

inv P2DT-B-98617

Aan

Projectbureau Zeeland  
t.a.v. de heer J. van der Meulen  
Postbus 114  
4460 AC Goes

06 NOV 1998

van

A. Plooster

Datum

5-11-1998

Onderwerp

Trekproeven Walsvoorden

Doorkiesnummer

015-2518387

Bijlage(n)

1

Het bijgaande wordt u toegezonden

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> conform afspraak                         | <input type="checkbox"/> gaarne reactie voor    |
| <input type="checkbox"/> met verwijzing naar                      | <input type="checkbox"/> om te behouden         |
| <input type="checkbox"/> met verzoek de behandeling over te nemen | <input type="checkbox"/> gaarne retour voor     |
| <input type="checkbox"/> met verzoek om advies                    | <input type="checkbox"/> met dank voor inzage   |
| <input type="checkbox"/> met verzoek om commentaar                | <input type="checkbox"/> conform verzoek retour |
| <input type="checkbox"/> te uwer informatie                       |   |

\* conform afspraak met dhr. Stijters (Green Banks etc.) zend ik  
je hierbij het eindverslag van de gehouden trekproeven dit jaar  
in Walsvoorden

m. vr. gr.,





002252 1998 PZDT-B-98617 inv  
Trekproeven Walsoorden

inv. P2DT-R-gd617

**FUGRO**

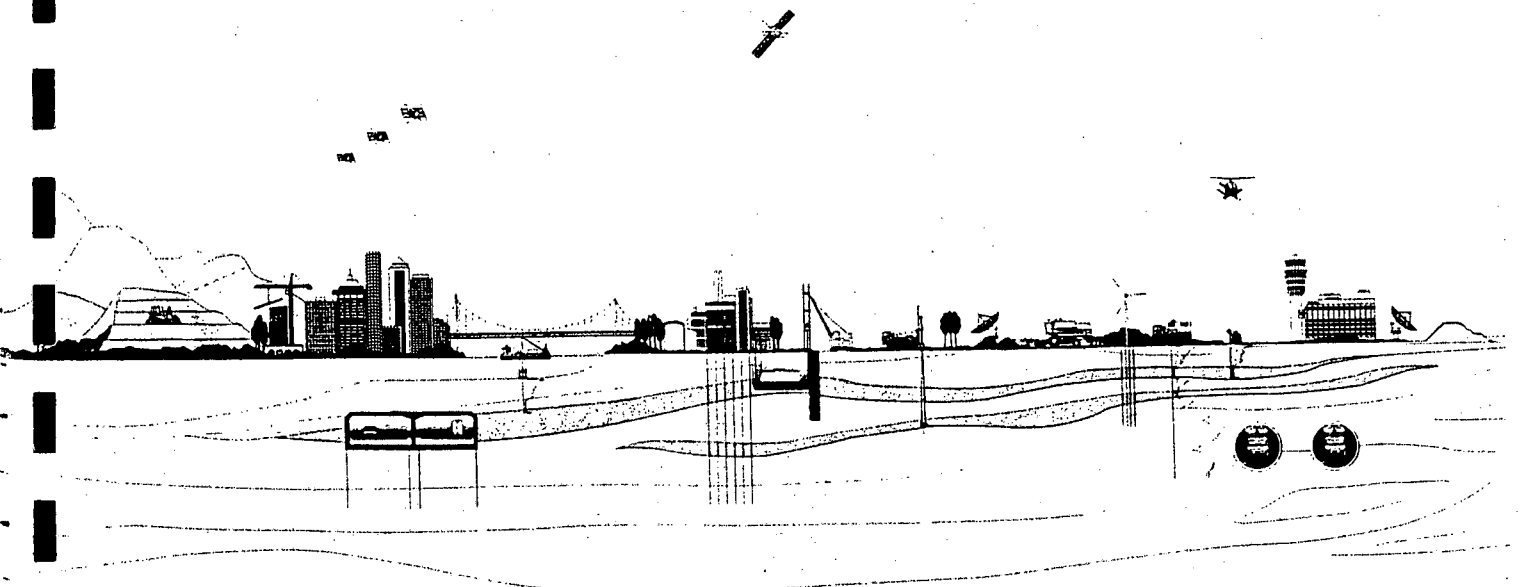
**FUGRO INGENIEURSBUREAU B.V.**

Rapport  
betreffende

TREKPROEVEN  
ZEEDIJKEN WALSOORDEN

- Voorjaar 1998 -

Opdrachtnummer: N-0550  
Opdrachtnummer RWS: DWW 1413



INHOUD	Blz.:
INLEIDING .....	1
1.1 Algemeen.....	1
1.2 Opzet van het rapport .....	2
2. PROJECTOMSCHRIJVING .....	3
2.1 Steenzetonderzoek .....	3
2.2 Indeling meetlocaties .....	4
2.3 Uitgevoerde proeven.....	6
3. BESCHRIJVING MEETLOCATIES.....	7
3.1 Meetlocatie nabij Wilhelmuspolder.....	7
3.2 Meetlocatie nabij Kruisdorp.....	8
3.3 Meetlocatie nabij Kruispolder.....	8
3.4 Opmerkingen betreffende de meetlocaties .....	9
4. TOELICHTING TREKPROEVEN.....	10
4.1 Equipement.....	10
4.2 Uitvoering trekproeven.....	11
4.2.1 Codering stenen.....	11
4.2.2 Uitvoering van de proeven.....	11
4.3 Weersomstandigheden .....	13
5. ONDERZOEKSRESULTATEN.....	14
5.1 Algemeen.....	14
5.2 Verwerking resultaten trekproeven.....	15
5.2.1 Mate van vastliggen .....	16
5.2.2 Gepresenteerde grafieken.....	17
5.3 Interpretatie en conclusies .....	21
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES .....	25

LIJLAGEN

ALGEMEEN

- Locatiekaart Walsoorden
- Locatiekaart trekproeven

1  
2

BEGEVENS PER LOCATIE

- Locatie I: PIT-polygoon zuilen + granietzoulen
- Afmetingen PIT-polygoon zuilen
- Situatiekaart
- Opbouw dijklichaam
- Dwarsprofiel

3A  
3B  
3C  
3D

- Locatie II: Hydroblocks
- Afmetingen Hydroblocks
- Situatiekaart
- Opbouw dijklichaam
- Dwarsprofiel

4A  
4B  
4C  
4D

- Locatie III: Stenen op hun kant
- Situatiekaart
- Opbouw dijklichaam
- Dwarsprofiel

5A  
5B  
5C

RESULTATEN TREKPROEVEN

- Voorbeeld resultaat trekproef normaal beëindigd
- Voorbeeld resultaat trekproef voortijdig beëindigd
- Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand
- Gemiddelde verplaatsing en kracht per belastingtrap
- Percentages opgetreden verplaatsingen en krachten

6  
7  
8A t/m 8D  
9A t/m 9C  
10A t/m 10C

FOTO'S

- Presentatie foto's trekproeven

11.1 t/m 11.4

## 1. INLEIDING

### 1.1 Algemeen

Op 18 maart 1998 ontving Fugro Ingenieursbureau B.V. van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat te Delft de opdracht voor het uitvoeren van trekproeven op een aantal typen dijkbekleding bestaande uit steenzettingen nabij Walsoorden. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de meetcampagne verricht op 3 meetlocaties met 4 verschillende typen dijkbekleding. De meetcampagne is uitgevoerd in maart/april 1998.

De opdracht is verstrekt door de Hoofdafdeling Water van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde in het kader van steenzetonderzoek dat wordt uitgevoerd onder begeleiding van de projectgroep WAW-AS die deel uitmaakt van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Voornoemde dienst heeft ook een groot deel van de apparatuur voor het uitvoeren van de trekproeven ter beschikking gesteld.

De drie verschillende vakken, variërend in lengte van ca. 160 meter tot ca. 400 meter, zijn achtereenvolgens trekproeven verricht op PIT-polygoon zuilen, Hydroblocks en vlakke betonstenen die op hun kant zijn geplaatst (koud tegen elkaar). Bovendien is aan de onderzijde van het vak van de PIT-polygoon zuilen nog een aantal trekproeven verricht op opnieuw gezette granietzuilen. De drie vakken zijn gesitueerd op de zeedijk aan de Westerschelde ter hoogte van Walsoorden. De dijk is in beheer bij Waterschap Hulster Ambacht.

De metingen hebben betrekking op de klemkracht tussen de stenen van de verschillende typen dijkbekleding als gevolg van vorm en ligging van de stenen en het wel of niet aanwezig zijn van slijmwas materiaal in de spleten tussen de stenen.

Het doel van de trekproeven is het bepalen van de kans op het voorkomen van losse elementen in een dijkbekledingconstructie. Daarbij worden onder meer de volgende aspecten onderzocht:

- het verband tussen de eindresultaten van de trekproeven en de verschillende typen dijkbekleding;

de verdeling van verplaatsingen en krachten over de verschillende niveaus van de bekleding, waarop de trekproeven zijn verricht.

De resultaten van de trekproeven zijn van belang voor de bepaling van enige specifieke parameters die worden gehanteerd in computermodellen voor steenzettingen, die uit een elementenbekleding zijn opgebouwd. Gezien de recente aanlegdatum van de dijkbekledingsconstructies (aangelegd in 1997) bestaat de intentie de meetcampagne in de toekomst te herhalen met tussenperioden van enkele jaren. Op deze manier kan een indruk worden verkregen van de ontwikkeling van de klemkracht in de tijd.

## 1.2 Opzet van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een nadere beschrijving gegeven van het project, waarbij de onderzoeksopzet in detail wordt behandeld. De meetlocaties worden beschreven in hoofdstuk 3. De uitvoering van de trekproeven, die in het kader van het onderzoek zijn verricht, wordt toegelicht in hoofdstuk 4. Hierbij wordt enerzijds aangegeven welke apparatuur is ingezet en anderzijds de wijze waarop de proeven zijn uitgevoerd. De verwerkte resultaten en een interpretatie van de verschillende proeven zijn opgenomen in hoofdstuk 5, om op basis daarvan afsluitend een samenvatting op te stellen en enige conclusies te trekken in hoofdstuk 6.

## 2. PROJECTOMSCHRIJVING

### 2.1 Steenzetonderzoek

Door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde wordt onderzoek ten aanzien van steenzettingen uitgevoerd, waarbij voor het hanteren van computermodellen voor steenzettingen kennis van specifieke parameters van de bekleding van belang is.

De meest relevante sterkteparameters die in de tijd in kwaliteit kunnen af- dan wel toenemen zijn de steenhoogte, de klemkracht en de doorlatendheid. Hierbij kunnen de volgende mechanismen een rol spelen:

- ♦ mechanische invloeden als slijtage door zandtransport als gevolg van stroming en inwerking van de getijden;
- ♦ klimatologische invloeden;
- ♦ grondmechanische invloeden (zetting van het dijklichaam);
- ♦ uit / inspoelen van voegmateriaal en inwasmateriaal;
- ♦ uit / inspoelen van materiaal uit de onderlagen, met name ook ter plaatse van een overgangsconstructie;
- ♦ verplaatsing van de teenconstructie;
- ♦ drukverschillen ten gevolge van golfslag;
- ♦ een hoog freatisch vlak in de onderlagen, mogelijk in combinatie met het dichtslibben van de voegen.

Een aantal van deze mechanismen kan aanleiding geven tot het loskomen of omhoogdrukken van elementen uit de bekleding. De overige mechanismen dragen ertoe bij dat elementen uit de bekleding kunnen verdwijnen of los gaan zitten, waardoor de kans op het loskomen van de stenen bij hoge golfslag eveneens toeneemt.



## 2.2 Indeling meetlocaties

Het onderzoek is verricht nabij Walsoorden op Zeeuws Vlaanderen. De onderzoekslocatie is globaal weergegeven op bijlage 1. De trekproeven zijn uitgevoerd op 3 verschillende locaties.

waarbij het type dijkbekleding varieerde. Het betreft de volgende bekledingstypen per meetlocatie:

Locatie I Wilhelminuspolder: PIT-polygoon zuilen en granietzuilen: -

Locatie II Kruisdorp: Hydroblocks;

Locatie III Kruispolder: Vlakke betonstenen op hun kant (koud tegen elkaar).

In tabel 1 zijn van deze 3 locaties de benodigde specifieke gegevens samengevat. Op bijlage 2 is de ligging van de locaties nader aangegeven.

Tabel 1: Overzicht locaties en raaien.

Meet locatie	Steentype	aantal stenen in vak [rij x kolom]	Lengte vak [m]	Beproefd aantal stenen [rij x kolom]	Code meetraai	Getrokken rij (vanaf bovenste steenrij)
I	PIT-polygoon zuilen	70 x 800	ca. 171	4 x 50	A	6
					B	23
					C	39
					D	55
II	Hydroblocks	54 x 600	ca. 160	4 x 50	M	4
					E	5 + 6
					F	17 + 18
					G	29 + 30
III	Betonstenen	51 x 800	ca. 400	4 x 50	H	41 + 42
					I	3
					J	15
					K	27
					L	39

In principe zijn in alle meetraaien 50 stenen beproefd, 25 met een even en 25 met een oneven nummer. Uitzondering hierop vormt raai M waarin slechts 30 stenen zijn beproefd.

De ligging van de raaien op de locaties is nader aangegeven op bijlage 3B, 4B en 5A.

Er worden per meetlocatie 4, of in het geval van meetlocatie I. 5 niveaus onderscheiden die zijn aangegeven in de tabellen 1 en 2. De nummering van de steenrijen van deze niveaus geschiedt vanaf de bovenkant van de bekleding.

De vlakke betonstenen die op hun kant koud tegen elkaar zijn geplaatst, hebben afmetingen van 50 cm bij 50 cm. De dikte van de stenen bedraagt 20 cm en het gewicht ongeveer 115 kg. Met betrekking tot de PIT-polygoon zuilen en de Hydroblocks wordt verwezen naar bijlage 3A en 4A, waar de vorm en afmetingen zijn aangegeven. Opgemerkt wordt hierbij nog dat de PIT-polygoon zuilen kleiner en daardoor lichter zijn dan de Hydroblocks (resp. ca. 30 kg en ca. 44 kg). De granietzuilen, die eveneens op hun kant zijn geplaatst op een vlakke bedding, verschillen sterk van afmeting waardoor er verder niet op in wordt gegaan.

De gegevens betreffende de opbouw van de dijklichamen zijn weergegeven op de bijlagen 3C, 4C en 5B verstrekt door het Projectbureau Zeeweringen, onderdeel van de Directie Zeeland van Rijkswaterstaat. De dijken zijn in beheer bij het Waterschap Hulster Ambacht.

Tabel 2: Niveaus en globale hoogteligging van de raaien.

Raaien	Dijkbekledings-type	Globale hoogteligging [ m t.o.v. NAP]
A	PIT-polygoon zuilen	+ 6,16
B	PIT-polygoon zuilen	+ 5,41
C	PIT-polygoon zuilen	+ 4,66
D	PIT-polygoon zuilen	+ 3,86
E	Hydroblocks	+ 5,61
F	Hydroblocks	+ 4,94
G	Hydroblocks	+ 4,18
H	Hydroblocks	+ 3,42
I	Stenen op hun kant	+ 5,95
J	Stenen op hun kant	+ 5,38
K	Stenen op hun kant	+ 4,66
L	Stenen op hun kant	+ 3,95
M	— Granietzuilen	+ 2,87

De hoogteligging van de raaien is weergegeven in de dwarsprofielen op de bijlagen 3D, 4D en 5C.

### 2.3 Uitgevoerde proeven

De trekproeven op de zeedijken langs de Westerschelde ter hoogte van Walsoorden zijn uitgevoerd in maart / april 1998. In tabel 3 is weergegeven op welke data de trekproeven in de betreffende raaien zijn uitgevoerd.

In de vakken zijn de trekproeven verricht in 2 series: eerst zijn de 25 even genummerde stenen getrokken en daarna de 25 oneven genummerde stenen. Van raai M zijn echter alle 30 even en oneven genummerde stenen achter elkaar getrokken. De trekproeven in deze laatste raai zijn niet volledig uitgevoerd als gevolg van het opkomend getij op de laatste meetdag. Door de opdrachtgever is in een later stadium besloten de resterende trekproeven uit deze raai niet alsnog uit te voeren, maar deze uit het onderzoeksprogramma te laten vervallen.

Tabel 3: Overzicht trekproeven in de tijd.

Datum	Even nummers in raai	Oneven nummers in raai
31-03-1998	K	
02-04-1998	A	
06-04-1998	A B C	
07-04-1998	E F G H	
08-04-1998	D	A B C D
09-04-1998		E F G H
15-04-1998	I J K L	
16-04-1998	M	I J K L M

Op de drie meetlocaties zijn de volgende trekproeven uitgevoerd:

- in raai A t/m L, 50 stenen met code A00 t/m L49
- in raai M, 30 stenen met code M00 t/m M29

De locatie van de te trekken stenen is vooraf met een computerprogramma zodanig random bepaald, dat er zich tussen twee stenen minimaal 11 en maximaal 19 stenen bevinden die niet worden getrokken. Gemiddeld gesproken is per zestien stenen één trekproef uitgevoerd. Van de hiervoor genoemde methode is in vak II enigszins afgeweken. Aangezien de lengte van dit vak kleiner is dan in de andere vakken, is er voor gekozen de oneven stenen in een rij direct onder de rij met even stenen te trekken, waarbij per 12 stenen één trekproef is uitgevoerd. De afstand tussen de stenen is zodanig gekozen dat de onderlinge proeven elkaar zo min mogelijk beïnvloeden waarbij voorts rekening is gehouden met de mogelijkheid om na verloop van enige jaren opnieuw trekproeven te verrichten op andere stenen in de betreffende raaien.

### 3. BESCHRIJVING MEETLOCATIES

De indeling van de meetlocaties is verwerkt in de tabellen 1 en 2. De trekproeven hebben plaatsgevonden in het bovenste deel van de dijkbekleding (met uitzondering van de beproefde granietzuilen, die nabij de H.W.-lijn zijn gelegen).

De hoogteligging van de raaien ten opzichte van het getij kan globaal worden afgeleid uit onderstaande getijgegevens, die betrekking hebben op een locatie ter hoogte van Hansweert (aan de overzijde van de Westerschelde).

H.W. bij springtij                                NAP + 2.77 m

H.W. bij gemiddeld tij                            NAP + 2.42 m

L.W. bij gemiddeld tij                            NAP - 2.06 m

In het vervolg van dit hoofdstuk zal een globale beschrijving worden gegeven van de opbouw van de dijkbekleding, voor een grafische weergave wordt verwezen naar bijlage 3C, 4C en 5B.

#### 3.1 Meetlocatie nabij Wilhelmuspolder

De opbouw van de dijkbekleding ter plaatse van het onderzochte dijkvak kan globaal als volgt worden omschreven, gaande in een richting van beneden naar boven ( tabel 4a):

Tabel 4a: Opbouw bekleding locatie I.

Hoogte in m t.o.v. NAP	Omschrijving
+ 1,0	Betonnen opsluitband 1,0 x 0,5 x 0,15/0,10 m
+ 1,0 tot + 3,0	Granietzuilen (op z'n kant) 0,3/0,35 m op steenslag 0,02/0,04 m, dik 0,1 m
+ 3,0	Betonnen opsluitband 1,0 x 0,5 x 0,15/0,10 m en perkoenpalen lang 1,2 m (4 st/m)
+ 3,0 tot + 6,35	PIT-polygoon zuilen 0,22 x 0,22 x 0,35 m met inwasmateriaal 4/32 mm op steenslag 0,02/0,04 m, dik 0,1 m en geotextiel non-woven (type 1)
+ 6,35	Betonnen opsluitband 1,0 x 0,4 x 0,15/0,10 m
+ 6,35 tot + 6,50	Rijbaan breed ca. 3,0 meter bestaande uit asfalt 0,06 m dik op betongranulaat 0-0,04 m, dik 0,25 m
+ 6,50 tot + 6,65	Berm met gras, op klei

De gemiddelde taludhelling van de steenbekleding I bedraagt ca. 1:3,8.

De indeling van de meetlocatie is reeds in paragraaf 2.2 besproken. Deze locatie I (raai A-B-C-D en raai M) is volledig bekleed met PIT-polygoon zuilen en granietzuilen. De steenbekleding is aangelegd in 1997.

### 3.2 Meetlocatie nabij Kruisdorp

De opbouw van de dijkbekleding ter plaatse van het onderzochte dijkvak kan globaal als volgt worden omschreven gaande in een richting van beneden naar boven ( tabel 4b):

Tabel 4b: Opbouw bekleding locatie II.

Hoogte in m t.o.v. NAP	Omschrijving
+ 1.0	Betonnen opsluitband 1.0 x 0.5 x 0.15/0,10 m
+ 1.0 tot + 3.0	Granietzuilen (op z'n kant) 0.3/0.35 m op steenslag 0.02/0.04 m, dik 0,1 m
+ 3.0	Betonnen opsluitband 1.0 x 0.5 x 0.15/0,10 m en perkoenpalen lang 1.2 m (4 st/m)
+ 3.0 tot + 6.35	Hydroblocks 0,27 x 0,25 x 0,35 m met inwasmateriaal 4/32 mm op steenslag 0,02/0,04 m, dik 0,1 m en geotextiel non- woven (type 1)
+ 6.35	Betonnen opsluitband 1,0 x 0,4 x 0,15/0,10 m
+ 6.35 tot + 6,50	Rijbaan breed ca. 3,0 meter bestaande uit asfalt 0,06 m dik op betongranulaat 0-0,04 m, dik 0,25 m
+ 6.50 tot + 6,65	Berm met gras op klei

De gemiddelde taludhelling van de steenbekleding bedraagt 1:3,7.

De indeling van de meetlocatie is reeds in paragraaf 2.2 besproken en betreft locatie II (raaien E-F-G-H). De steenbekleding is aangelegd in het laatste kwartaal van 1997.

### 3.3 Meetlocatie nabij Kruispolder

De opbouw van de dijkbekleding ter plaatse van het onderzochte dijkvak kan globaal als volgt worden omschreven gaande in een richting van beneden naar boven (zie tabel 4c):

Tabel 4c: Opbouw bekleding locatie III.

Hoogte in m t.o.v. NAP	Omschrijving
+ 1.2	Perkoenpalen
+ 1.2 tot + 3.25	Natuursteen
+ 3.25	Betonnen opsluitband 1,0 x 0,5 x 0,15/0,10 m en perkoenpalen lang 1,2 m (4 st/m)
+ 3,25 tot + 6.0	Vlakke betonstenen op hun kant 0,5 x 0,5 x 0,2 m op steenslag 4/20 mm. dik 0.1 m op geotextiel non-woven (type 1)
+ 6.0	Opsluitband 1,0 x 0,4 x 0,15/0,10 m
+ 6.0 tot + 6.35	PIT-polygoon zuilen 0,22 x 0,22 x 0,35 m met inwasmateriaal 4/32 mm op steenslag 0,02/0,04 m, dik 0.1 m en geotextiel non-woven (type 1)
+ 6.35 tot + 6.5	Rijbaan breed ca. 3.0 m bestaande uit asfalt 0,06 m op betongranulaat 0-0,04 m, dik 0,25 m
+ 6.5 tot + 6.65	Berm met gras op klei

De gemiddelde taludhelling van de steenbekleding bedraagt 1:3,7.

De indeling van de meetlocatie is reeds in paragraaf 2.2 besproken en betreft locatie III (raaien I-J-K-L). De steenbekleding is aangelegd in 1997.

### 3.4 Opmerkingen betreffende de meetlocaties

Afhankelijk van het type stenen blijken er grote verschillen te bestaan met betrekking tot de grootte van de spleten tussen de stenen (zie foto's bijlage 11).

De stenen op hun kant liggen koud tegen elkaar zodat de afstand tussen de stenen minimaal is.

Bij de PIT-polygoon zuilen en de Hydroblocks is er ruimte tussen de stenen als gevolg van de vorm van de stenen. Deze ruimte is gedeeltelijk opgevuld met basaltspit als inwasmateriaal waarbij opgemerkt dient te worden dat de ruimtes tussen de Hydroblocks over het algemeen beter gevuld zijn met basaltspit, bovendien sluiten deze stenen beter aan (ze klemmen elkaar beter in).

Tenslotte is het opvallend dat binnen de raaien zelf ook grote verschillen te zien zijn met betrekking tot de afstand tussen de stenen onderling.

De sortering van het inwasmateriaal voor de PIT-polygoonzuilen is in principe dezelfde als die voor de Hydroblocks, namelijk 4/32 mm.

#### 4. TOELICHTING TREKPROEVEN

In dit hoofdstuk wordt een beknopte beschrijving gegeven van de wijze waarop de trekproeven zijn uitgevoerd. De trekproeven zijn uitgevoerd met het meetequipement beschikbaar gesteld door de Hoofdafdeling Water van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde. In de bijlagen 11.1 t/m 11.4 worden de metingen geïllustreerd aan de hand van een aantal foto's.

##### 4.1 Equipement

Het meetequipement bestaat globaal uit:

###### a) Meetwagen (4 x 4 aangedreven terreinvoertuig):

Dit voertuig is ten behoeve van de metingen onder meer uitgerust met 2 in serie geschakelde accu's, een acculader en een omvormer (van 24 Volt naar 220 Volt) voor de stroomvoorziening van de meetapparatuur. Ten behoeve van het aansturen van de hydrauliek op de aanhanger voor de trekproeven en het uitvoeren van de trekproeven, is een en ander aan elektronica vast ingebouwd. Tevens is een permanente "expansion-base" voor een portable computer aanwezig. Tijdens de metingen wordt een portable computer met scherm en toetsenbord geïnstalleerd.

###### b) Aanhanger voor trekproeven:

De aanhanger bevat een elektrisch aggregaat van 380 Volt, aangedreven door een dieselmotor die beide gezamenlijk vrij opgehangen zijn in de lengteas van de meetaanhanger. Een acculader en een accu voor het opstarten van de dieselmotor zijn aanwezig.

De meetaanhanger kan worden afgestempeld door middel van een elektrisch aangedreven hydraulisch aggregaat en een viertal stempelcilinders.

De trekunit op de meetaanhanger bestaat uit een trekcilinder met een maximale trekkracht van 2000 kgf. Voor het uitvoeren van een trekproef wordt gebruik gemaakt van een trekhaak die wordt bevestigd aan een anker dat vooraf in de steen is aangebracht. Via de trekhaak wordt de trekkracht van de cilinder die zich in de aanhanger bevindt overgebracht. Voor de uitvoering is het van groot belang dat de trekproef loodrecht op het talud plaatsvindt. Hiertoe is de trekcilinder vrij opgehangen in een frame waarvan het vlak met behulp van twee verstelbare waterpasjes evenwijdig aan het talud wordt gebracht.

Bovendien zijn er twee veerbalansen aanwezig die de dwarskracht op de trekcilinder als gevolg van de scheefstand van de aanhangwagen compenseren. Het meet- en stuurgedeelte bestaat uit een kracht- en verplaatsingsopnemer en de nodige elektronica voor het aansturen van het hydraulisch systeem ten behoeve van de trekcilinder.

## 4.2 Uitvoering trekproeven

### 4.2.1 Codering stenen

Zoals reeds in paragraaf 2.3 is vermeld zijn de te beproeven stenen in de raaien random bepaald met behulp van een computerprogramma, waardoor de onderlinge afstand van de beproefde stenen in een serie varieerde van ca. 3.5 meter voor de PIT-polygoon zuilen en Hydroblocks tot ca. 8 meter voor de stenen op hun kant. De random afstanden zijn zodanig, dat kan worden aangenomen dat een trekproef niet beïnvloed wordt door die van de naast liggende stenen waarbij er bovendien voldoende ruimte is om in de toekomst nog meer trekproeven te verrichten. Voor de Hydroblocks is er bovendien nog voor gekozen de oneven stenen één rij lager te trekken dan de even stenen zodat deze elkaar ook niet beïnvloeden.

De codering van de raaien en stenen is opgebouwd uit een letter voorstellend de raai zoals aangegeven op de situatietekeningen in de bijlagen 3B, 4B en 5A en een opvolgend steennummer in de betreffende raai. Voor aanvang van de trekproeven is de codering op de betreffende stenen aangebracht (zie bijlage 11).

### 4.2.2 Uitvoering van de proeven

Nadat de stenen van een raai op de vooraf bepaalde random afstanden zijn uitgezet wordt iedere steen gefotografeerd. Vervolgens zijn alle stenen voorgeboord, is er een plug ingeslagen en is er tenslotte een trekoog ingedraaid. Met betrekking tot de proef is het van groot belang dat de stenen diep genoeg worden voorgeboord en de pluggen er voldoende vast worden ingeslagen. Gebeurt dit niet, dan is de kans dat de plug losschiet groot.

Voor het verrichten van een trekproef wordt de meetwagen met aanhanger boven de steen gereden. De aanhanger wordt afgestempeld. Via de trekhaak, wordt de trekkracht, uitgeoefend door de trekcilinder, overgebracht op de steen. Vanuit de meetwagen wordt via de computer opdracht gegeven om de trekproef te starten, waarna de proef geheel automatisch wordt verricht.

De trekproef duurt in principe 60 seconden en kan worden verdeeld in 2 x 30 seconden:



- Gedurende de eerste 30 seconden wordt de trekkracht opgebouwd van ca. 50 kgf tot ca. 900 kgf. Er wordt gestreefd naar een lineair oplopende trekkracht; afwijkingen, bijvoorbeeld als gevolg van geringe verplaatsingen van de steen, worden zo goed mogelijk gecorrigeerd door het besturingssysteem.
- Gedurende de periode tussen 30 en 60 seconden wordt de kracht constant op ca. 900 kgf gehouden.

De computer legt de gewenste trekkracht aan het systeem op, waarbij de geleverde kracht en de opgetreden verplaatsing 9 keer per seconde worden vastgelegd. De resultaten worden gepresenteerd op een grafiek die op het beeldscherm in de meetwagen verschijnt.

In de grafiek is tevens het verloop zichtbaar van de werkelijke verplaatsing (bepaald aan de hand van een nulmeting), alsmede de gewenste trekkracht en de daadwerkelijk door het systeem geleverde kracht. De trekproef kan op twee wijzen automatisch worden beëindigd:

- Gedurende de volle 60 seconden van de proef blijft de verplaatsing beneden de 25 mm en doorstaat de steen de trekkracht van ca. 900 kgf. De maximale verplaatsing wordt hierbij vastgelegd. Een voorbeeld van een dergelijke "normaal beëindigde proef" is weergegeven op bijlage 6.
- Indien de optredende reële verplaatsing groter wordt dan 25 mm wordt de trekproef automatisch voortijdig beëindigd teneinde beschadiging van de steenzetting te voorkomen. De kracht waarbij de verplaatsing van 25 mm wordt overschreden wordt hierbij vastgelegd. Een voorbeeld van een dergelijke "voortijdig beëindigde proef" is weergegeven op bijlage 7.

Zowel voor het begin als na de beëindiging van de proef bestaat de mogelijkheid om opmerkingen in de computer in te voeren, waarna eventueel de proef op het beeldscherm kan worden herhaald.

De resultaten worden zowel vastgelegd op de harde schijf van de computer als op een diskette.

Indien de proef niet betrouwbaar is of niet is gelukt, kan de proef worden herhaald.

Gedurende de metingen vraagt het computerprogramma ieder uur om algemene gegevens met betrekking tot onder meer:

- de weersgesteldheid (luchttemperatuur, wind en mate van bewolking).
- de temperatuur in de voegen tussen de stenen.

### 4.3 Weersomstandigheden

De algemene weersomstandigheden en de variaties in temperatuur zoals deze zijn bepaald tijdens de uitvoering van de trekproeven zijn weergegeven in tabel 5. De vermelde omstandigheden hebben betrekking op een bepaald tijdstip op de dag, over het algemeen betreft dit een tijdstip rond 12.30 uur.

Tabel 5: Weersomstandigheden tijdens uitvoering trekproeven.

Datum	Weers- gesteldheid	Temperatuur (in graden Celsius)	Windrichting	Windsnelheid	Raai / even of oneven stenen
31 maart 1998	licht bewolkt	13,8	zuid tot zuidwest	zwak tot matig	K even
2 april 1998	zwaar bewolkt	9,8	west	zwak tot matig	A even
6 april 1998	zwaar bewolkt	11,5	zuid tot zuidwest	zwak tot matig	A B C even
7 april 1998	bewolkt en regen	8,9	zuid tot zuidwest	zwak tot matig	E F G H even
8 april 1998	zwaar bewolkt	12,4	west tot noordwest	zwak tot matig	D even A B C D oneven
9 april 1998	zwaar bewolkt	11,5	oost tot noordoost	zwak tot matig	E F G H oneven
15 april 1998	zwaar bewolkt	5,1	oost tot zuidoost	zwak tot matig	I J K L even
16 april 1998	bewolking met zon	9,4	west tot zuidwest	matig	I J K L oneven M 00 t/m 29

## 5. ONDERZOEKSRESULTATEN

### 5.1 Algemeen

De resultaten van de trekproeven worden vastgelegd op zowel de harde schijf van de portable computer als op diskette; per diskette wordt een dagproductie vastgelegd. De verwerking van de gegevens vindt plaats met behulp van door de opdrachtgever verstrekte programmatuur, waarmee de resultaten van de bestanden kunnen worden verwerkt, gerubriceerd en weggeschreven naar zogenaamde verzamelbestanden, die aldus een overzicht geven van de diverse meetresultaten.

Met behulp van deze programmatuur worden de volgende verzamelgegevens en resultaten verkregen:

- *Resultaten trekproeven per steen:*

Van de trekproeven zijn de grafieken geprint, die de relatie tussen de kracht en de verplaatsing in de tijd weergeven, zoals deze tijdens de uitvoering van de meting op het beeldscherm verschijnen (zie bijlage 6 en 7).

De resultaten van de trekproeven per steen met eventuele opmerkingen vermeld tijdens de uitvoering worden voorts weergegeven in een overzicht. Per raai wordt in dit overzicht van elke steen onder meer de afstand in de raai vanaf het nulpunt, de opgetreden trekkracht (in stappen van 150 kgf) en de daarbij gemeten verplaatsing vermeld.

- *Resultaten per raai:*

De resultaten per raai aangaande het aantal beproefde stenen, het aantal losgekomen stenen bij oplopende belasting, alsmede het aantal vastliggende stenen dat binnen een bepaald verplaatsingsinterval is gebleven, worden in een overzicht vermeld.

- *Algemene gegevens:*

In een overzicht worden alle ingevoerde gegevens betreffende de weersgesteldheid, alsmede de temperatuur gemeten tussen de voegen van de stenen en de codering van de op dat moment getrokken steen in chronologische volgorde gepresenteerd.

Voor de uiteindelijke verwerking van de gegevens is gebruik gemaakt van een personal computer en een spreadsheet-programma, waarin de resultaten per raai zijn verwerkt. Daarbij zijn diverse relaties uitgewerkt, waarvan de resultaten grafisch zijn gereproduceerd.

## 5.2 Verwerking resultaten trekproeven

Bij de beoordeling van de meetresultaten zijn de onbetrouwbare proeven buiten beschouwing gelaten. Dit betreft slechts 3 trekproeven van het totaal aantal van 630 proeven.

Bij een relatief groot aantal stenen is een proef herhaald, vooral vanwege het lostrekken van de plug uit de steen. Het meest representatieve resultaat van de trekproef is in dat geval in de beoordeling meegenomen.

Tabel 6a geeft per raai de uitval aan trekproeven en het aantal "losgekomen" stenen. Tevens is aangegeven bij welke minimale kracht de stenen in de betreffende raai loskwamen.

Naar aanleiding van de resultaten van de trekproeven zijn de volgende bijzonderheden geconstateerd waarna besloten is de proeven niet mee te nemen in de beoordeling:

- steen A08 : Defect trekapparaat; proef is niet opnieuw gedaan.
- steen A10 : Defect trekapparaat; steen is volledig uit het talud getrokken.
- steen G37 : Boorgat te groot; proef is niet uitgevoerd.

### 5.2.1 Mate van vastliggen

In tabel 6a wordt een overzicht gegeven van het aantal stenen dat per raai is beproefd en het aantal stenen dat is meegenomen bij de verwerking van de resultaten. Tevens is in deze tabel opgenomen:

- het aantal en percentage "losgekomen" stenen in de raai en
- de minimum trekkracht die in de raai is opgetreden.

In tabel 6b is het percentage "losgekomen" stenen per raai per locatie weergegeven.

Tabel 6a: Uitval trekproeven, aantal "losgekomen" stenen en minimaal opgetreden trekkracht.

Raai	Aantal stenen beproefd	Aantal onbetrouwbare proeven	Aantal betrouwbare proeven	Aantal "losse" stenen			% "losse" stenen	Min. trekkracht [kgf]
				0-30 [s]	30-60 [s]	totaal		
A	50	2	48	45	0	45	94	180
B	50	0	50	48	1	49	98	275
C	50	0	50	50	0	50	100	157
D	50	0	50	44	0	44	88	93
E	50	0	50	35	1	36	72	379
F	50	0	50	22	0	22	44	480
G	50	1	49	15	1	16	65	373
H	50	0	50	19	1	20	40	280
I	50	0	50	50	0	50	100	157
J	50	0	50	48	0	48	96	127
K	50	0	50	50	0	50	100	143
L	50	0	50	50	0	50	100	165
M	30	0	30	3	3	6	20	533
totaal	630	3	627	479	7	486	77,5	93

Tabel 6b: Percentage "losgekomen" stenen per raai per locatie.

PIT stenen		Hydroblocks		Stenen op hun kant		Granietzuilen	
raai	% losse stenen	raai	% losse stenen	raai	% losse stenen	raai	% losse stenen
A	94	E	72	I	100	M	20
B	98	F	44	J	96		
C	100	G	65	K	100		
D	88	H	40	L	100		

### 5.2.2 Gepresenteerde grafieken

Voorafgaande aan een nadere bespreking van de typen bijlagen wordt opgemerkt, dat waar sprake is van gemiddelde verplaatsingen of gemiddelde krachten deze zijn verkregen door de resultaten van alle betrokken trekproeven te middelen.

Betreft het hierbij de gemiddelde verplaatsing, dan wordt voor die stenen die een eindverplaatsing te zien hebben gegeven van meer dan 25 mm als resultaat voor deze trekproef 25 mm genomen (bij deze stenen is de trekproef voortijdig beëindigd, deze stenen worden dan ook beschouwd als "los").

Betreft dit anderzijds de gemiddelde kracht, dan wordt voor die stenen die een eindkracht te zien hebben gegeven van meer dan 900 kgf als resultaat voor die trekproef 900 kgf genomen (bij deze stenen is de trekproef volledig uitgevoerd, deze stenen worden dan ook beschouwd als "vast").

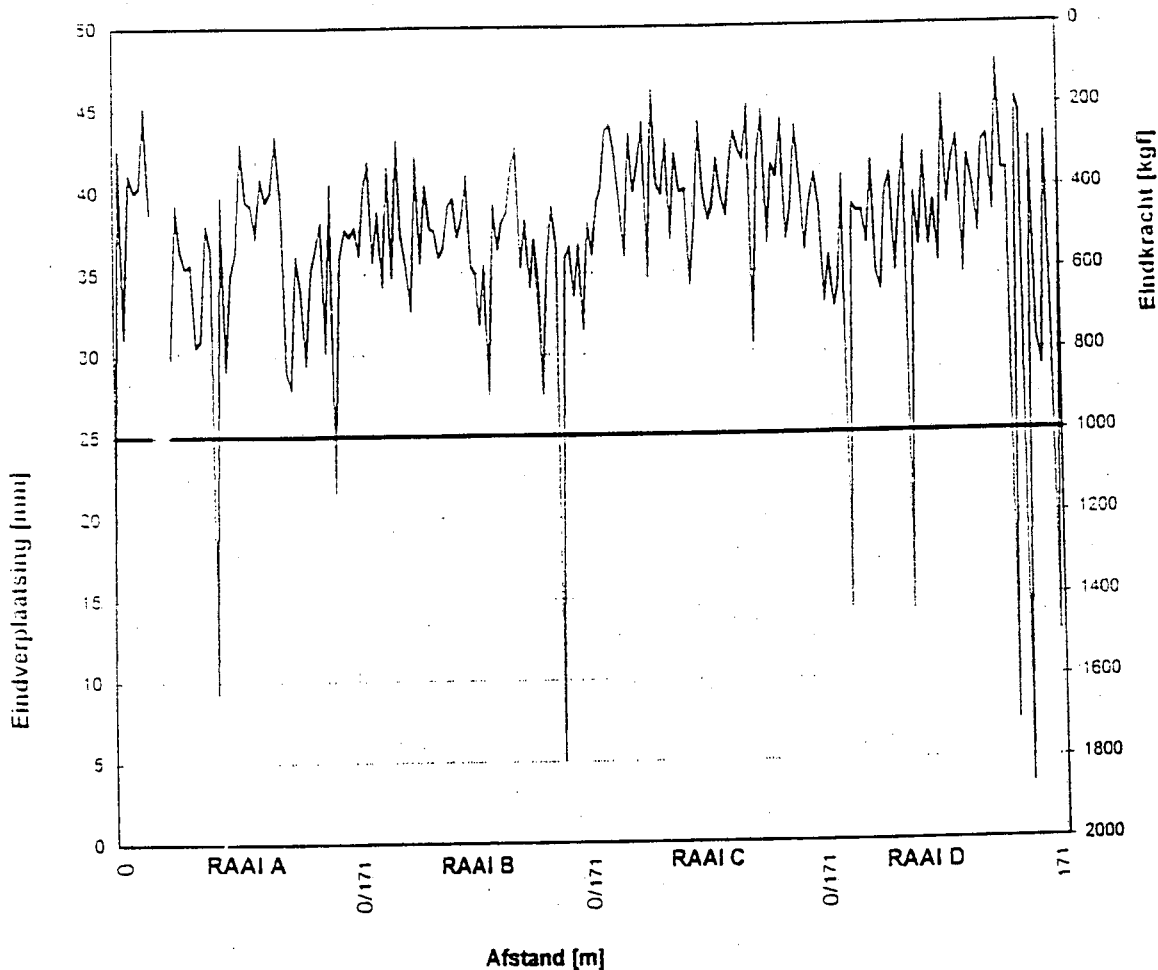
Bovendien is er tijdens de metingen ook een aantal keren een kleine negatieve verplaatsing geconstateerd als gevolg van geringe onnauwkeurigheden in het meetsysteem. Voor de verwerking van de gegevens zijn deze negatieve waarden gelijkgesteld aan nul.

Van alle raaien zijn van de meetresultaten de volgende grafieken gepresenteerd:

- Verplaatsing en kracht tegen de afstand;
- Gemiddelde verplaatsing en kracht per belastingtrap;
- Percentages opgetreden krachten en verplaatsingen.

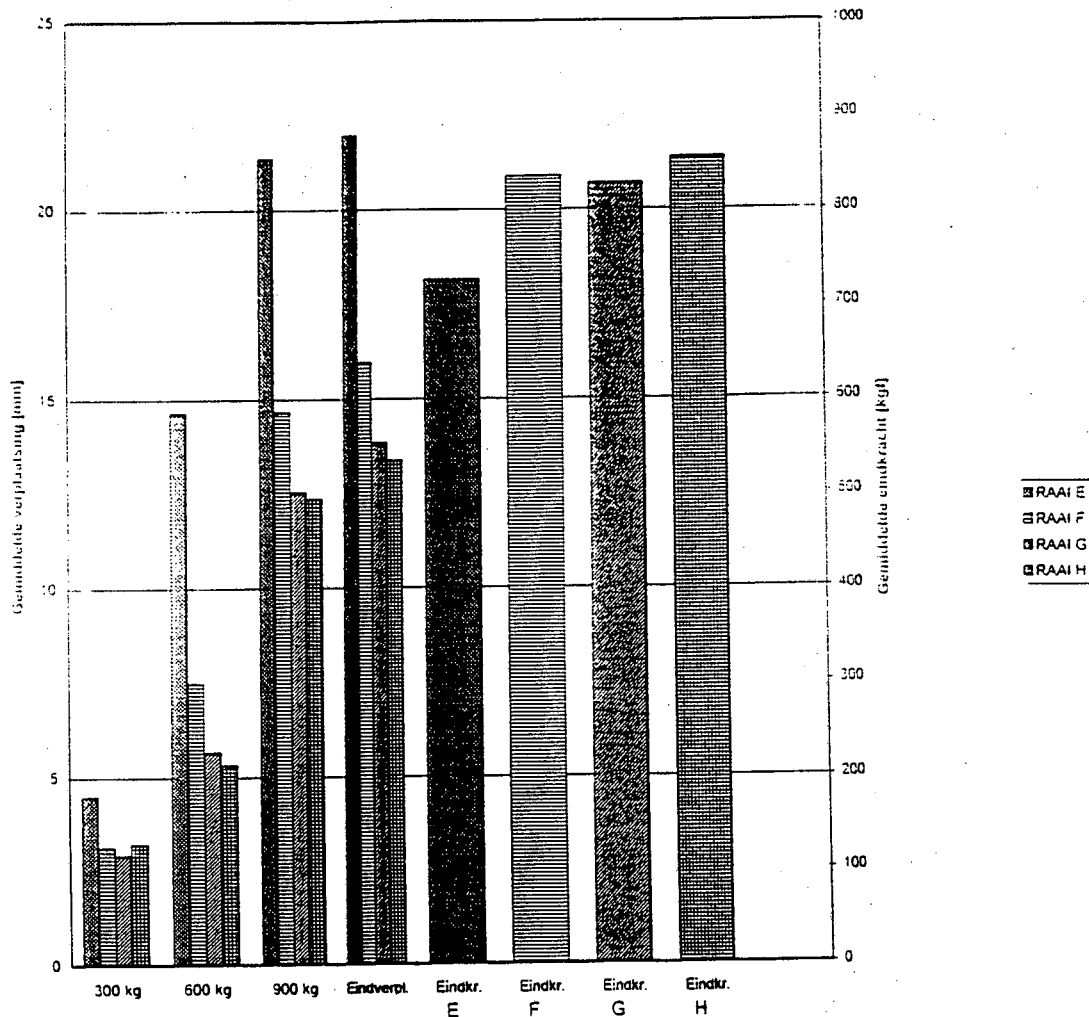
In deze grafieken worden de resultaten van PIT-polygoon zuilen, Hydroblocks en stenen op hun kant apart in een figuur weergegeven. Voor granietzuilen geldt, met betrekking tot de laatste twee grafieken dat de resultaten worden meegenomen bij de raaien A-B-C-D. Bij het eerste type grafiek worden de resultaten voor raai M in een aparte figuur gezet. Voorbeelden van de 3 typen grafieken zijn op de volgende bladzijden gepresenteerd.

Grafiek 1: Verplaatsing en kracht tegen de afstand.



In de bijlagen 8A t/m 8D wordt een lijndiagram gepresenteerd, waarbij het eindresultaat van alle te beschouwen trekproeven voor de vier nader aangegeven raaien wordt weergegeven. Op de horizontale as wordt de afstand in m vanuit het nulpunt van de raai weergegeven. Op de linker verticale as wordt de eindverplaatsing in mm gepresenteerd voor die trekproeven die een eindverplaatsing van 25 mm of minder te zien geven. Indien bij een trekproef sprake is van een eindverplaatsing groter dan 25 mm, wordt voor die trekproef aan de bovenzijde van de dikke lijn in de figuur de eindkracht gepresenteerd, waarbij deze verplaatsing is opgetreden. De kracht wordt in kgf afgelezen op de rechter verticale as. Opgemerkt wordt nog dat de onder elkaar gelegen raaien in dit type grafiek naast elkaar zijn geplaatst.

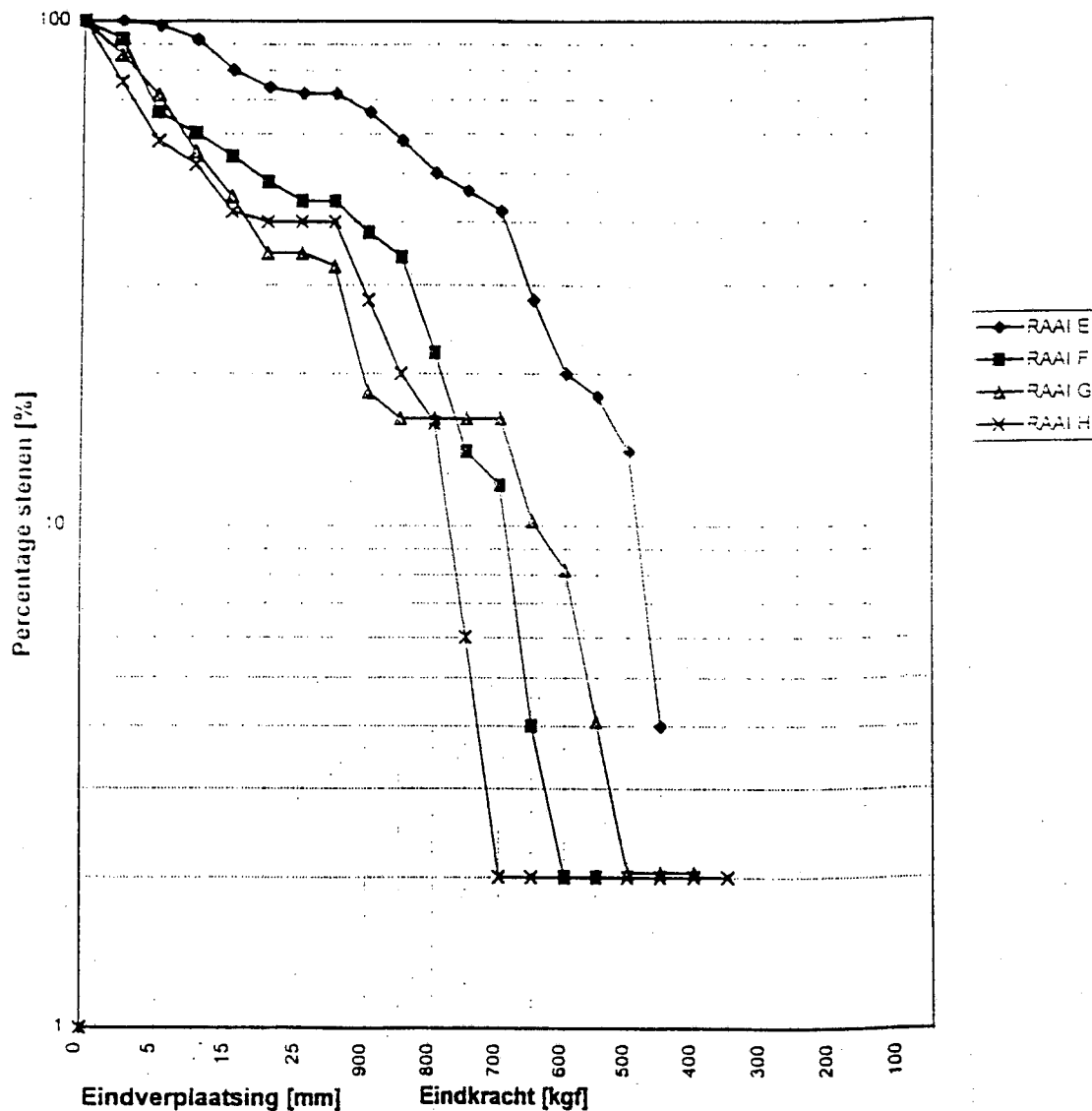
Grafiek 2: Gemiddelde verplaatsing en kracht per belasting.



In de bijlagen 9A t/m 9C wordt een staafdiagram gepresenteerd, waarbij voor een bepaalde raai de gemiddelde verplaatsing en de gemiddelde kracht is weergegeven. Op de horizontale as zijn de belastingen van 300, 600 en 900 kgf, alsmede de gemiddelde eindverplaatsing en de gemiddelde eindkracht uitgezet. Op de linker verticale as wordt de verplaatsing in mm gepresenteerd, op de rechter verticale as de kracht in kgf. In het staafdiagram zijn per belastingtrap de staven voor de 4 raaien uitgezet. Voor alle duidelijkheid wordt hierbij nog opgemerkt, dat voor de eerste vier belastingtrappen (300, 600 en 900 kgf, alsmede eindverplaatsing) de gemiddeld bereikte verplaatsing wordt weergegeven en voor de laatste belastingtrap (eindkracht) de gemiddeld bereikte kracht.



Grafiek 3: Percentage opgetreden krachten en verplaatsingen.



In de bijlagen 10A t/m 10C wordt een lijngrafiek gepresenteerd, waarbij het aantal stenen als percentage van het totale aantal stenen is weergegeven waarvoor geldt dat een bepaalde verplaatsing wordt overschreden of een bepaalde kracht wordt onderschreden. Op de horizontale as zijn de verplaatsingen van 0 tot 25 mm (met een stapgrootte van 2,5 mm) alsook de opgetreden krachten van 0 tot 900 kgf (met een stapgrootte van 50 kgf) uitgezet. Op de verticale as wordt het aantal stenen als percentage van het totale aantal stenen in de betreffende raaien logaritmisch weergegeven.

### 5.3 Interpretatie en conclusies

#### *Algemeen*

Voor de leesbaarheid van het rapport is ervoor gekozen om de resultaten van de metingen niet alle in tabellen te verwerken, maar in de grafieken zoals deze in de diverse bijlagen zijn aangegeven. De interpretatie van de resultaten geschiedt derhalve aan de hand van deze grafieken, en aan de hand van de resultaten zoals die in de tabellen zijn weergegeven. Ieder dijkbekledingstype wordt per grafiek apart besproken, waarna aan het eind van het hoofdstuk een vergelijking wordt gemaakt.

#### *Resultaten individuele trekproeven*

Van de 630 proeven zijn slechts 3 als "onbetrouwbaar" aan te duiden als gevolg van de oorzaken zoals aan het eind van paragraaf 5.2 genoemd. Indien een proef is overgedaan, is de meest geschikte meting, alsnog in de resultaten meegenomen.

Van iedere trekproef zijn de resultaten van de meting grafisch gepresenteerd op A4-formaat. Omdat het zeer onpraktisch is om alle individuele meetresultaten te presenteren zijn in dit rapport slechts twee voorbeelden opgenomen, namelijk in bijlage 6 van een normaal beëindigde en in bijlage 7 van een voortijdig beëindigde trekproef. De individuele meetresultaten per proef zijn de basis voor de grafieken uit de bijlagen 8 t/m 10.

In het begin van de trekproef kan soms een kleine negatieve verplaatsing worden waargenomen van de steen, hetgeen wordt veroorzaakt door het zich in evenwicht stellen van het treksysteem in combinatie met geringe onnauwkeurigheden van het meetsysteem. Gewoonlijk wordt deze waarde direct weer positief. Voor de verwerking van de gegevens is bij een negatieve verplaatsing deze handmatig ingevoerd als een verplaatsing van 0 mm.

Uit de meetresultaten blijkt dat van het aantal betrouwbare proeven, 637 stuks, 486 proeven voortijdig beëindigd zijn. Dit komt neer op een percentage van 77,5 % "losse" stenen. Indien een proef voortijdig beëindigd is, blijkt dat 98,6 % van de proeven in de eerste 30 seconden wordt beëindigd. 1,4 % van de proeven overschrijdt de toegestane hoogte van 25 mm in het traject waarbij de trekkracht constant op 900 kgf wordt gehouden. Verder is duidelijk te zien dat de dijkbekledingstypen in hun uitkomsten grote verschillen laten zien. Hier zal verder op in worden gegaan in het volgende gedeelte van dit hoofdstuk.

### *Gemiddelde resultaten trekproeven per raai*

Opgemerkt dient te worden dat de 3 typen grafieken in principe op dezelfde gegevens gebaseerd zijn. Daar ieder type grafiek een bepaald aspect benadrukt wordt in het vervolg van deze paragraaf toch ieder type afzonderlijk behandeld waarna uiteindelijk voor de 3 typen gezamenlijk een eindconclusie wordt geformuleerd.

Op basis van de grafieken uit de verschillende bijlagen 8 t/m 10 kunnen per type grafiek de volgende conclusies met betrekking tot de verschillende dijkbekledingstypen worden getrokken:

### *Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand*

- PIT-polygoon zuilen (raai A-B-C-D):

In het algemeen kan gezegd worden dat de resultaten sterk variëren. Bovendien zijn over het algemeen de eindkrachten in iedere raai relatief klein. Als van raai A naar D wordt gegaan, is er een lichte afname van het kleine aantal vaste stenen. Uitzondering hierop vormt raai D (onderin het talud) dat meer vaste stenen kent.

- Granietzuilen (raai M):

De resultaten van deze raai laten zien dat er een relatief groot aantal vaste stenen aanwezig is. De eindkrachten van de losse zuilen zijn groot.

- Hydroblocks (raai E-F-G-H):

De resultaten van deze raaien laten zeer sterk variërende resultaten zien. Het grote aantal stenen dat vast blijft zitten betekent dat er sprake is van een over het algemeen grote klemkracht. Als er van raai E naar raai H wordt gegaan, kan vastgesteld worden dat er in het algemeen een afname van de eindverplaatsing en een toename van het aantal vaste stenen is.

- Stenen op hun kant (raai I-J-K-L):

Afgezien van twee vaste stenen in raai J komen alle stenen in dit vak los. De eindkrachten zijn per raai vrij constant en ook erg klein. Als er van boven naar beneden wordt gegaan, is er alleen in raai L (onderin het talud) een geringe toename van de eindkrachten te constateren.

### *Gemiddelde verplaatsing en kracht per belastingtrap*

- PIT-polygoon zuilen (raai A-B-C-D):

De gemiddelde verplaatsing neemt het sterkst toe tussen 300 kgf en 600 kgf. Bovendien is de gemiddelde eindverplaatsing reeds bij 600 kgf nagenoeg bereikt. Deze laatste gemiddelde

eindverplaatsing ligt tegen de 25 mm zodat gesteld kan worden dat bijna alle stenen loskomen bij 600 kgf. Opvallend is dat de eindverplaatsing van de bovenste raai naar de onderste raai tot raai C toeneemt waarna deze in raai D over het algemeen afneemt. Dit hangt samen met de gemiddelde eindkracht, die in raai C het laagst is.

- Granietzuilen (raai M):

De gemiddelde verplaatsing neemt tijdens het opbouwen van de trekkracht ongeveer recht evenredig toe. Omdat nagenoeg alle stenen vast blijven zitten, blijft de gemiddelde eindverplaatsing ver onder de 25 mm. Hierdoor ligt de waarde van de gemiddelde eindkracht tegen de 900 kgf.

- Hydroblocks (raai E-F-G-H):

De gemiddelde verplaatsing neemt over het algemeen het sterkst toe tussen 600 kgf en 900 kgf. Verder blijkt dat de gemiddelde verplaatsing, van raai E naar raai H sterk afneemt. De gemiddelde eindkracht laat van raai E (bovenste raai) naar raai H (onderste raai) een kleine toename zien.

- Stenen op hun kant (raai I-J-K-L):

De gemiddelde verplaatsing is tot 300 kgf, afgezien van raai L, nagenoeg de helft van de gemiddelde eindverplaatsing. Tot 600 kgf neemt de gemiddelde verplaatsing nog sterk toe, waarbij de gemiddelde eindverplaatsing reeds wordt benaderd. De gemiddelde eindverplaatsing ligt voor alle raaien nabij 25 mm. De gemiddelde eindkracht per raai laat naar de onderste raai toe een lichte stijging zien.

#### *Percentages opgetreden krachten en verplaatsingen*

- PIT-polygoon zuilen (raai A-B-C-D):

Het percentage stenen dat een verplaatsing groter dan 25 mm heeft ondergaan is hoog. Dit betekent een groot aantal losse stenen. Verder is te zien dat de eindkrachtenlijn de grootste richtingscoëfficiënt heeft bij een kleine kracht, wat wil zeggen dat de meeste stenen een kleine eindkracht hebben. Zeer opvallend is dat de raaien C en D meer kleinere eindkrachten te zien geven dan de raaien A en B (onderin het talud liggen de zuilen blijkbaar losser).

- Granietzuilen (raai M):

Het percentage stenen dat een verplaatsing groter dan 25 mm heeft ondergaan is laag. Dit betekent een groot aantal vaste stenen. Verder is te zien dat de eindkrachtenlijn de grootste richtingscoëfficiënt heeft bij een grote kracht, wat wil zeggen dat de meeste stenen een grote eindkracht hebben.

- Hydroblocks (raai E-F-G-H):

Het percentage stenen dat een verplaatsing groter dan 25 mm heeft ondergaan is redelijk laag. Dit berekent een klein aantal losse stenen. Verder is te zien dat de eindkrachtenlijn de grootste richtingscoëfficiënt heeft bij een grote kracht, wat wil zeggen dat de meeste stenen een grote eindkracht hebben. De kleinere eindkrachten komen duidelijk meer voor in raai E (bovenin het talud), doch de kleinste eindkrachten komen voor in de raaien G en H (onderin het talud).

- Stenen op hun kant (raai I-J-K-L):

Het percentage stenen dat een verplaatsing groter dan 25 mm heeft ondergaan is zeer hoog. Dit betekent een groot aantal losse stenen. Verder is te zien dat de eindkrachtenlijn de grootste richtingscoëfficiënt heeft bij een kleine kracht, wat wil zeggen dat de meeste stenen een kleine eindkracht hebben.

De grafieken met elkaar vergelijkend, kan het volgende geconcludeerd worden:

In vergelijking met de PIT-polygoon zuilen en de stenen op hun kant, leveren de Hydroblocks betere resultaten op. Dit is te concluderen uit het feit dat de Hydroblocks gemiddeld een geringere verplaatsing ondergaan, een grotere gemiddelde eindkracht hebben en het aantal losse stenen veel kleiner is. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de spleten tussen de Hydroblocks beter gevuld zijn met basaltspit.

Opvallend is verder het grote aantal stenen dat los komt bij de PIT-polygoon zuilen en de stenen op hun kant en de relatief kleine kracht waarbij dit plaatsvindt. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat de betreffende constructies minder dan één jaar oud zijn.

Voor de Hydroblocks en de stenen op hun kant kan verder gesteld worden dat van boven naar beneden in het vak de klemkrachten in het algemeen toenemen. Opmerkelijk is dat dit duidelijk niet het geval is bij de PIT-polygoon zuilen.

De granietzoulen blijken goede resultaten te boeken. Een mogelijke oorzaak is dat de zuilen op een hoogte liggen waar veelvuldig materiaal (zand/slib) door golfwerking wordt afgezet. Hierdoor worden de ruimtes tussen de stenen goed opgevuld, waardoor de klemkracht toeneemt.

Als bijzonderheid kan nog worden opgemerkt dat tijdens de uitvoering van de trekproeven boogvorming (het gelijktijdig omhoog komen van meerdere stenen gedurende een trekproef) tijdens deze meetcampagne nauwelijks is opgetreden. Als bij een trekproef de steen loskomt, dan is dat nagenoeg steeds rechtstandig geschied.

## 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Op 18 maart 1998 ontving Fugro Ingenieursbureau b.v. van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat te Delft, de opdracht voor het uitvoeren van trekproeven aan een aantal typen steenzettingen op zeedijken langs de Westerschelde nabij Walsoord, alsmede voor het interpreteren en rapporteren van de hierbij verkregen resultaten.

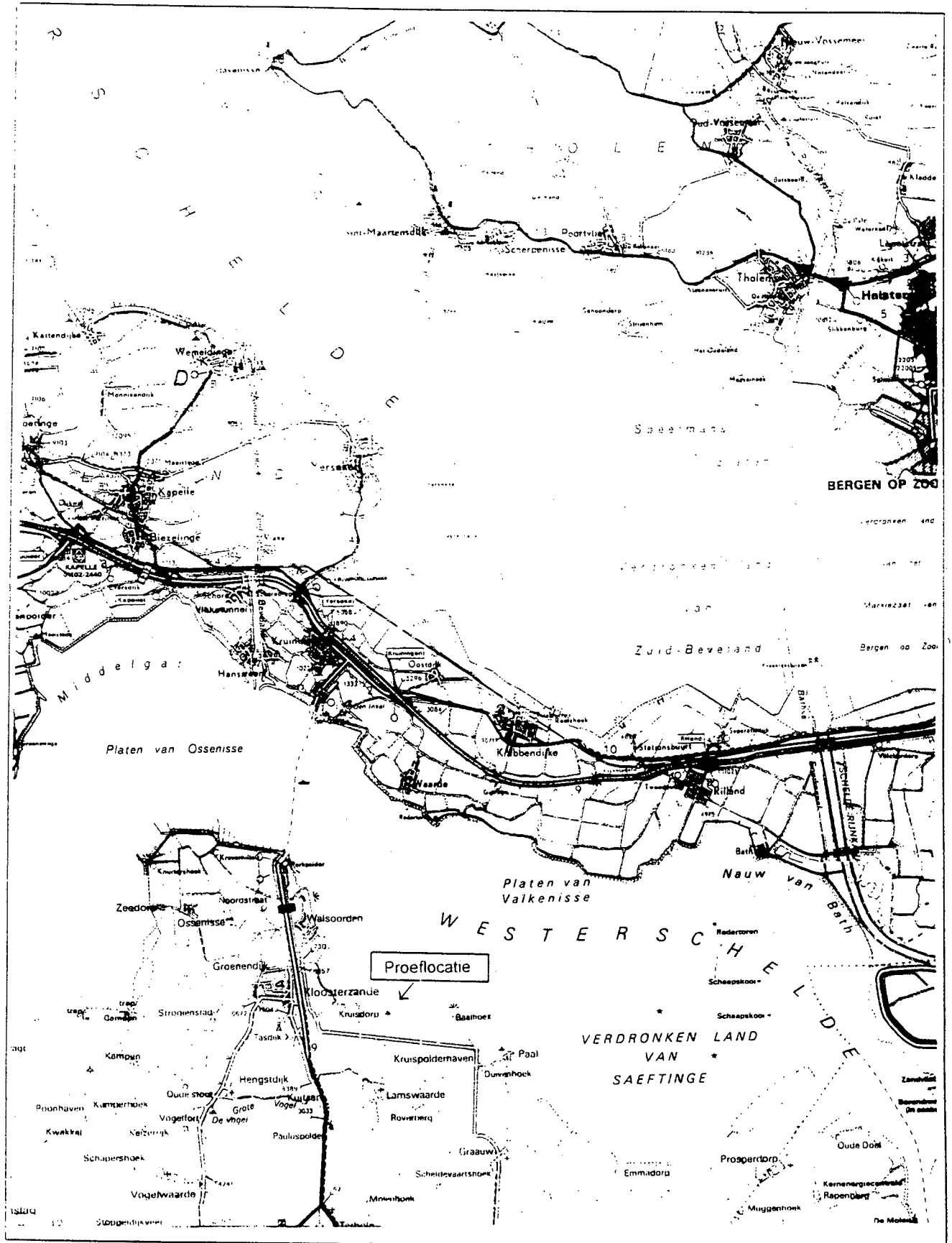
Het doel van de trekproeven is het bepalen van de kans op het voorkomen van losse elementen in een taludbeschermingsconstructie. De resultaten van de trekproeven zijn van belang voor de bepaling van enige specifieke parameters die worden gehanteerd in computermodellen voor steenzettingen, die uit een elementenbekleding zijn opgebouwd.

Bij de metingen uit deze rapportage is het onderzoek toegespitst naar de effecten van klemkrachten op verschillende dijkbekledingstypen. Het betreft steenzettingen bestaande uit PIT-polygoon zuilen, Hydroblocks, stenen op hun kant (koud tegen elkaar) en opnieuw gezette granietzuilen.

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

- Het uitvoeren van de trekproeven is goed verlopen: van de 630 proeven zijn van slechts 3 proeven de resultaten niet meegenomen. Relatief veel proeven zijn echter herhaald wegens het losschieten van de plug. In dit geval is dan het beste resultaat meegenomen in de verdere verwerking. Voor latere proeven op deze wijze, wordt geadviseerd meer aandacht te besteden aan het voorbereiden van de gaten in de stenen en vooral ook aan het vervolgens vastslaan van de pluggen in de gaten.
- In vergelijking met de PIT-polygoon zuilen en de stenen op hun kant, leveren de Hydroblocks betere resultaten op. Dit is te concluderen uit vanwege het feit dat de Hydroblocks gemiddeld een geringere verplaatsing ondergaan, een grotere gemiddelde eindkracht hebben en het aantal losse stenen veel kleiner is. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat de spleten tussen de Hydroblocks beter opgevuld zijn met basaltspit.

- De PIT-polygoon zuilen en de stenen op hun kant laten een relatief zeer kleine waarde van de eindkracht zien (gemiddeld resp. ca. 500 kgf en ca. 350 kgf). Bovendien is het percentage losse stenen bij beide nagenoeg 100%. De mogelijke oorzaak hiervoor is wellicht dat de stenen minder dan één jaar in de dijkconstructie zijn opgenomen.
- Als bij de Hydroblocks en de stenen op hun kant naar het aantal vaste stenen en de klemkracht gekeken wordt, nemen deze beide in het algemeen van boven naar onder toe. Voor de PIT-polygoon zuilen is dit duidelijk niet het geval, de stenen in de raaien C en D (onderin het talud) geven juist kleinere eindkrachten te zien dan in de raaien A en B (bovenin het talud).
- Doordat de beproefde dijkbekledingstypen minder dan een jaar geleden in de dijkconstructies zijn opgenomen zullen de resultaten wellicht niet geheel representatief zijn voor de langere termijn. Geadviseerd wordt dan ook de verschillende typen dijkbekleding de komende jaren opnieuw te beproeven. Er wordt dan gedacht aan een oplopende herhalingstermijn van de trekproeven van eens in de 2 tot 5 jaar.



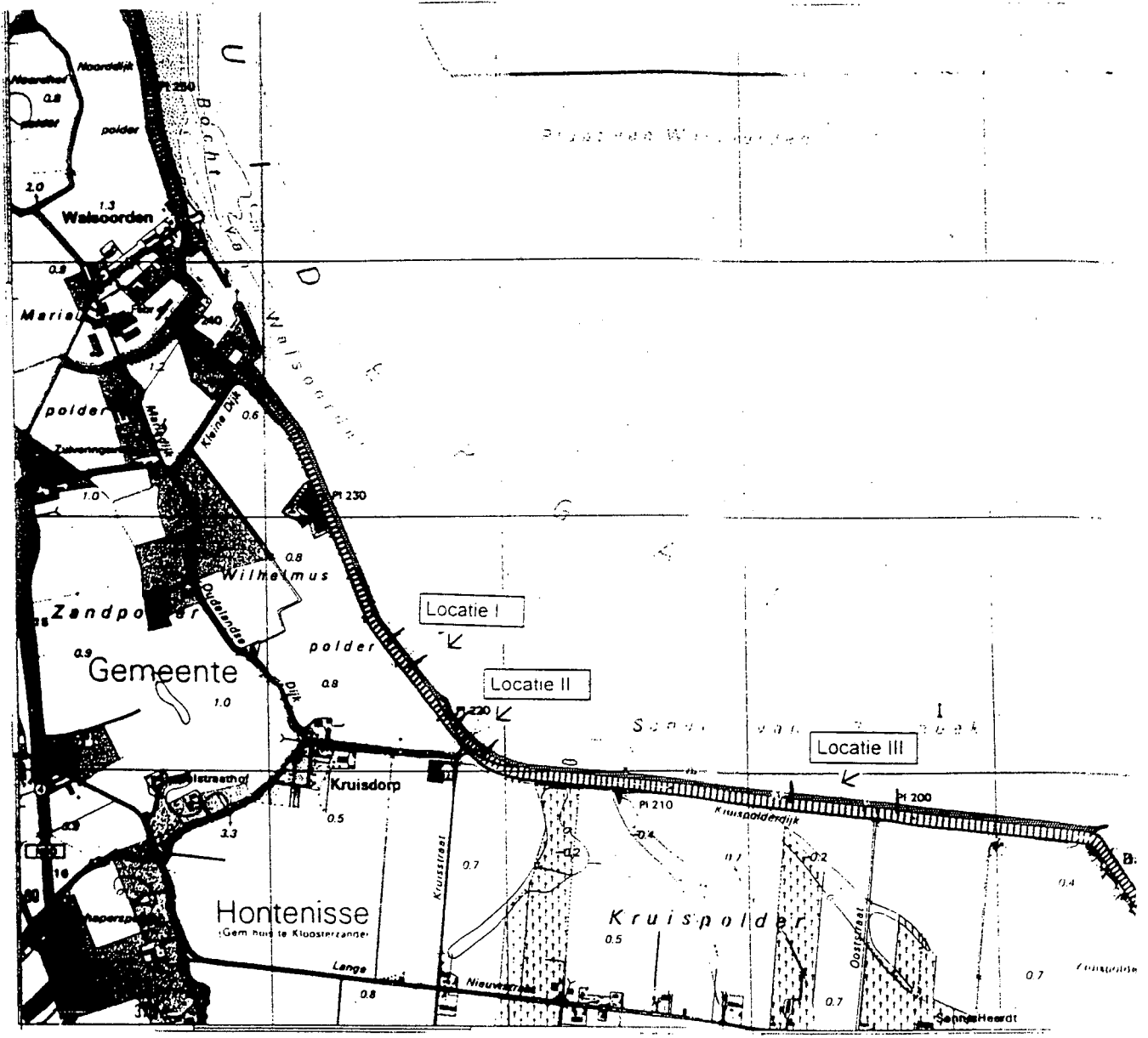
LOCATIEKAART WALSOORDEN

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

Bijl.: 1



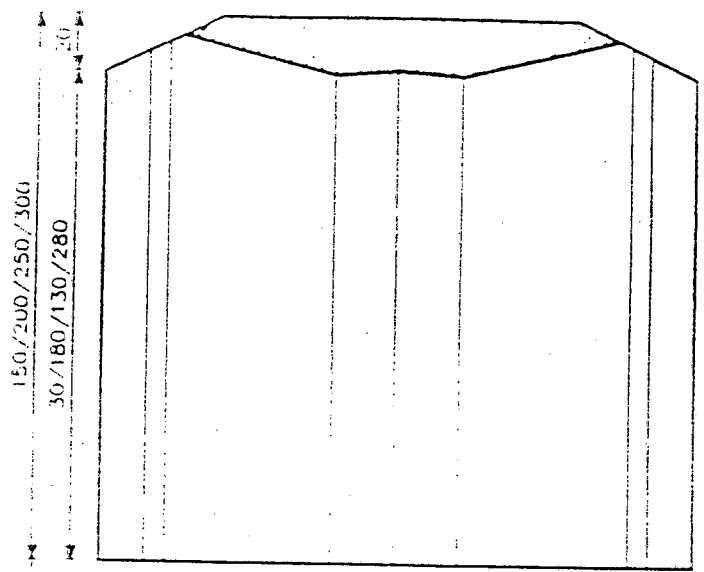


- Locatie I PIT-polygoonzuilen en granietblokken
- Locatie II Hydroblocks
- Locatie III Blokken op hun kant

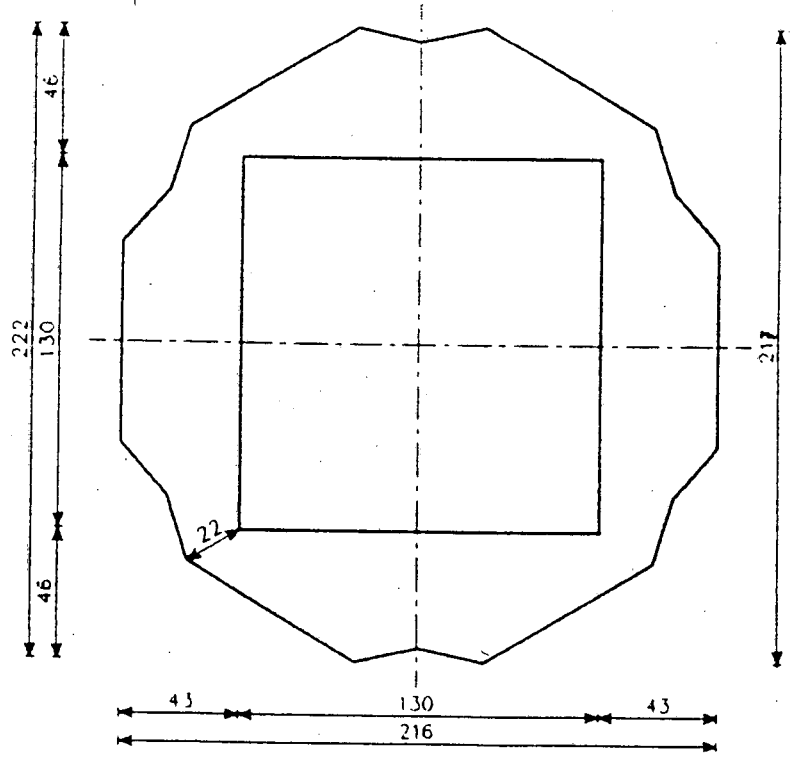
LOCATIEKAART TREKPROEVEN

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

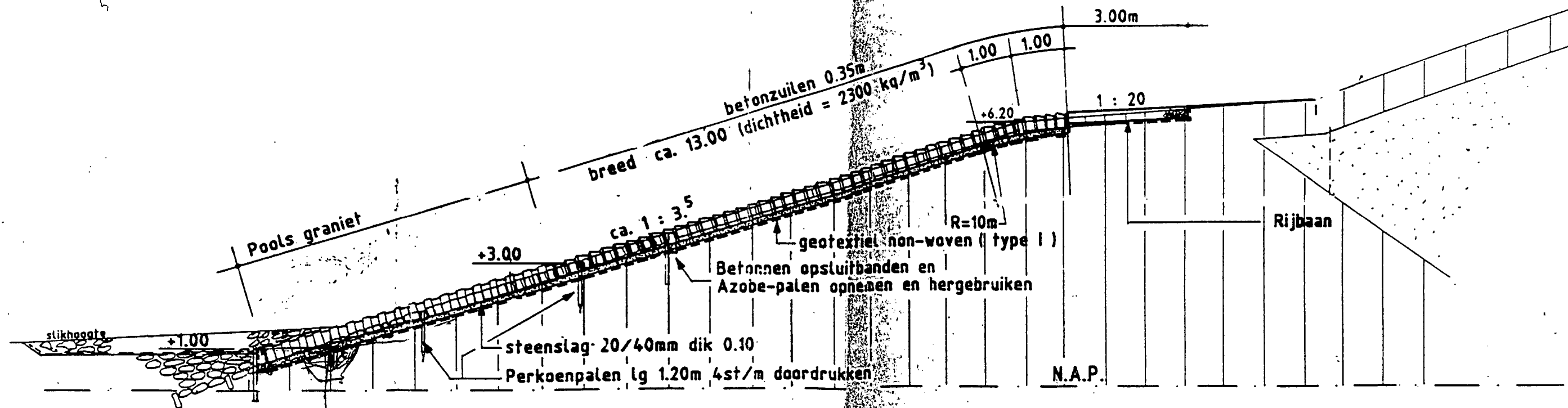
Opdr.: N0550  
Bijl.: 2



VOCRAANZICHT



AANZICHT BOVENVLAK

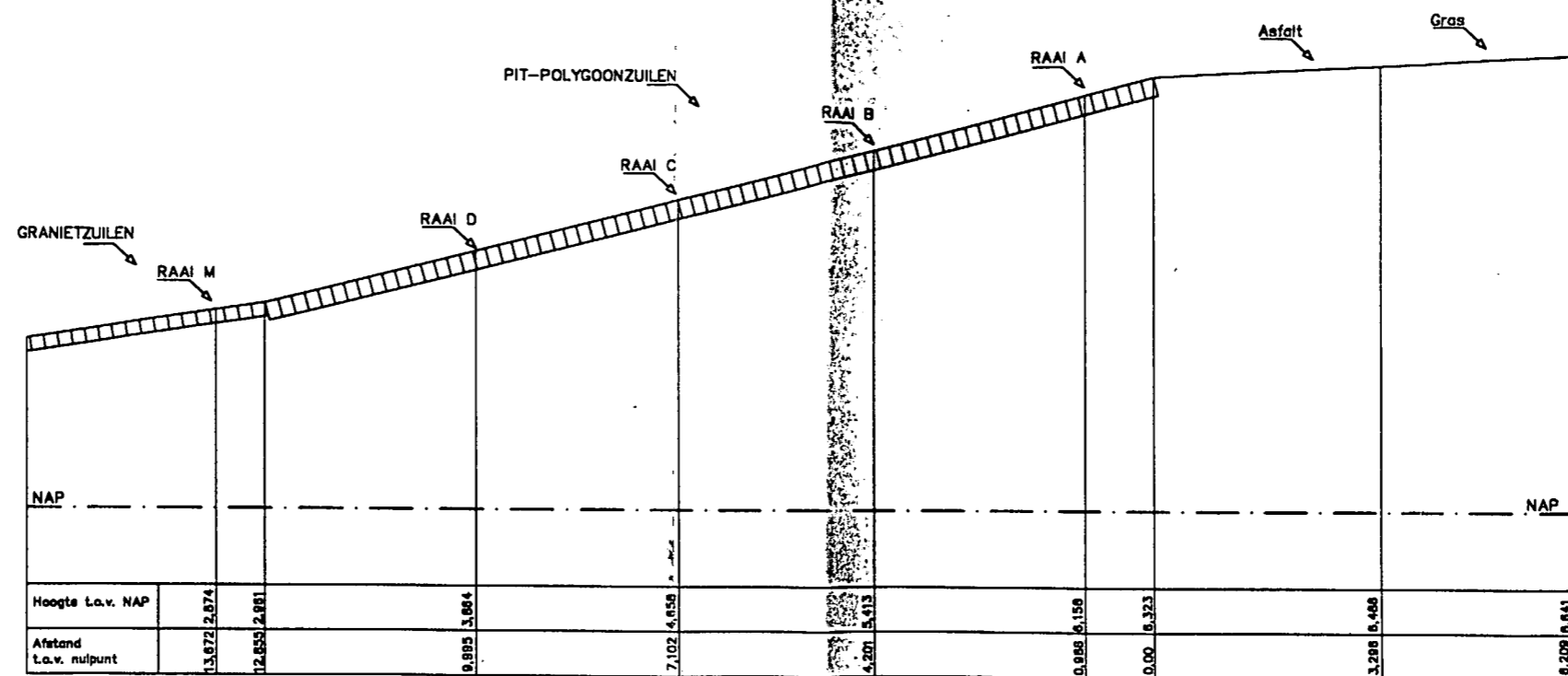


Betonnen opsluitbanden  $1.00 \times 0.50 \times 0.15 / 0.10$   
 Azobe-palen  $1.25 \times 0.08 \times 0.04$

OPBOUW DIJKLICHAAM LOCATIE PIT-POLYGOONZUILEN EN  
 GRANIEZUILEN

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

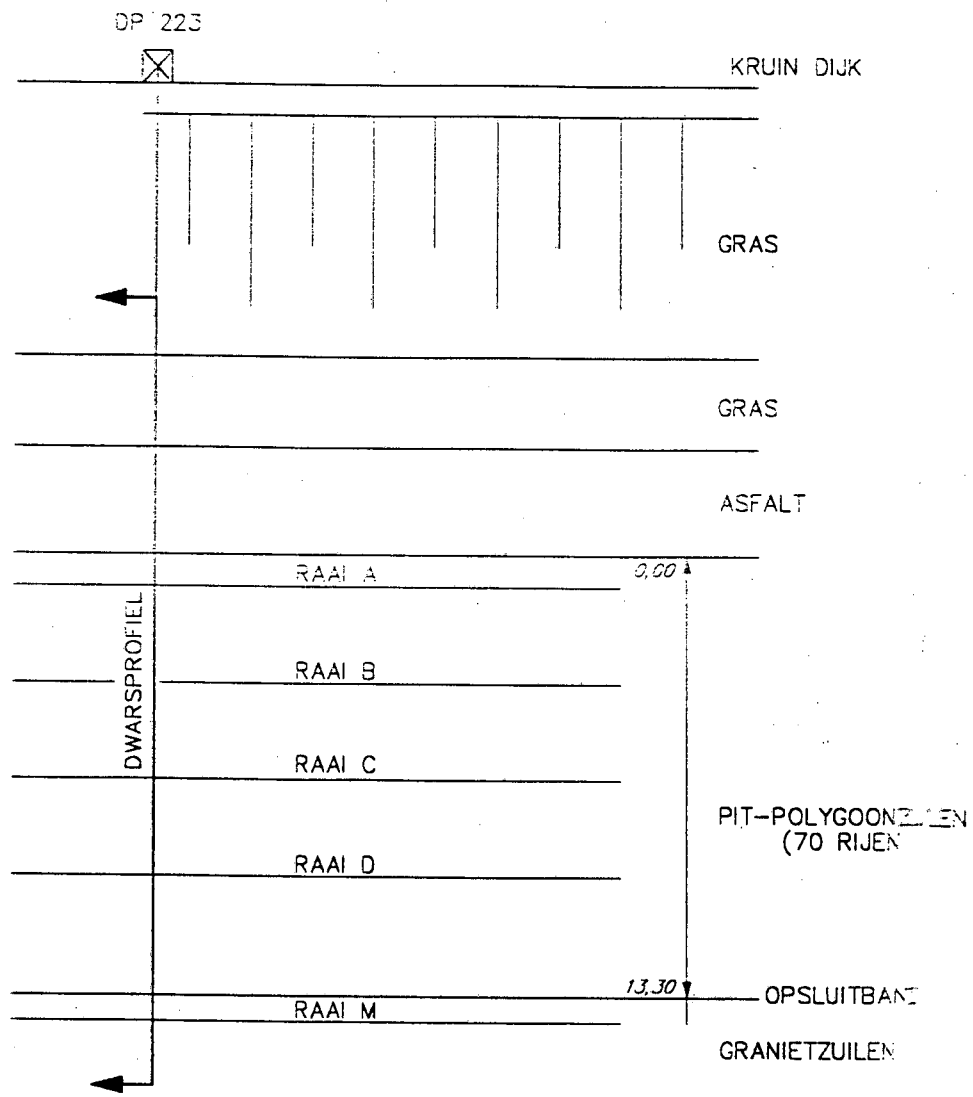
Opdr.: N0550  
 Bijl.: 3C



DWARSPROFIEL LOCATIE I: PIT-POLYGOONZUILEN EN GRANIEZUILEN  
 NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Schaal ca. 1 : 100

Opdr. : N-0550  
 Bijl. : 3D



- RAAI A = 6e RIJ STENEN
- RAAI B = 23e RIJ STENEN
- RAAI C = 39e RIJ STENEN
- RAAI D = 55e RIJ STENEN
- RAAI M = 4e RIJ GRANIETZUILEN
- LENGTE RAAI A t/m D ca. 171 m.
- LENGTE RAAI M ca. 190 m.

NULPUNT LIGT IN RAAI  
TER PLAATSE VAN DP 223

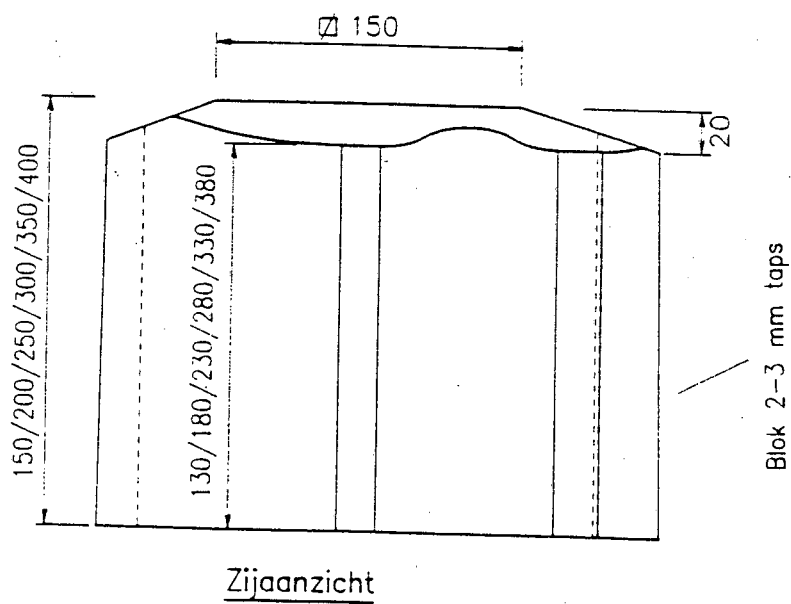
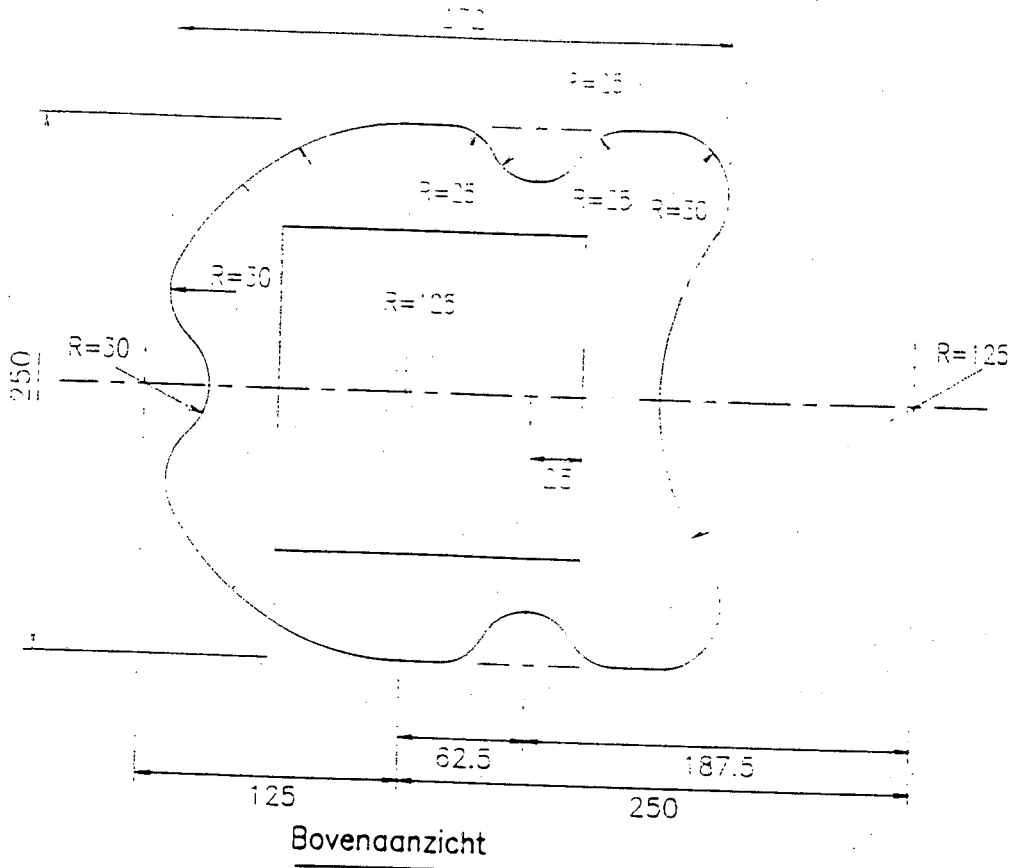
N.B. Maten gemeten langs het strand  
Tekening niet op schaal

Opg. : dd: 25-06-1998 Gec.:

SITUATIEKAART LOCATIE I: PIT-POLYGOONZUILEN EN GRANIETZUILEN

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr. : 1-055C  
Bijl. : 3E



Maten zoals in de tekening zijn aangegeven, zijn de werkende maten van het blok

De bovenzijde van het blok is i.v.m. de tapsheid enkele mm kleiner

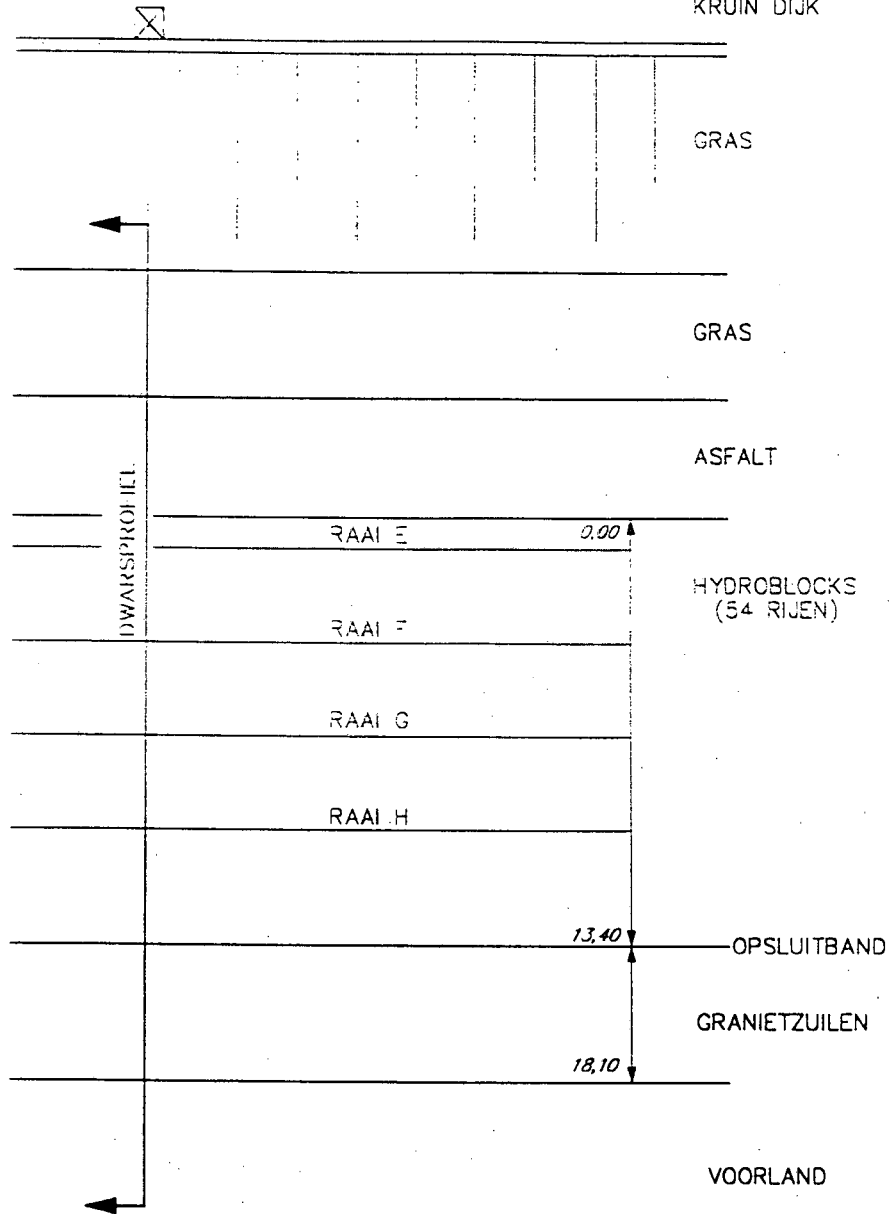
Hoogte [mm]	Gewicht [kg]	
	/blok	/m <sup>2</sup>
150	19	300
200	25	400
250	31	500
300	38	600
350	44	700
400	50	800

**AFMETINGEN HYDROBLOCKS**

TUGRO

DP 219

KRUIJN DIJK



RAAI E = 5e/6e RIJ STENEN  
 RAAI F = 17e/18e RIJ STENEN  
 RAAI G = 29e/30e RIJ STENEN  
 RAAI H = 41e/42e RIJ STENEN  
 LENGTE RAAI E t/m H ca. 160 m.

NULPUNT LIGT IN RAAI  
 TER PLAATSE VAN DP 224

N.B. Maten gemeten langs het talud  
 Tekening niet op schaal

dd:

dd: 25-06-1998 Gec.:

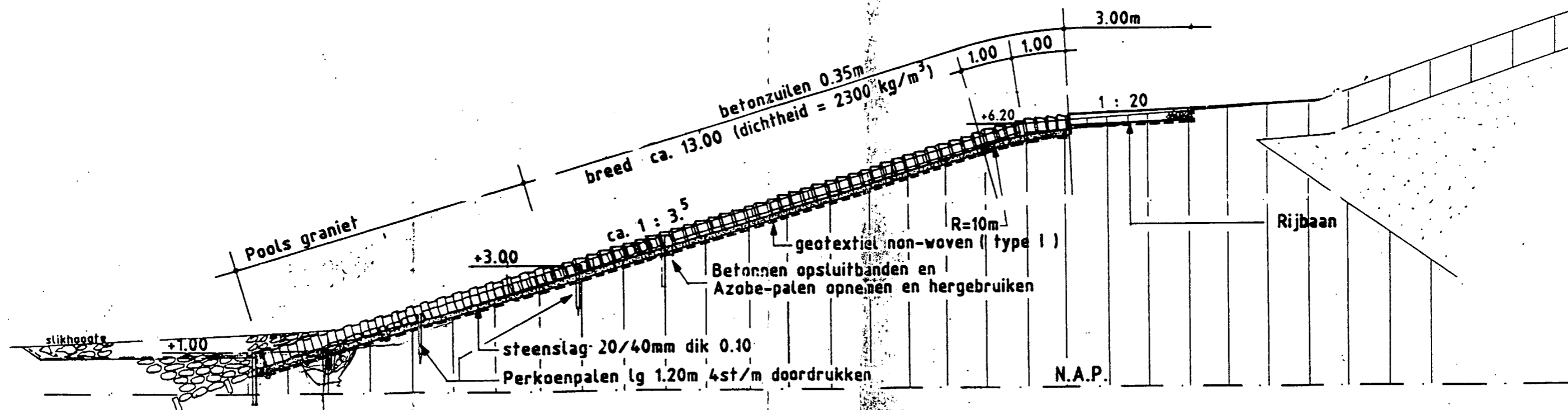
Opg.:

SITUATIEKAART LOCATIE II: HYDROBLOCKS

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr. : N-0550

Bijl. : 4B



Betonnen opsluitbanden 1.00x0.50x0.15/0.10  
 Azobe-palen 1.25x0.08x0.04

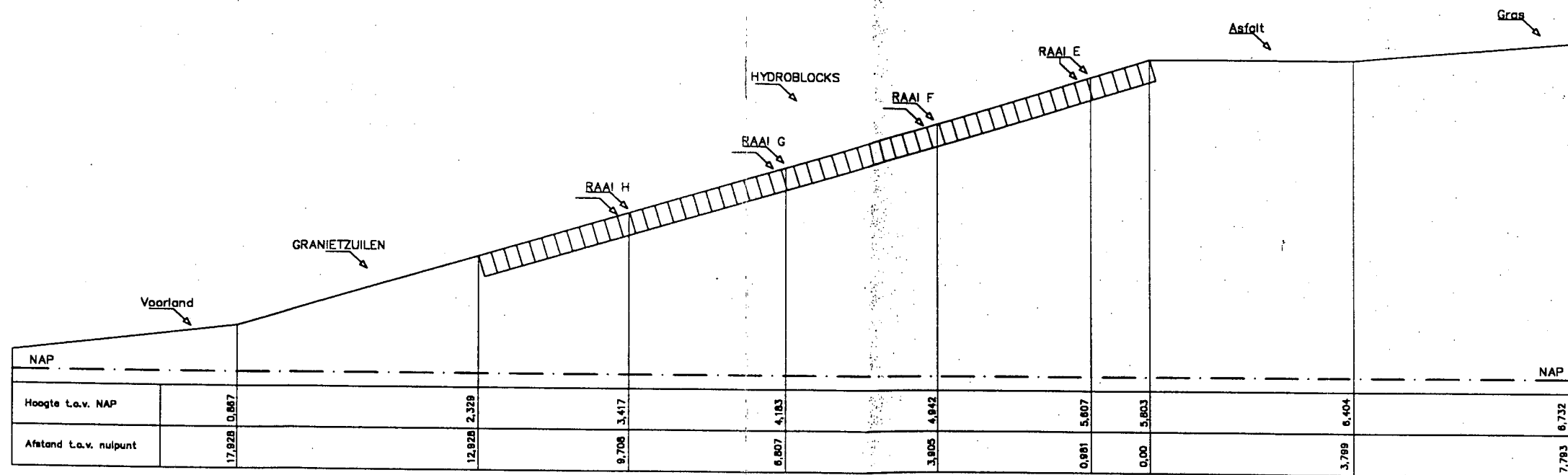
OPBOUW DIJKLICHAAM LOCATIE HYDROBLOCKS

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

Opdr.: N0550  
 Bijl.: 4C



Opg. : Hun dd: 30-06-98 Cec.: dd:

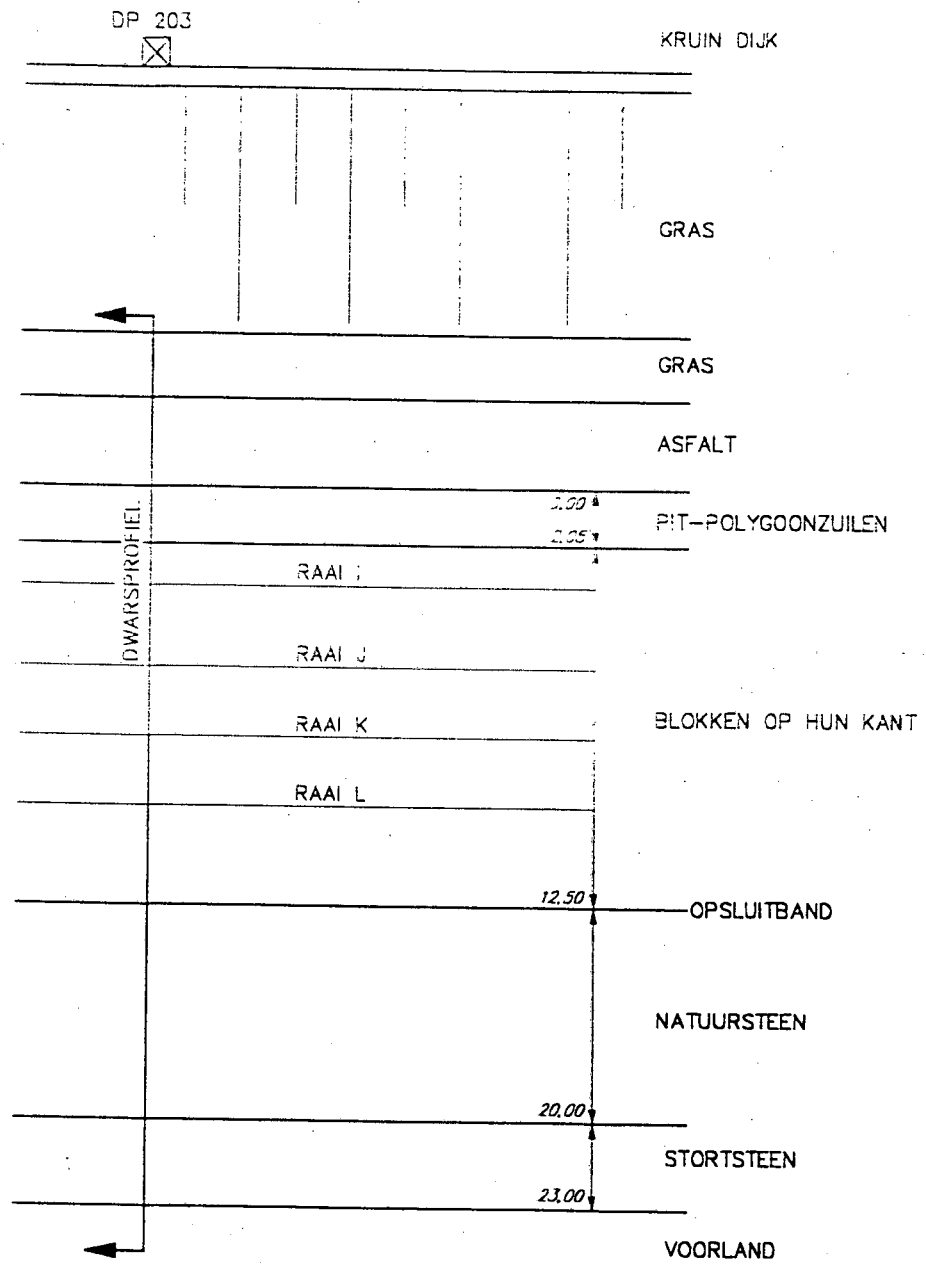


Schaal ca. 1.: 100

DWARSPROFIEL LOCATIE II: HYDROBLOCKS

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr. : N-0550  
Bijl. : 4D



Opg. : dd: 25-08-1988 Gec.:

RAAI I = 3e RIJ BLOKKEN  
 RAAI J = 15e RIJ BLOKKEN  
 RAAI K = 27e RIJ BLOKKEN  
 RAAI L = 39e RIJ BLOKKEN  
 LENGTE RAAI I t/m L ca. 400 m.

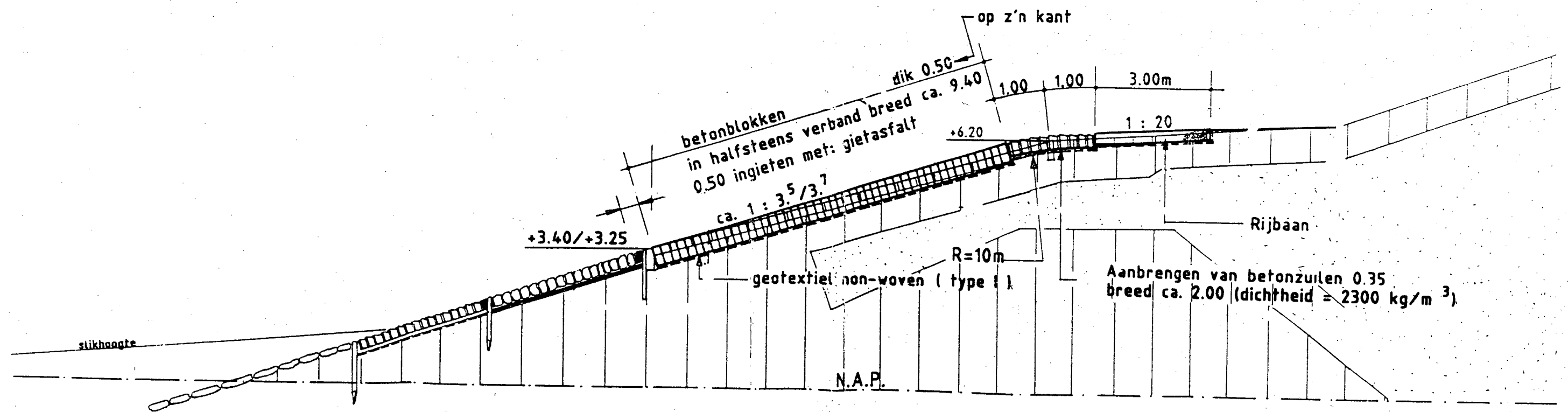
NULPUNT LIGT IN RAAI  
 TER PLAATSE VAN DP 205

N.B. Maten gemeten langs het talud  
 Tekening niet op schaal

SITUATIEKAART LOCATIE III: BLOKKEN OP HUN KANT

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr. : N-0550  
 Bij. : 5A

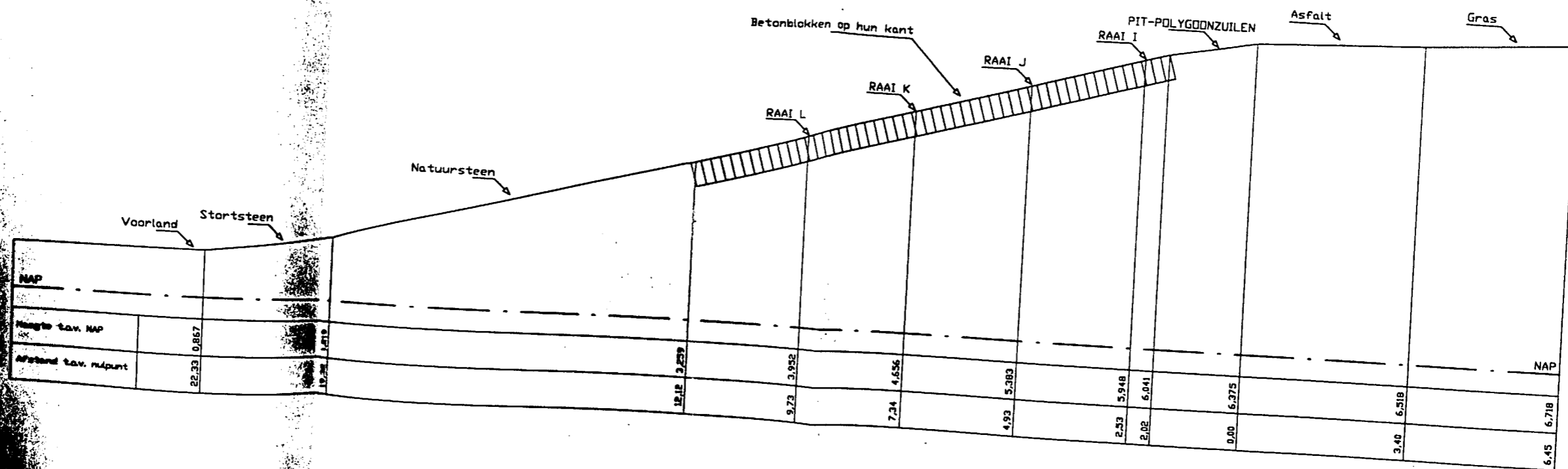


OPBOUW DIJKLICHAAM LOCATIE BLOKKEN OP HUN KANT

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

Opdr.: N0550  
Bijl.: 5B

Opg. : Hun dd: 30-06-98 Dec.: dd:



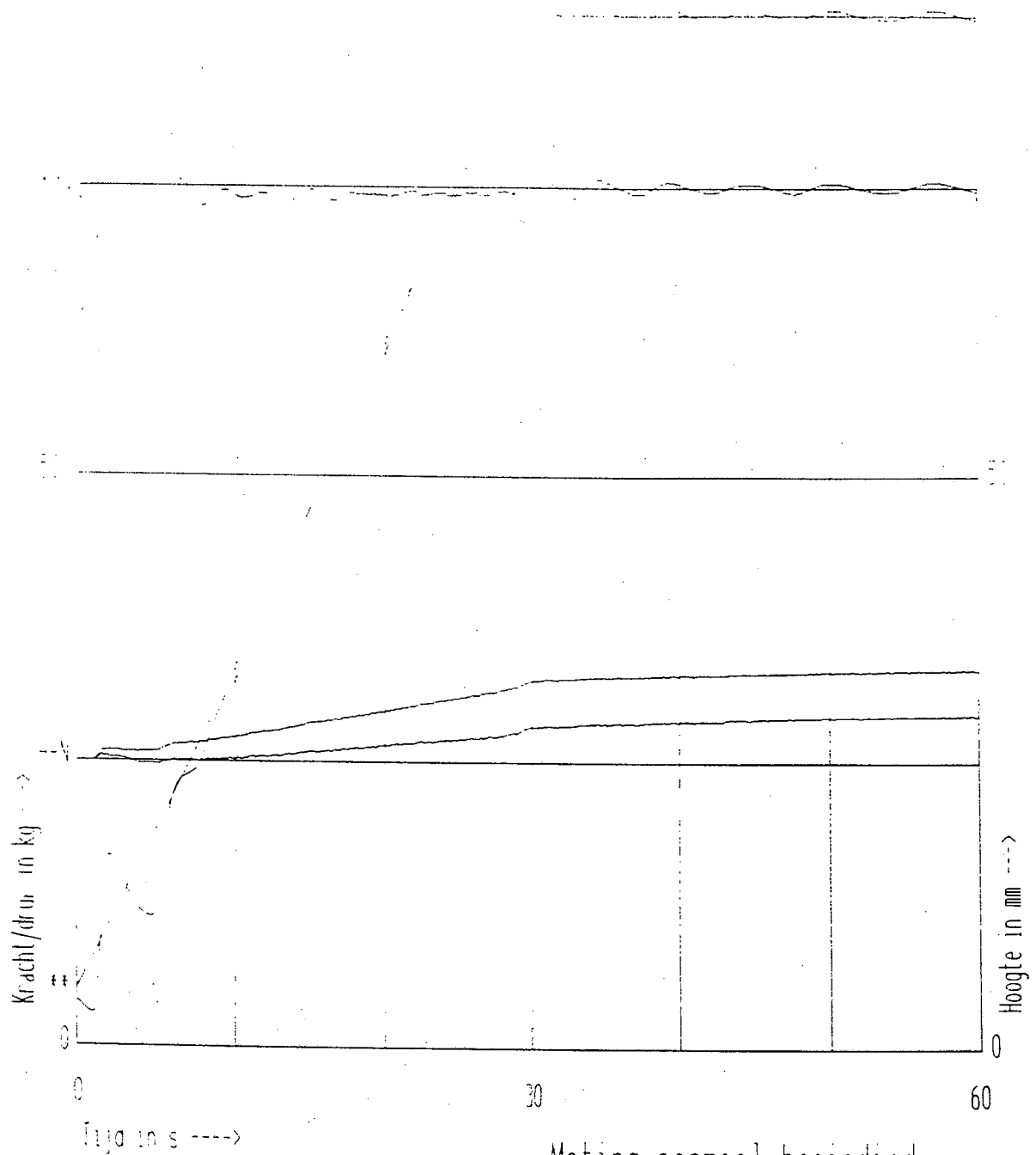
DWARSPROFIEL LOCATIE III: BLOKKEN OP HUN KANT

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Schaal ca. 1 : 100

bylage 5c

Opdr. : N-0550

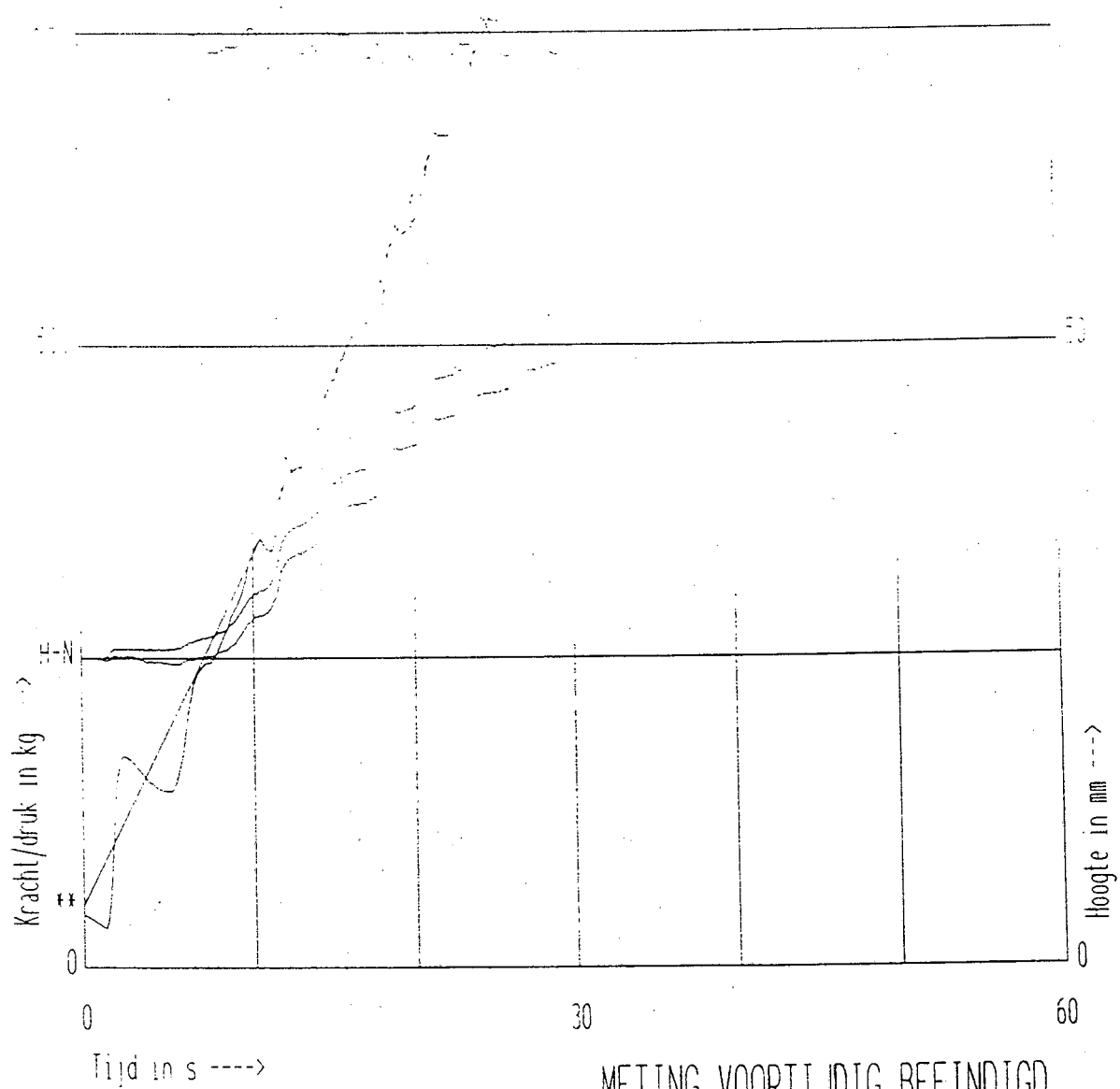


Meting normaal beëindigd

- \*\* Netto trekkracht en gewenste druk
- Hoogte verplaatsingsopnemer
- X-D Verschil tussen trekkracht en druk
- H-W Verplaatsing element steenzetting

TREKPROEF M01 TRA DATUM 980416 TIJD 1525 DWW/AK

VORBEELD RESULTAAT TREKPROEF NORMAAL BEËINDIGD



METING VOORTIJDIG BEEINDIGD

- \*\* Netto trekkkracht en gewenste druk
- K-D Verschil tussen trekkkracht en druk
- Hoogte verplaatsingsopnemer
- H-N Verplaatsing element steenzetting

TREKPROEF B27 TRA

DATUM 980408

TIJD 1306

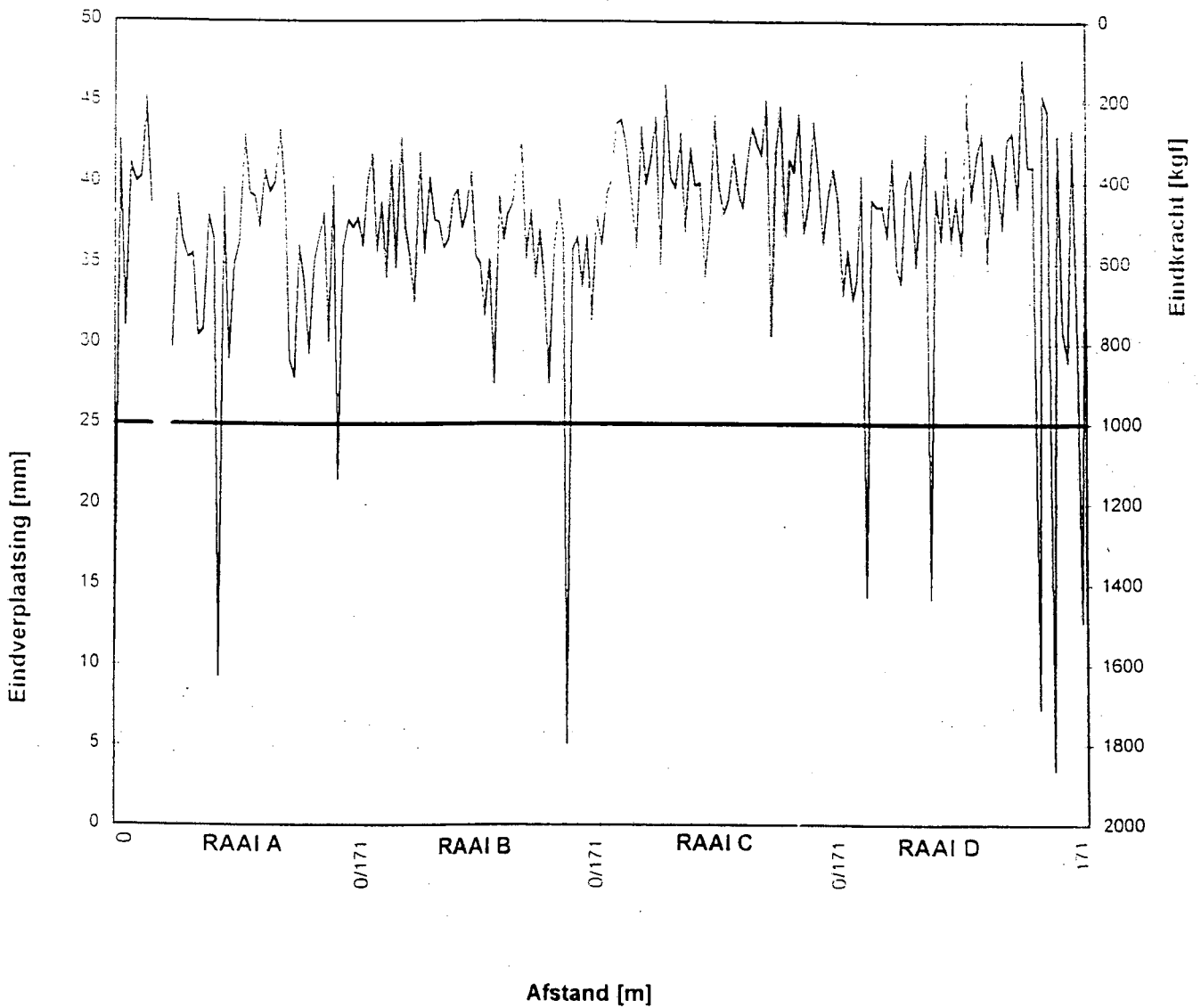
DWW/AK

VOORBEELD RESULTAAT TREKPROEF VOORTIJDIG BEEINDIGD

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550  
Bijl.: 7

Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand  
RAAI A-B-C-D



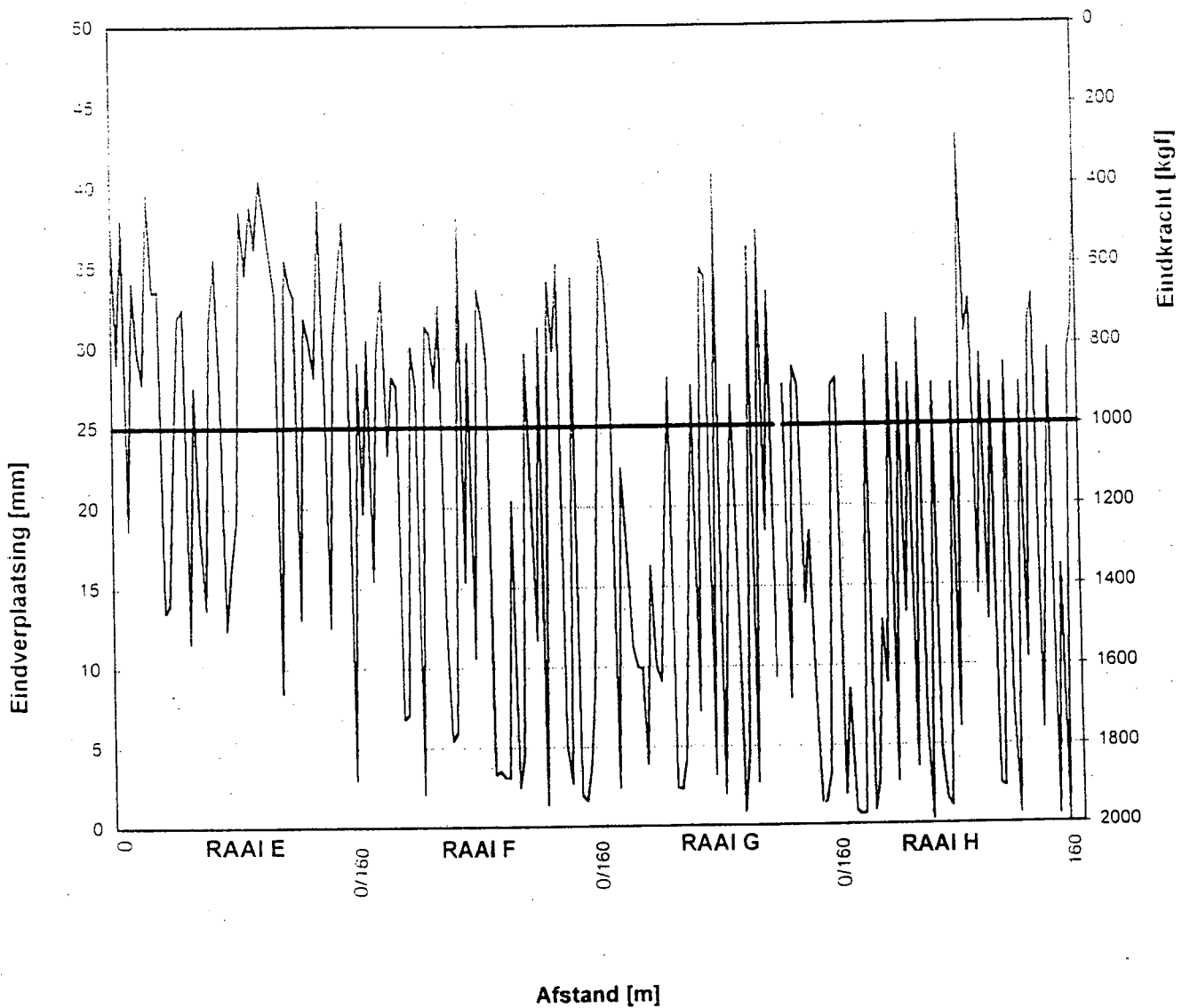
EINDVERPLAATSING EN EINDKRACHT TEGEN DE AFSTAND PIT-BLOKKEN

NATUURMETINGEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

bijl.: 8A

Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand  
RAAI E-F-G-H



EINDVERPLAATSING EN EINDKRACHT TEGEN DE AFSTAND HYDROBLOCKS

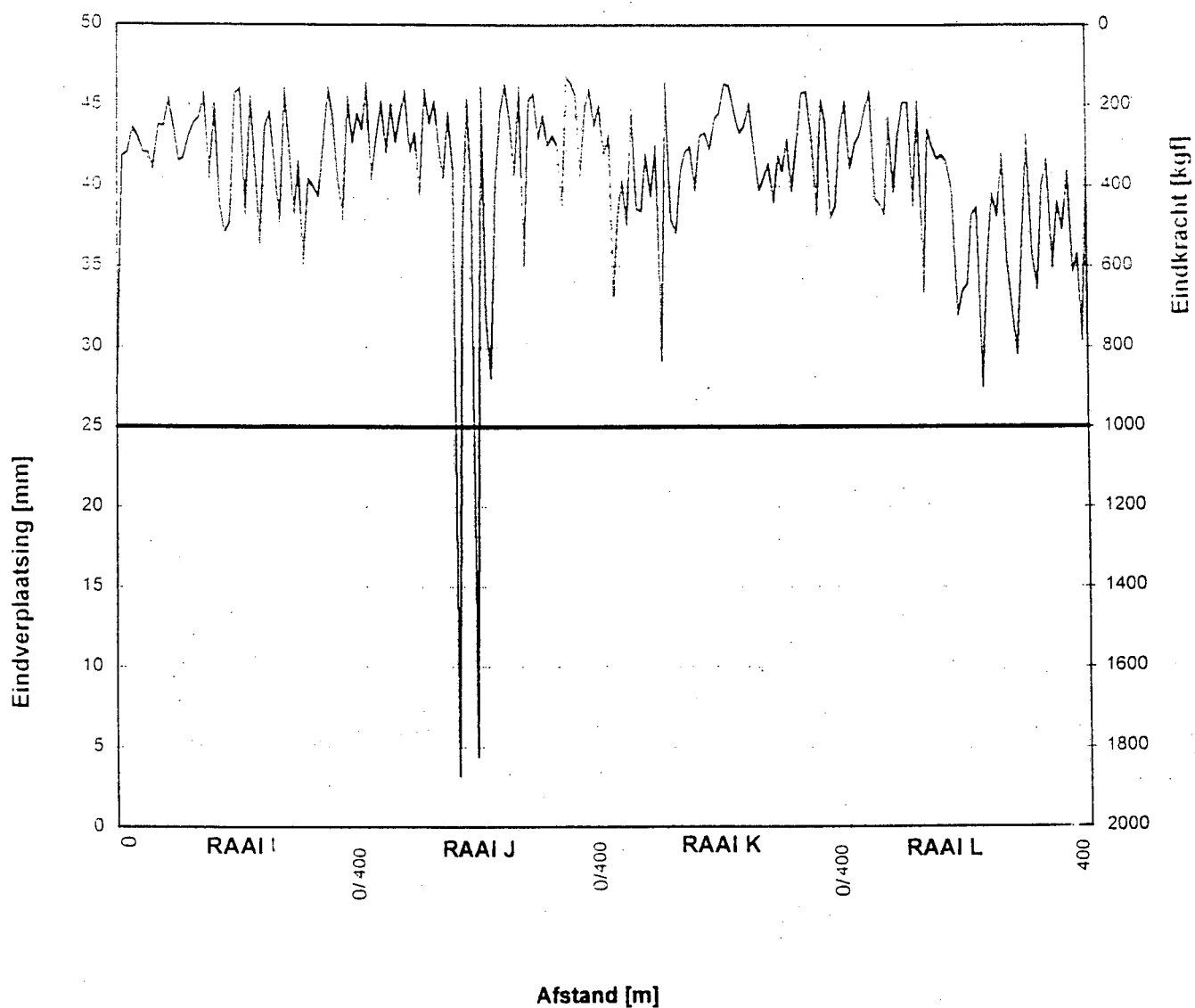
NATUURMETINGEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

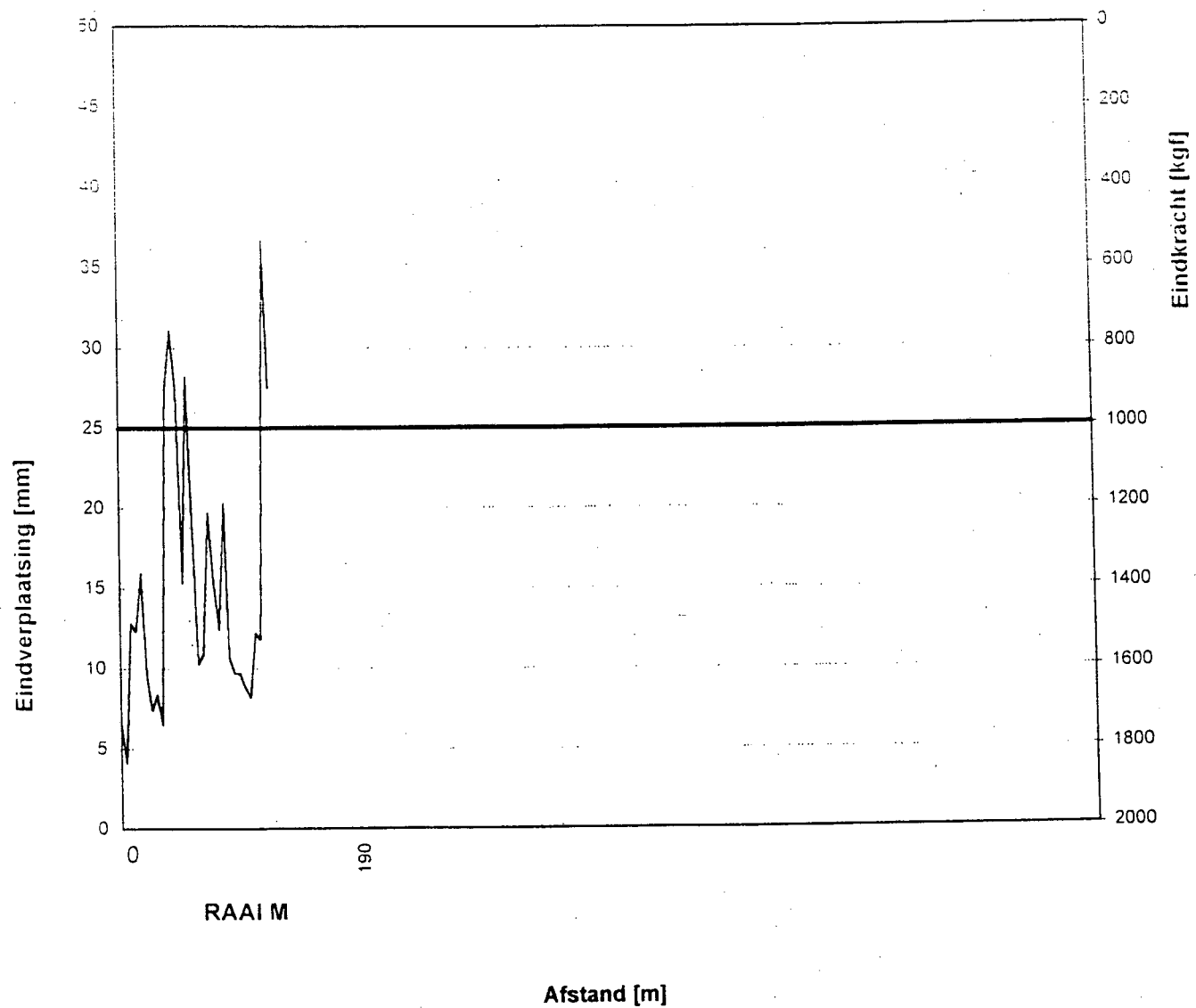
Bijl.: 8B

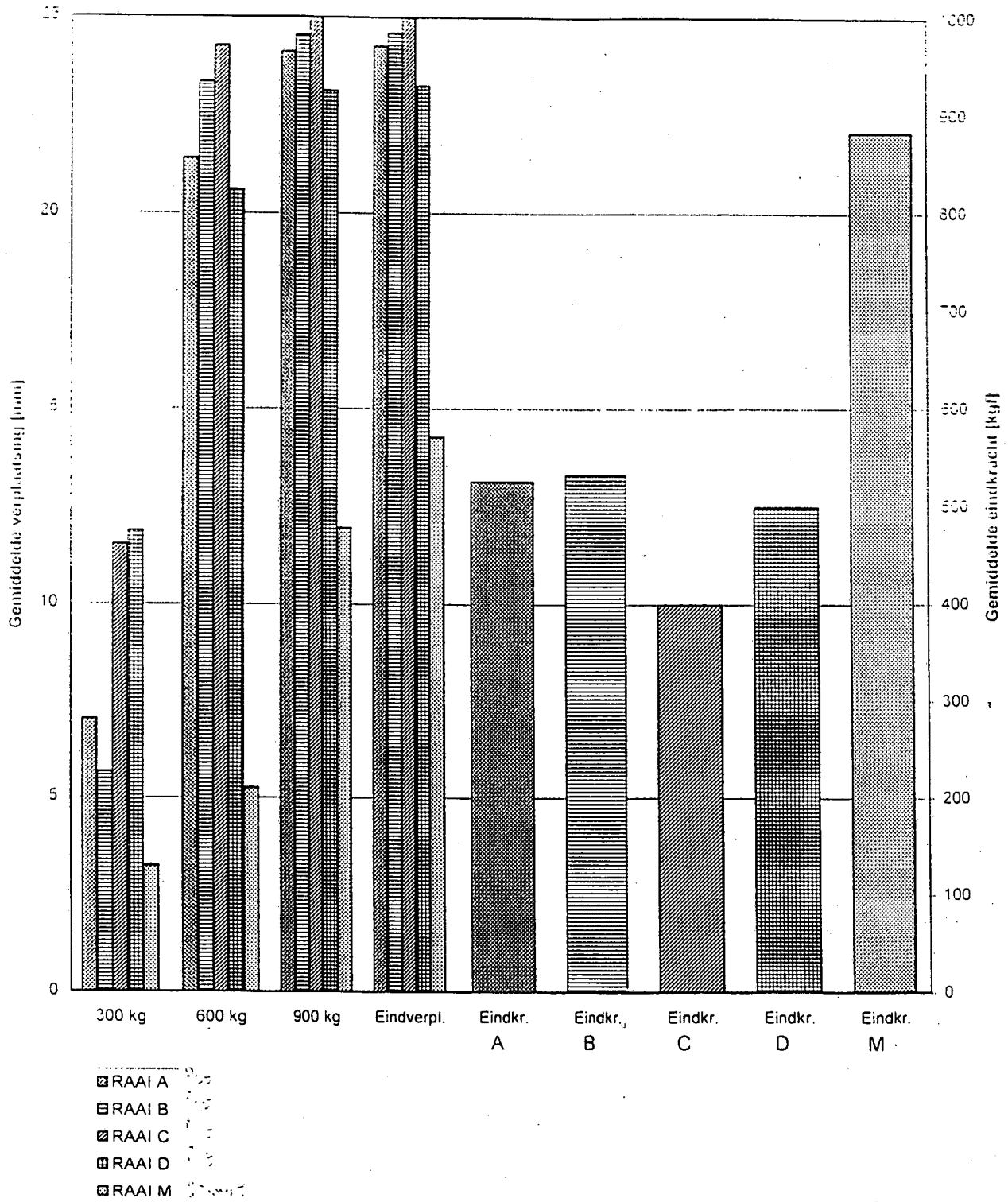


Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand  
RAAI I-J-K-L



### Eindverplaatsing en eindkracht tegen de afstand RAAI M



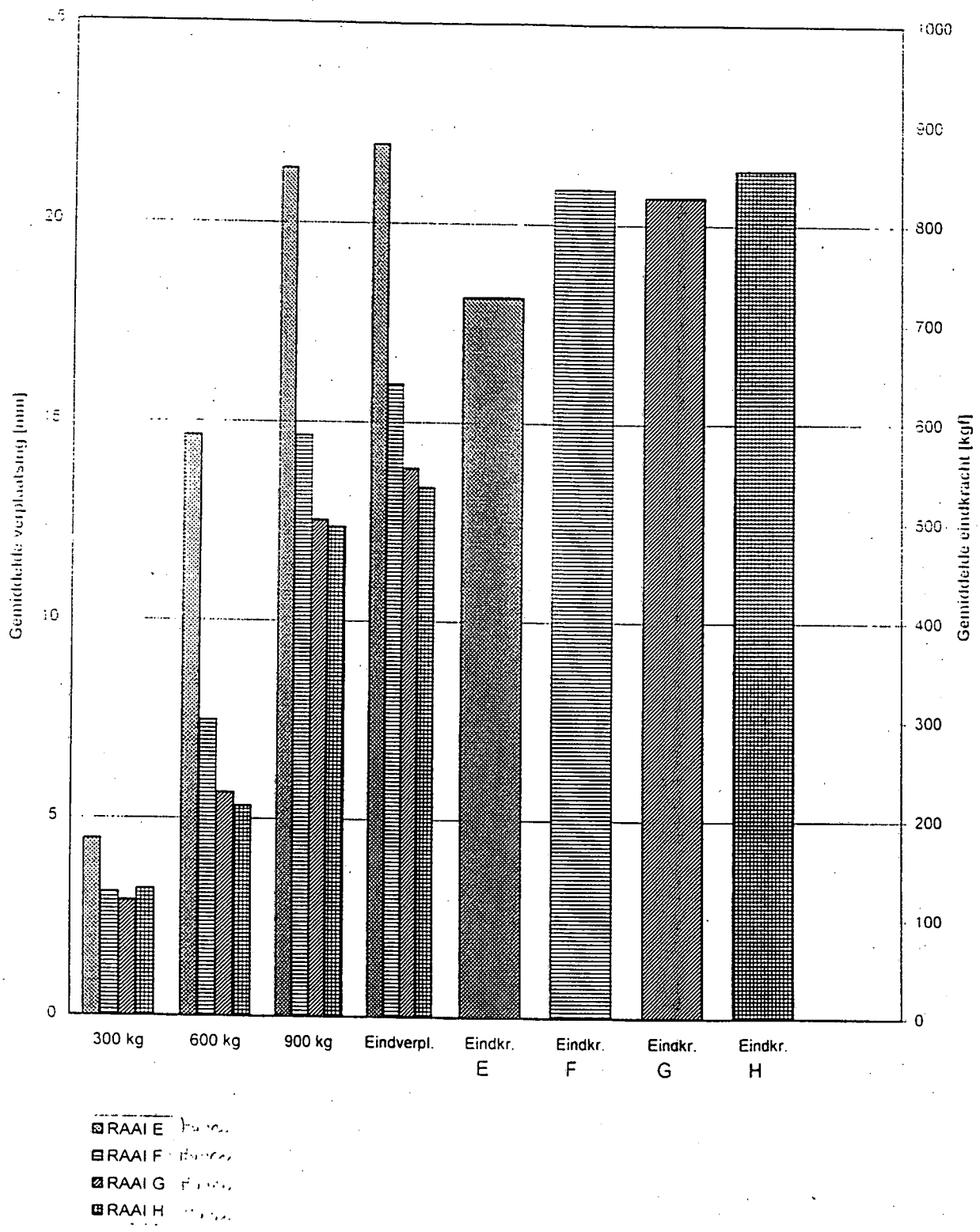


GEM. VERPLAATSING EN KRACHT PER BELASTINGTRAP RAAIEN A-B-C-D-M

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

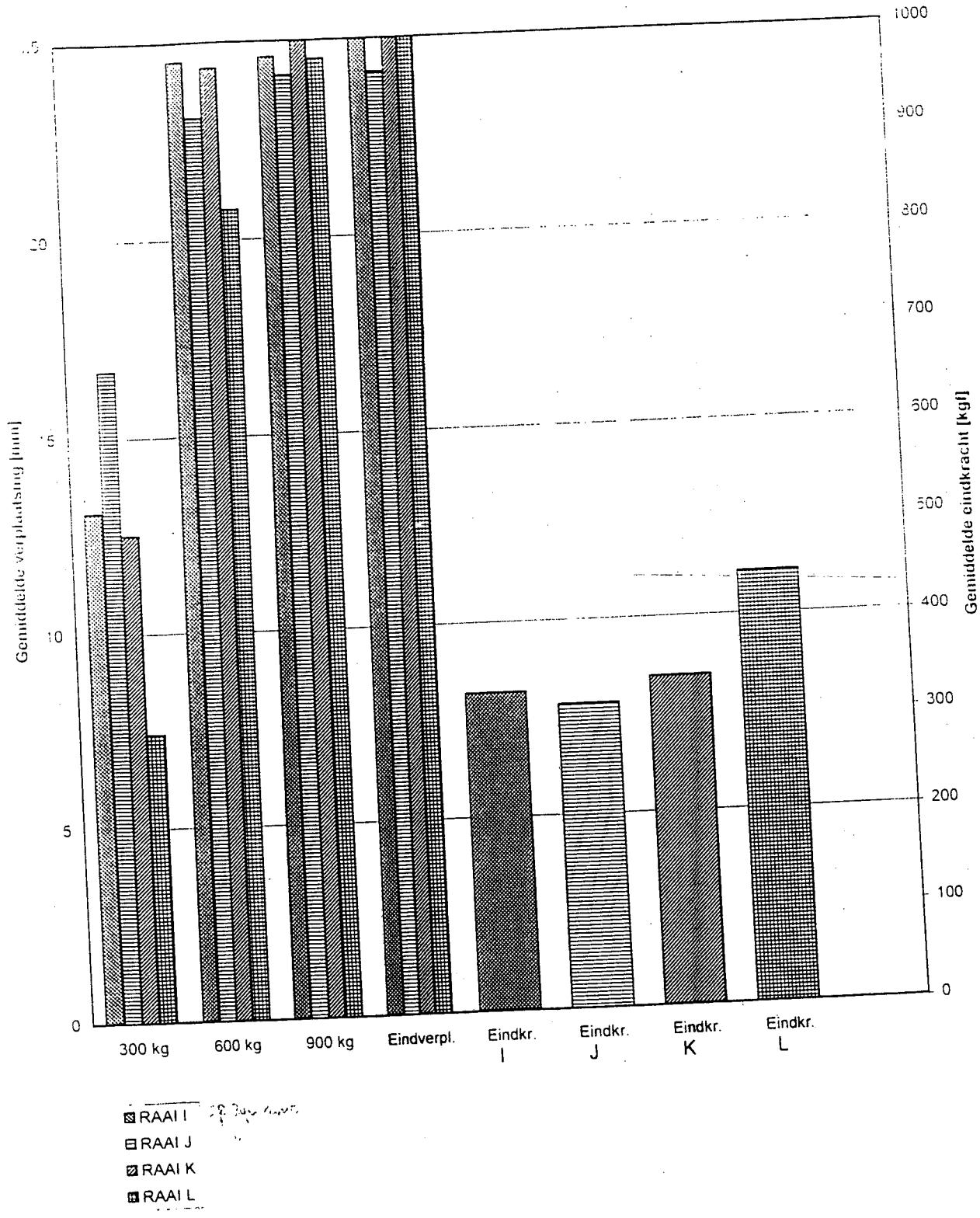
Bijl.: 9A



GEM. VERPLAATSING EN KRACHT PER BELASTINGTRAP RAAIEN E-F-G-H

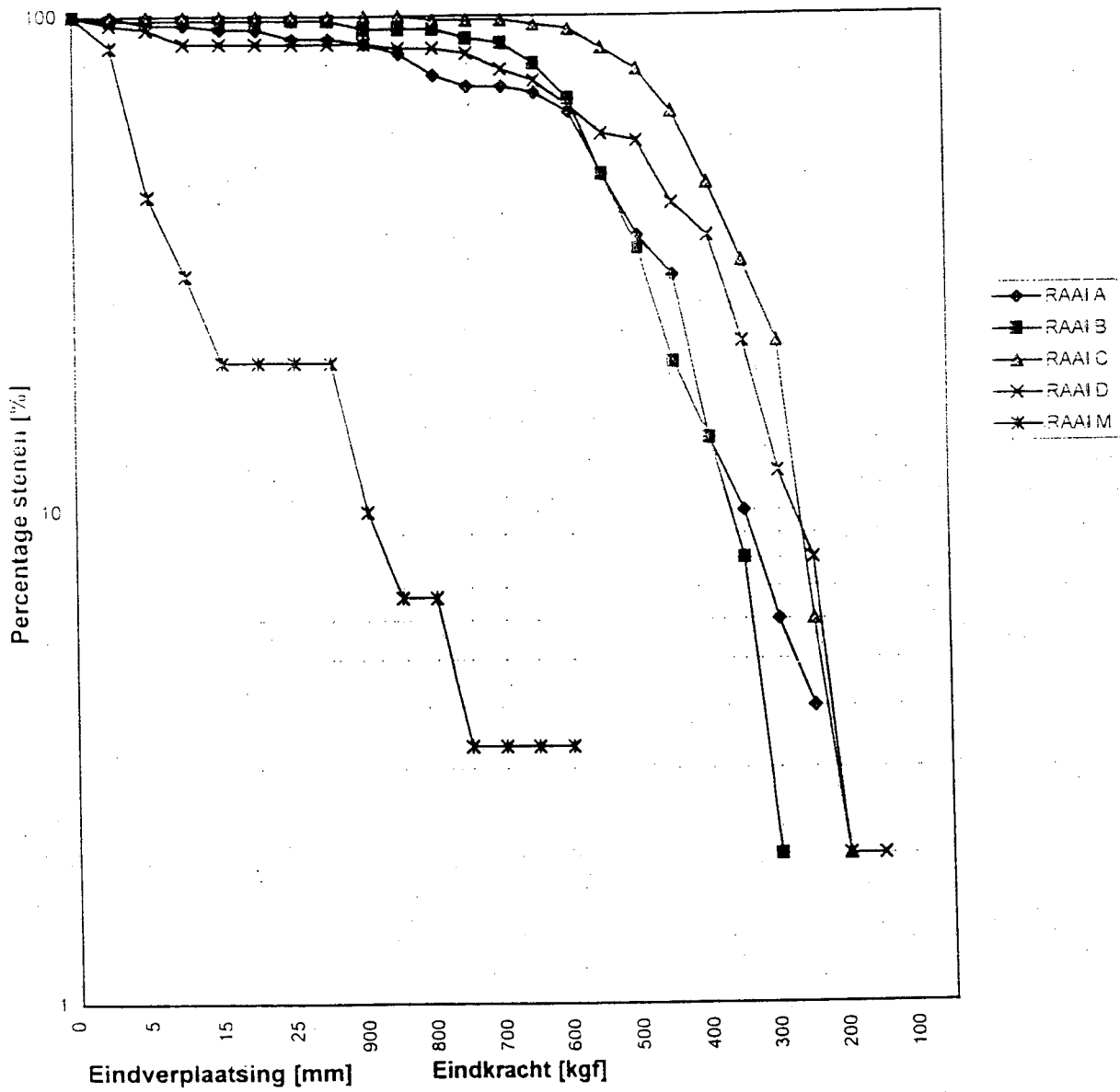
NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550  
Bijl.: 9B

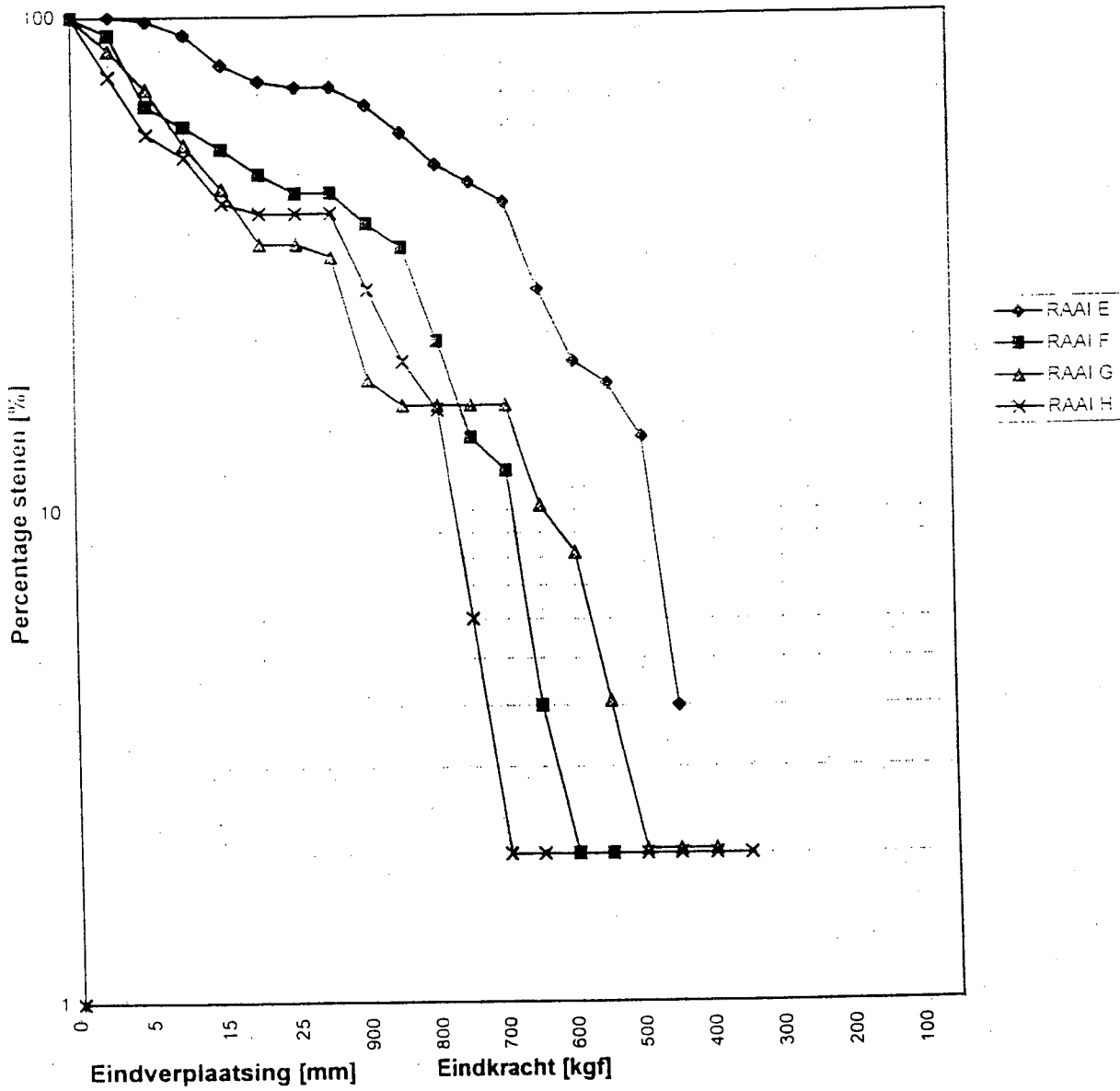


GEM. VERPLAATSING EN KRACHT PER BELASTINGTRAP RAAIEN I-J-K-L  
 NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550  
 Bijl...: 9C



PERCENTAGE OPGETREDEN VERPLAATSINGEN EN KRACHTEN A-B-C-D-M  
 Opdr.: N-0550  
 NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN  
 Bijl.: 10A

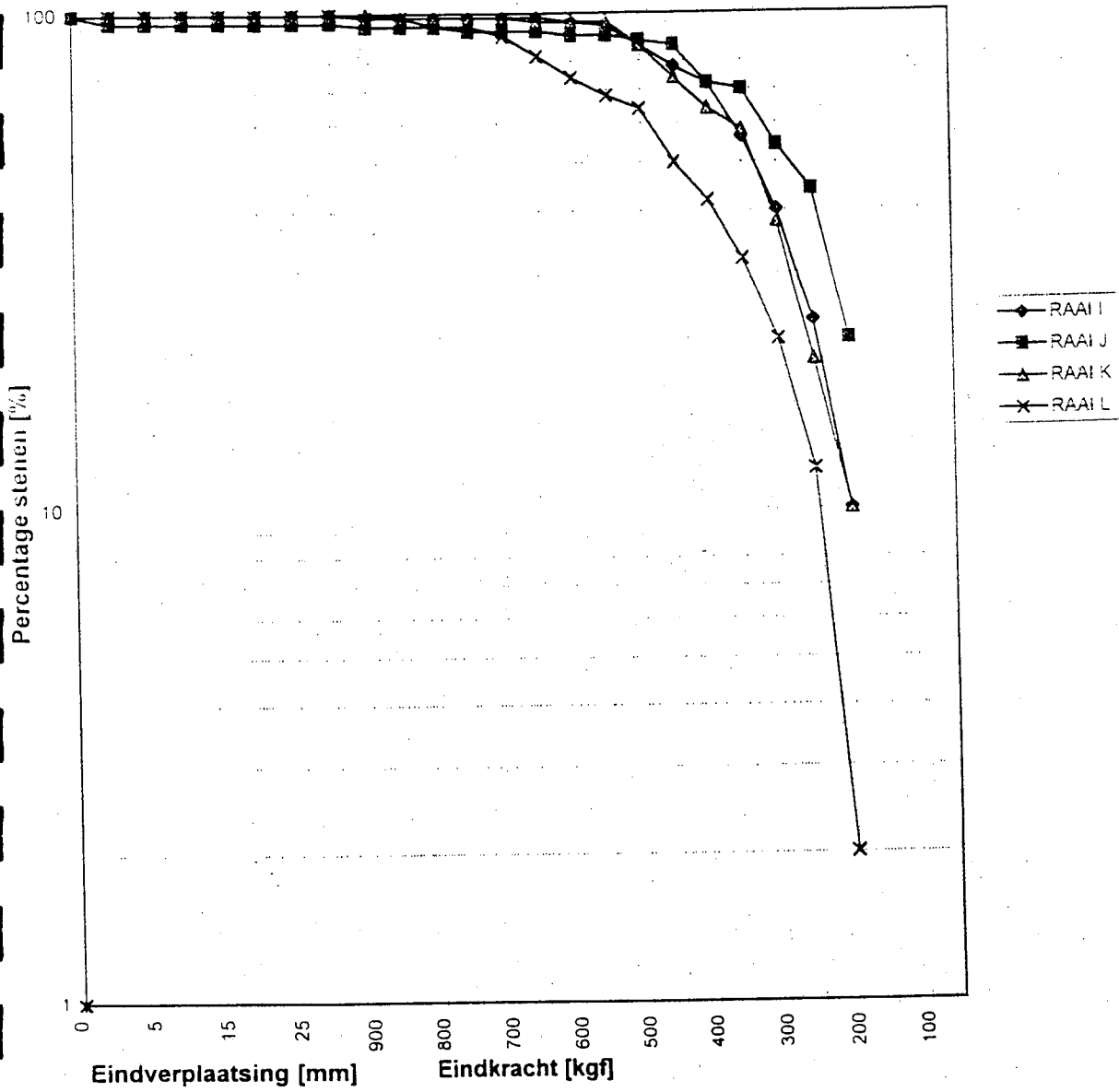


PERCENTAGE OPGETREDEN VERPLAATSINGEN EN KRACHTEN E-F-G-H

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

Bijl.: 10B



PERCENTAGE OPGETREDEN VERPLAATSINGEN EN KRACHTEN I-J-K-L

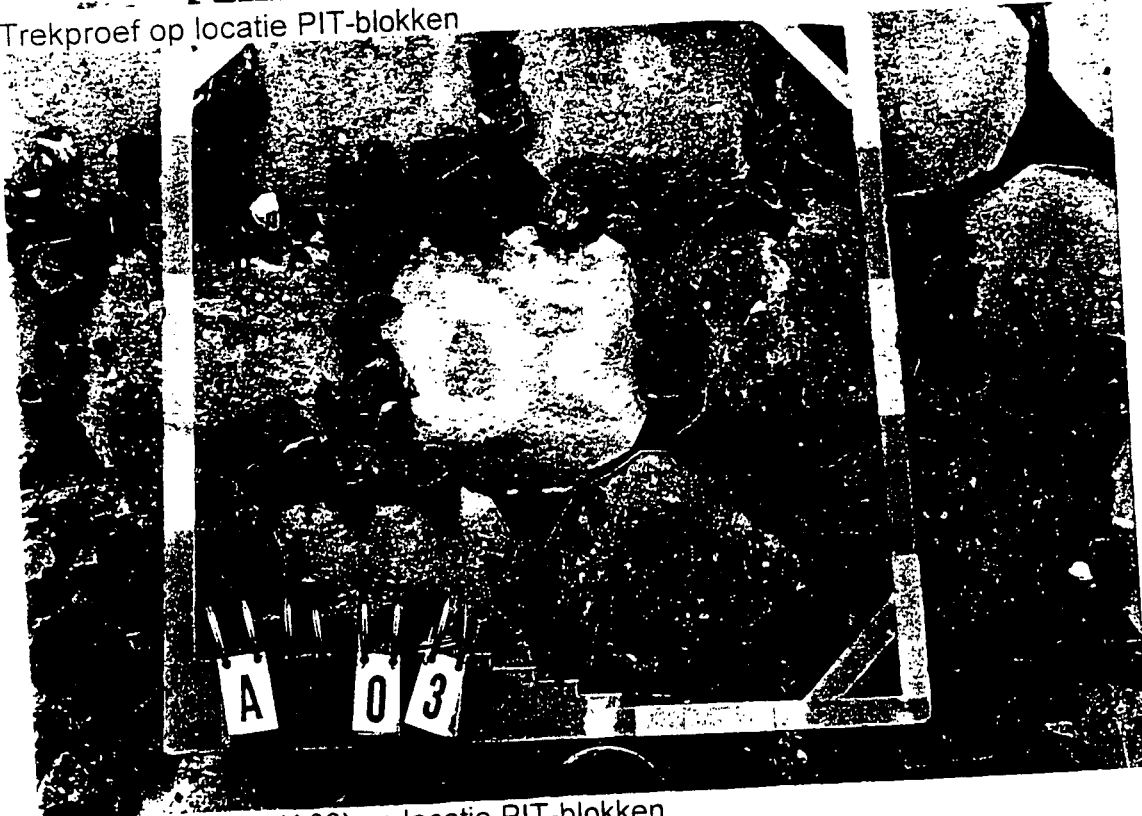
NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550  
Bijl.: 10C





Trekproef op locatie PIT-blokken



Voorbeeldsteen (A03) op locatie PIT-blokken

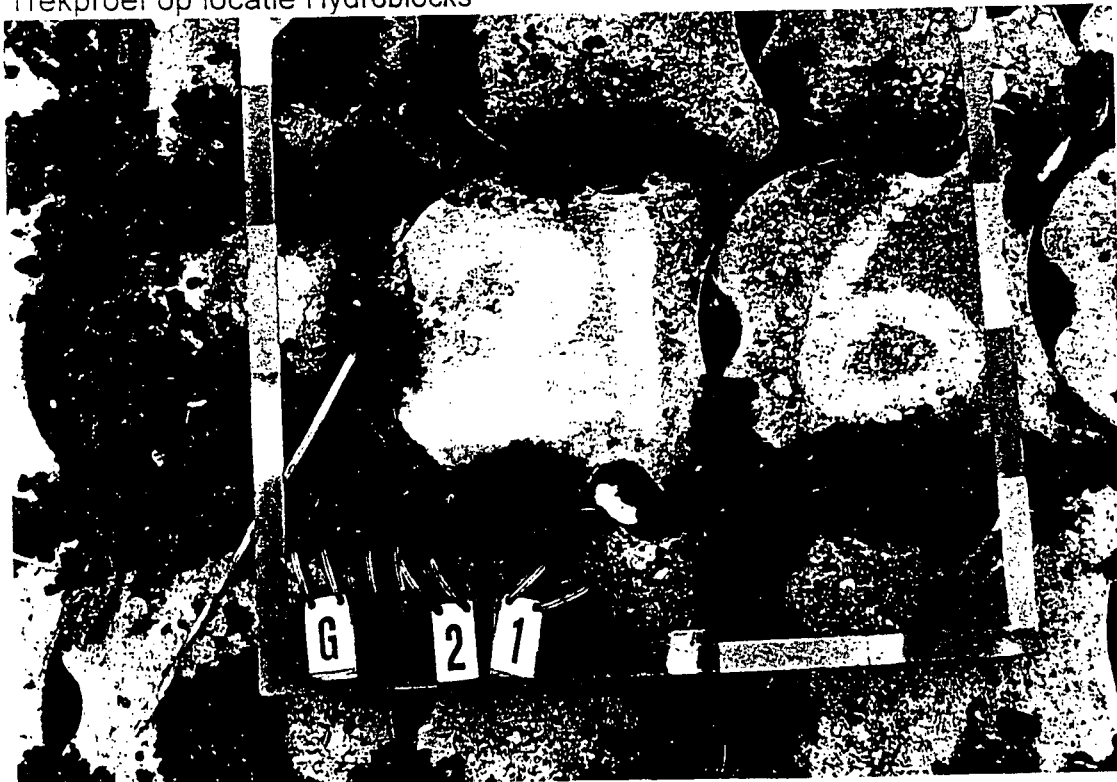
FOTO'S

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550  
Bijl.: 11.1



Trekproef op locatie Hydroblocks



Voorbeeldsteen (G21) op locatie Hydroblocks

FOTO'S

NATUURMETINGEN ZEEDIJKEN WALSOORDEN

Opdr.: N-0550

Bijl.: 11.2

