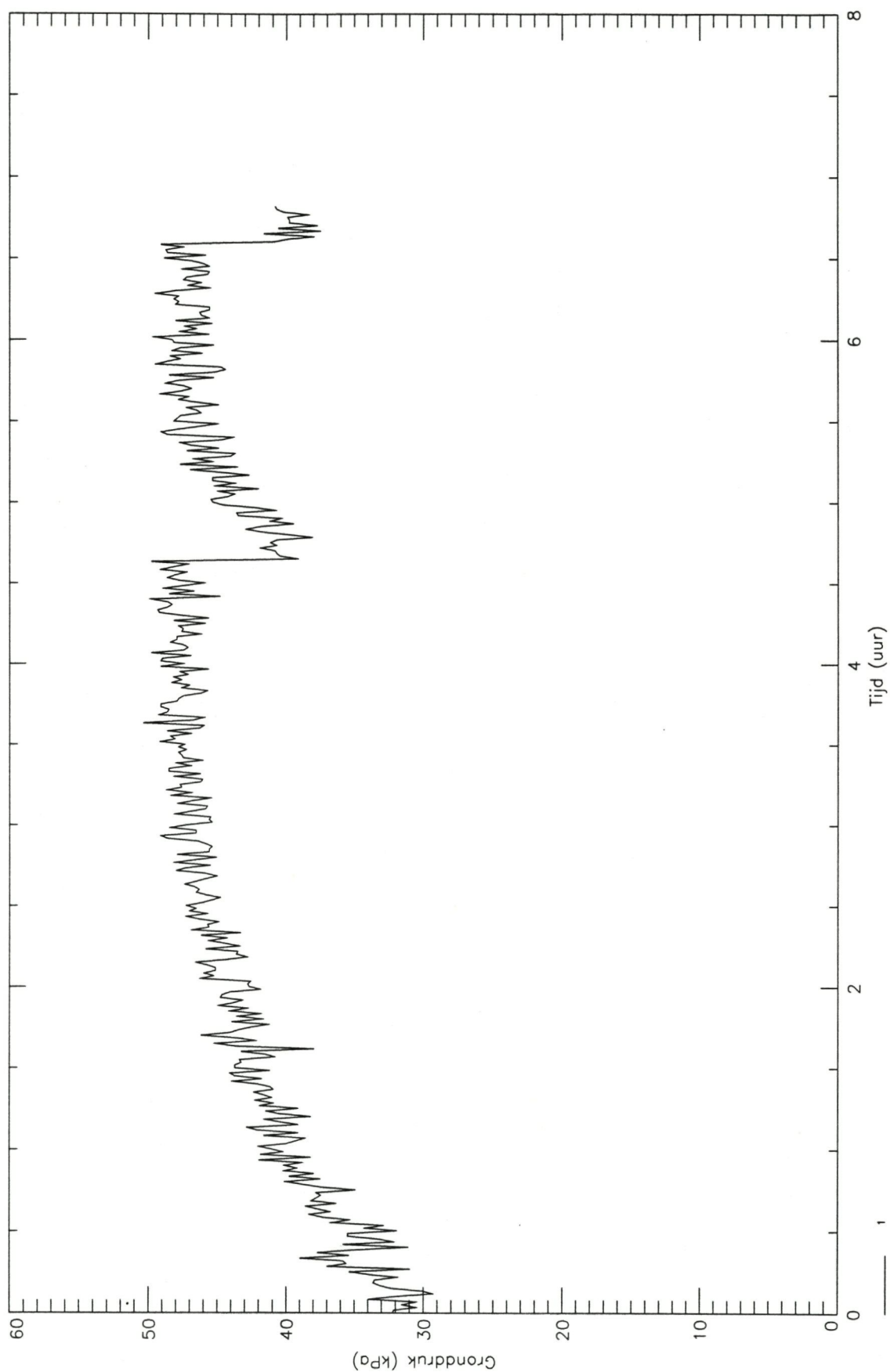
CO-350560

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 63

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer Z2

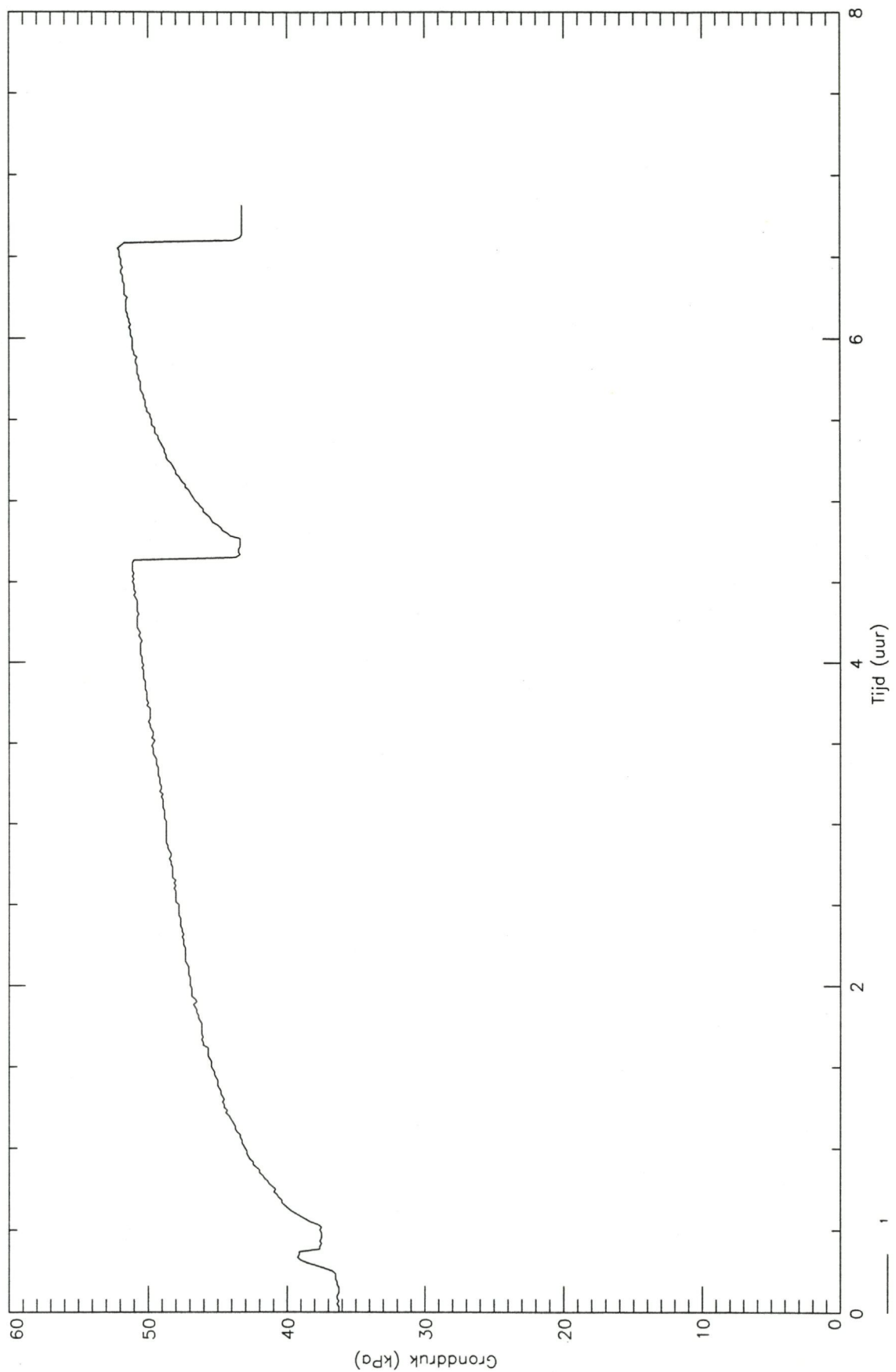
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 64

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-06

get.

WIJN

HORizontALE BUISBELASTINGPROEF IN KLEI
Gronddrukopnemer Z3

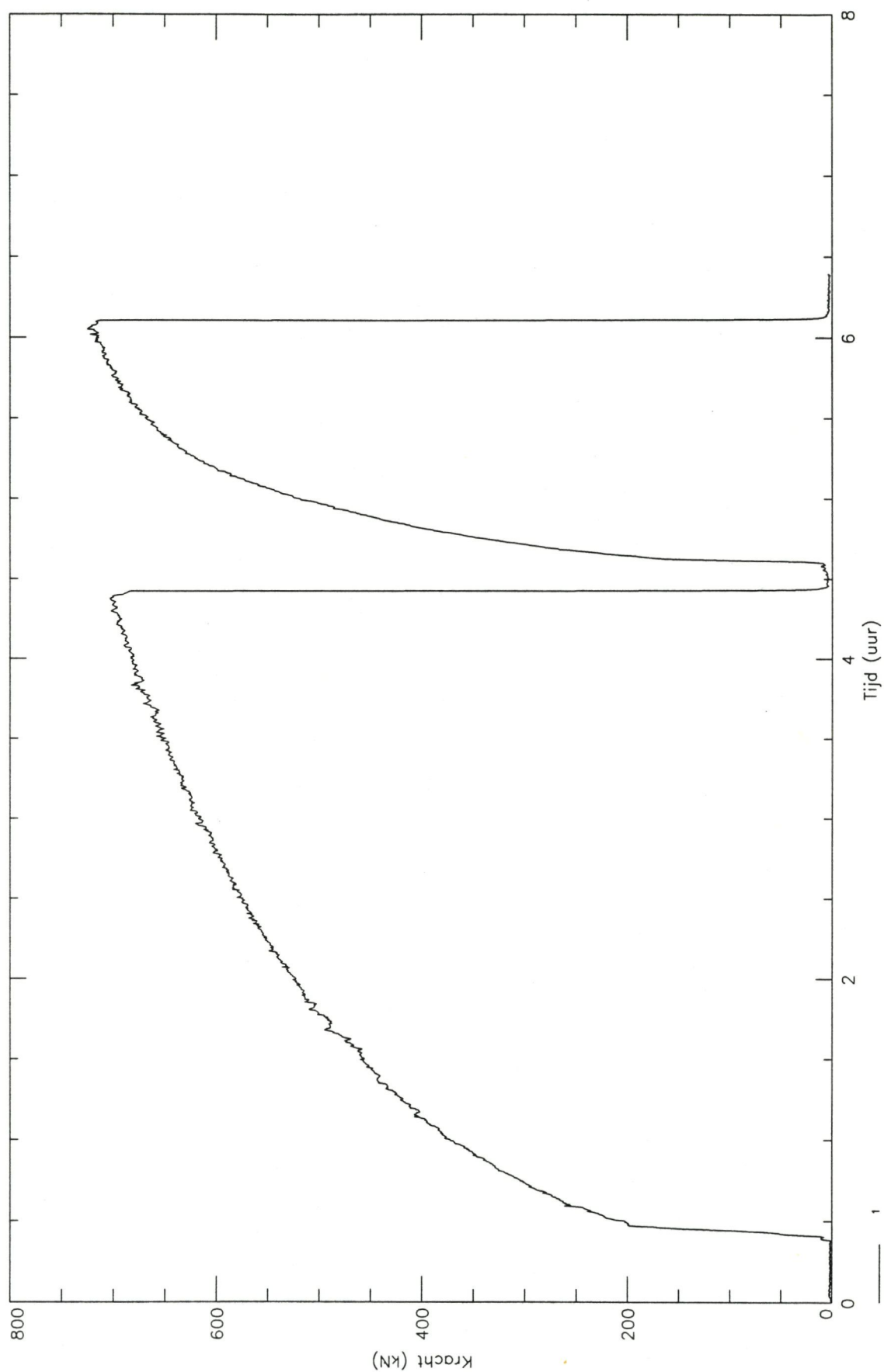
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 65

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Sommatie van KN en KZ

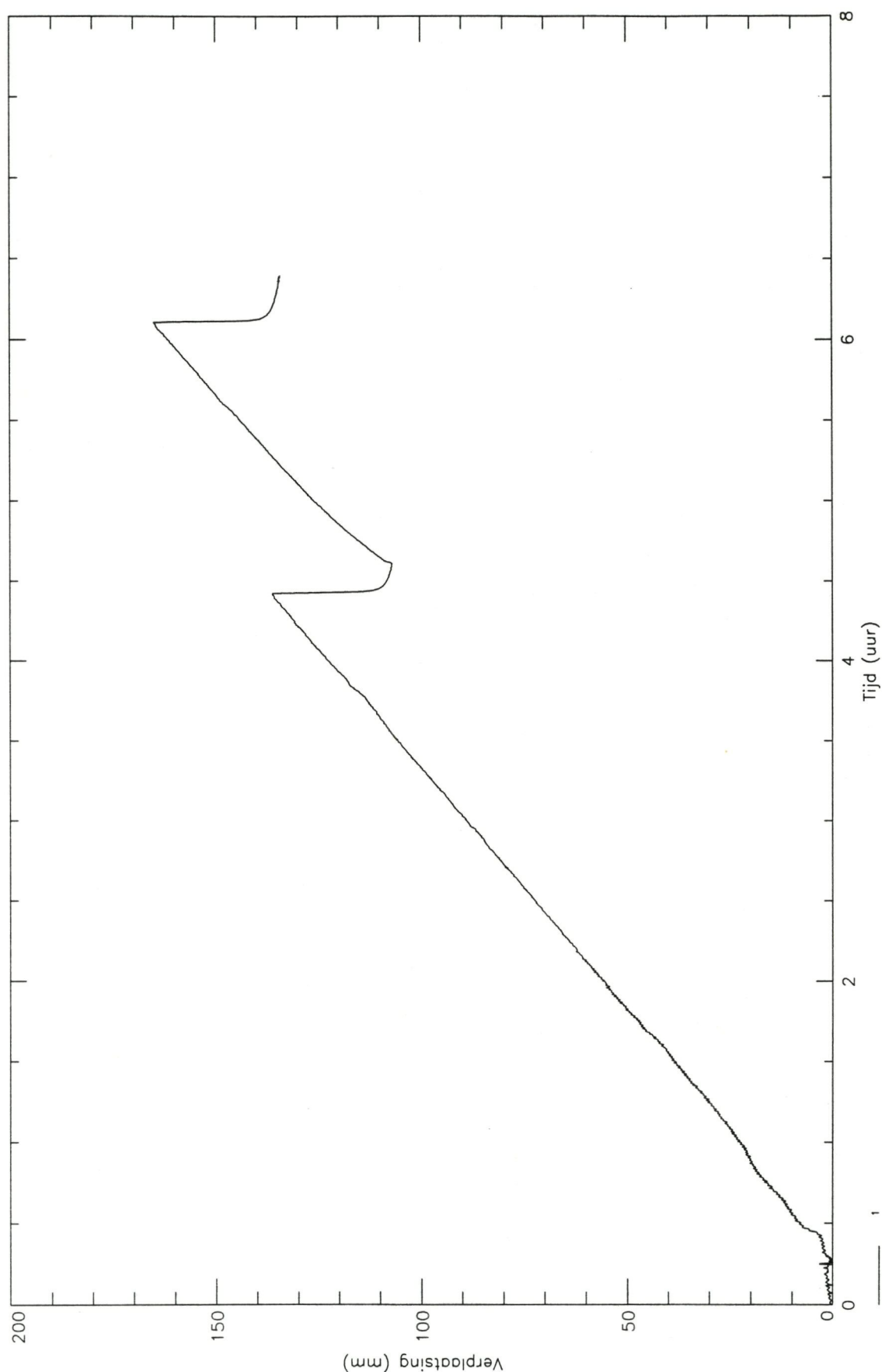
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 66

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gemiddelde gecorrigeerde verpl. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis

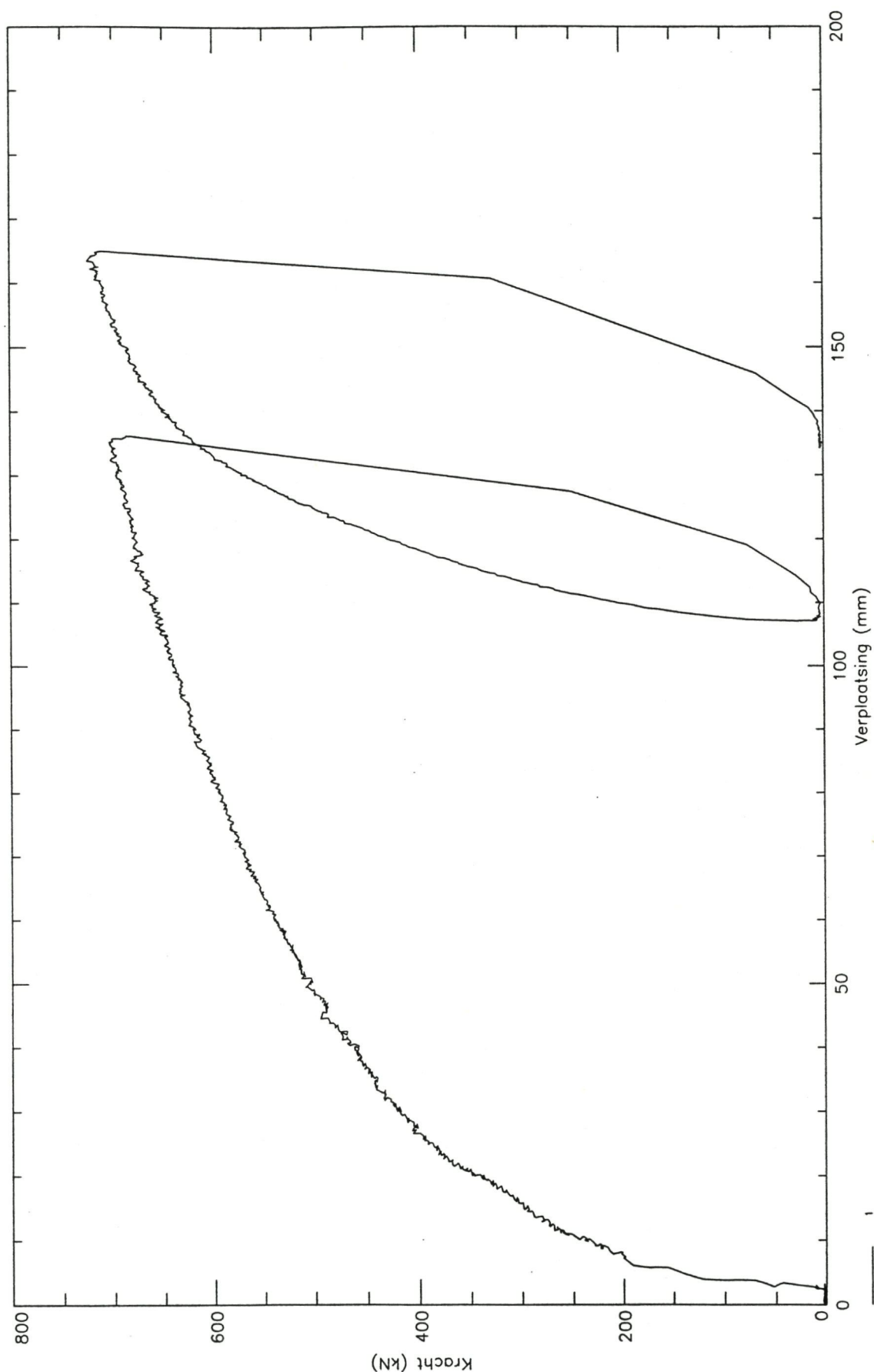
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 67

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

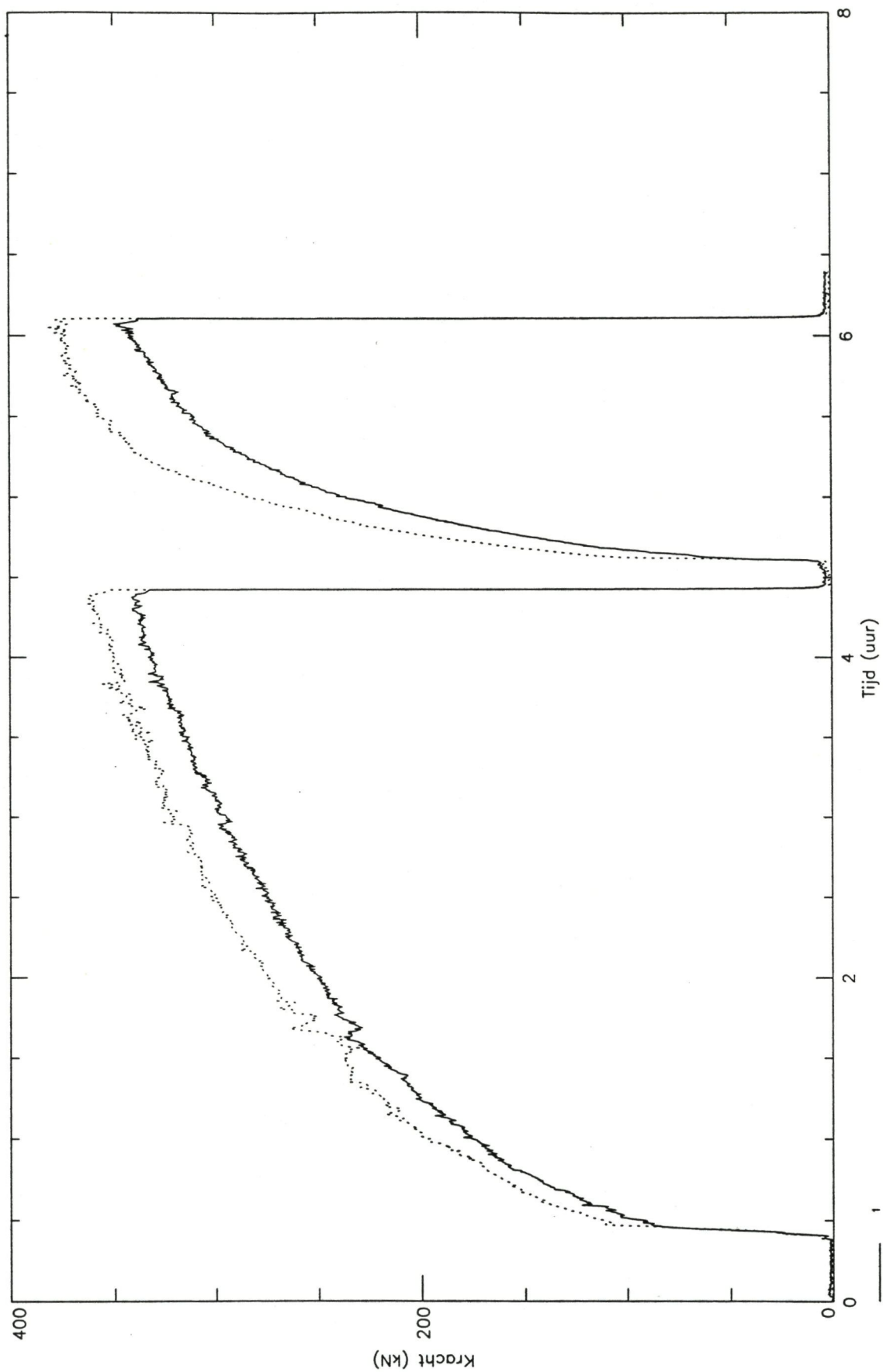
HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
KN en KZ gesommeerd tegen gecorr. gem. HN2 en HZ2 = verpl. proefbuis
Kracht-verplaatsingsdiagram

CO-350560

gez.

BIJL. 68

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Krachtopnemers KN (1), KZ (2)

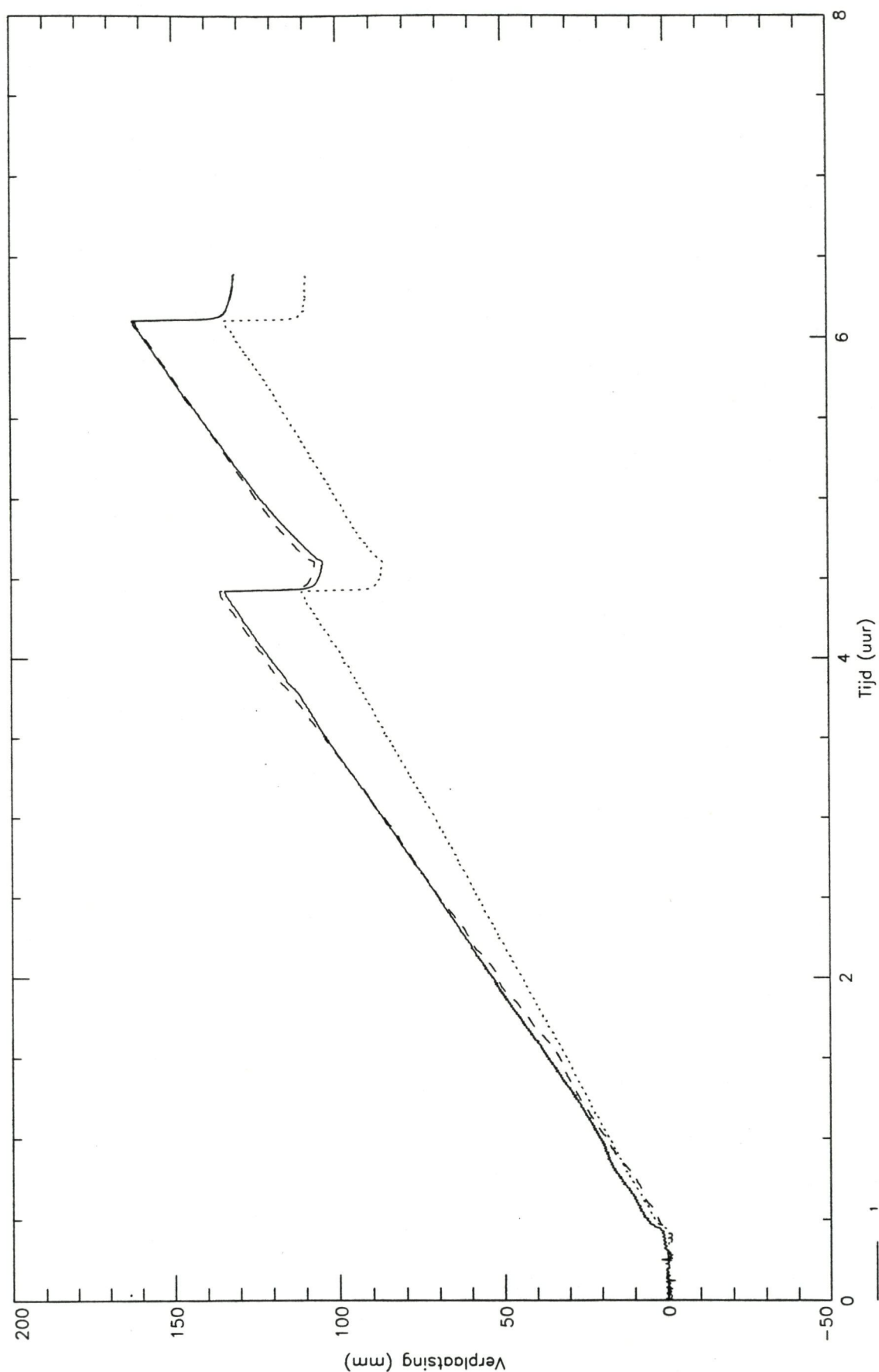
CO-350560

gez.

Tijd-krachtdiagram

BIJL. 70

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HN2 (1), HBN (2), HLN (3)

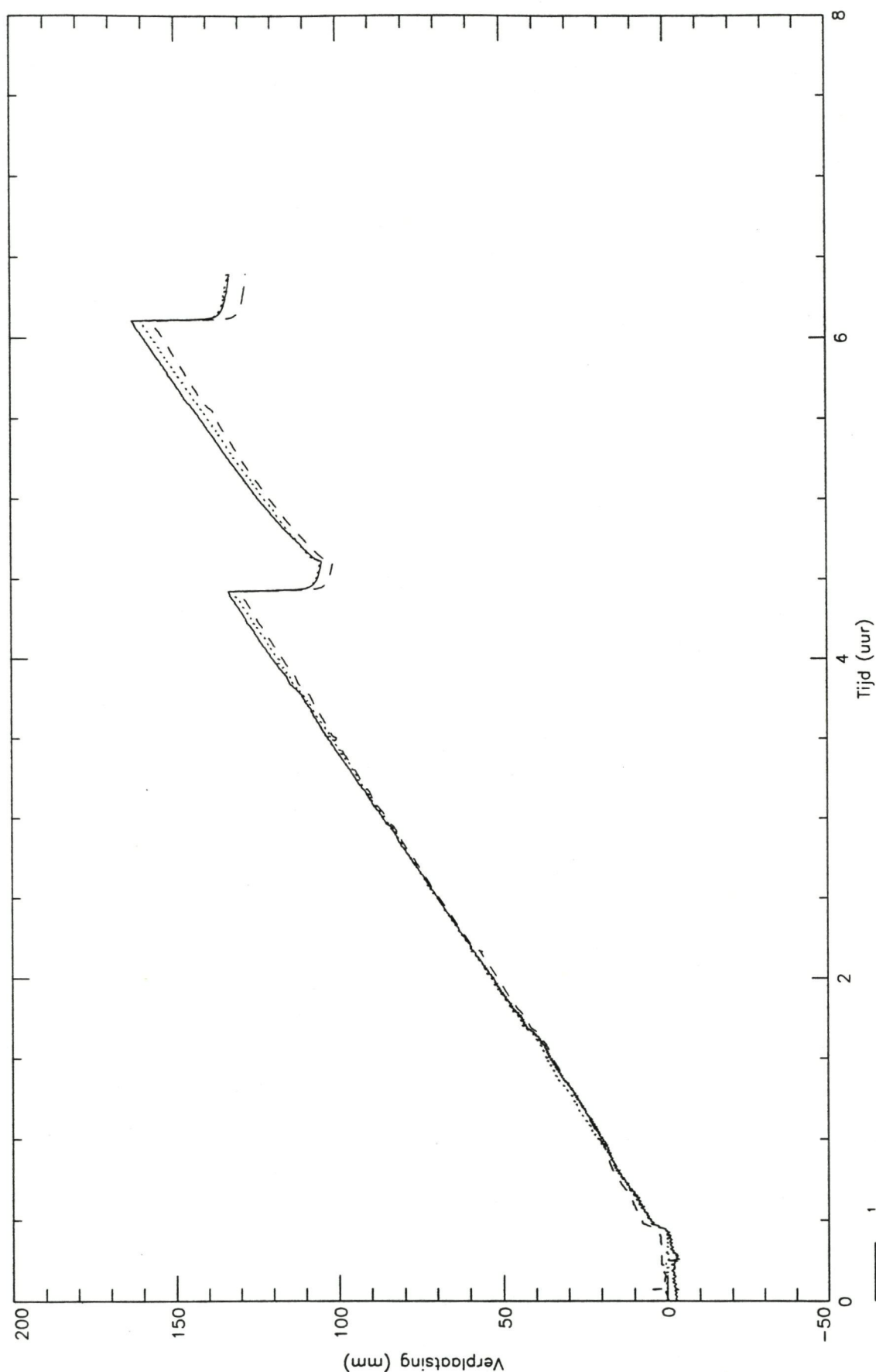
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 71

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HZ2 (1), HBZ (2), HLZ (3)

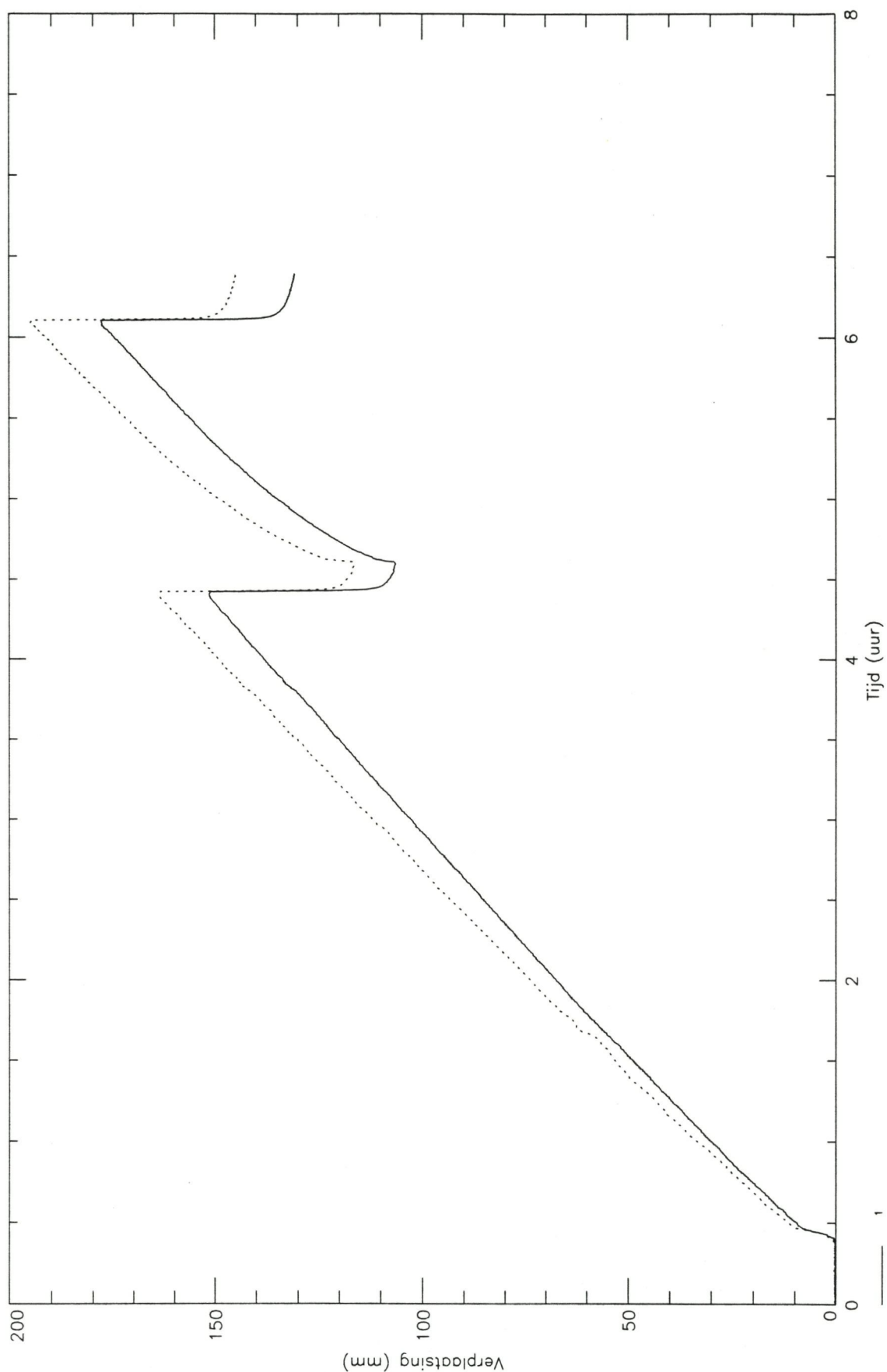
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsingen

BIJL. 72

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HN1 (1), HZ1 (2)

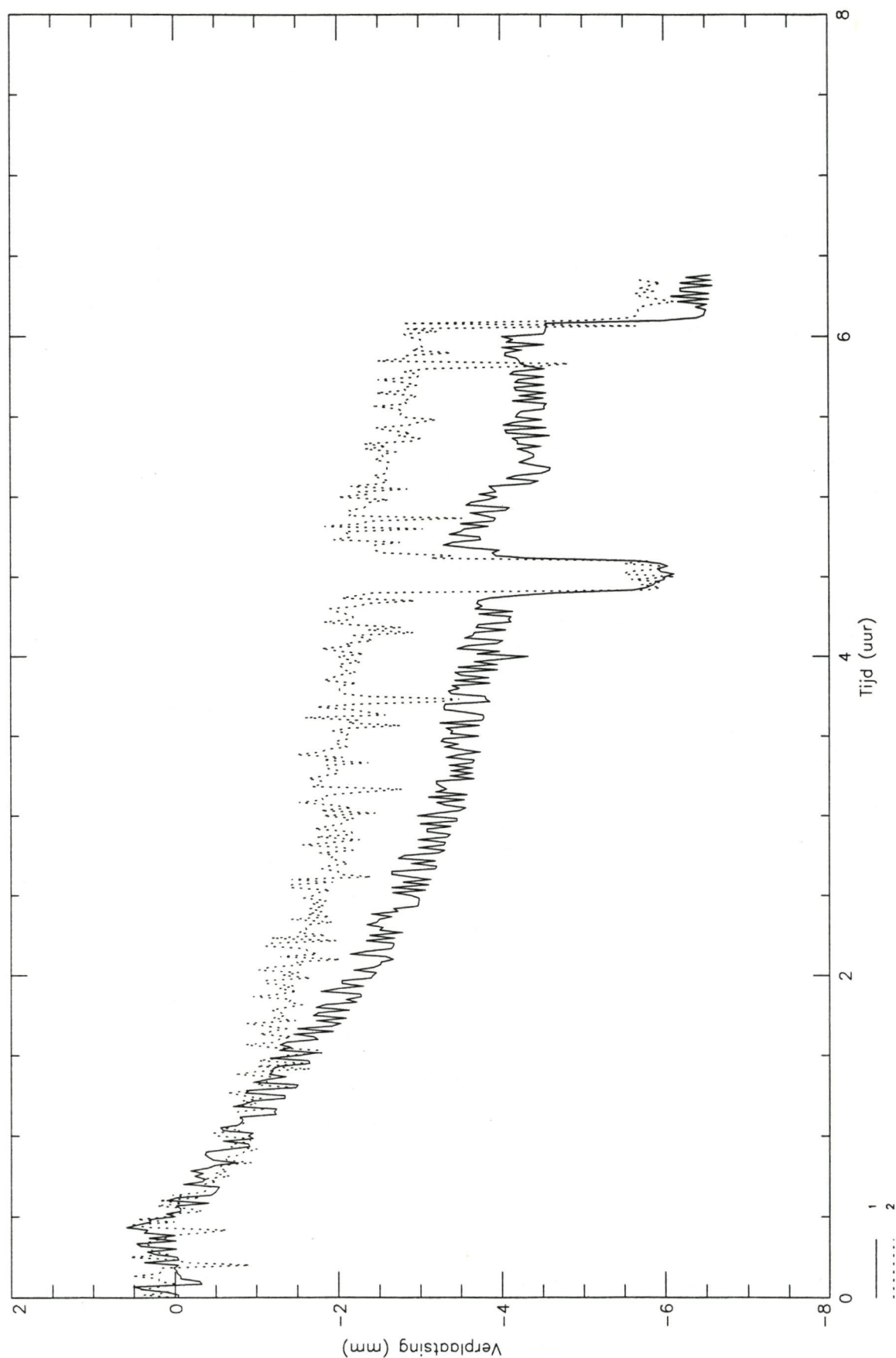
CO-350560

gez.

Vijzelslag

BIJL. 73

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Verplaatsingsopnemers VN (1), VZ (2)

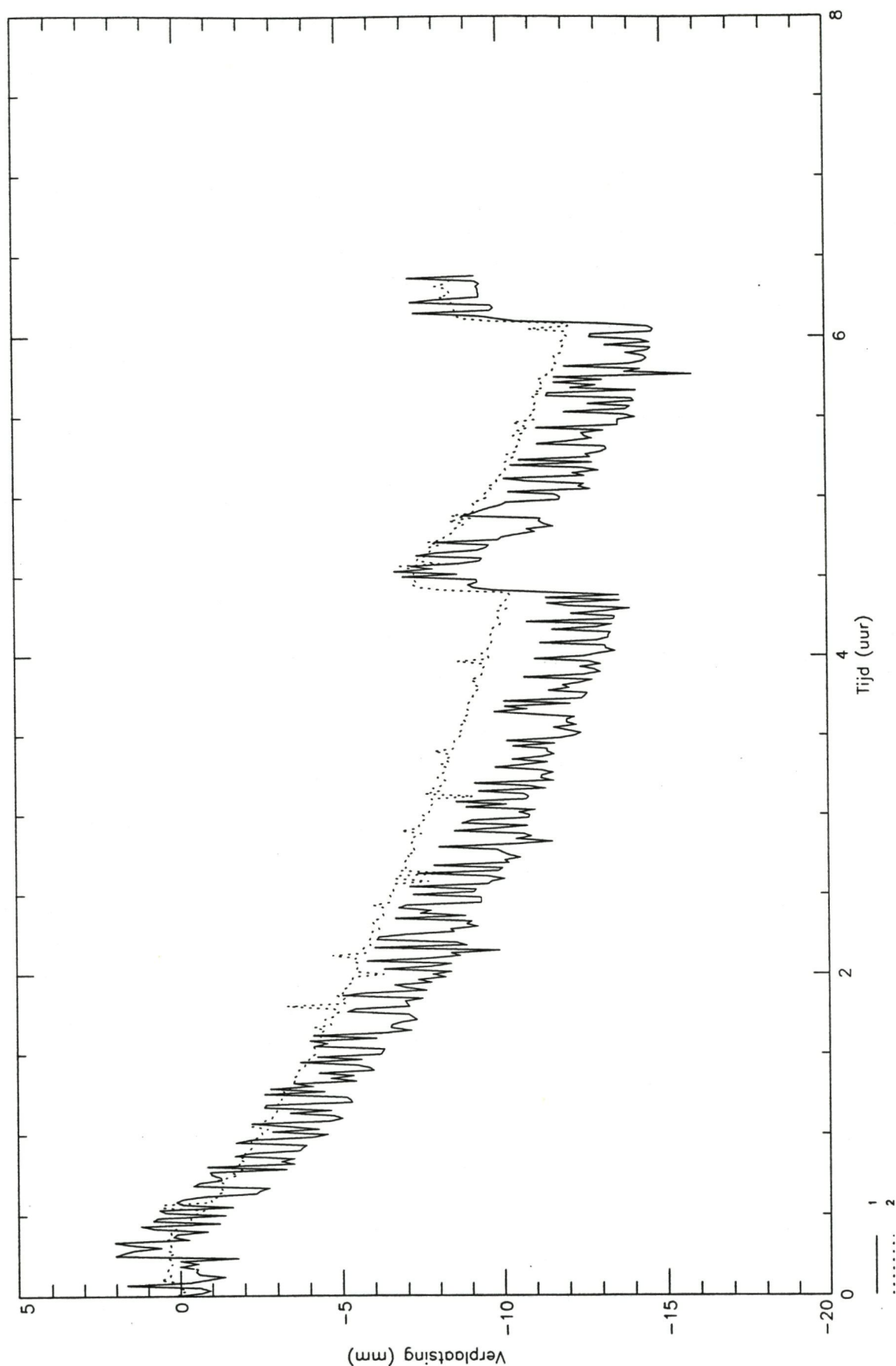
Vert. verpl. van de twee stempels t.o.v. de damwand

CO-350560

gez.

BIJL. 74

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers VNB (1), VZB (2)
Vertikale verplaatsing van de zakkbakens

datum
94-10-20

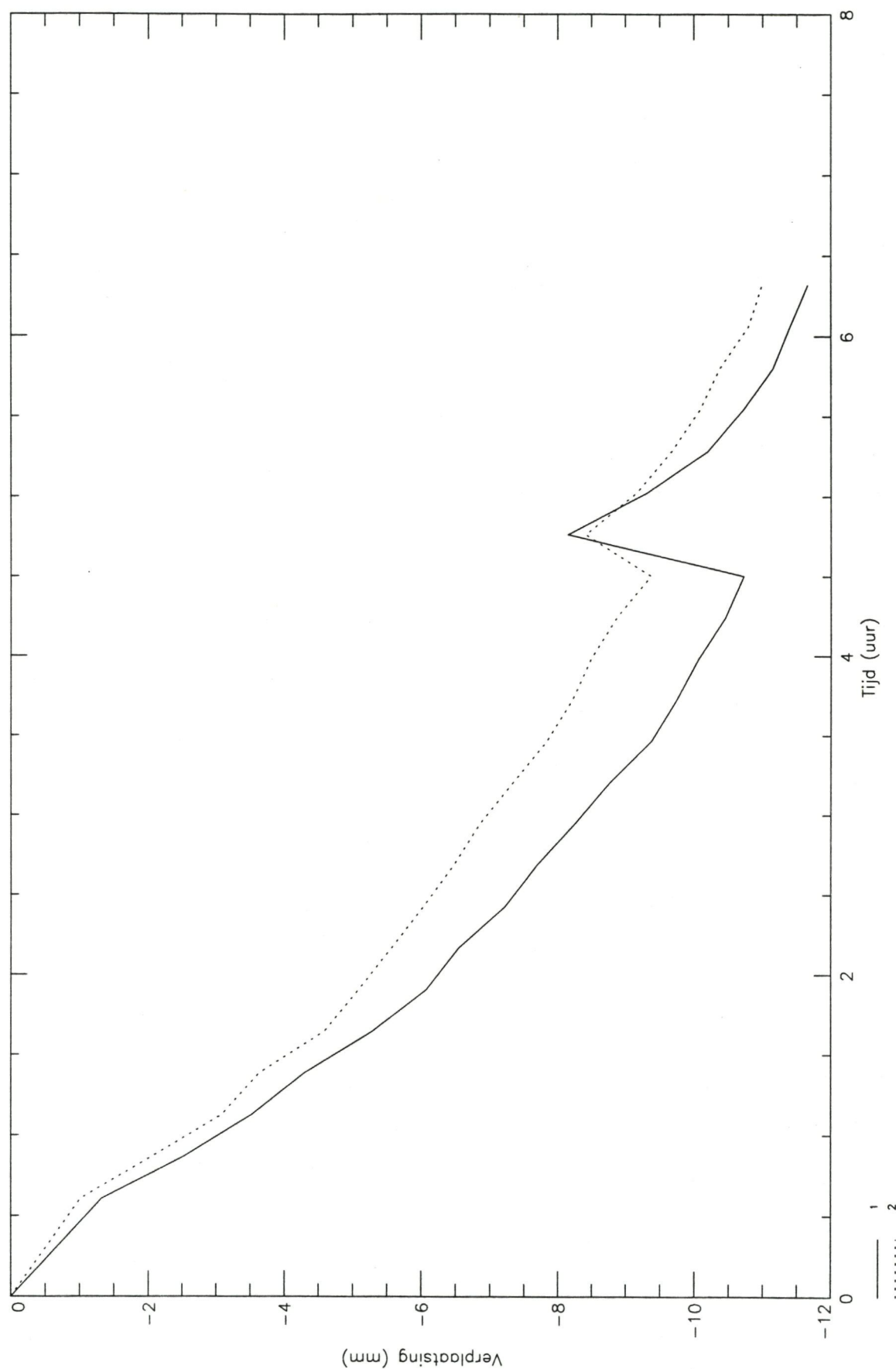
CO-350560

BIJL. 75

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Waterpassing VZBN (1), VZBZ (2)

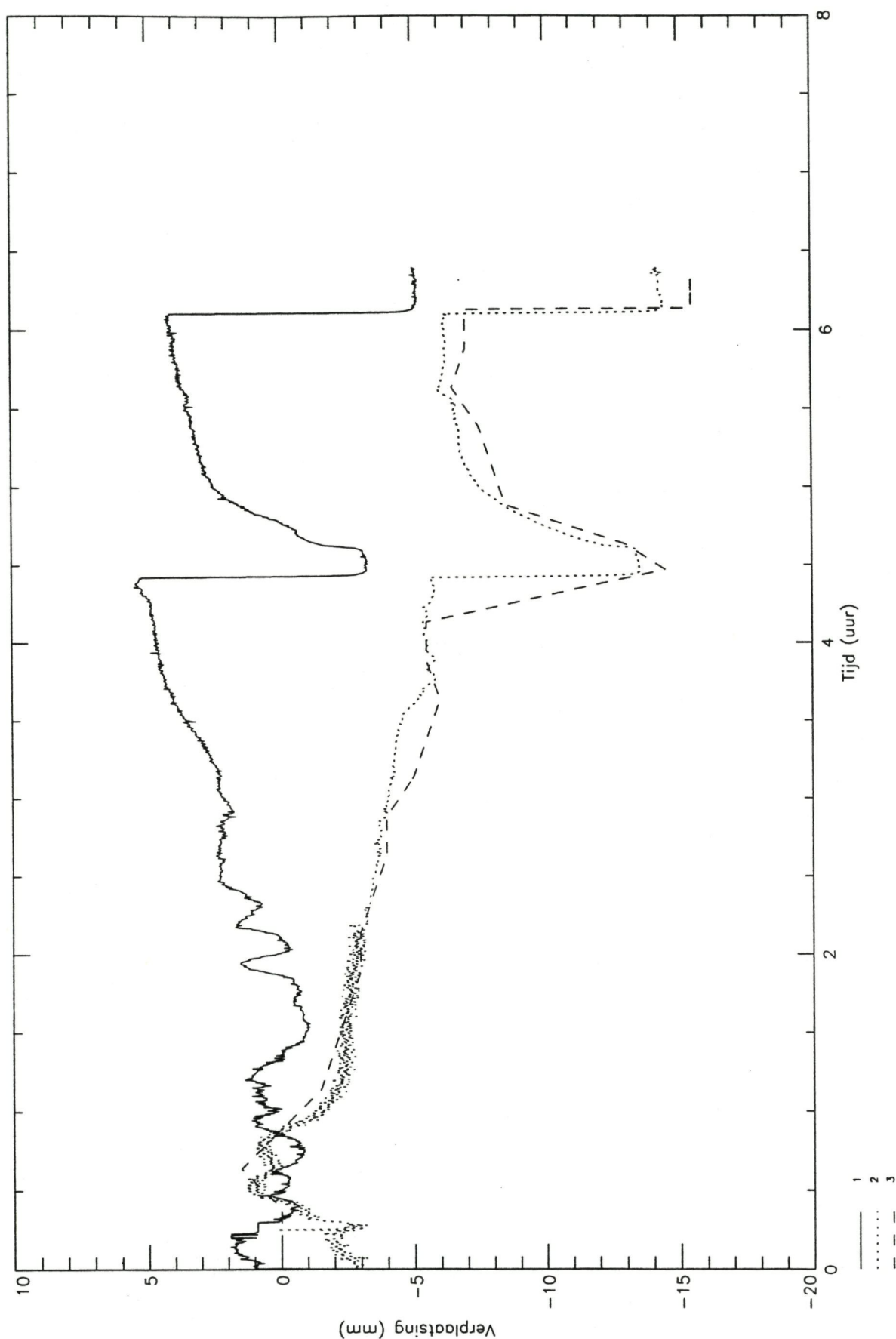
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbakens

BIJL. 76

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Laserdetector HLDN (1), HLDZ (2) en Theodolietmeting HN (3)

Horizontale verplaatsing damwand

datum
94-10-20

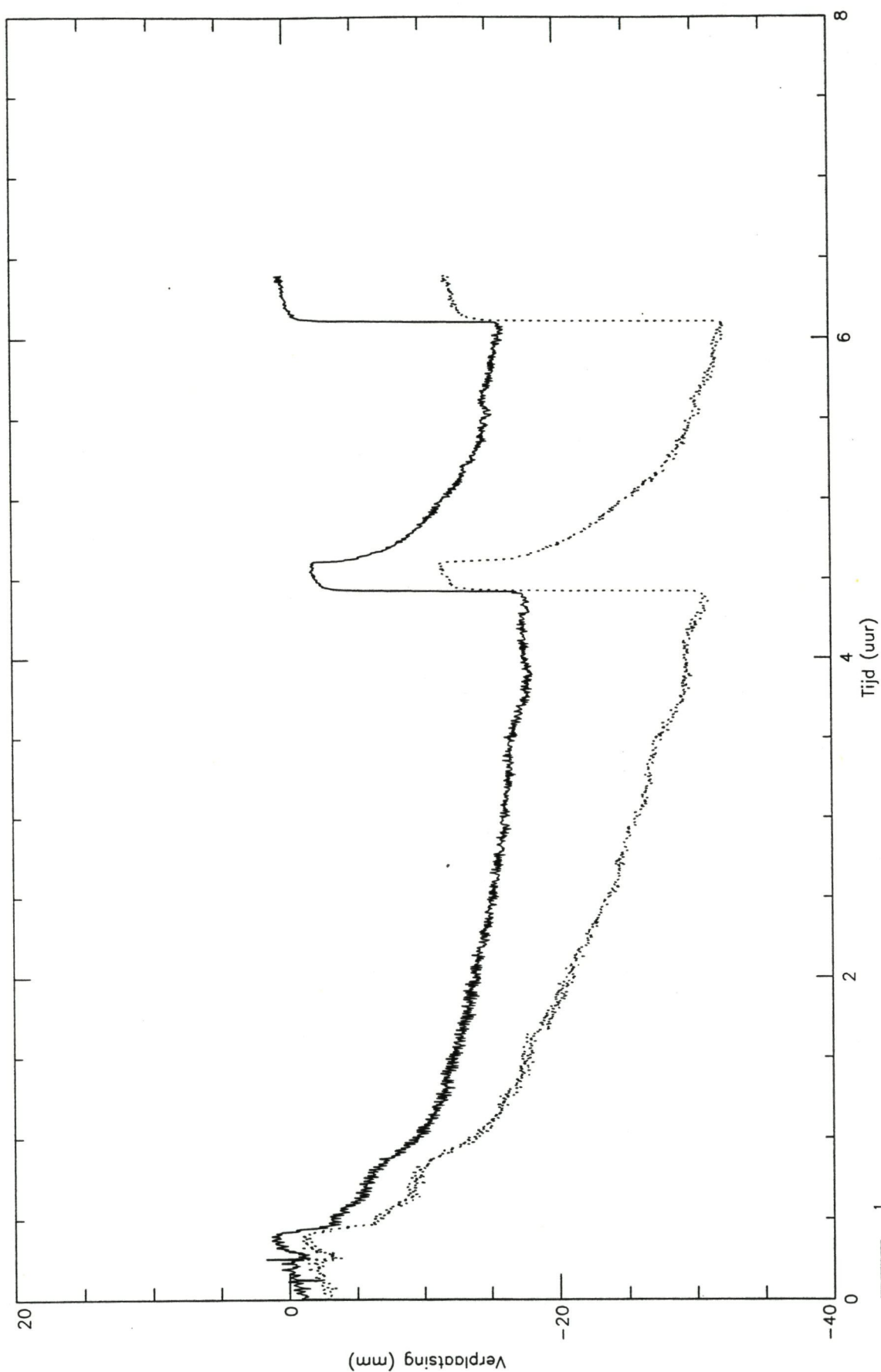
CO-350560

BIJL. 77

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gecorrigeerde verplaatsingen HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

datum
94-10-20

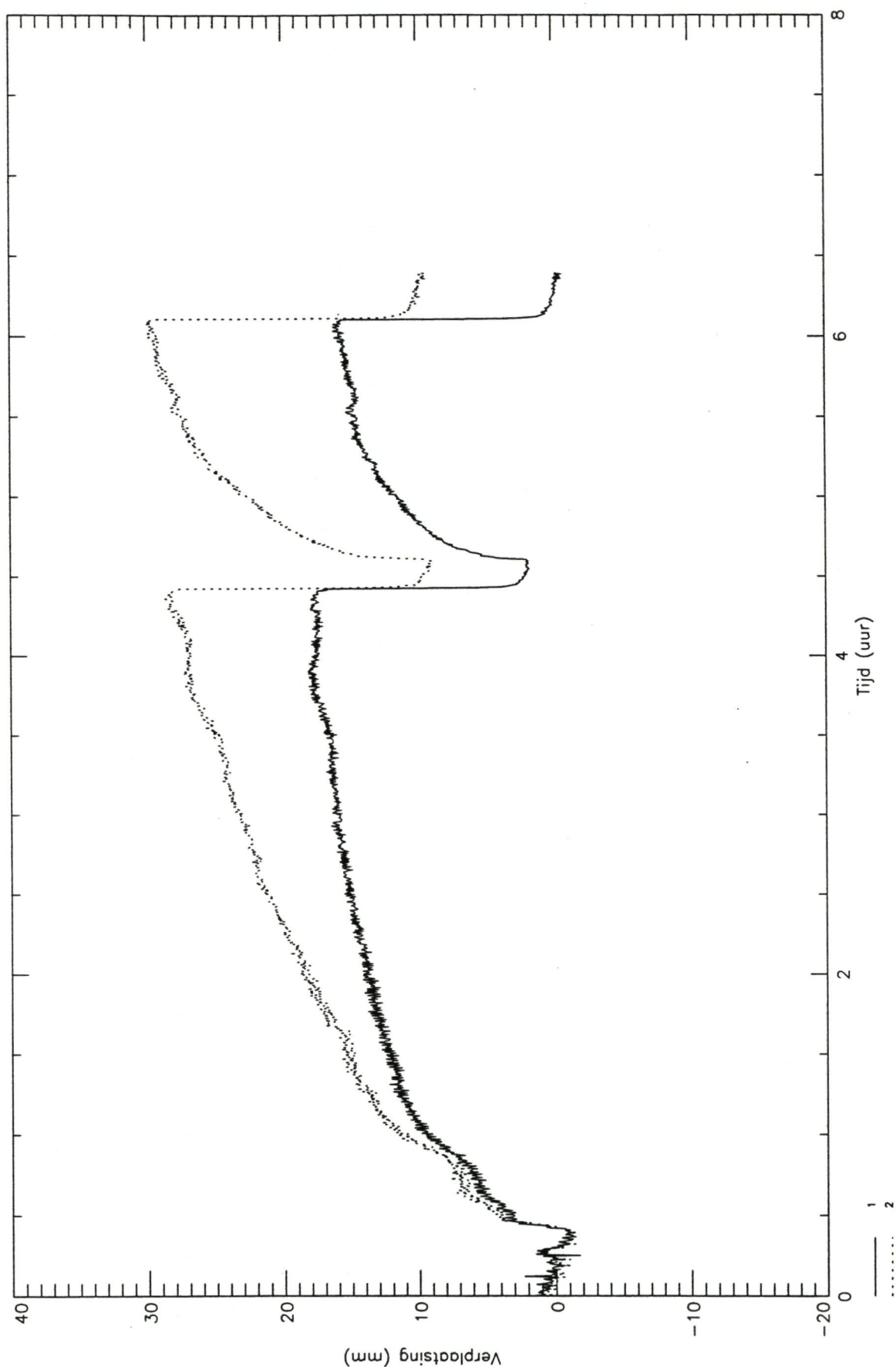
gez.
CO-350560

form.
BIJL. 78

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemers HN2-HN1 (1), HZ2-HZ1 (2)

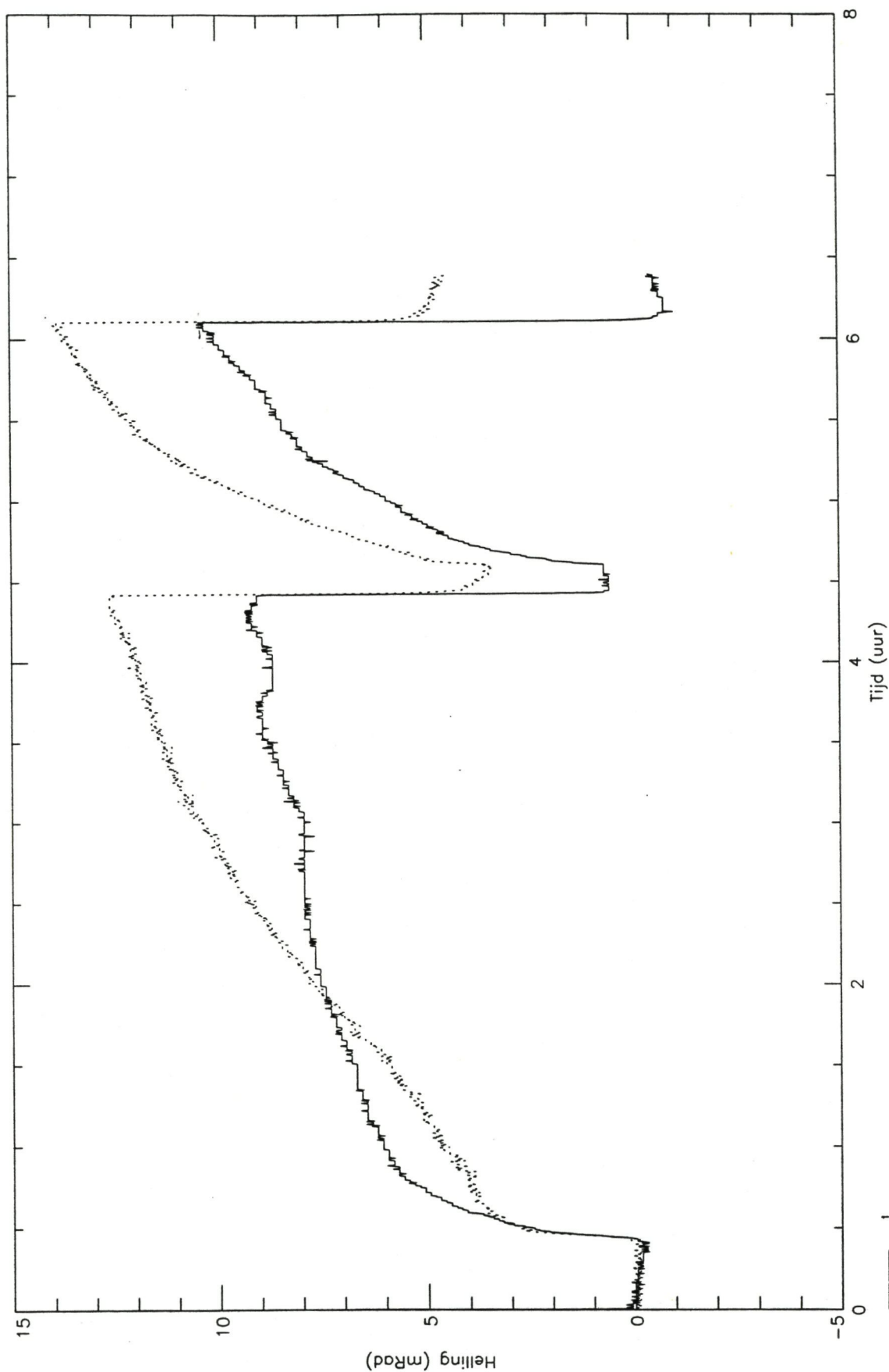
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing van de reactiedamwand

BIJL. 78

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Oost-west richting

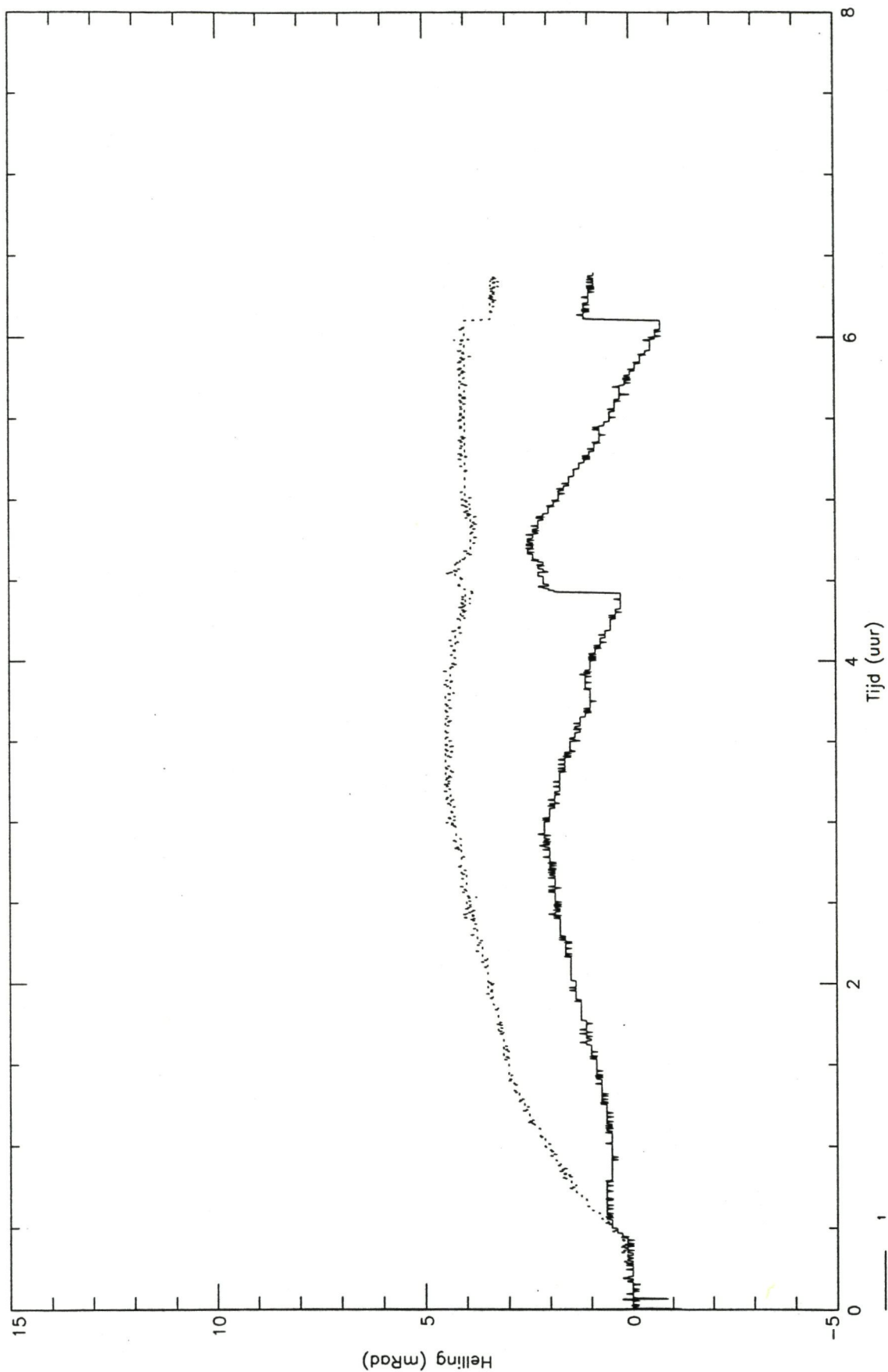
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakbakens

BIJL. 79

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

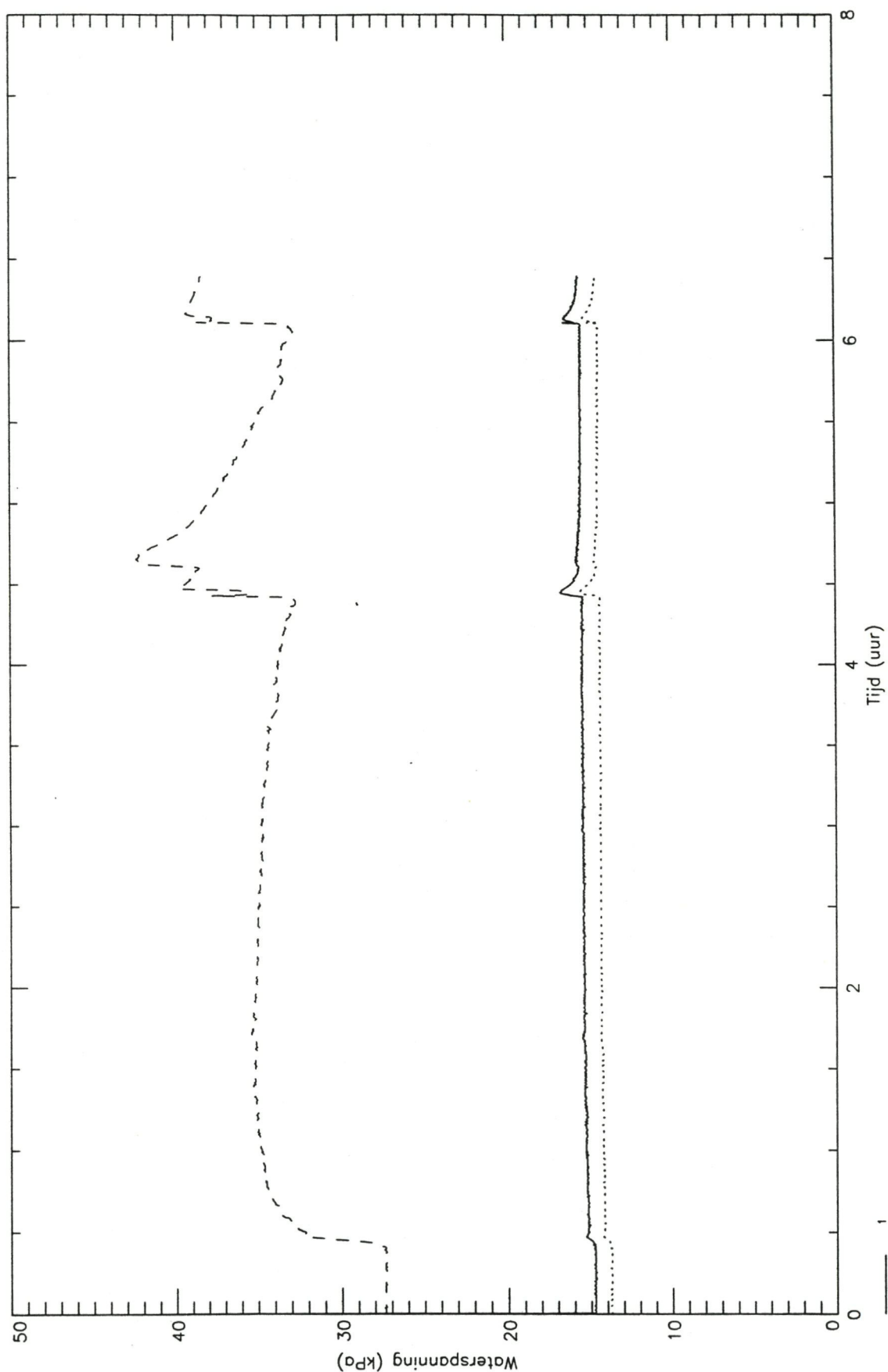
HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Hellingmeters ZBN (1), ZBZ (2) Noord-zuid richting
Hoekverdraaiing van de zakkbakens

CO-350560

gez.

BIJL. 80

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Waterspanningsmeters PR1 (1), PR2 (2), PR3 (3)

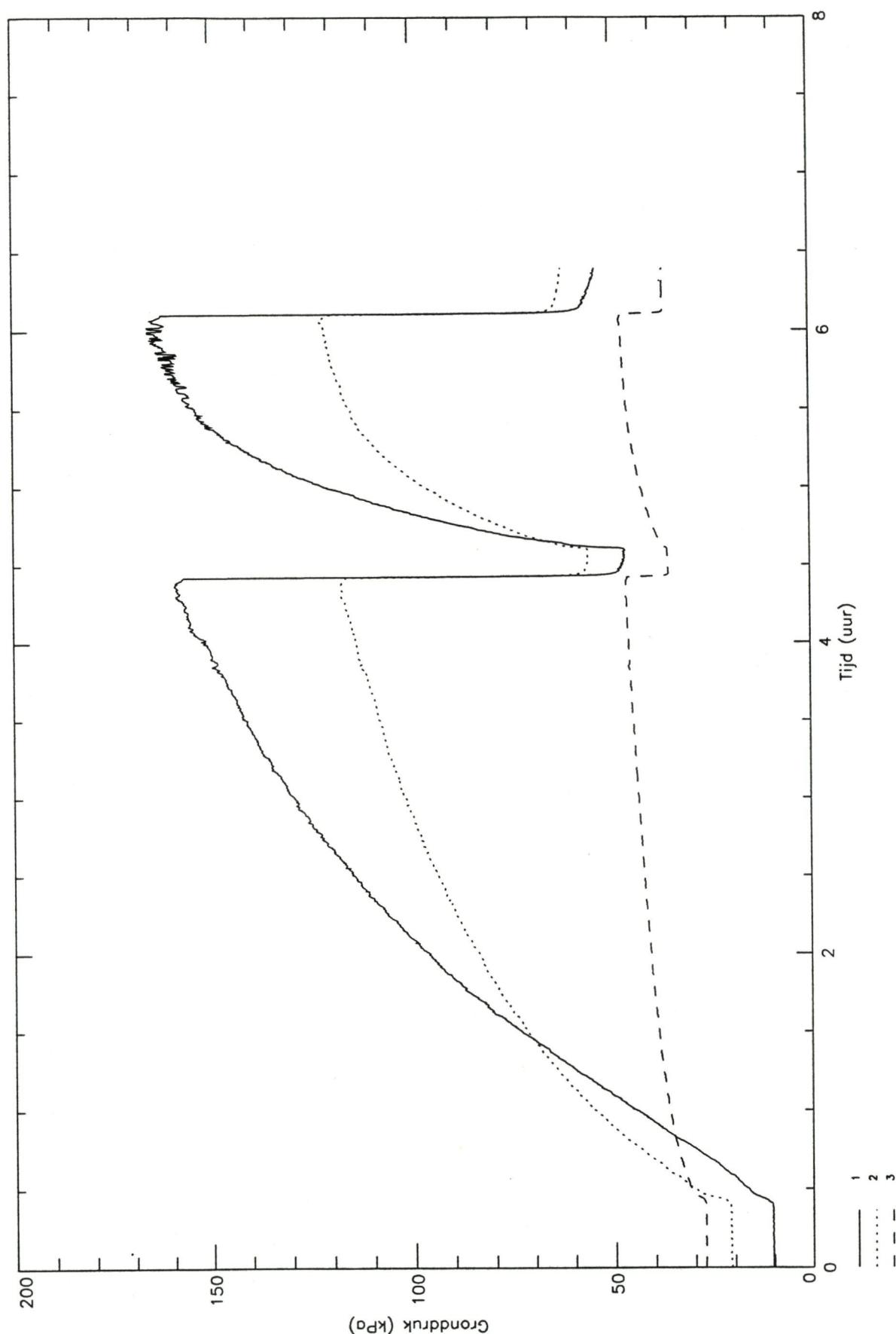
Verloop waterspanningen achter de proefbuis

CO-350560

gez.

BIJL. 81

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukdozen N1 (1), N2 (2), N3 (3)

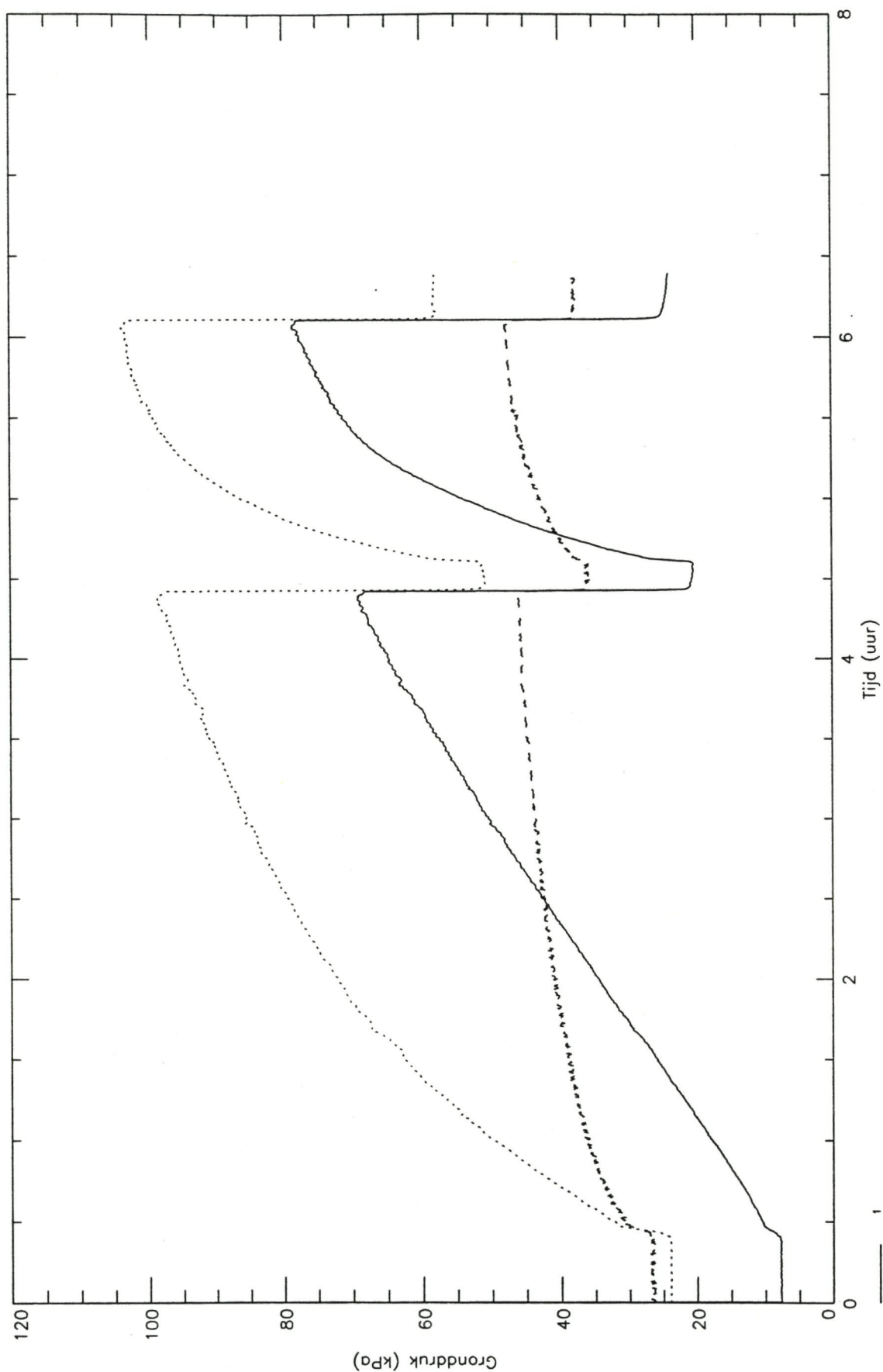
Verloop horizontale gronddrukken achter de proefbuis

CO-350560

gez.

BIJL. 82

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukdozen M1 (1), M2 (2), M3 (3)

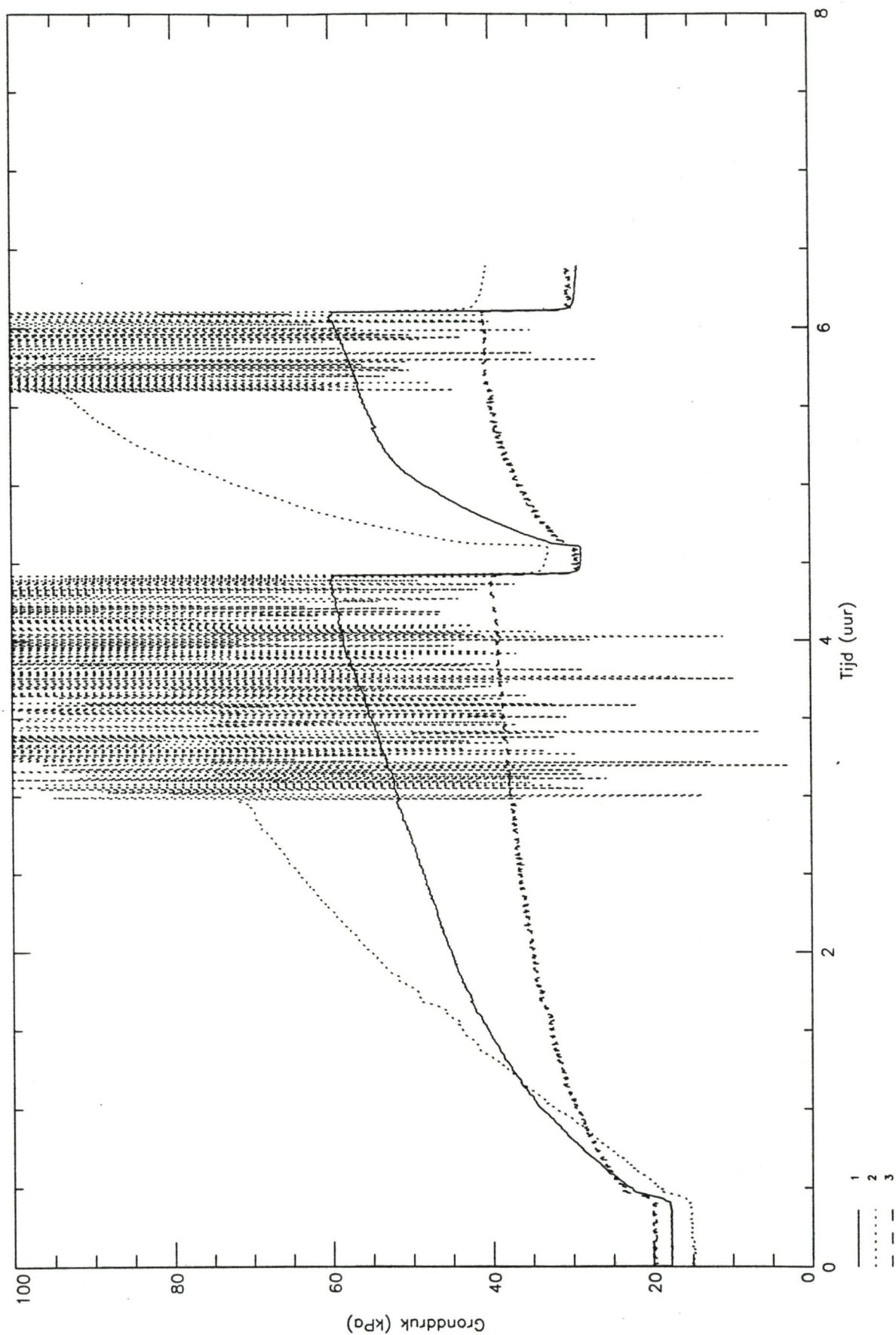
CO-350560

gez.

Verloop gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 83

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Gronddrukdozen Z1 (1), Z2 (2), Z3 (3)

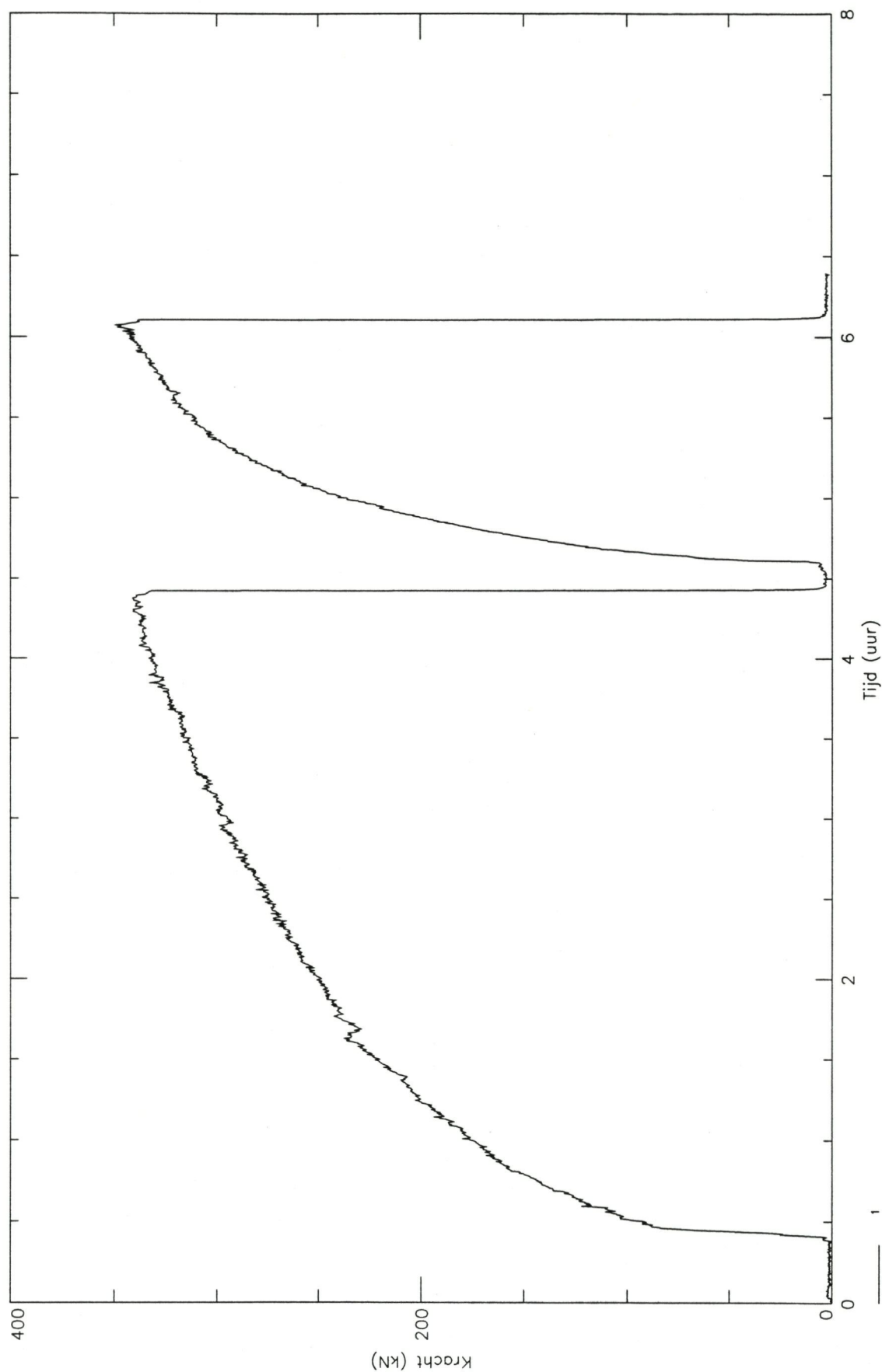
CO-350560

gez.

Verloop gronddrukken achter de proefbuis

BIJL. 84

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Krachtopnemer KN

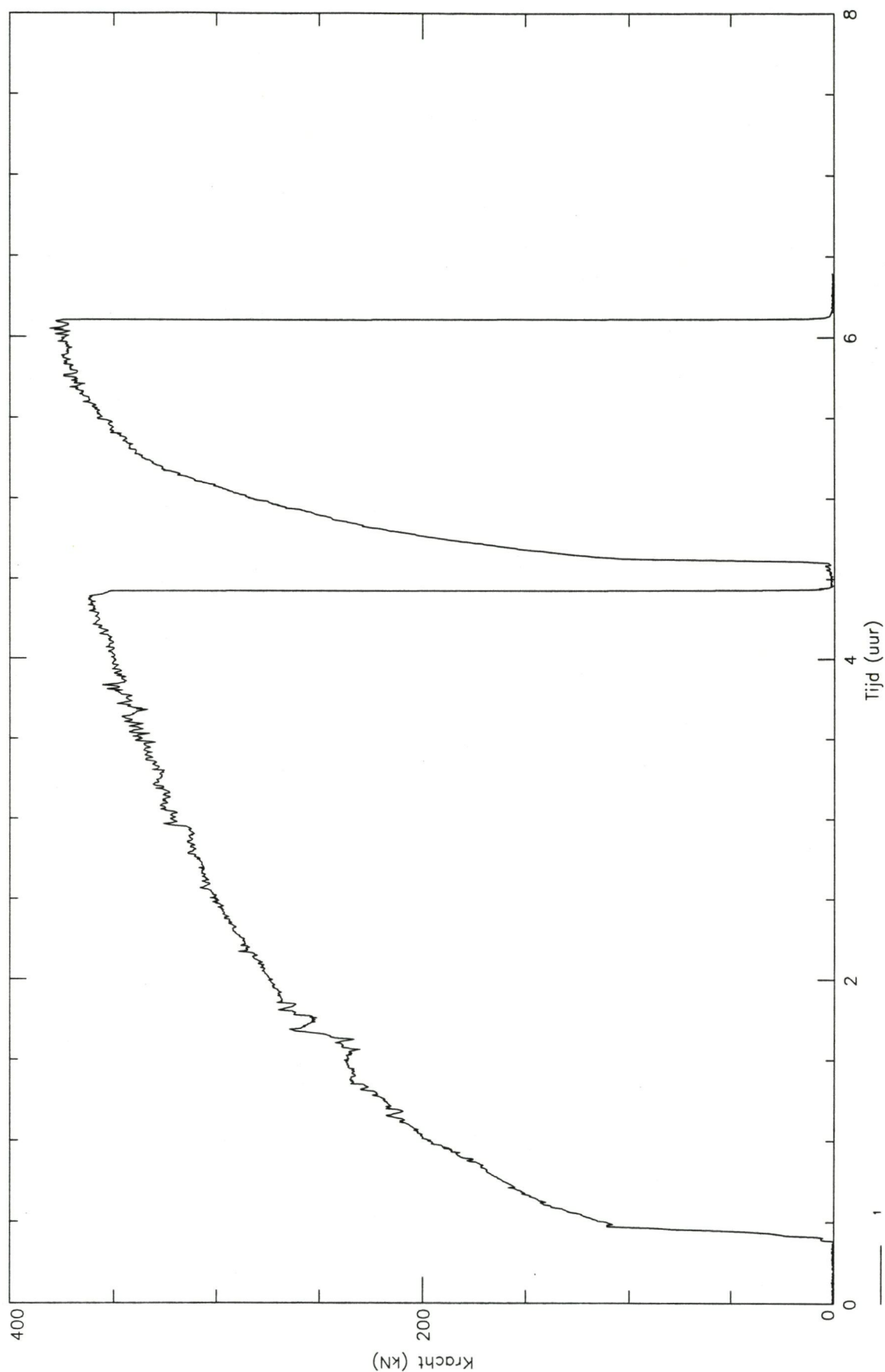
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 85

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Krachtopnemer KZ

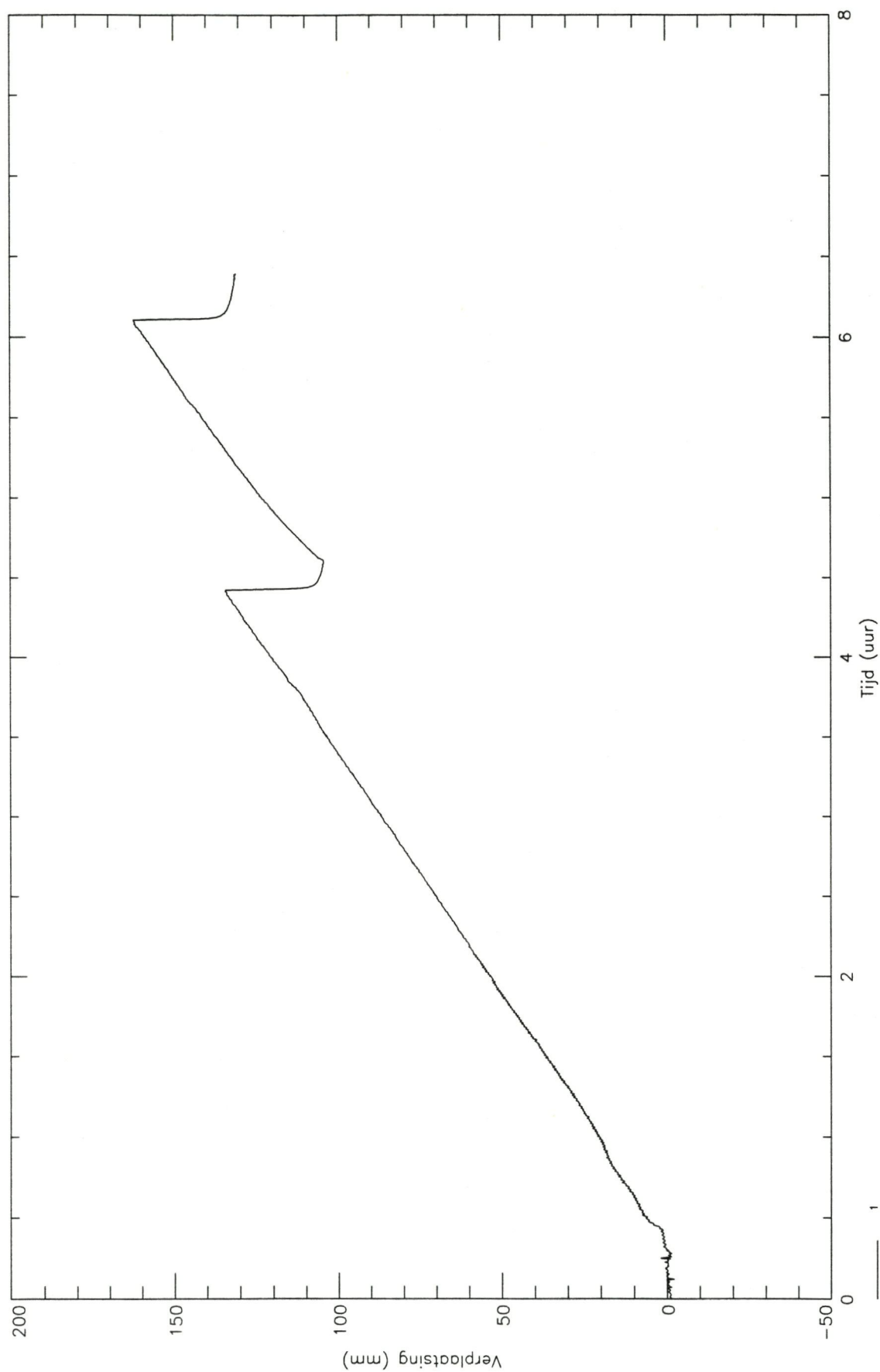
CO-350560

gez.

Tijd-kracht diagram

BIJL. 86

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HN2

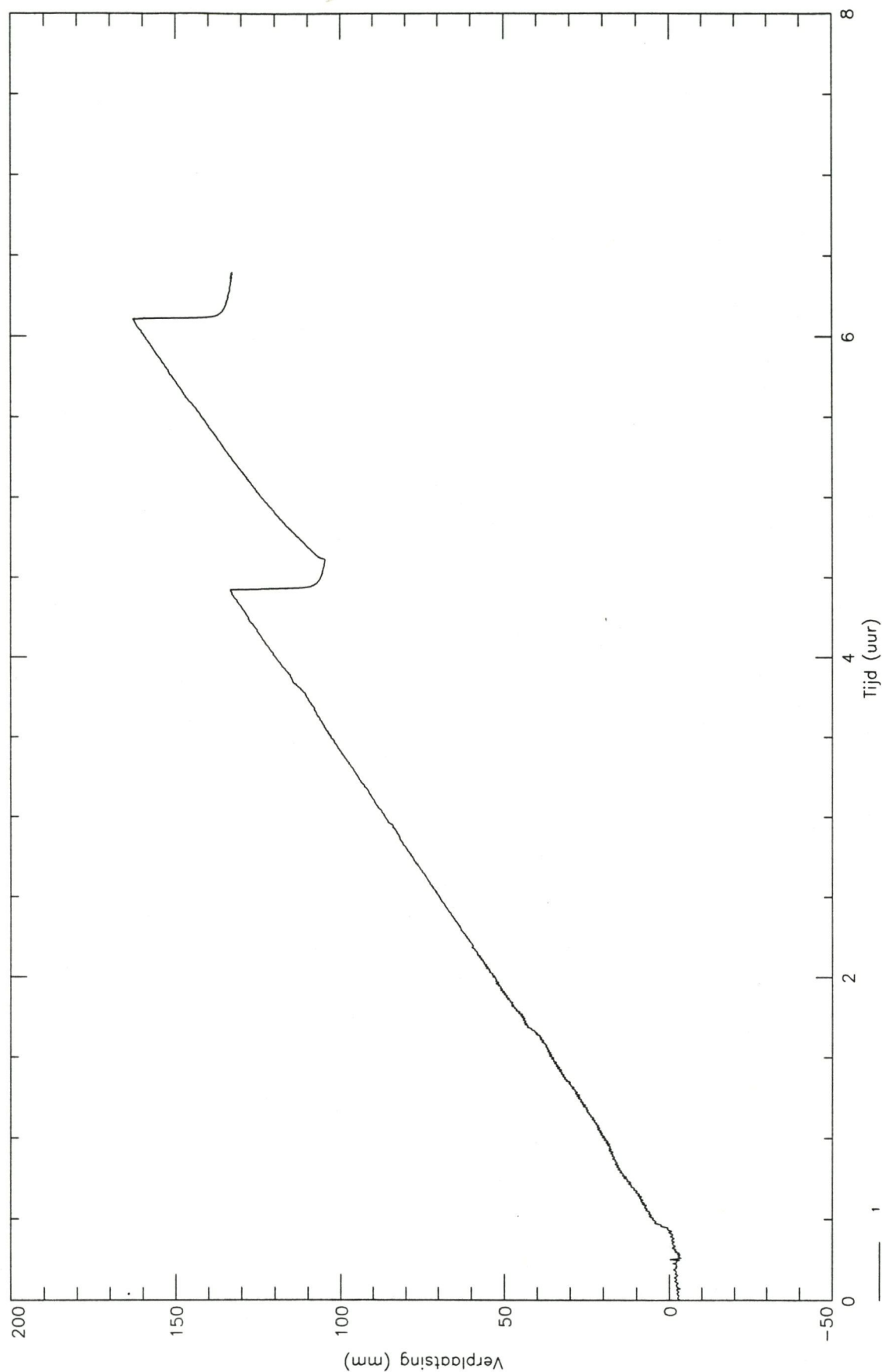
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsings diagram proefbuis

BIJL. 87

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HZ2

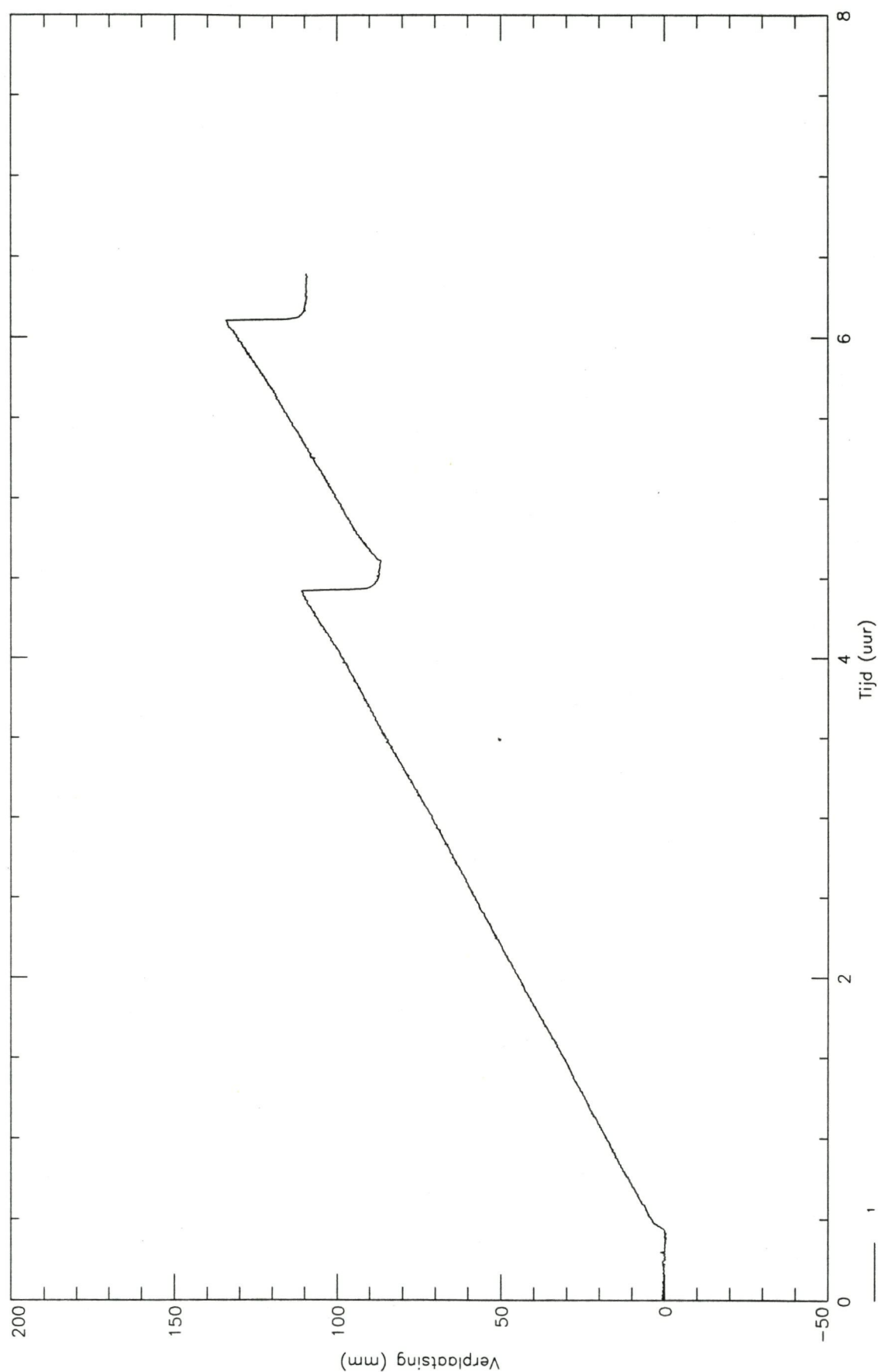
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsings diagram proefbuis

BIJL. 88

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HBN

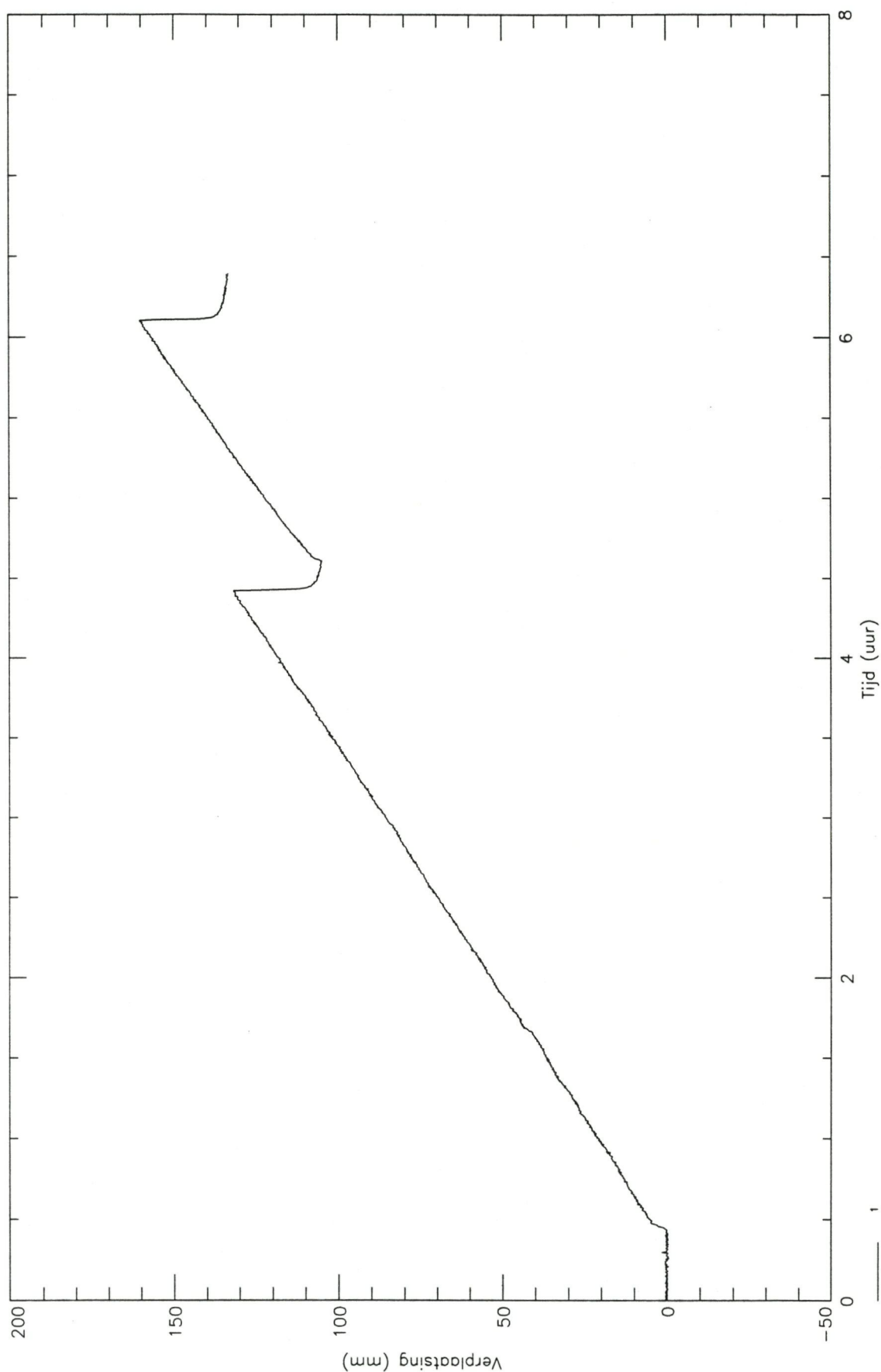
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram zakbaken

BIJL. 89

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HBZ

Tijd-verplaatsing diagram zakbaken

datum
94-10-20

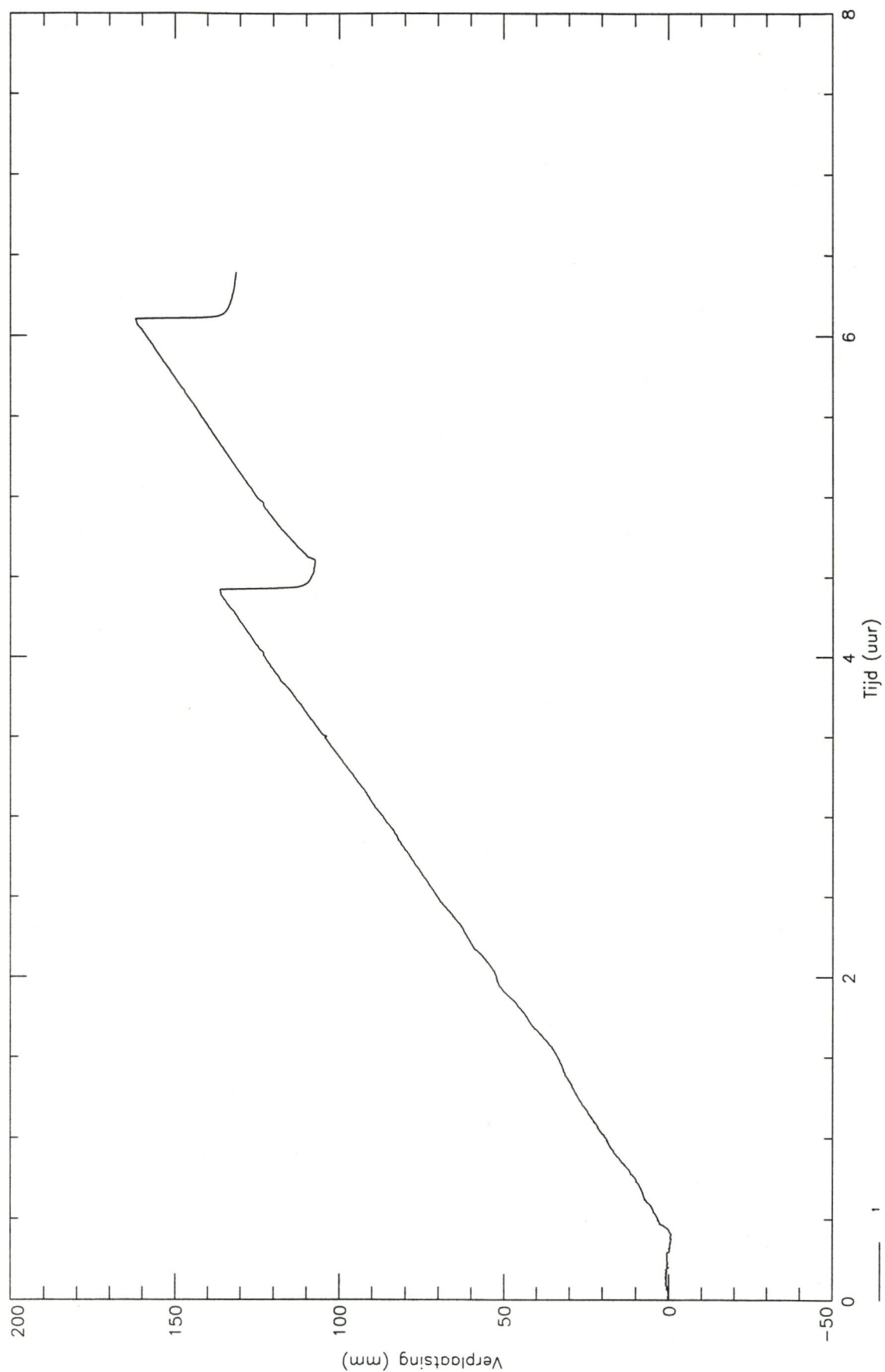
CO-350560

BIJL. 90

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Laserdetector HLN

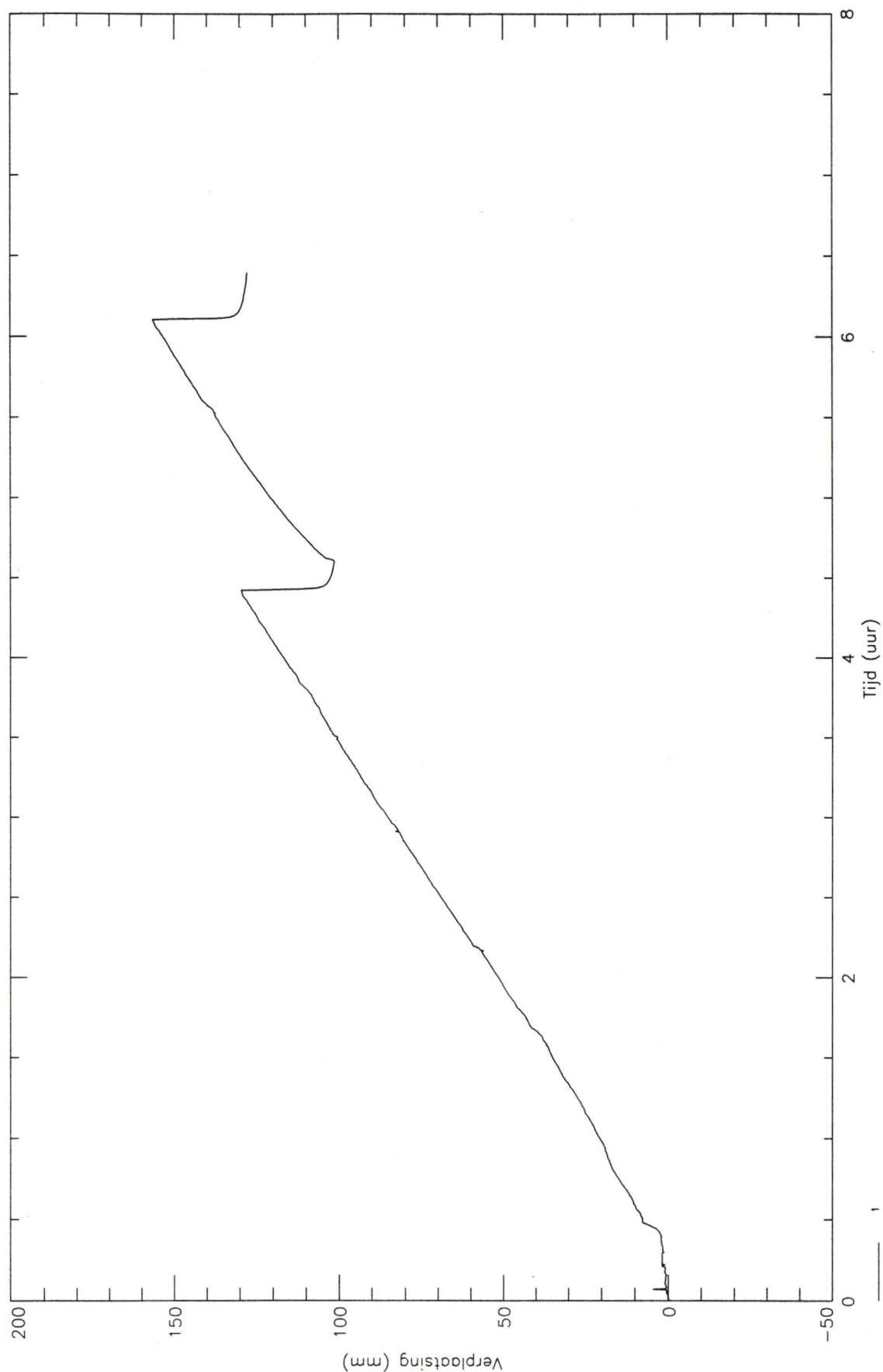
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 91

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Laserdetector HLZ

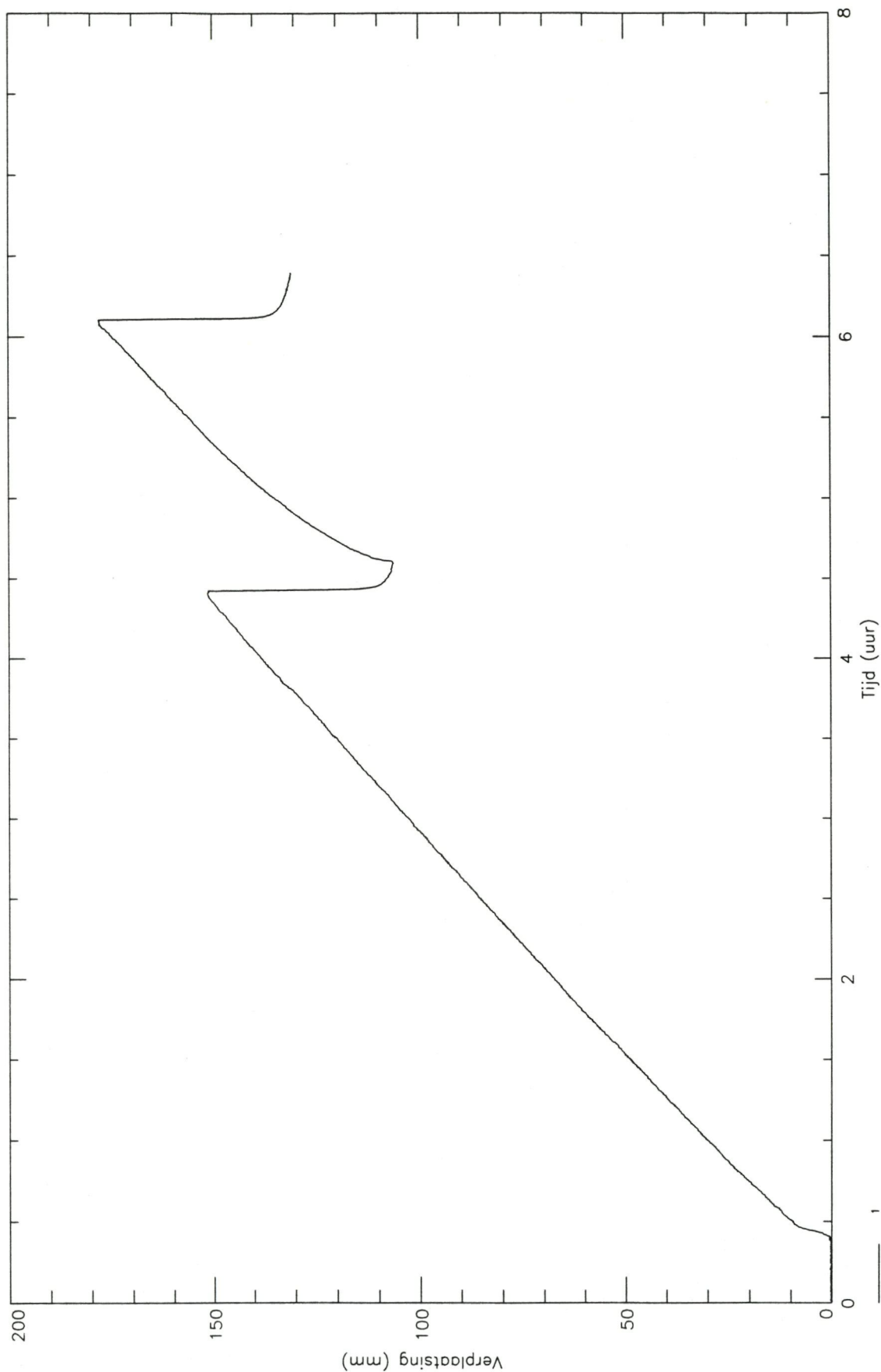
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing proefbuis

BIJL. 92

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HN1

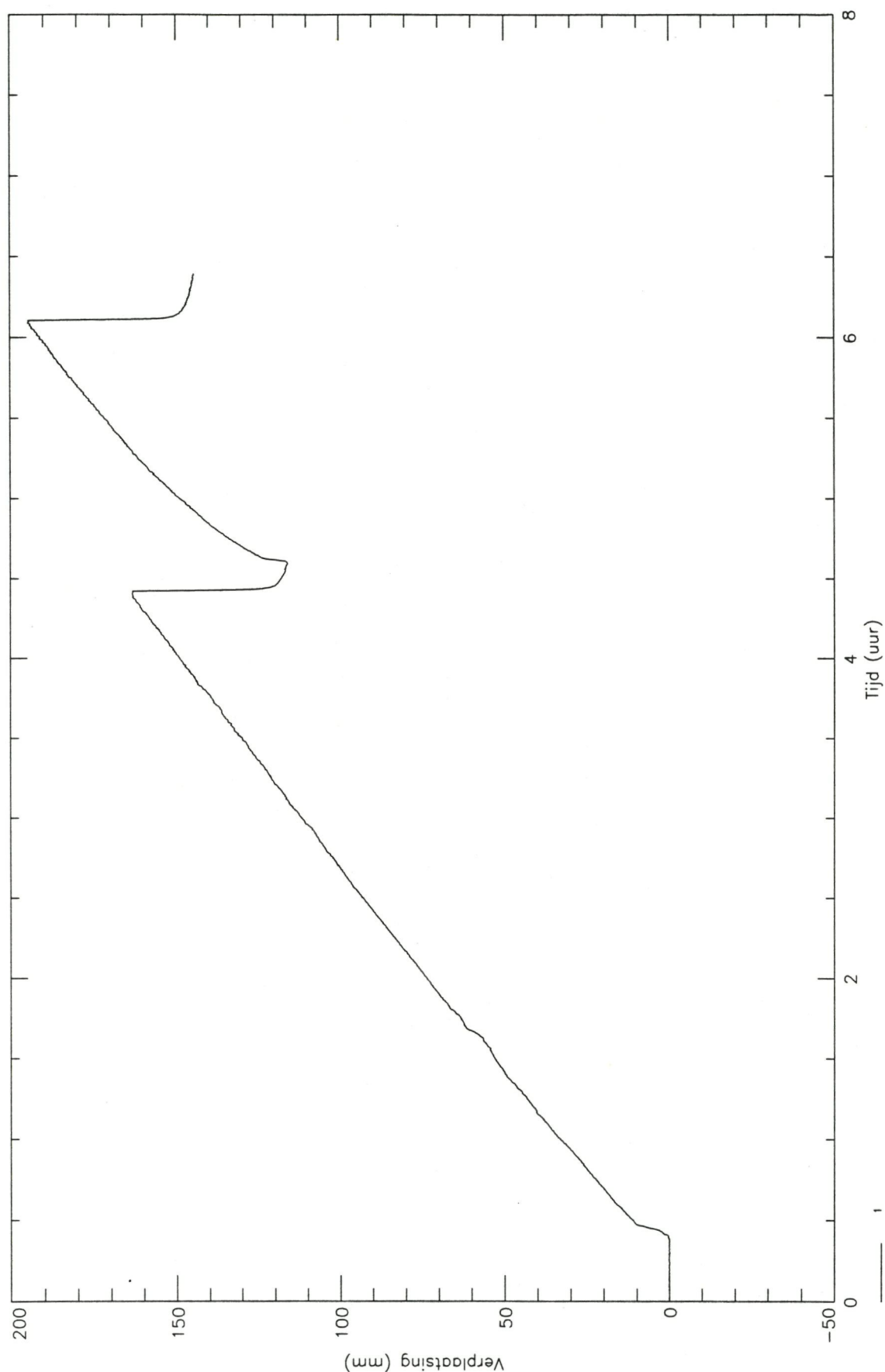
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram vijzelslag

BIJL. 93

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer HZ1

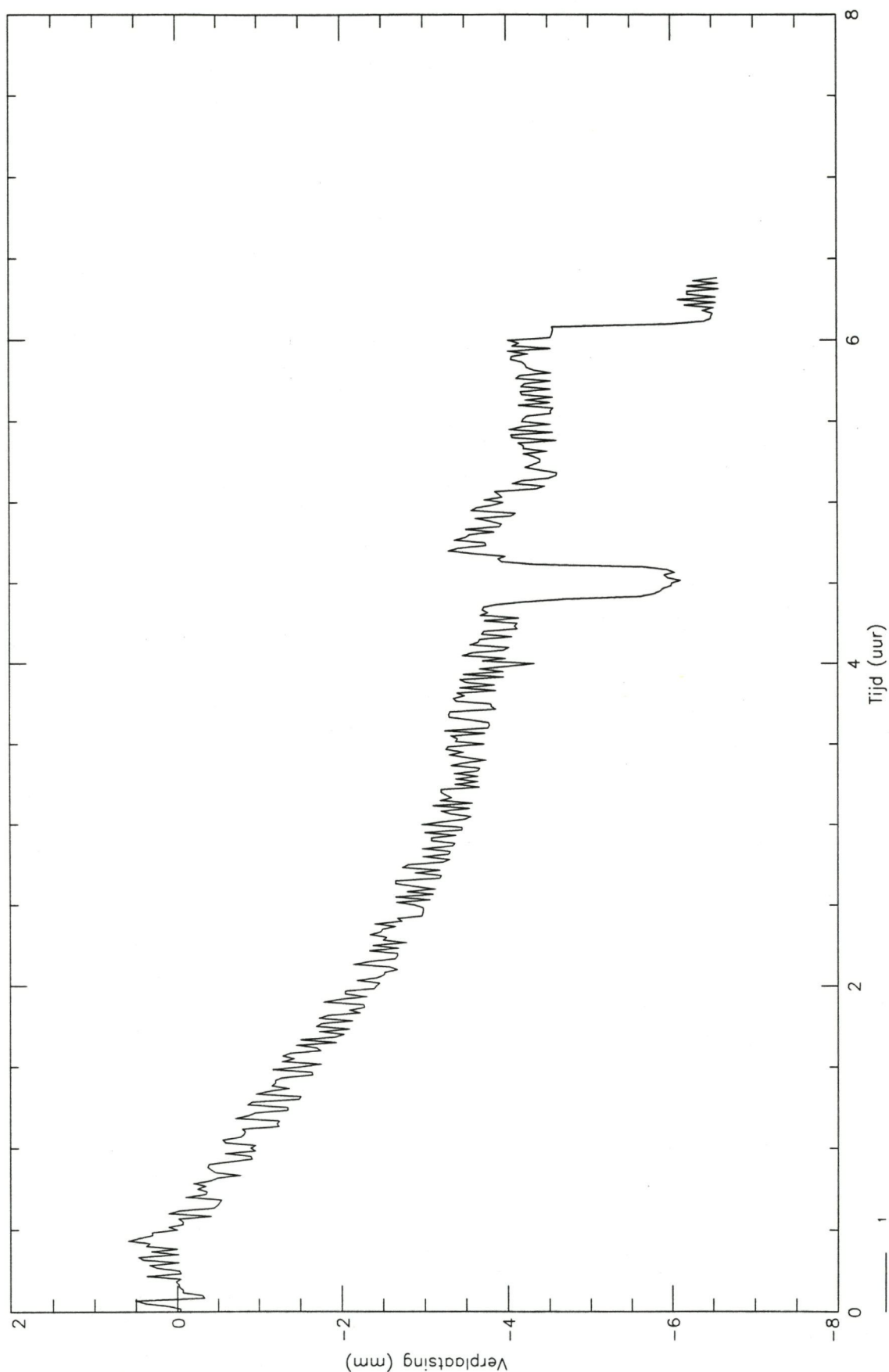
CO-350560

gez.

Tijd-verplaatsing diagram vijzelslag

BIJL. 94

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

gez.

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Verplaatsingsopnemer VN

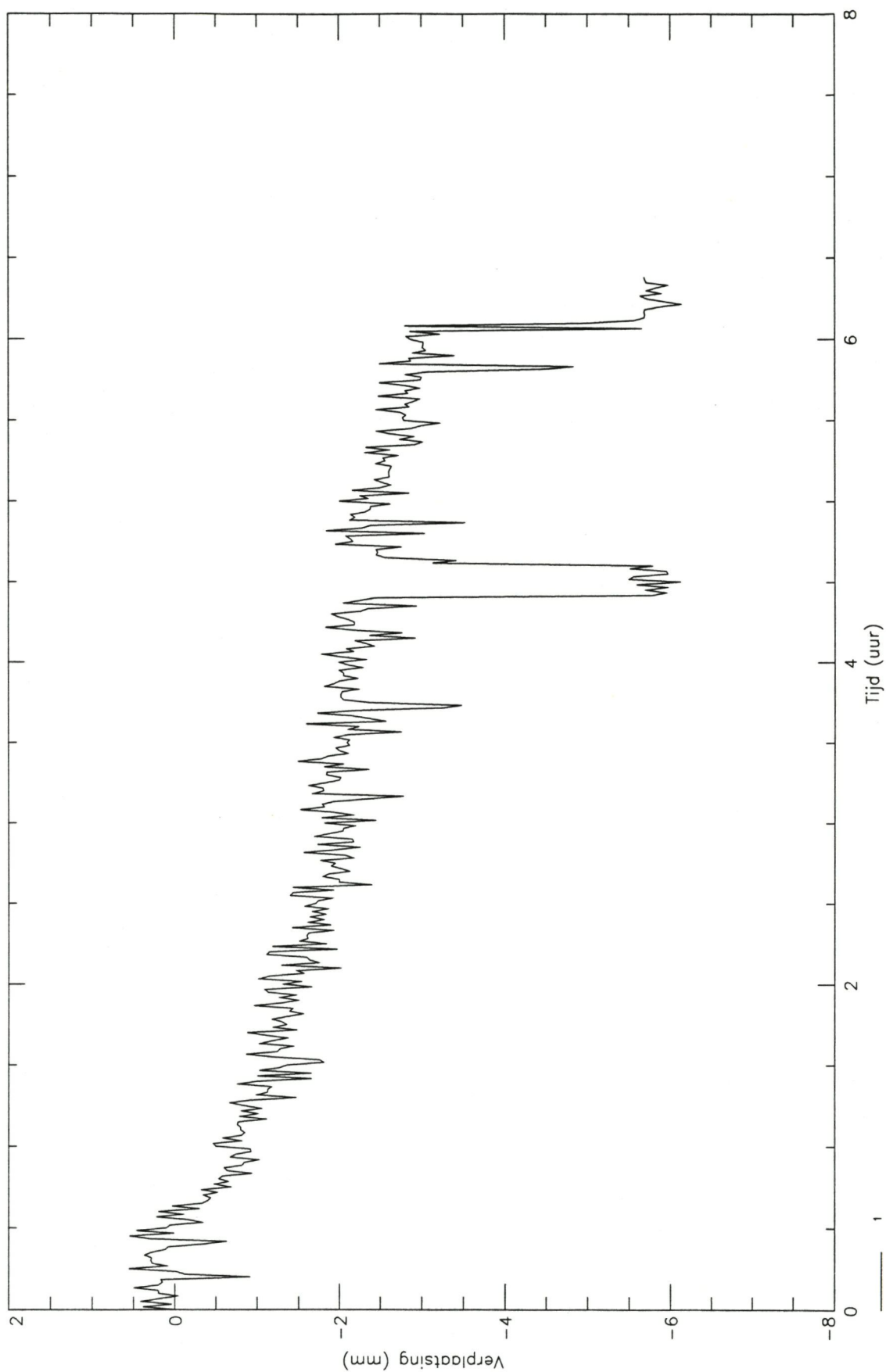
CO-350560

Tijd-verpl. diagram verticale verplaatsing stempel

BIJL. 95

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Verplaatsingsopnemer VZ

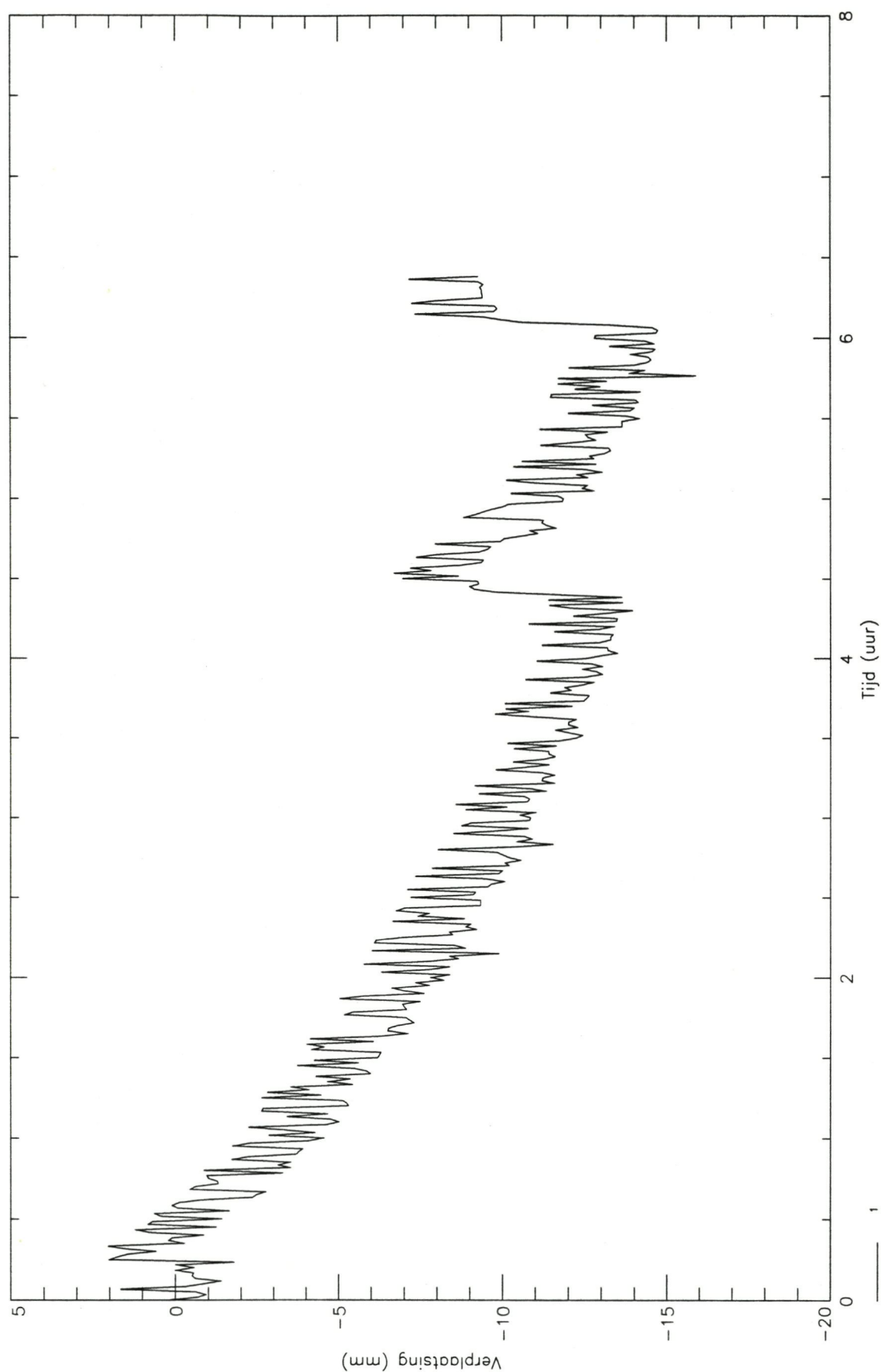
CO-350560

gez.

Tijd verpl. diagram verticale verplaatsing stempel

BIJL. 96

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Verplaatsingsopnemer VNB

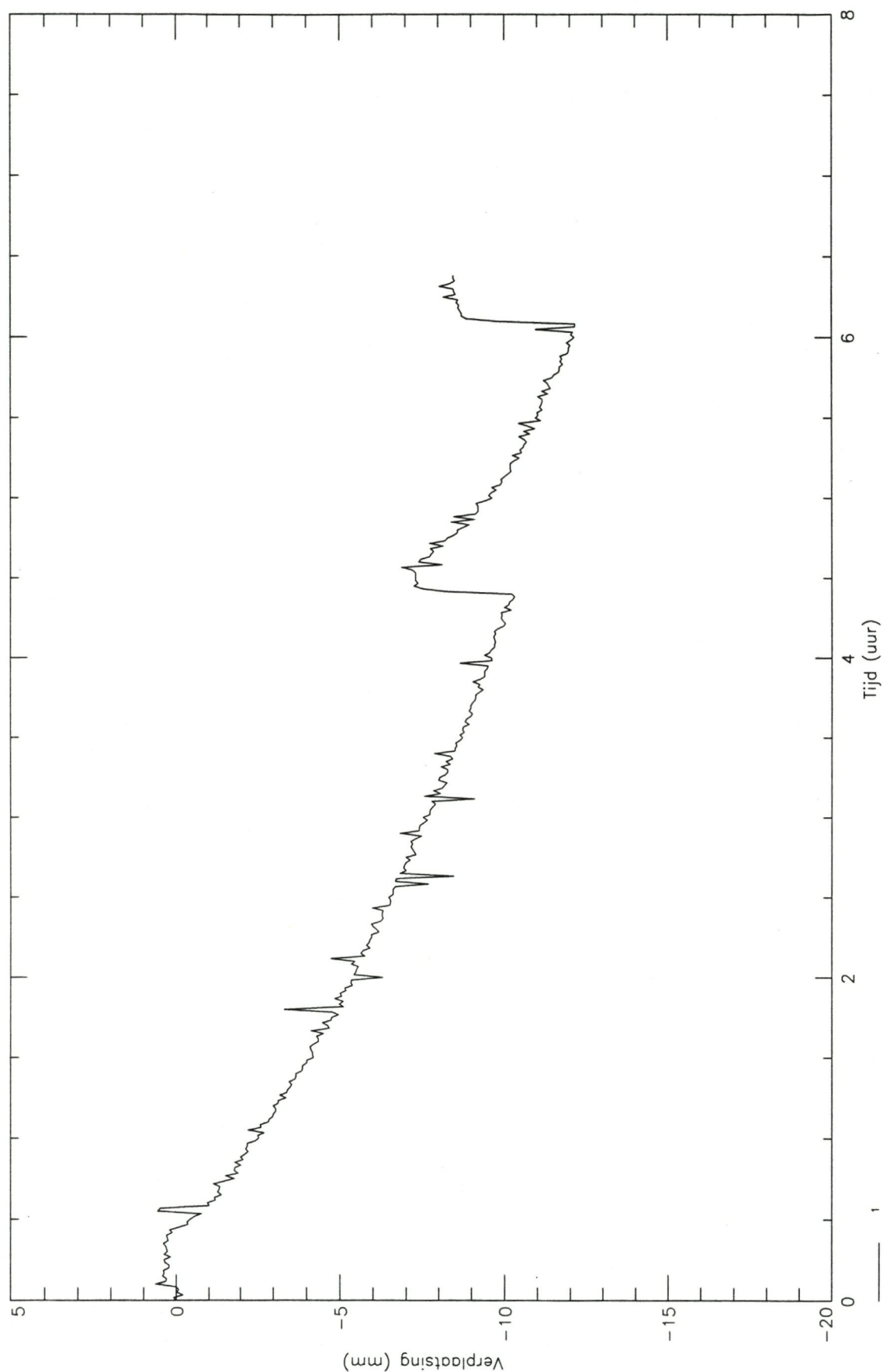
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 97

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Verplaatsingsopnemer VZB

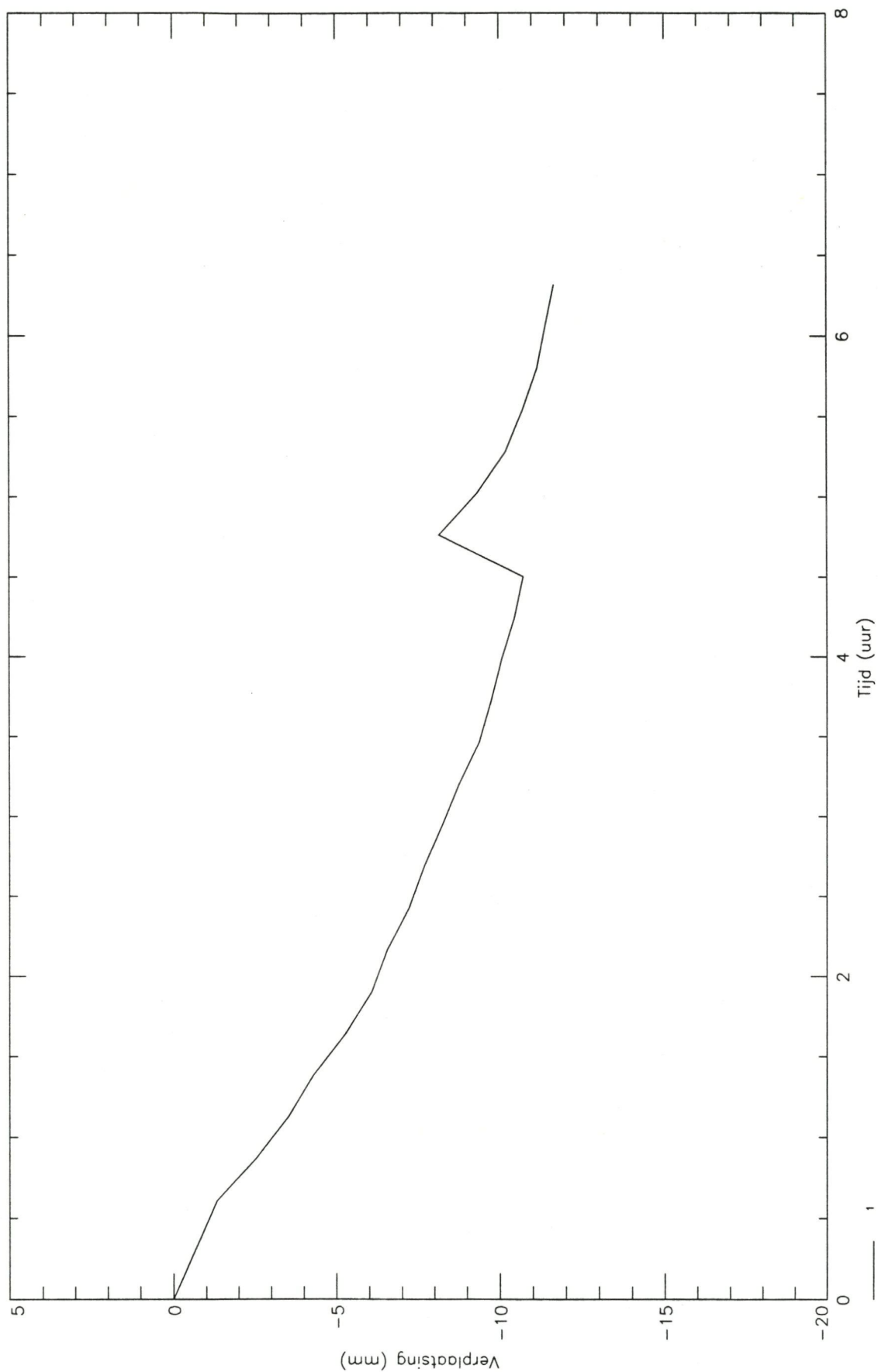
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 98

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Teiefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Waterpassing VZBN

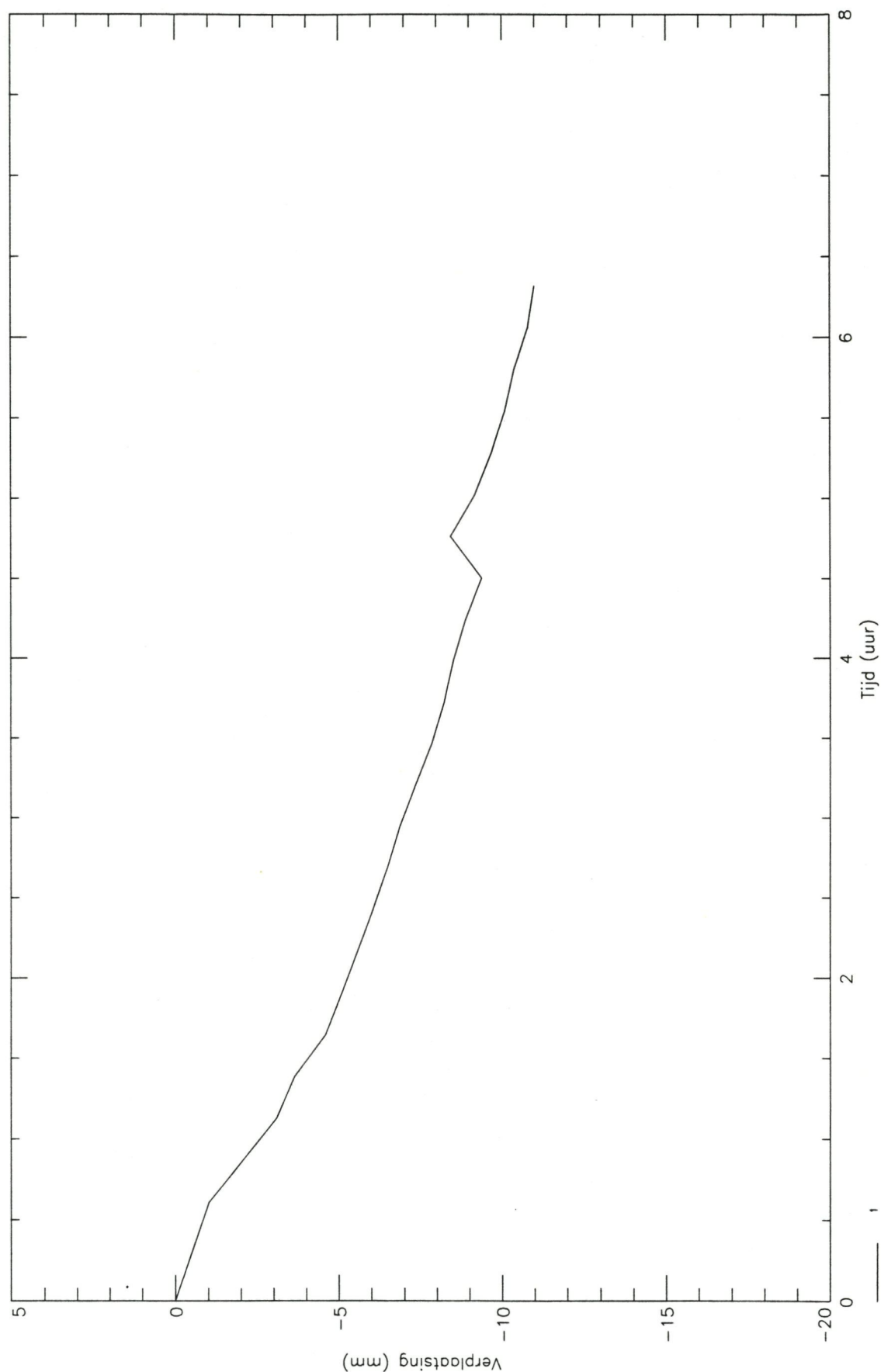
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 99

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Waterpassing VZBZ

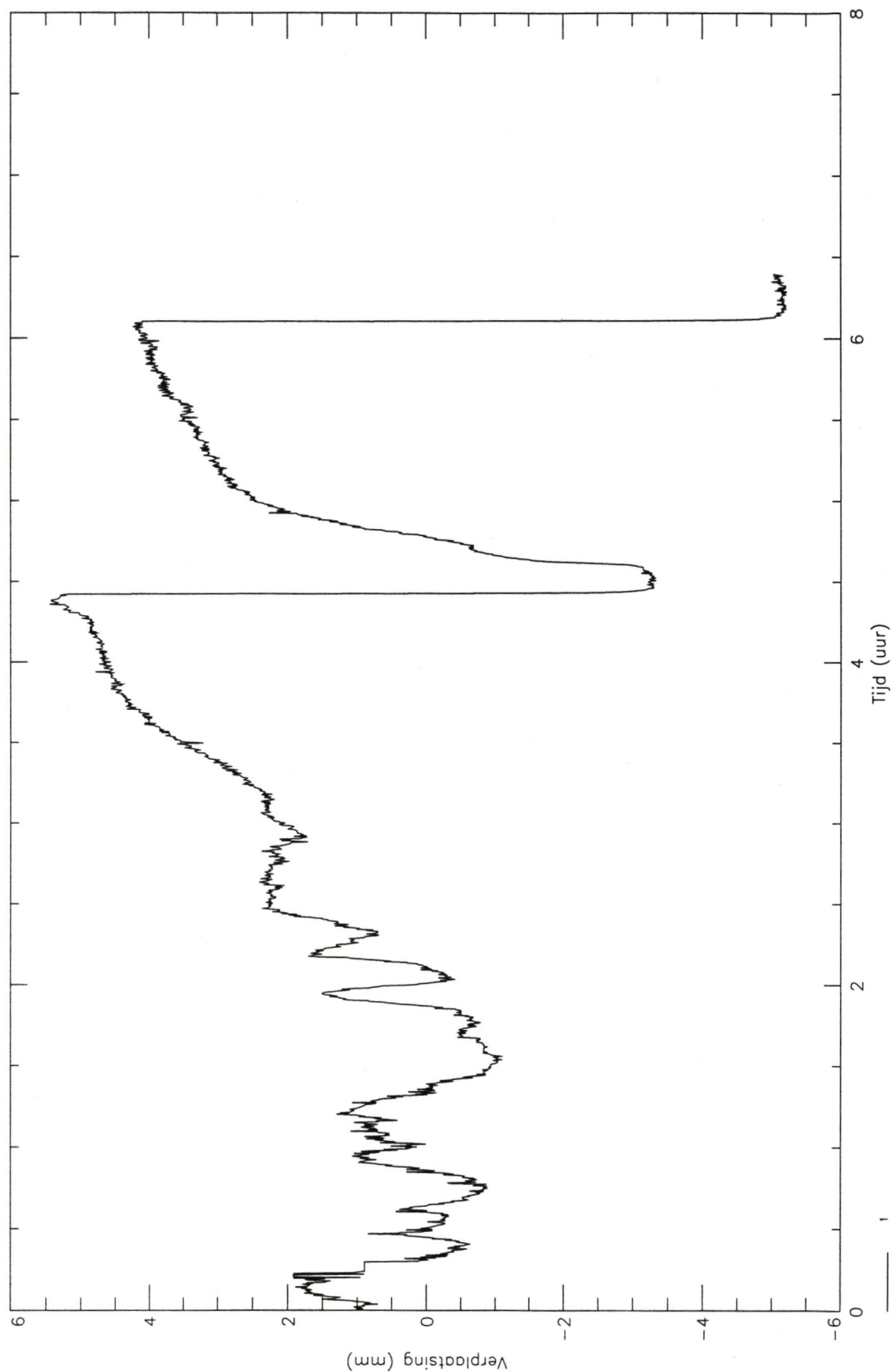
CO-350560

gez.

Verticale verplaatsing zakbaken

BIJL. 100

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Laserdetector HLDN

Horizontale verplaatsing damwand

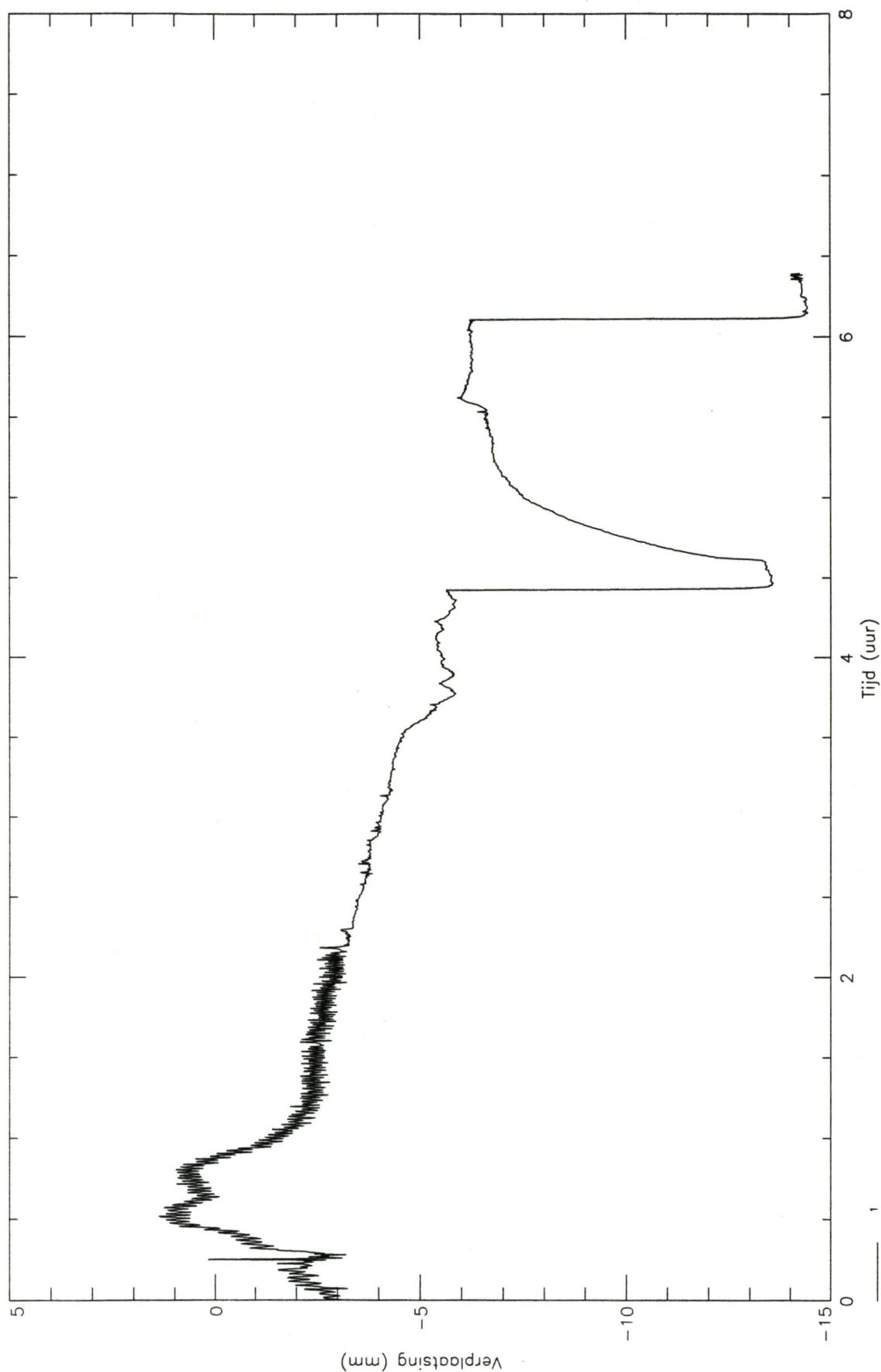
CO-350560

gez.

BIJL. 101

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Laserdetector HLDZ

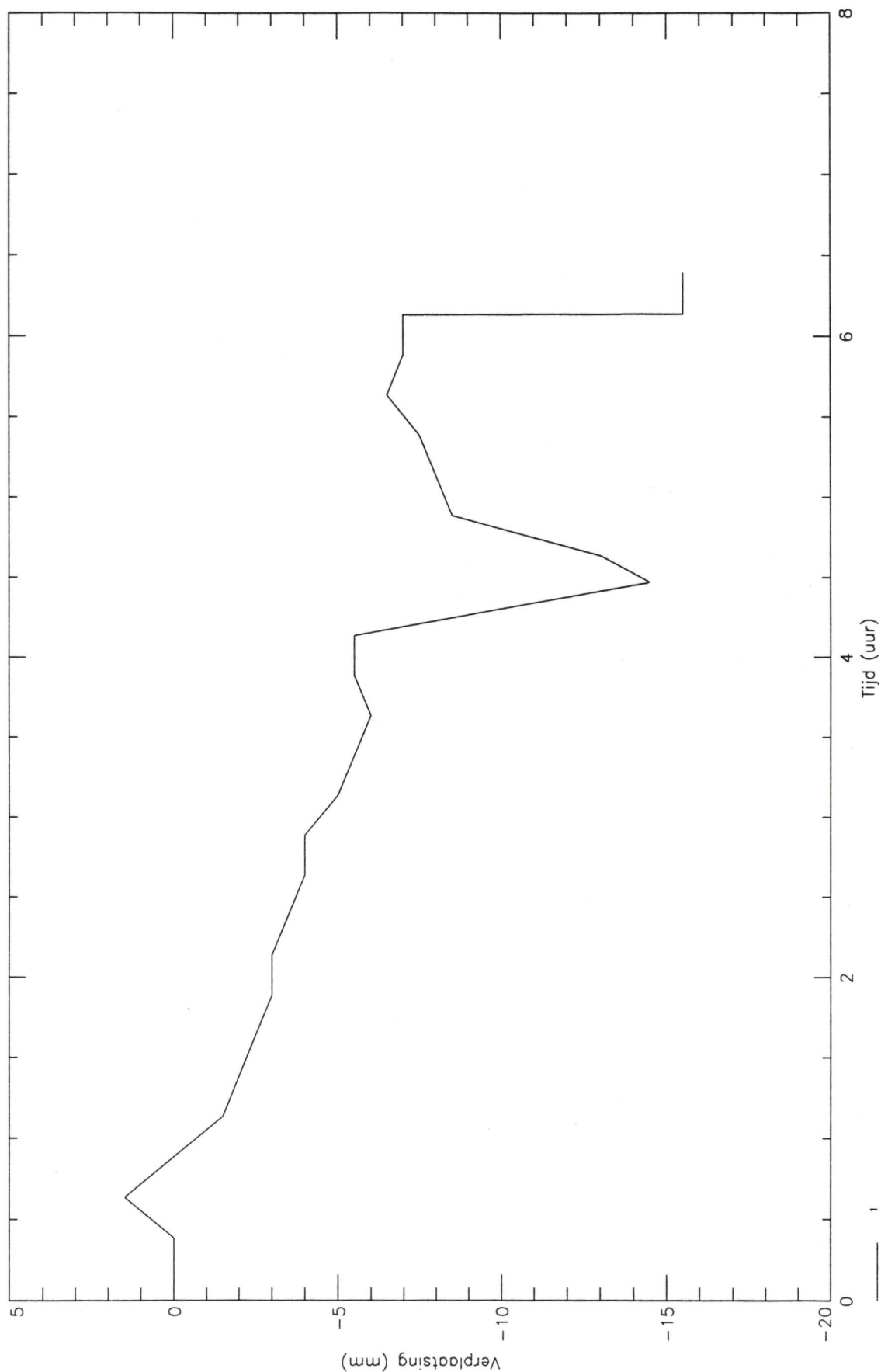
CO-350560

gez.

Horizontale verplaatsing damwand

BIJL. 102

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Verplaatsing HN

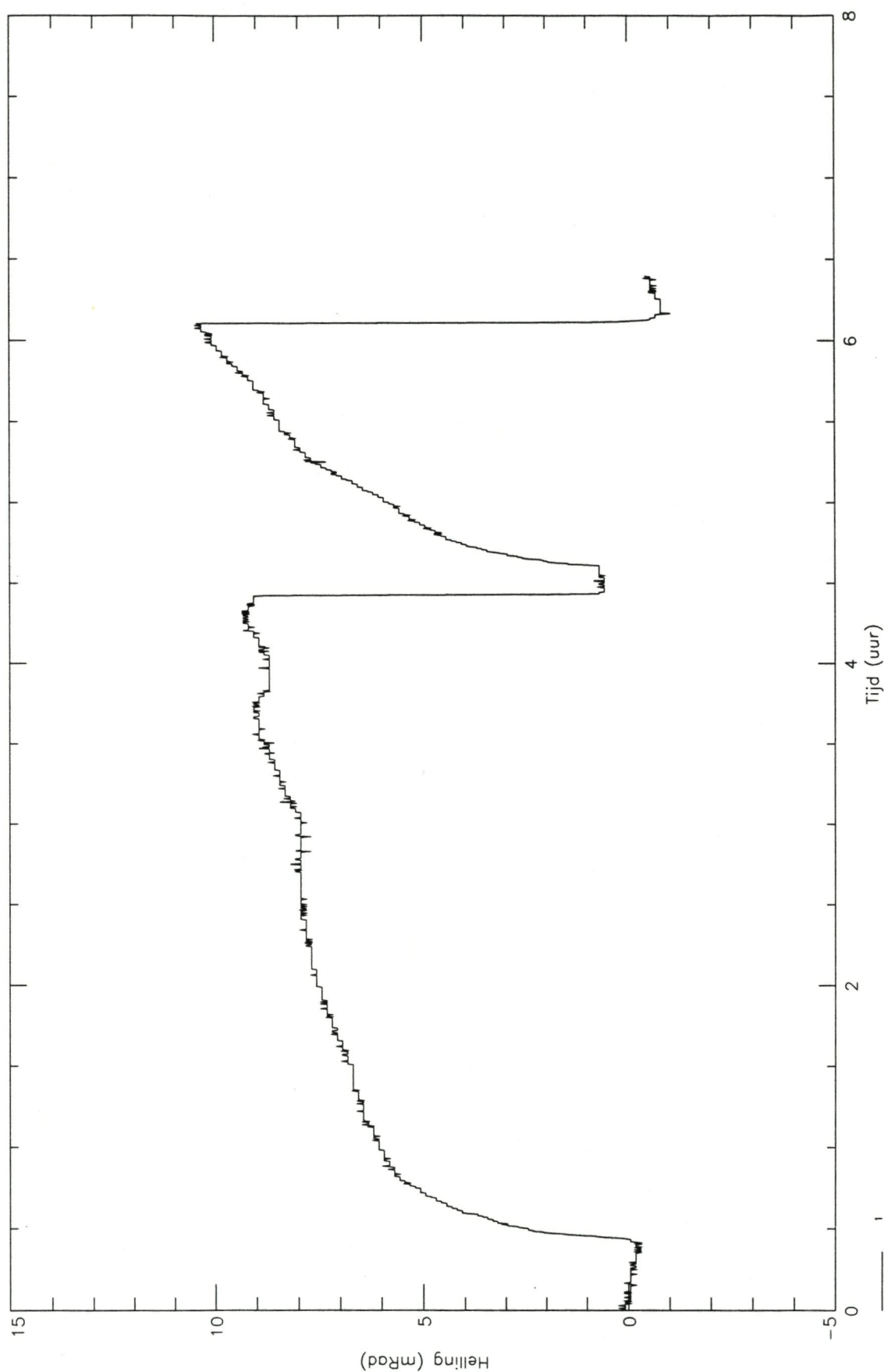
CO-350560

gez.

Theodoliet meting damwand

BIJL. 103

form.
A4



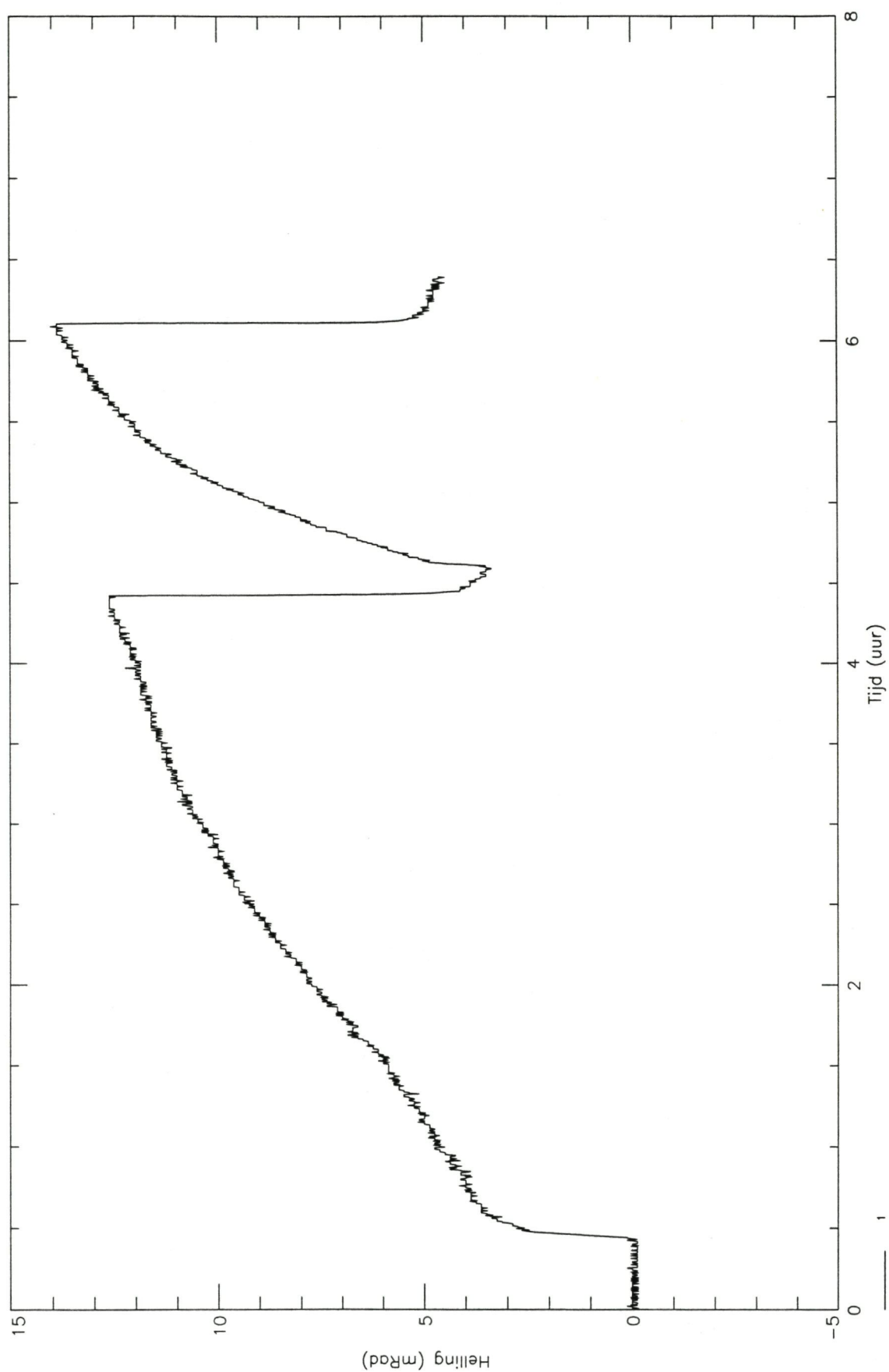
**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum	get.
94-10-20	WIJN
CO-350560	gez.
BIJL. 104	form. A4

HORizontale Buisbelastingproef in Zand
Helling ZBN Oost-west richting
Hoekverdraaiing van de zakkaken



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Helling ZBZ Oost-west richting

Hoekverdraaiing van de zakkaken

datum
94-10-20

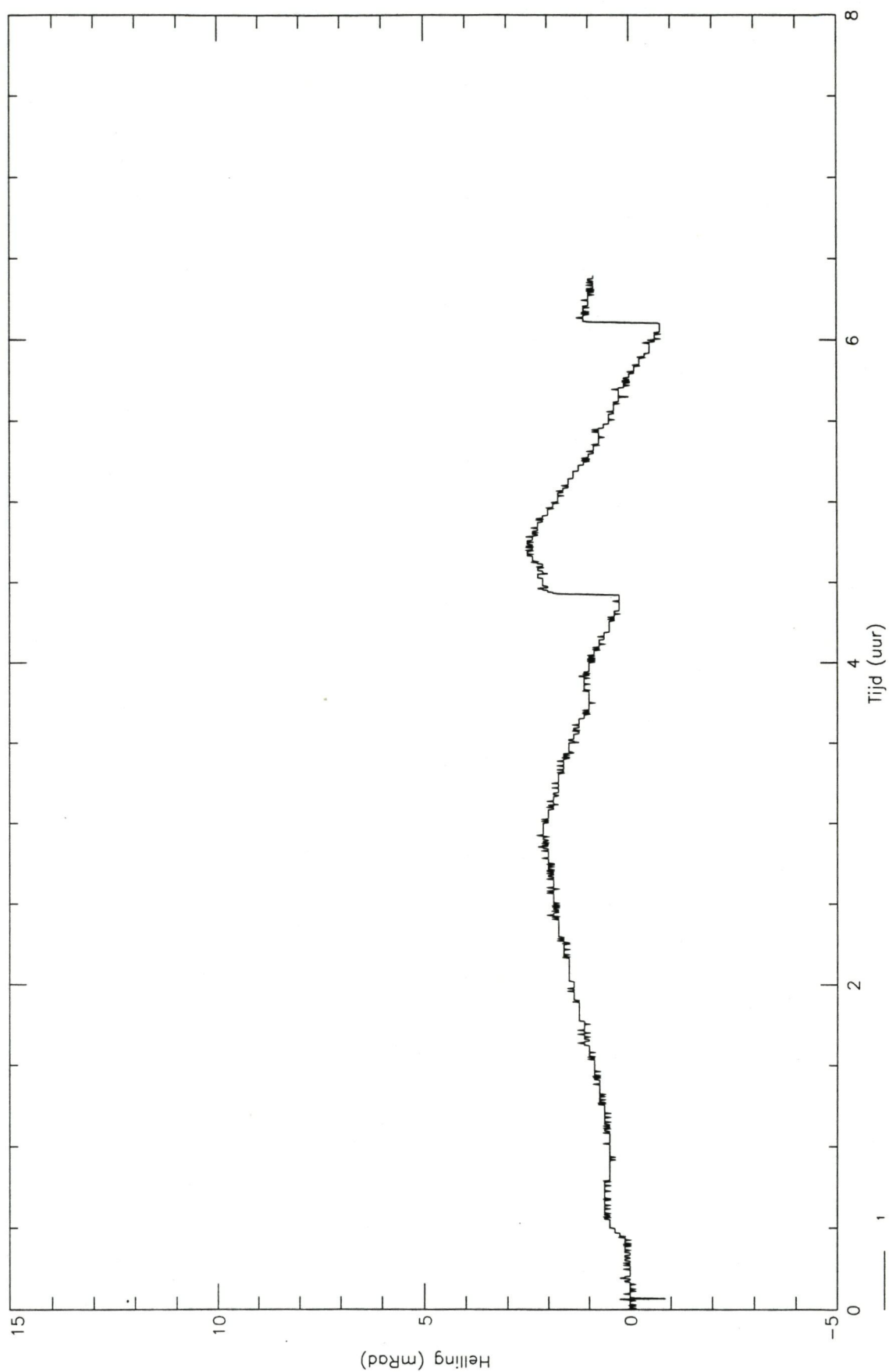
CO-350560

BIJL. 105

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Helling ZBN Noord-zuid richting

Hoekverdraaiing van de zakbaken

datum
94-10-20

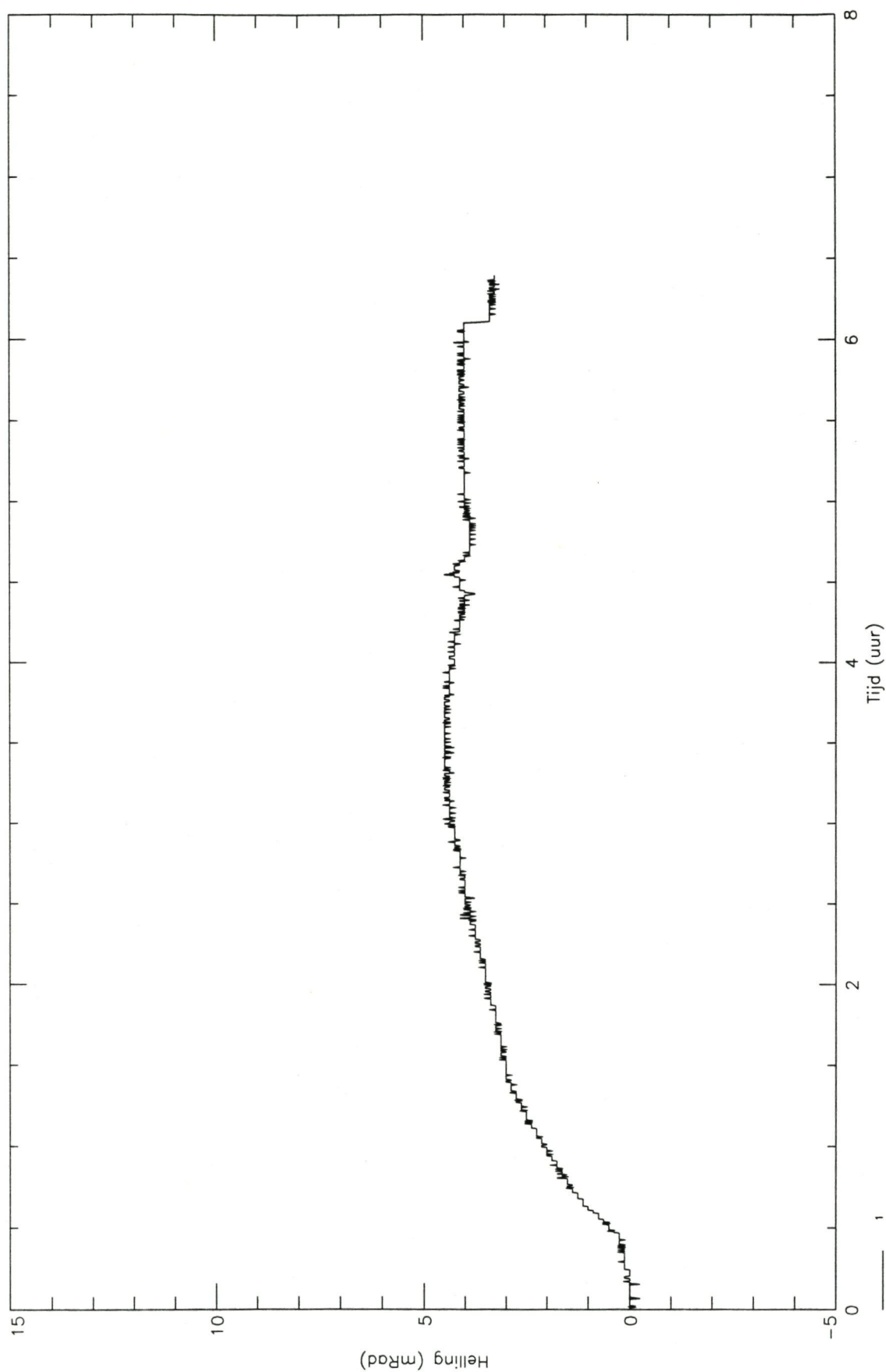
CO-350560

BIJL. 106

get.
WIJN

gez.

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Helling ZBZ Noord-zuid richting

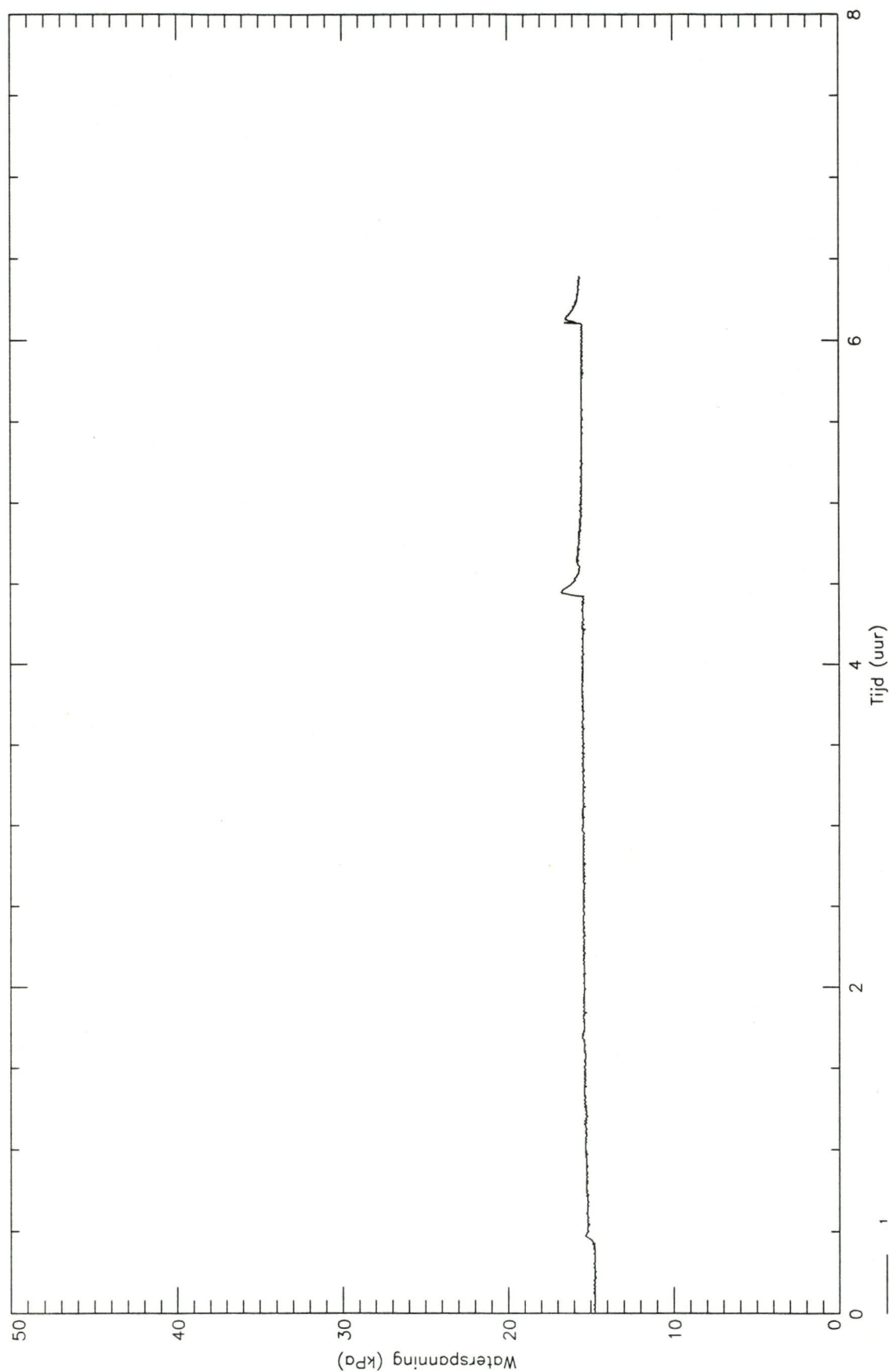
CO-350560

gez.

Hoekverdraaiing van de zakkaken

BIJL. 107

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

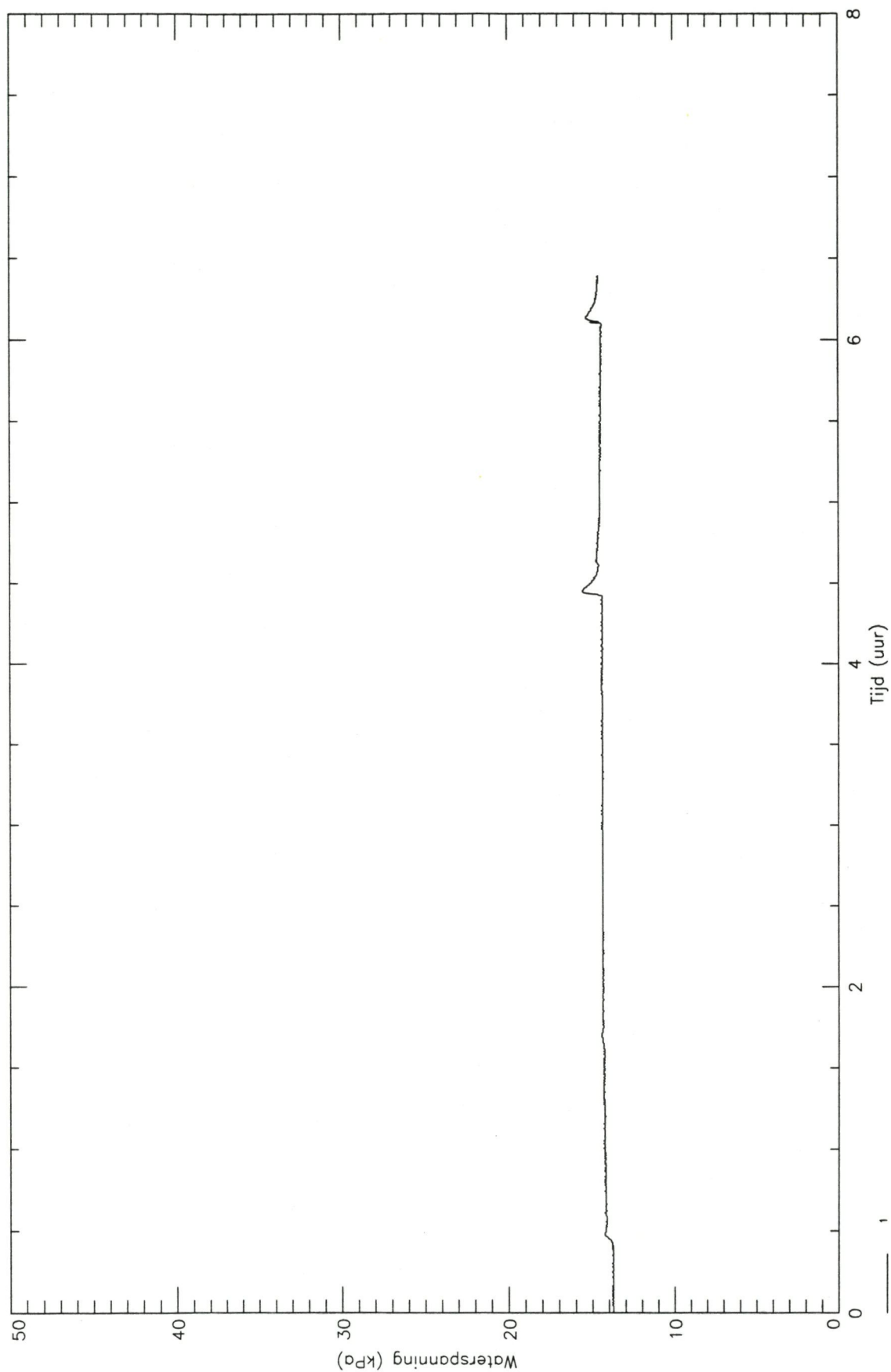
HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Waterspanningsmeter PR1
Verloop waterspanning achter de proefbuis

CO-350560

gez.

BIJL. 108

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Waterspanningsmeter PR2

Verloop waterspanning achter de proefbuis

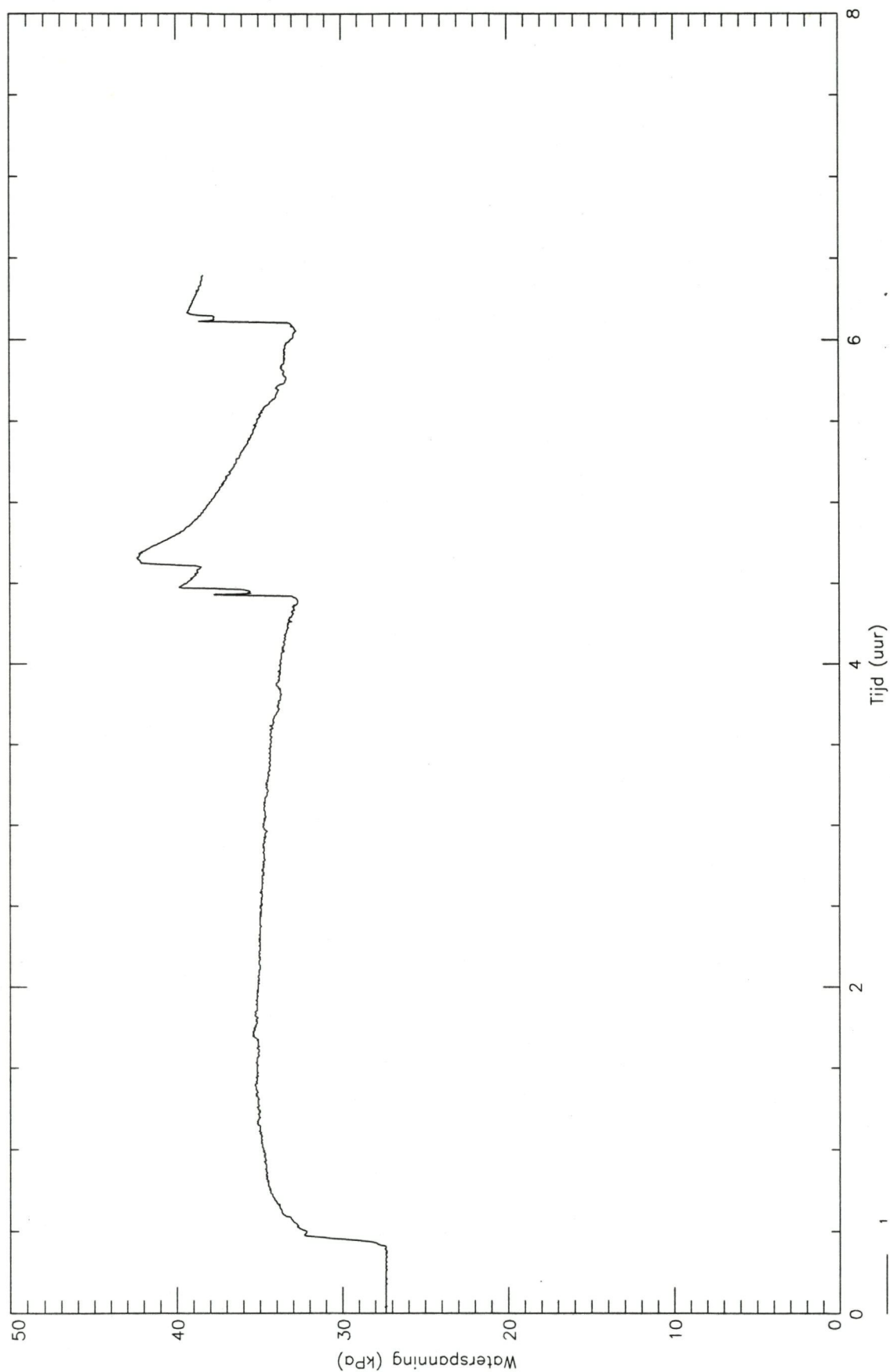
CO-350560

gez.

BIJL. 109

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Waterspanningsmeter PR3

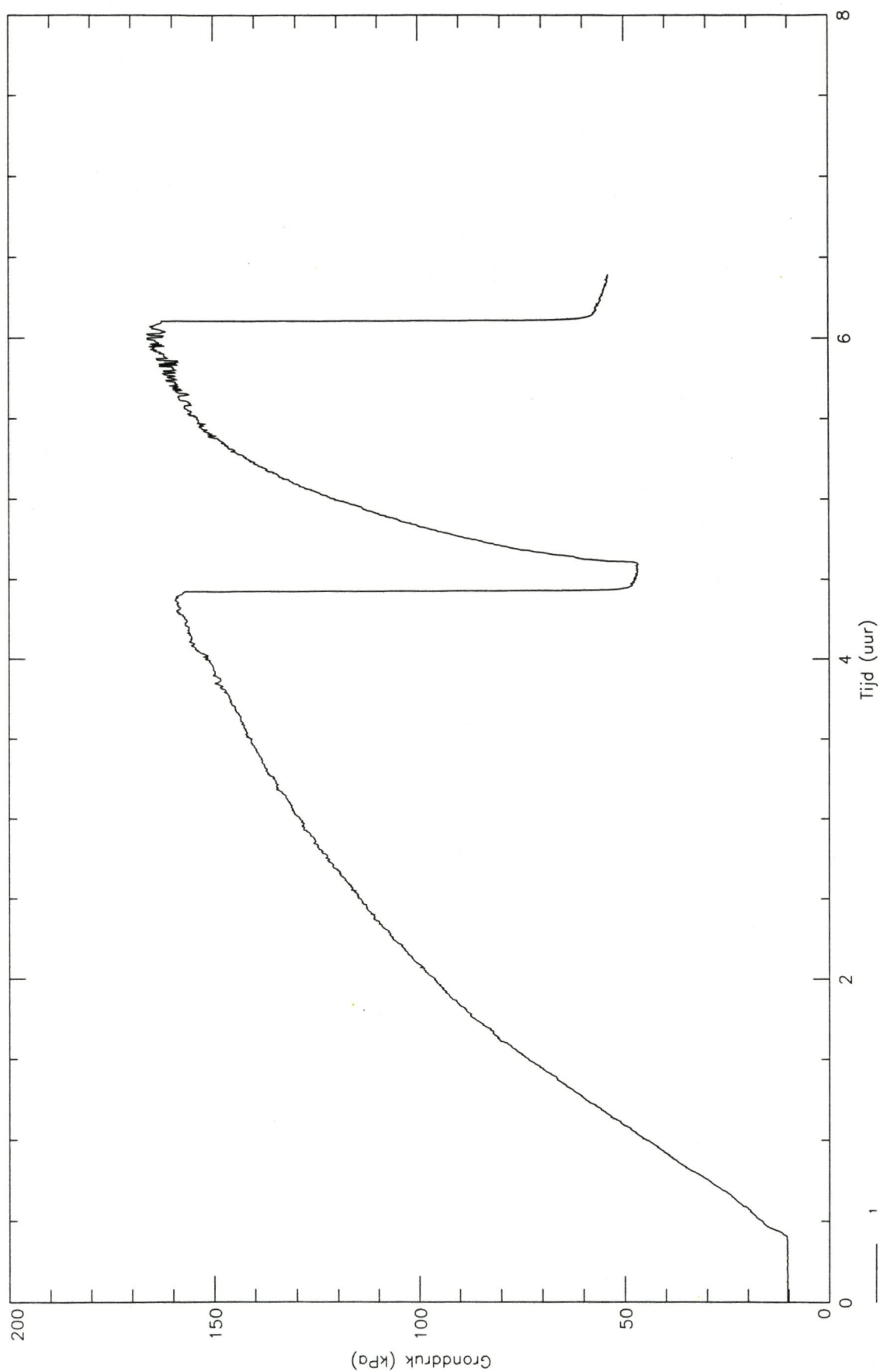
Verloop waterspanning achter de proefbuis

CO-350560

gez.

BIJL. 110

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer N1

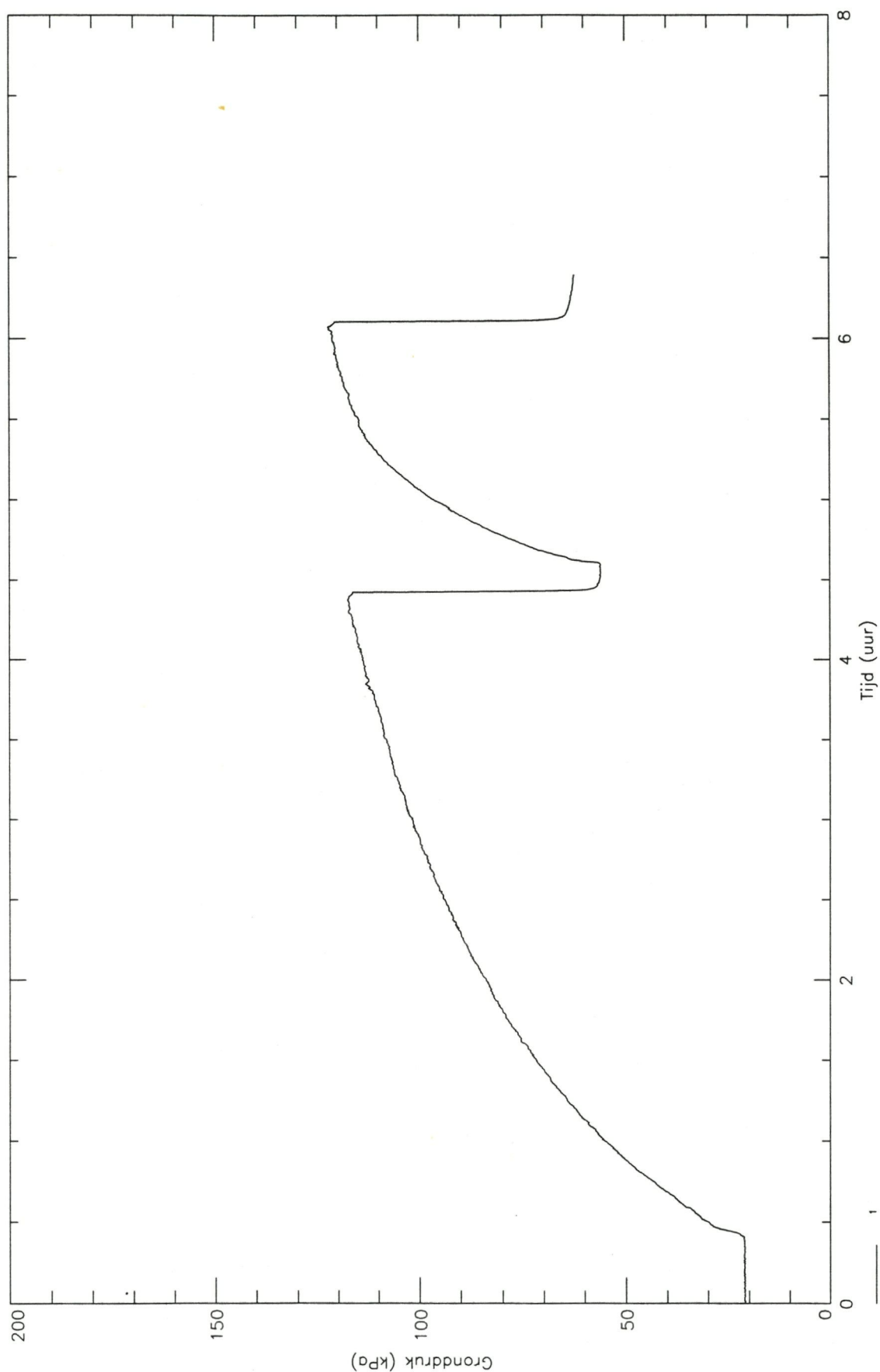
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 111

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gronddrukopnemer N2

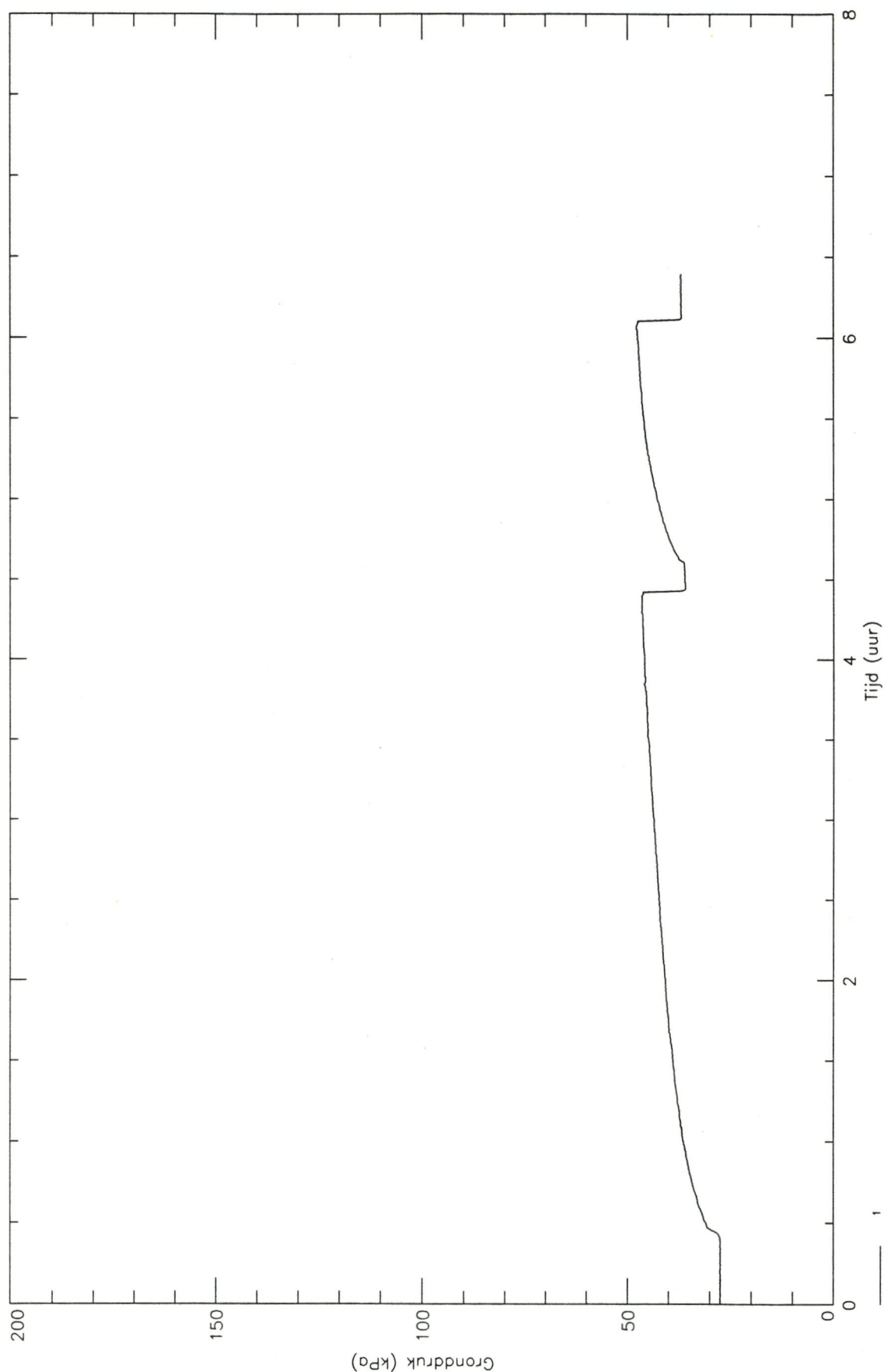
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 112

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum
94-10-20

get.
WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND
Gronddrukopnemer N3

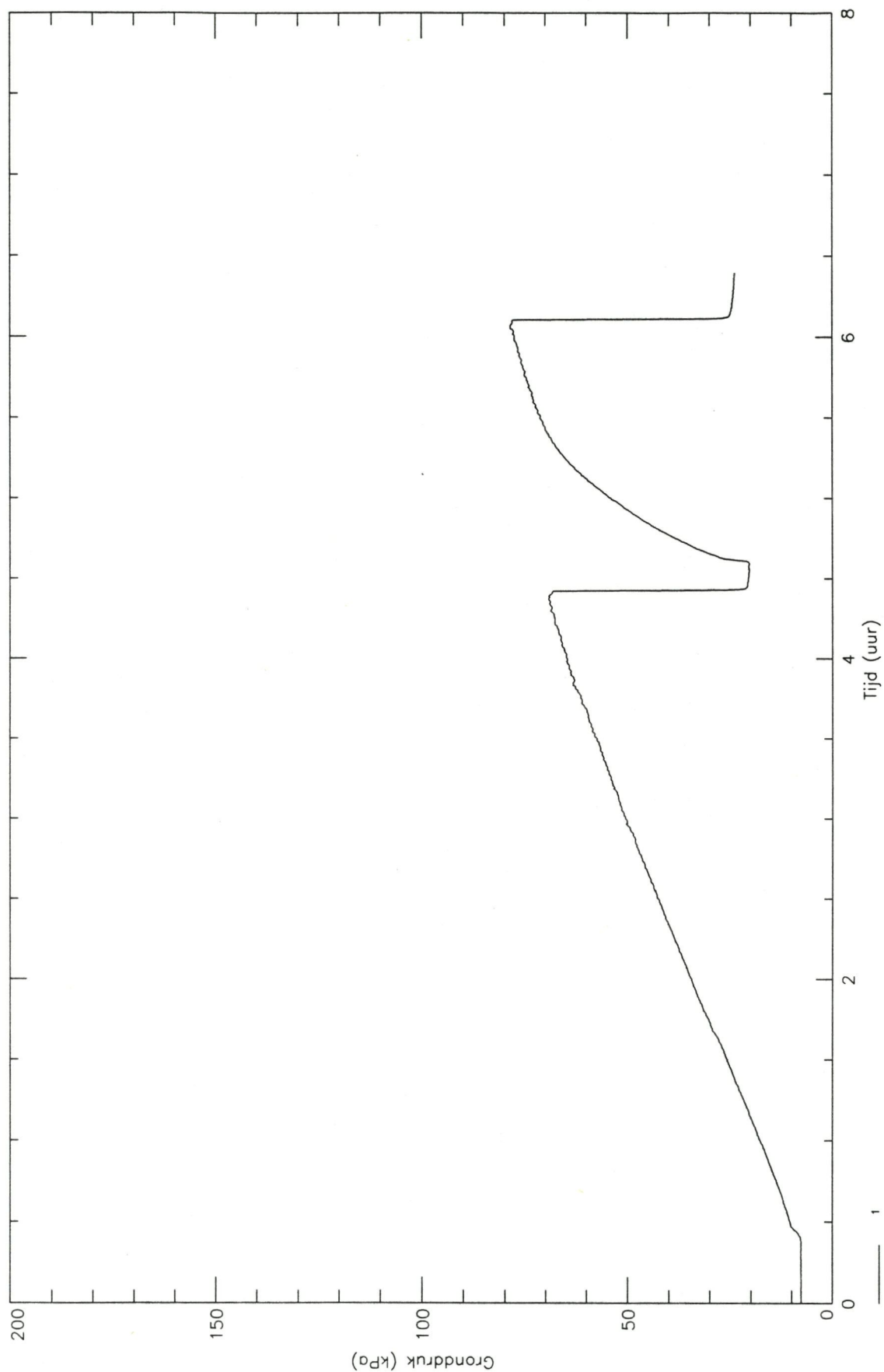
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 113

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer M1

CO-350560

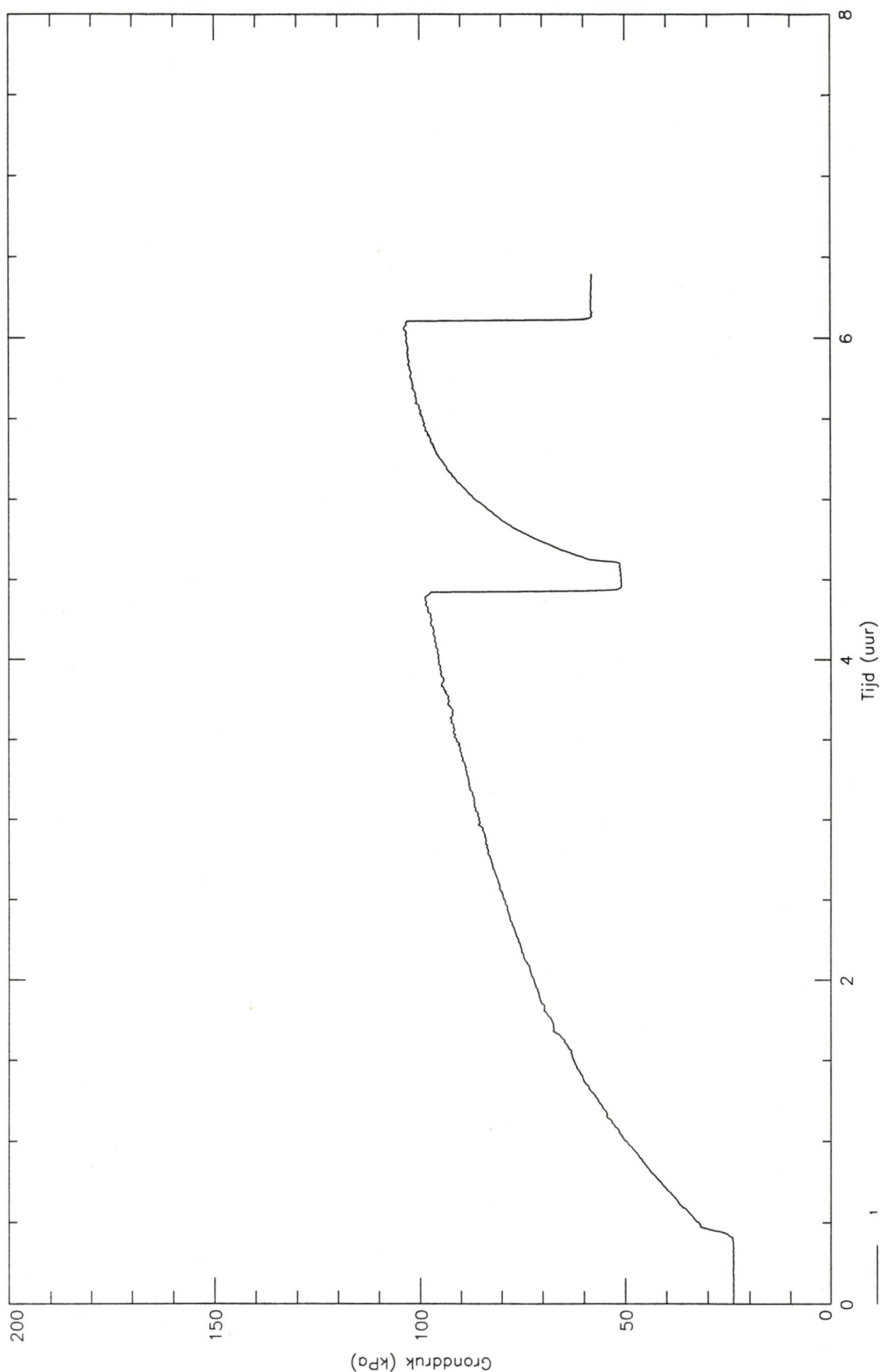
gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 114

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer M2

CO-350560

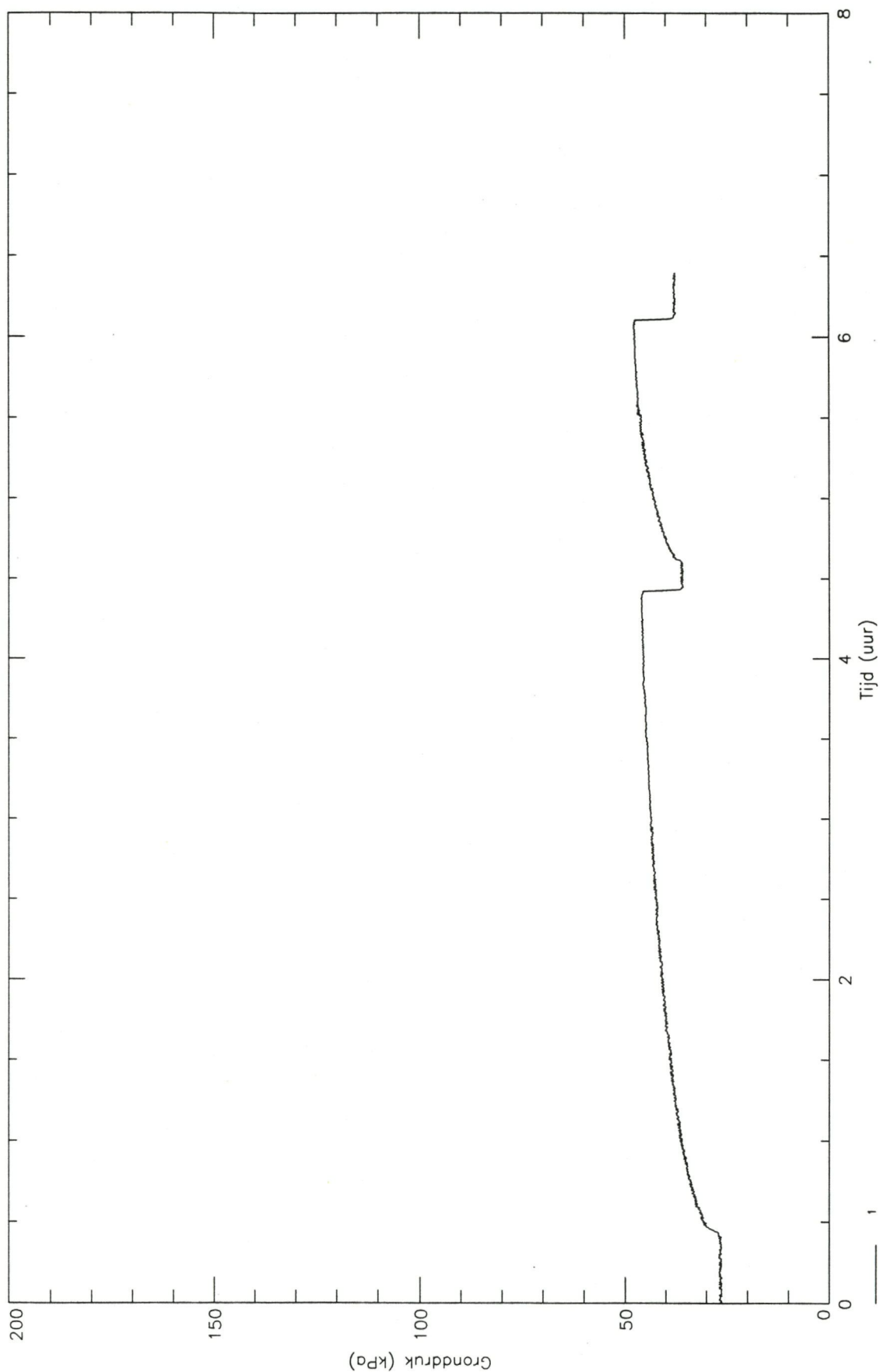
gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 115

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer M3

CO-350560

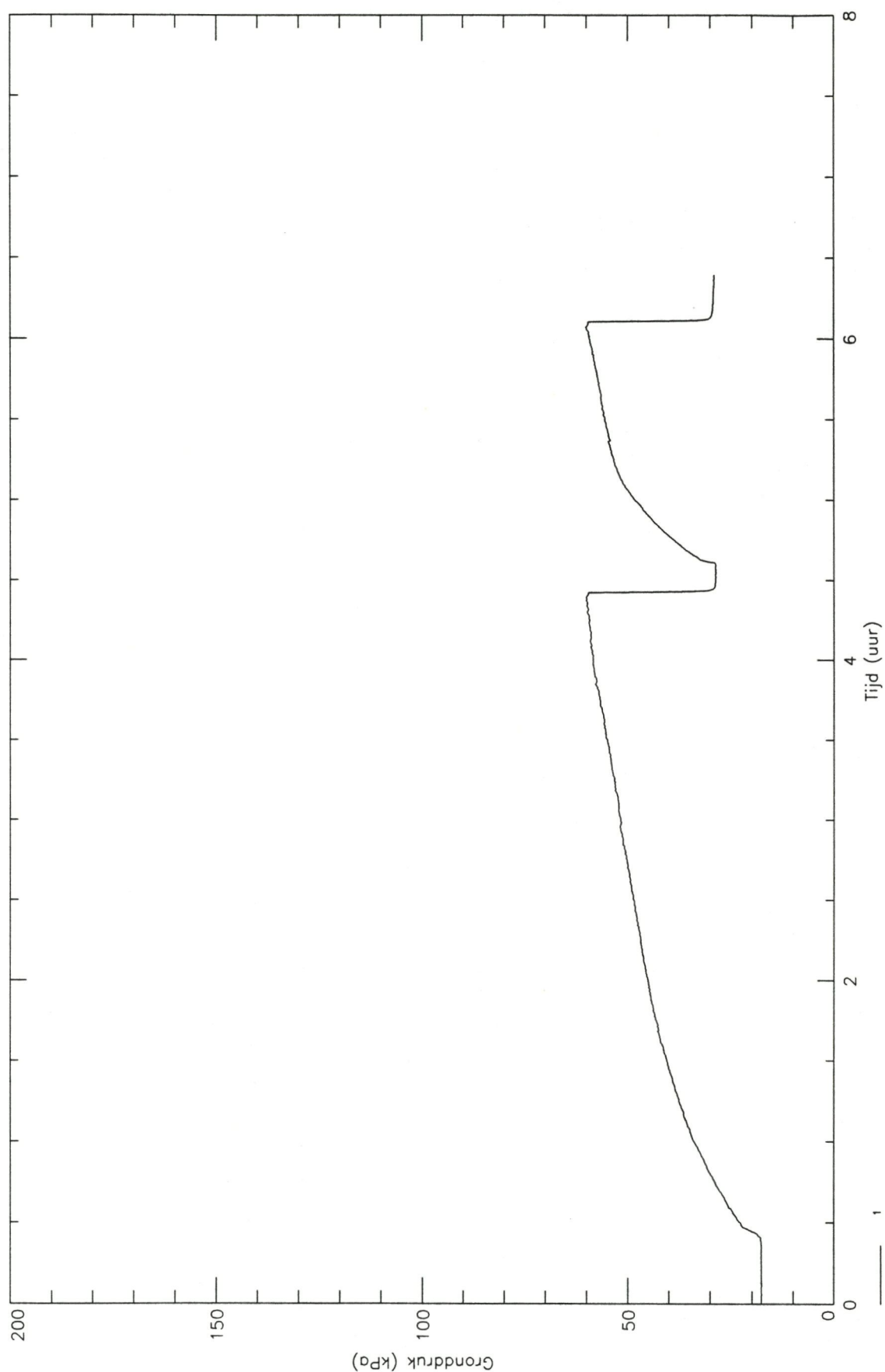
gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 116

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Grondrukopnemer Z1

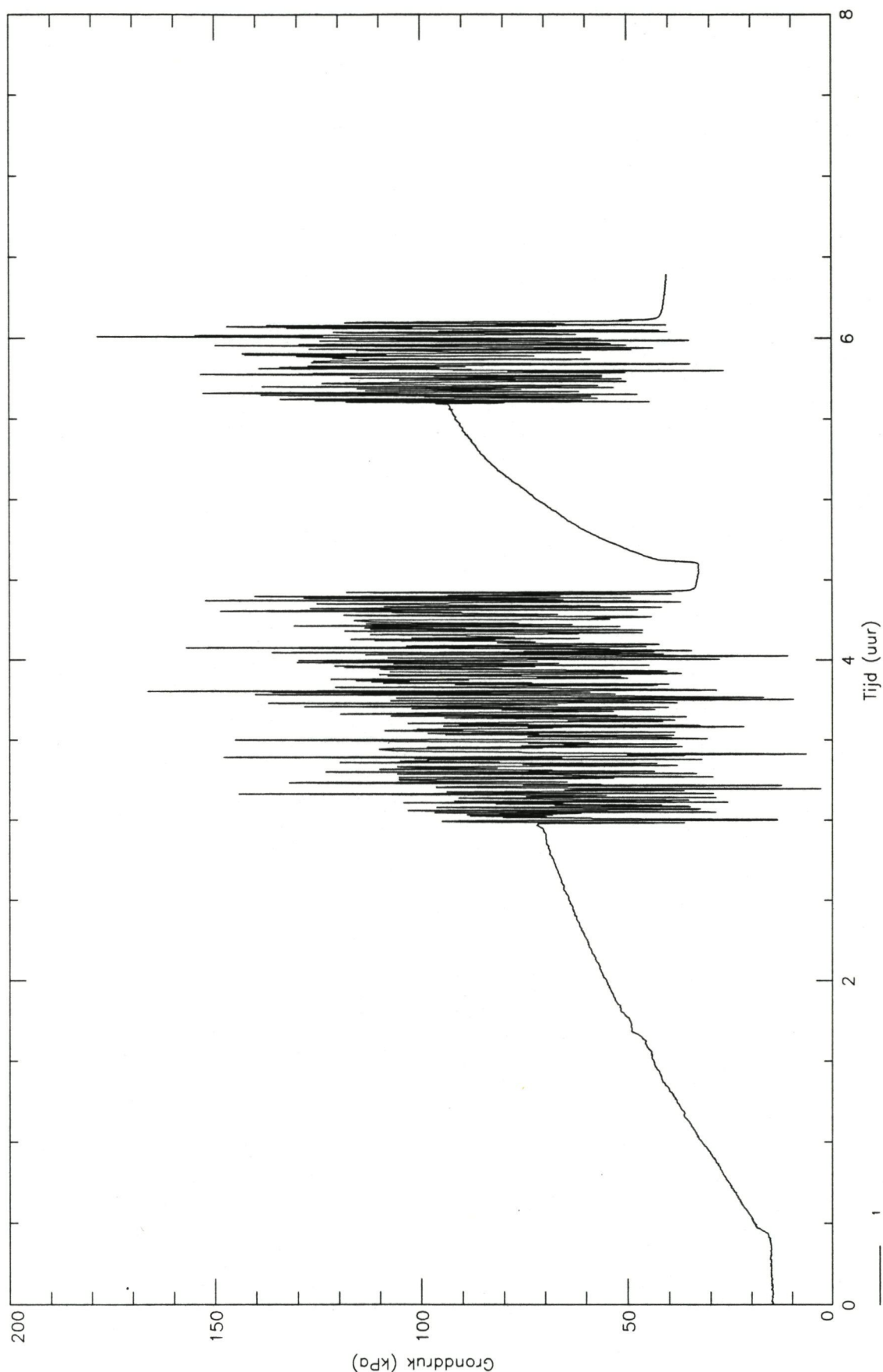
CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 117

form.
A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

gez.

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer Z2

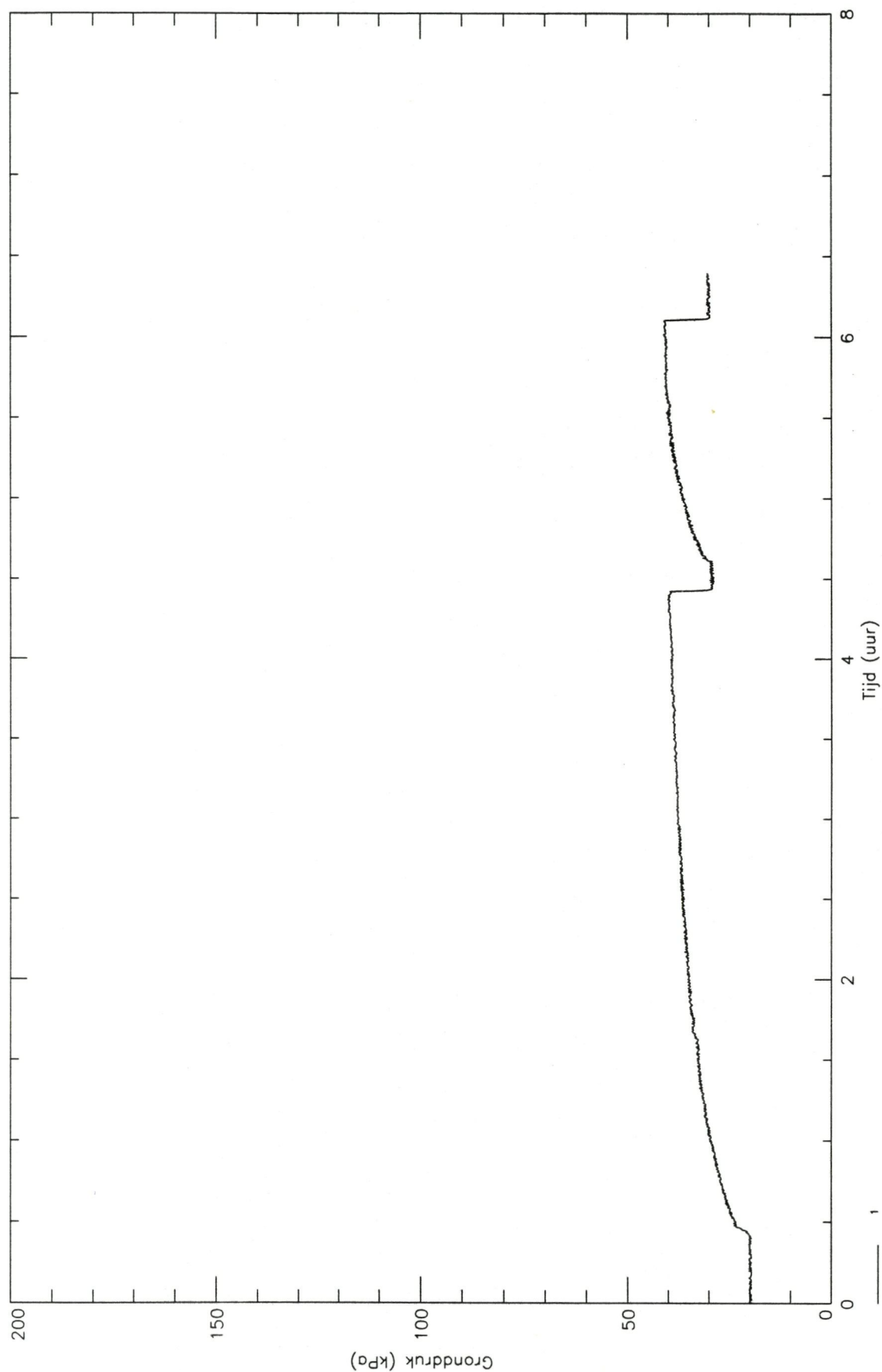
Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

CO-350560

BIJL. 118

form.

A4



**GRONDMECHANICA
DELFT**

Postbus 69
2600 AB Delft Nederland

Telefoon (015) 69 35 00
Telefax (015) 61 08 21

datum

94-10-20

get.

WIJN

HORIZONTALE BUISBELASTINGPROEF IN ZAND

Gronddrukopnemer Z3

CO-350560

gez.

Verloop horizontale gronddruk achter de proefbuis

BIJL. 119

form.
A4



Stieltjesweg 2
Postbus 69, 2600 AB Delft
Telefoon 015 - 69 35 00
Telefax 015 - 61 08 21