

directie waterhuishouding en waterbeweging
district kust en zee
adviesdienst vlissingen

nota WWKZ-84.V002, *provo 27*

Trekproeven op glooiings-
constructies in de Ooster-
schelde.

projectcode							
V	8	4	3	8	A	1	2

auteur(s) : Ir. H.J. Verhagen

datum : februari 1984

bijlagen : 5

samenvatting : In het kader van de deelprojectgroep PROVO is ten behoeve van het onderzoek naar de sterkte van glooiingsconstructies onder geconcentreerde, langdurige golfaanval een onderzoek gedaan naar de treksterkte van een viertal glooiingsconstructies. In een aantal dijkvakken langs de Oosterschelde zijn trekproeven gedaan, en de resultaten van deze proeven zijn statistisch geanalyseerd.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: i

Inhoudsopgave

	<u>blz</u>
1. INLEIDING.	1
2. DE UITVOERING VAN DE TREKPROEVEN.	2
2.1 Locatiekeuze.	2
2.2 Uitvoering.	4
3. STATISTISCHE VERWERKING.	6
3.1 Gebruikte variabelen.	6
3.2 Toets op typeverdeling.	7
3.3 Vergelijking trekproeven op zelfde steensoort.	9
3.4 Vorm van het trekdiagram.	11
3.5 Gemiddelde en standaardafwijking.	11
3.6 Correlatie.	14
3.7 Regressie analyse.	15
3.8 Het effect van herzetten en invegen.	16
4. INTERPRETATIE VAN DE GEVONDEN WAARDEN.	18
Literatuuropgave.	22
Lijst van bijlagen.	23

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 1

1. INLEIDING.

In het kader van BARCON wordt door de Deelprojectgroep PROVO een onderzoek ingesteld in hoeverre het weerstandsvermogen tegen langdurige golf-aanval van dijkbekledingen van de dijken rond de Oosterschelde randvoorwaarden oplegt aan het beheer van de stormvloedkering.

Dit onderzoek heeft o.a. geleid tot een voorstel voor het doen van modelproeven [1]. Vooruitlopend op een beslissing van de SGB inzake dit modelonderzoek heeft PROVO besloten de voorbereidingen voor dit onderzoek voort te zetten. Voor de begeleiding van het vooronderzoek en de proeven is een begeleidingsgroep gevormd, waarin zitting hebben:

ir. H.J. Verhagen	Adviesdienst Vlissingen
D. van Dam	Adviesdienst Vlissingen
ir. C. Visser	Provinciale Waterstaat Zeeland
ing. M.J. Giljam	Waterschap Tholen
ir. K.W. Pilarczyk	Deltadienst

Om de resultaten van de laboratoriumproeven te kunnen terugkoppelen naar de actuele glooiingen in het Oosterscheldegebied is besloten om van enkele representatieve glooiingen de sterkte in-situ te meten. Als maat voor de sterkte is genomen de benodigde kracht om een steen uit de glooiing te trekken.

In deze nota worden de trekproeven beschreven en de resultaten statistisch geanalyseerd. In het laatste hoofdstuk worden uit de resultaten enige conclusies getrokken ten behoeve van de proeven en over glooiingen in het algemeen.

Er dient overigens op gewezen te worden dat de treksterkte van de glooiing niet identiek hoeft te zijn aan de werkelijke sterkte. Er zijn meer factoren die de sterkte bepalen dan alleen de treksterkte.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 2

2. DE UITVOERING VAN DE TREKPROEVEN.

Door de 'begeleidingsgroep modelonderzoek' is een keuze gemaakt uit de verschillende steensoorten die in de Oosterschelde voor glooiingen gebruikt worden. Er is besloten om steenglooiingen welke extreem slecht zijn en ook glooiingen waarvan algemeen aangenomen wordt dat ze van goede kwaliteit zijn, niet in het onderzoek te betrekken. Het onderzoek richt zich dus op die steensoorten waarvan niet bij voorbaat de kwaliteit vast staat. Deze steensoorten zijn (van slecht naar goed):

- Lessinese steen;
- Vilvoordse steen;
- Zetbasalt;
- Haringmanblokken 20 cm dik.

Er is besloten om de lessinese steen alleen dan in het laboratorium-onderzoek te betrekken, indien de schade aan de vilvoordse steen erg klein blijkt te zijn. De argumenten hiervoor zijn dat de totale oppervlakte lessinese steen vrij klein is en dat het moeilijk zal zijn om goede stenen te krijgen om de glooiing in de goot na te bouwen.

2.1 Locatiekeuze.

Voor de vilvoordse steen en de zetbasalt is besloten om drie kwaliteiten te trekken, om te kunnen bepalen wat de spreiding is in gemiddelde trekkracht voor de verschillende glooiingskwaliteiten. Met kennis van de grootte van de spreiding kan te zijner tijd het resultaat van de laboratoriumproeven ook beter vertaald worden naar het prototype. Bovendien kan bepaald worden of de glooiing in de goot nog net wel, of helemaal niet meer te vergelijken is met een prototype glooiing. Omdat tijdens de trekproeven er wat twijfel rees naar de representativiteit van een van de vilvoordse glooiing, is besloten om op een andere locatie nog twee extra proefvakken vilvoordse steen aan te wijzen.

Omdat de Haringmanblokken zeer gelijkvormig zijn en er weinig onderling verschil tussen de verschillende glooiingen te verwachten is, is besloten maar één proefvak Haringmanvlokken te trekken.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 3

Ook voor de lessinese steen is maar één vak aangewezen, omdat de kans groot is dat deze glooiing in het geheel niet beproefd wordt en omdat (door het geringe totale oppervlak) de kwaliteit van deze glooiingen vrij eenduidig is. De verschillende locaties zijn aangegeven op bijlage 1.

Basalt.

De gekozen locaties zijn:

Tholen, Stavenissepolder, dp 16

Tholen, Stavenissepolder, dp 16 + 50

Tholen, Klaas van Steelandpolder, het te herzetten dijkvak

Foto 1 laat de omgeving van de Stavenissepolder zien. De basalt bij dp 16 is vrij klein van maat (ca. 17 kg) en dicht gepakt. Bij dp 16 + 50 is de basalt ook dicht gepakt, maar groter (ca. 32 kg).

In de Klaas van Steelandpolder (foto 2) is een vrij open basalt met een gewicht van ca. 35 kg. Op foto 3 is een detail van het zetwerk afgebeeld.

Vilvoordse steen.

De gekozen locaties zijn:

Zuid Beveland, Koudepolder, 3 verschillende niveaus

Noord Beveland, Oud Noord Bevelandpolder, 2 verschillende niveaus

Foto 4 geeft een beeld van het dijkvak bij de Koudepolder zien. De onderste tafel (net niet te zien op foto 4) is volledig dichtgeslibd en zit vol met schelpen (detail foto 5). De middelste tafel (het middelste niveau) is overgroeid met zeewier. Voor detail foto 6 is een plaats gekozen waar de stenen nog enigszins te zien zijn. Uit foto 4 blijkt duidelijk dat vrijwel de gehele middelste tafel begroeid is. De bovenste tafel (detail foto 7) bestaat uit vrij los liggende, volledig open stenen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 4

Opgemerkt moet worden dat de vorm van de stenen in de onderste tafel ronder is dan in de bovenste tafel. De scheidingslijn ligt ergens in de middelste tafel, maar is door de begroeiing niet goed waar te nemen.

Foto 8 laat de omgeving van de Oud Noord Bevelandpolder zien. Foto 9 is een detail. De stenen zitten hier vrij vast in het talud ingewassen en zijn gedeeltelijk begroeid.

Gekozen is voor de beide bovengenoemde glooiingen omdat zij geacht worden in redelijk goede staat van onderhoud te verkeren en representatief zijn voor de meeste goed onderhouden vilvoordse glooiingen langs de Oosterschelde. De bovenste tafel van de glooiing in de Koudepolder is echter een uitzondering. Dit is een voorbeeld van een glooiing die bestaat uit goede stenen, redelijk gezet is, maar veel te open is gebleven, waardoor er een groot aantal stenen helemaal los zitten. De Koudepolder is een matig aangevallen dijkvak, terwijl de Oud Noord Bevelandpolder een zwaarder door golven aangevallen dijkvak is.

Haringmanblokken.

De gekozen locatie is op Tholen een dijkvak van de Nieuw Strijpolder. De Haringmanblokken liggen hier op een matig door golven aangevallen glooiing op een laag mijnsteen. Voor enige detailfoto's wordt verwezen naar de beschrijving van het trekken.

Lessinese steen.

De gekozen locatie is de dijk van de Pieterspolder op Zuid Beveland. Voor een overzicht van het dijkvak zie foto 10. De stenen zijn vrij open gezet, sommige stenen liggen los (detail zie foto 11).

2.2 Uitvoering.

De uitvoering van de trekproeven is uitbesteed aan de afdeling O.N.W.

behoort bij: nota WWKZ **nr.** 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 5

van de Deltadienst. Per proefvak zijn 30 stenen getrokken. De proefvakken langs de Klaas van Steelandpolder en de Koudepolder (bovenste tafel) zijn na het trekken uitgebroken en herzet. Na het herzetten is een serie van 15 stenen getrokken. Deze stenen zijn teruggeplaatst en nadat het gehele proefvak ingeveegd was zijn alle 30 stenen opnieuw getrokken.

Voordat met trekken begonnen kon worden zijn in de stenen stalen trekstaven aangebracht. Met behulp van een kernboormachine (zie foto 12) zijn gaten geboord met een diameter van 28 mm waarin met krimpvrije cement de staven bevestigd zijn. Per blok natuursteen zijn 1 à 3 staven aangebracht, bij de Haringmanblokken zijn 3 staven aangebracht. Na verharding van de cement is er over de te trekken steen een juk geplaatst. Bij de natuursteen is een driepootsjuk gebruikt (foto 13), bij de Haringmanblokken een blok op twee driepoten (foto 15). Op dit juk is een trekcilinder geplaatst en de steen is getrokken door met een eenvoudige handpomp olie in de cylinder te pompen. De trekkracht is gemeten met behulp van een krachtopnemer. De trekkracht werd ter plaatse digitaal afgelezen. Verder werd de trekkracht ook vastgelegd als functie van de tijd met behulp van een recorder. Foto 14 geeft een indruk van de werkzaamheden op de locatie. Bij de Haringmanblokken is door middel van een starre plaat er voor gezorgd dat het blok niet scheef getrokken kon worden (zie foto 16). Doordat afgestempeld is op de naast gelegen blokken werd de zuivere klemkracht van een enkel blok gemeten. Indien scheef getrokken zou worden, worden de krachten onevenredig groot en representeren zij ook niet meer de (eveneens recht aangrijpende) waterdruk.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 6

3. STATISTISCHE VERWERKING.

De meetwaarden zijn ingevoerd op de DIV-computer en de statistische parameters zijn berekend met het SPSS-pakket. Dit is een zeer universeel statistiek-pakket, oorspronkelijk ontwikkeld door de Stanford-University, maar in de afgelopen 20 jaar door zeer veel universiteiten en onderzoeksinstituten verder uitgebreid. Het is op dit moment het meest aangeroepen computerpakket in de gehele wereld. Zie voor nadere informatie [2] en [3].

De oorspronkelijke computeruitvoer is, gezien de omvang, niet toegevoegd aan deze nota.

In dit hoofdstuk worden de cijfers van de statistische verwerking gepresenteerd, in het volgende hoofdstuk volgt een interpretatie van de resultaten.

3.1 Gebruikte variabelen.

Bij het statistisch onderzoek van de resultaten van de proeven zijn de volgende meetwaarden beschouwd:

pkracht	-	maximaal optredende kracht tijdens het trekken
kracht	-	"gemiddelde" kracht tijdens het trekken (zie ook bijlage 2)
gewicht	-	gewicht van de steen
lengte	-	lengte van de steen
voeg	-	voegdiepte
omtrek	-	omtrek van de steen
h1	-	grootste hoofdmaat
h2	-	kleinste hoofdmaat
ligging	-	ligging onder de opsluitband
klasse	-	vorm van het trekdiagram (zie ook bijlage 2)
locatie	-	locatiecode dijkvak
inklem	-	oppervlakte waarover de steen vast zit (omtrek x (lengte-voeg))

behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 7

vormfac - vormfactor (h_1/h_2)

Voor de locatie is de volgende codering gebruikt:

- 1 - Stavenisspolder dijkpaal 16 (dichtgepakte, fijne basalt)
- 2 - Stavenissepolder dijkpaal 16 + 50 (dichtgepakte, grove basalt)
- 3 - Klaas van Steelandpolder (open, grove basalt)
- 4 - Klaas van Steelandpolder (Haringmanblokken 20 cm dik)
- 5 - Koudepolder (vilvoordse steen, middelste tafel, begroeid)
- 6 - Koudepolder (vilvoordse steen, onderste tafel, volledig dichtge-
groeid)
- 7 - Koudepolder (vilvoordse steen, bovenste tafel, open)
- 8 - Pieterspolder (lessinese steen)
- 9 - Klaas van Steelandpolder (herzette, nog niet ingeveeegd basalt)
- 10 - Klaas van Steelandpolder (herzette, ingeveegde basalt)
- 11 - Koudepolder (herzet, nog niet ingeveegde vilvoordse steen)
- 12 - Koudepolder (herzet, ingeveegde vilvoordse steen)
- 13 - Oud Noord Bevelandpolder (vilvoordse steen, onder)
- 14 - Oud Noord Bevelandpolder (vilvoordse steen, boven)

3.2 Toets op typeverdeling.

Veel statistische bewerkingen en toetsen zijn gebaseerd op de aanname dat de variabele een standaard normale (Gaussische) verdeling heeft. Deze aanname kan getoetst worden met de Kolmogorov-Smirnov toets voor het typeverdeling. De resultaten van deze toets zijn weergegeven in tabel 1. De belangrijkste conclusie is dat de variabelen kracht en pkracht niet erg normaal verdeeld blijken te zijn. De verdeling van de krachten blijkt vaak 2 toppen te hebben, zoals blijkt uit bijlage 3. Doordat de kracht niet normaal verdeeld is, zijn de toetsen op verschil in gemiddelde berekening van standaardafwijking e.d. theoretisch gezien niet geheel juist. Desondanks zijn deze berekeningen toch gemaakt, omdat er, zeker kwalitatief, wel de nodige conclusies uit getrokken kunnen worden.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 8

De overige variabelen voldoen vrij redelijk aan de normale verdeling, zodat conclusies aan de hand van statistische bewerkingen die een normale verdeling vereisen, voor deze variabelen betrouwbaarder zijn. Het is overigens opvallend dat herzette, maar nog niet ingeveegde zettingen een kansverdeling van de trekkracht hebben die wel sterk Gaussisch verdeeld is. Na invegen is deze normale verdeling geheel verdwenen.

Tabel 1: Percentage zekerheid waarmee gesteld kan worden dat desbetreffende variabele normaal verdeeld is.

Basalt							Haringman	Lessinese
	1	2	3	1+2+3	herzet 4	herzet + inveeg 3	4	8
pkracht	6%	59%	65%	3%	90%	49%	7%	31%
kracht	12%	42%	19%	5%	64%	74%	45%	8%
gewicht	49%	63%	71%	10%	92%	63%	-	55%
lengte	83%	53%	73%	18%	34%	51%	-	62%
voeg	3%	34%	44%	0%	34%	2%	-	27%
omtrek	75%	98%	70%	81%	90%	65%	-	98%
h1	59%	90%	50%	14%	83%	50%	-	75%
h2	71%	54%	25%	18%	72%	25%	-	53%
inklem	86%	29%	99%	35%	-	7%	-	100%
vormfac	6%	99%	40%	3%	83%	41%	-	96%

vilvoordse steen								
	5	6	7	5+6+7	herzet 11	herzet + inveeg 12	13	14
pkracht	81%	58%	1%	20%	99%	34%	40%	74%
kracht	25%	50%	0%	1%	48%	8%	50%	51%
gewicht	83%	49%	54%	13%	64%	54%	7%	100%
lengte	55%	58%	99%	15%	98%	90%	52%	55%
voeg	1%	20%	29%	0%	98%	-	52%	24%
omtrek	97%	79%	94%	64%	99%	94%	83%	49%
h1	78%	62%	89%	55%	78%	89%	4%	42%
h2	46%	5%	25%	0%	76%	25%	65%	43%
inklem	99%	95%	94%	25%	-	55%	70%	72%
vormfac	92%	98%	91%	94%	92%	91%	99%	99%

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 9

3.3 Vergelijking trekproeven op zelfde steensoort.

Voor een aantal redenen zou het aantrekkelijk zijn om alle proeven op basalt, c.q. vilvoordse steen bij elkaar te kunnen voegen (o.a. omdat de steekproef dan groter wordt). Dit kan alleen als ze, statistisch gezien tot dezelfde populatie behoren.

Voor een normaal verdeelde, stochastische variabele kan men redelijkerwijs aannemen dat ze tot dezelfde populatie horen als gemiddelde en standaardafwijking gelijk zijn. Dit kan getoetst worden met de t-toets. De resultaten van deze toets zijn in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: Resultaten t-toets voor verschil in ligging.

combinatie	zekerheid dat $\mu_1 = \mu_2$			zekerheid dat $\sigma_1 = \sigma_2$		
	pkracht	kracht	gewicht	pkracht	kracht	gewicht
1-2	22%	48%	0%	89%	96%	0%
1-3	44%	22%	0%	26%	48%	0%
2-3	3%	5%	31%	33%	52%	83%
5-6	51%	50%	0%	11%	27%	50%
5-7	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6-7	0%	0%	30%	0%	0%	4%

Uit deze tabel moet men concluderen dat samenvoegen van de resultaten van verschillende proefvakken niet zonder meer juist is. Bij de vilvoordse steen is het zonder meer niet juist, bij de basalt is samenvoegen van de waarden uit de proefvakken 1 en 2 misschien mogelijk.

Omdat de t-toets heel duidelijk van een normale verdeling uitgaat zijn er ook enkele non-parametrische toetsen uitgevoerd. Een non-parametrische toets is een toets waarbij geen aanname gedaan wordt naar het soort verdeling.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 10

Er is een Kolmogorov-Smirnov-toets en een Wald-Wolfowitz-toets voor homogeniteit uitgevoerd, alsmede een Mann-Whitney-toets voor gelijkheid. De resultaten van deze toetsen zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Resultaten non-parametrische toetsen.

combinatie	K-S toets		W-W toets		M-W toets	
	pkracht	kracht	pkracht	kracht	pkracht	kracht
1-2	22%	90%	35%	17%	12%	56%
2-3	16%	3%	6%	21%	5%	4%
1-3	82%	29%	18%	10%	61%	20%
5-6	35%	53%	18%	21%	42%	41%
5-7	0%	0%	0%	6%	0%	0%
6-7	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Uit bovenstaande tabel blijkt enige mate van gelijkheid tussen de proefvakken 5 en 6 (vilvoordse steen midden en onder). Samenvoegen van 5 en 6 is waarschijnlijk niet juist, maar de grote overeenkomst laat wel zien dat het mechanisme dat de kracht veroorzaakt bij beide zettingen waarschijnlijk identiek is.

Bij de basalt is de situatie minder eenduidig. De K-S- en de W-W toets moeten in feite hetzelfde aangeven. De verdelingen van 1 en 2 en van 1 en 3 lijken enigszins op elkaar, maar 2 lijkt duidelijk niet op 3. De M-W toets wijst in dezelfde richting. (De M-W toets zegt dat met 61% zekerheid de pkracht van locatie 1 en de pkracht van locatie 3 steekproeven zijn uit dezelfde populatie.) Op grond hiervan zou voor wat betreft de pkracht locatie 1 en 3 samengevoegd kunnen worden. Voor wat betreft de kracht zou dat met 1 en 2 kunnen gebeuren.

De algemene conclusie uit de uitgevoerde statistische toetsen is echter dat er onvoldoende argumenten kunnen worden aangedragen om bepaalde proef-series als geheel samen te voegen. Wel kunnen bepaalde aspecten bij meerdere series gezamenlijk bekeken worden.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 11

3.4 Vorm van het trekdiagram.

In bijlage 2 is de verdeling gegeven van de vorm van het trekdiagram. Bij dichtgepakte basalt en vilvoordse steen komen klassen 1 en 2 veel voor. Bij open basalt is klasse 5 de meest voorkomende.

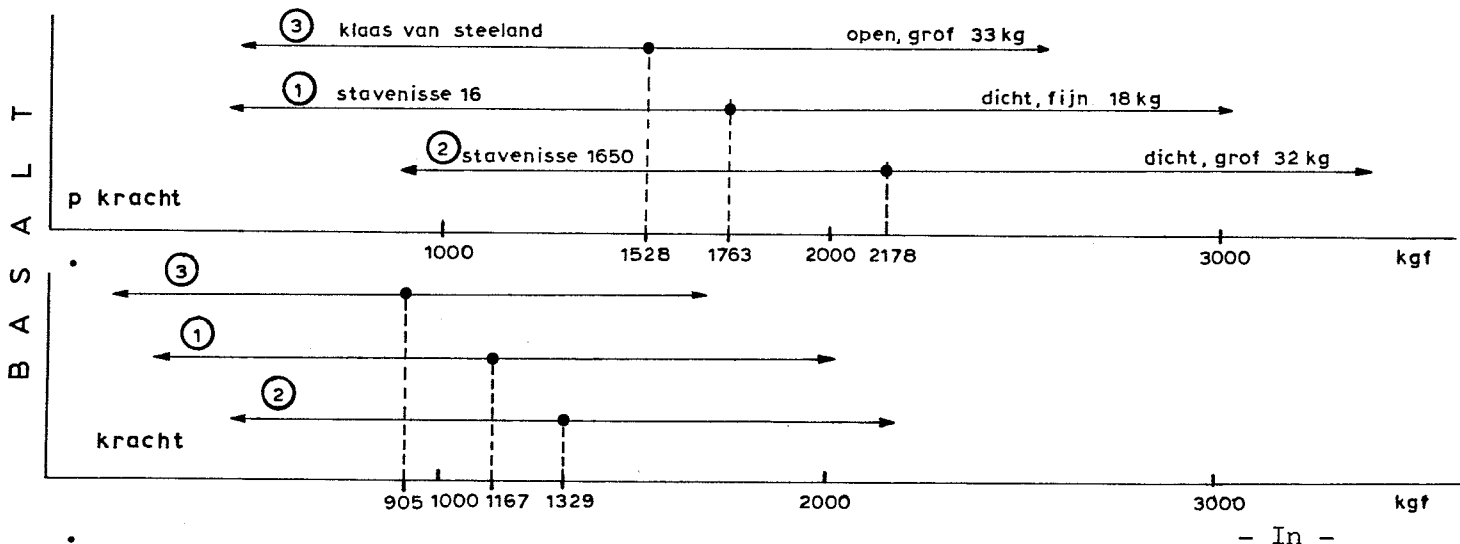
Klasse 1, 2 en 4 zijn typische gevallen van wandwrijving klasse 5 is typisch inklemming op hoeken. Bij klasse 1 is tevens sprake van een "losschieten" van de steen. Bij de Haringmanblokken treedt vrijwel altijd een trekdiagram van klasse 1 op.

Opmerkelijk is dat klasse 2 niet voorkomt bij de lessinese steen.

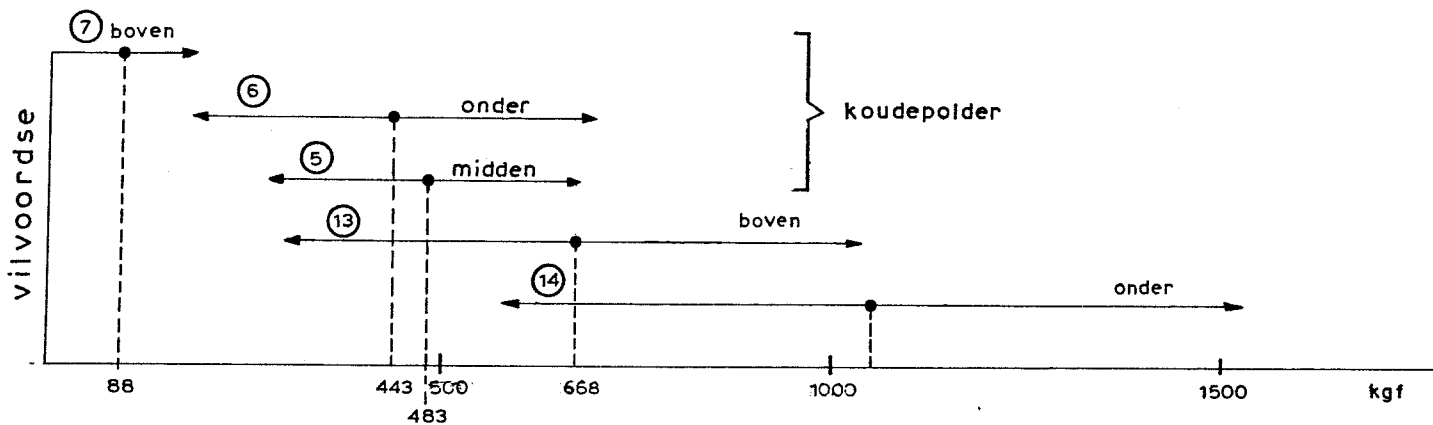
Ook is het opmerkelijk dat niet ingeveegde vilvoordse steen (11) in ruim 30% een diagram klasse 4 laat zien, terwijl na invegen klasse 4 in het geheel niet meer voorkomt.

3.5 Gemiddelde en standaardafwijking.

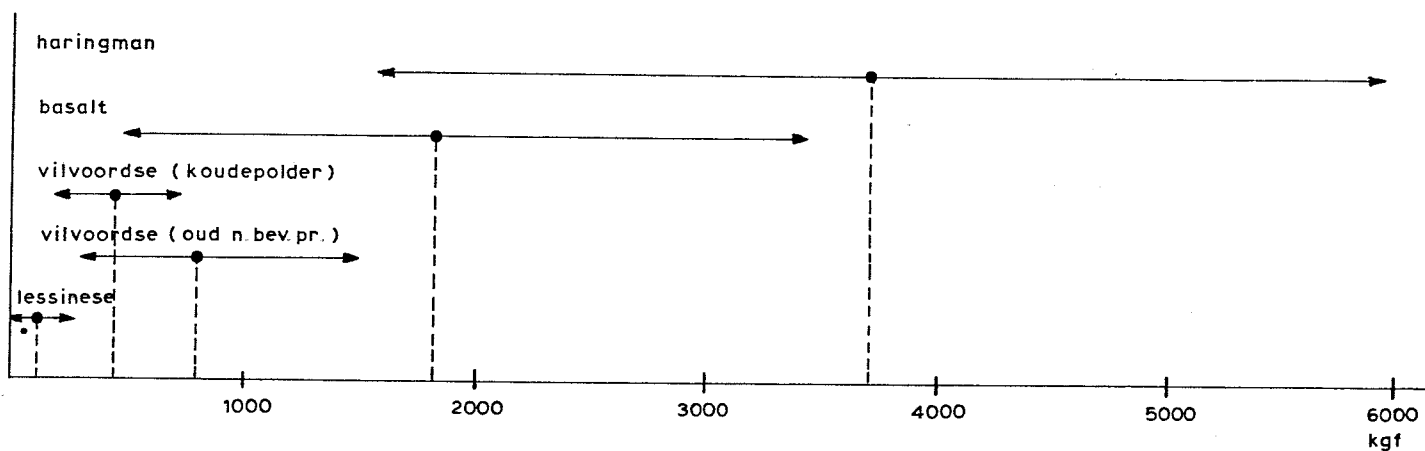
In tabel 4 staan, gespecificeerd per locatie, het gemiddelde en de standaardafwijking van alle variabelen weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat de variabiliteit vrij groot is. De vormfactor blijkt een van de meer homogene waarden te zijn.



In vorenstaande grafiek zijn weergegeven van de variabelen pkracht en kracht het gemiddelde en de standaardafwijking voor de drie basaltlocaties. Voor de vilvoordse steen ziet deze grafiek er als volgt uit:



Om de verschillende steensoorten te kunnen vergelijken is in onderstaande grafiek de pkracht van alle getrokken glooiingen aangegeven.



rijkswaterstaat

behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 13

	basalt 1	basalt 2	basalt 3	basalt 9 herzet	basalt 10 herz + inv	lessinese 8	haringman 4
pkraacht	1763/1282	2178/1248	1528/1037	573/356	925/563	165/167	3764/2194
kracht	1167/867	1329/859	905/759	328/246	572/389	97/136	1817/1528
gewicht	17/4.5	32/11	35/11	35/13	35/11	22/7.8	180/0
lengte	28/2.5	28/6.1	30/3.7	30/3.0	31/3.3	29/3.6	20/0
voeg	6.6/1.2	8.7/2.5	26/7.1	30/3.0	14/12.1	20/4.0	0
omtrek	54/7.8	74/13.9	71/12.8	75/14	73/11.3	78/15.7	200/0
hfd1	15.8/2.1	22.7/5.0	22.0/3.8	22.0/4.5	22.0/3.8	28.4/6.9	50/0
hfd2	13.5/2.2	18.8/4.3	18.1/3.7	19.1/3.7	18.1/3.7	16.1/4.0	50/0
ligging	2.8/.98	2.8/.92	4.5/2.3	4.0/1.9	3.8/1.8	3.7/.28	19.5/8.3
inklem	1165/195	1412/557	341/546	0	1198/1000	723/328	4000/0
vormfac	1.18/0.19	1.22/0.16	1.23/0.20	1.17/0.16	1.23/0.20	1.83/0.49	1/0

	vilv. 5	vilv. 6	vilv. 7	vilv. 11 herzet	vilv. 12 herz + inv	vilv. 13	vilv. 14
pkraacht	483/197	443/266	88/99	159/60	261/158	668/369	1040/476
kracht	333/170	299/210	49/70	98/46	161/137	421/253	605/297
gewicht	29/8	20/7	22/4.7	20/5.1	22/4.8	16/4.4	17/4.6
lengte	31/4.9	30/4.6	29/4.3	30/4.5	30/4.3	30/4.1	31/3.7
voeg	11/6.7	5.5/1.6	26/3.5	30/4.5	0	4.8/1.56	6.0/1.7
omtrek	100/17.5	81/14.2	87/14.5	87/16.3	87/14.5	76/13.5	82/11.7
hfd1	40.8/9.9	31.6/6.1	36.1/7.3	36.1/8.0	36.1/7.3	30.3/6.1	35.7/6.7
hfd2	11.6/3.8	13.1/3.9	10.8/2.3	11.0/2.0	10.8/2.3	15.4/3.9	10.9/2.6
ligging	6.1/0.7	10.1/0.8	2.3/1.3	2.5/.98	2.2/1.0	9.2/.42	7.2/.45
inklem	2023/961	1995/572	295/417	0	2573/570	1946/473	2045/389
vormfac	3.84/1.35	2.58/0.82	3.48/1.00	3.35/0.77	3.48/1.00	2.07/0.57	3.47/1.08

Tabel 4: Gemiddelde en standaardafwijkingen.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 14

De verhouding tussen pkracht en kracht is voor alle locaties in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 5: Verband tussen pkracht en kracht.

1	66%	6	67%	11	62%
2	61%	7	56%	12	62%
3	59%	8	59%	13	63%
4	48%	9	57%	14	
5	69%	10	62%		

Het is opvallend dat deze verhouding vrij constant is; alleen bij de Haringmanblokken is een duidelijk afwijkende verhouding, d.w.z. er is een sterk "los-spring" effect. In de gemiddelde waarden voor proefvak 7 en 8 zijn de losse stenen meegenomen. Als losse stenen niet meegenomen worden wordt de piekkracht (locatie 7) 196 kg en voor locatie 8 200 kg. Er zijn daar 63% respectievelijk 28% losliggende stenen.

3.6 Correlatie.

In tabel 6 is de correlatie tussen een aantal variabelen en de pkracht respectievelijk kracht weergegeven. Het blijkt dat deze correlatie bedroevend laag is. Pas bij correlatiecoëfficiënten van 0.5 of hoger kan men van enig verband spreken.

De enige gevonden sterke correlatie was die tussen de kracht c.q. pkracht en de ligging voor de Haringmanblokken (correlatie 73% en 70%). Deze waarden zijn geplot in bijlagen 3 en 4. Op dit specifieke geval zal in hoofdstuk 4 nader ingegaan worden.

lgren tk

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 15

Tabel 6: Correlatie met pkracht (1e getal) en met kracht (2e getal).

locatie	1	2	3	5	6	7	8	1+2+3	5+6+7
gewicht	.09/ .21	.31/ .29	.34/ .32	.34/ .44	.39/ .30	.34/ .37	-.00/-.03	.19/ .16	.36/ .37
lengte	.28/ .29	.06/ .03	.52/ .47	-.01/ .08	.29/ .22	.15/ .14	.28/ .17	.16/ .14	.18/ .18
voeg	.14/-.03	.35/ .26	.18/ .02	-.29/-.08	-.17/-.11	-.07/-.07	-.34/-.25	-.06/-.14	-.62/-.54
onttrek	.01/ .05	.19/ .17	.32/ .32	.01/ .06	.28/ .15	.17/ .30	.01/-.09	.18/ .15	.18/ .17
ligging	-.39/-.40	-.49/-.18	.33/ .17	.21/ .07	-.28/-.29	.33/ .38	-.33/-.18	-.12/-.13	.53/ .48
inklem	.14/ .24	.00/-.00	.20/ .30	.18/ .12	.39/ .25	.19/ .19	.32/ .23	.10/ .25	.63/ .56
vormfac	.27/ .17	.06/-.03	.33/ .20	-.09/-.06	.16/ .12	.41/ .46	.20/ .30	.20/ .10	.01/ .01

3.7 Regressie analyse.

Uit een multiple-regressie berekening met de variabelen inklem, ligging, gewicht en vormfac blijkt het mogelijk een schatting te maken voor de kracht respectievelijk de pkracht. De gevonden formules zijn:

Voor vilvoordse steen:

$$\text{pkracht} = 0.12 \times \text{inklem} + 18.1 \times \text{ligging} - 0.29 \times \text{gewicht} + 21.7 \times \text{vormfac} - 16.4$$

$$\text{kracht} = 0.07 \times \text{inklem} + 15.3 \times \text{ligging} + 1.02 \times \text{gewicht} + 16.3 \times \text{vormfac} - 53.2$$

De correlatie tussen gemeten en berekende kracht is 67% respectievelijk 69%. De standaardfout* is 203 respectievelijk 165 kgf.

Voor basalt:

$$\text{pkracht} = 0.35 \times \text{inklem} - 80.1 \times \text{ligging} - 0.88 \times \text{gewicht} - 131 \times \text{vormfac} + 1901$$

$$\text{kracht} = 0.27 \times \text{inklem} - 44.3 \times \text{ligging} + 1.17 \times \text{gewicht} - 82 \times \text{vormfac} + 1068$$

De correlatie tussen gemeten en berekende kracht is 54% respectievelijk 33%. De standaardfout is 1115 respectievelijk 759 kgf.

- De -

*) De standaardfout is de gemiddelde afwijking tussen de berekende waarde volgens de regressielijn en de gemeten waarde.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 16

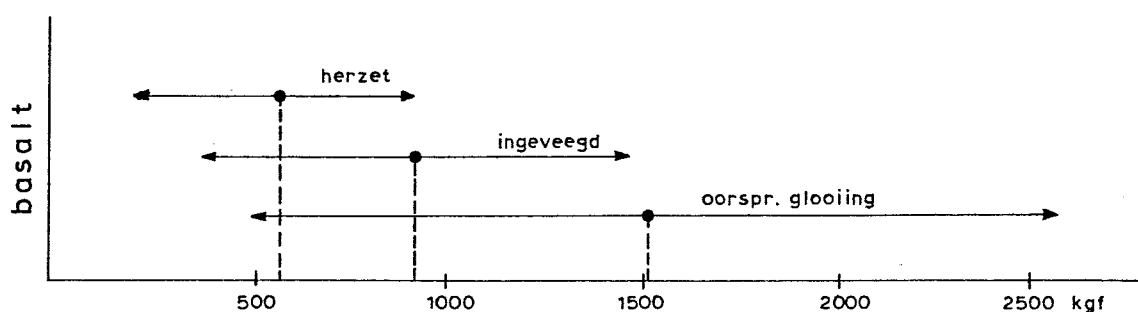
De betrouwbaarheid van deze formules is aan de lage kant, gezien het feit dat de standaardfout dezelfde orde van grootte heeft als de standaardafwijking.

3.8 Het effect van herzetten en invegen.

De herzette en oorspronkelijke glooiingen zijn statistisch met elkaar vergeleken met behulp van een aantal toetsen. Deze toetsen gaven allen ongeveer hetzelfde beeld, zodat alleen de resultaten van de Kolmogorov-Smirnov toets voor homogeniteit besproken zal worden.

	pkracht	kracht
3- 9	2.2%	0.2%
3-10	17.2%	10.1%
9-10	4.9%	3.4%
7-11	0.4%	0.5%
7-12	0.0%	0.0%
11-12	2.7%	16.2%

In deze tabel is aangegeven met hoeveel procent zekerheid de uitspraak gedaan mag worden dat de verdelingen aan elkaar gelijk zijn. Verdeling 7 en 12 zijn dus gegarandeerd niet gelijk. Hieruit kan men concluderen dat een herzette glooiing niet overeenkomst qua sterkte met de oorspronkelijke en dat dit ook niet het geval is na invegen. Wel komt men door invegen aardig in de goede richting.

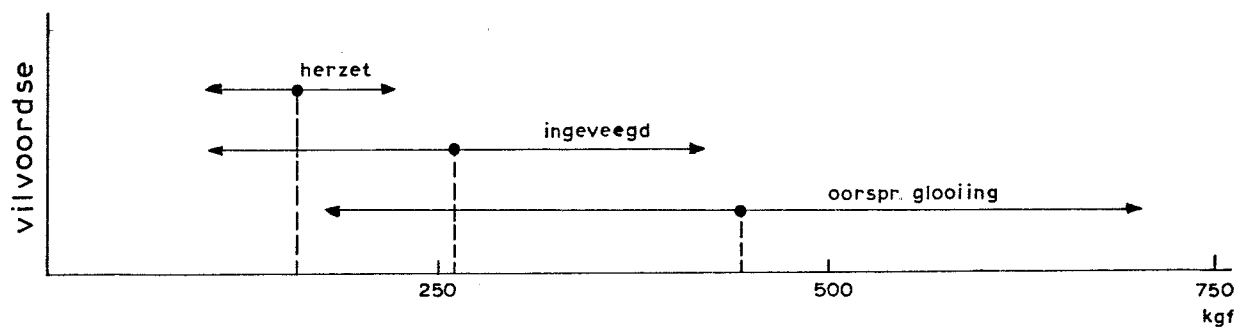


behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 17



Opgemerkt moet worden dat de basalt is ingeveegd met vermoedelijk iets te fijn materiaal en dat tussen invegen en meten de glooiing enkele malen onder water heeft gestaan. Dit verklaart waarom de voegdiepte van de ingeveegde glooiing toch nog 14 cm was.

Overigens is gebleken dat een getrokken en vervolgens weer teruggezet Haringmanblok een aanzienlijk lagere treksterkte vertoonde (ca. 15% van de oorspronkelijke waarde). Het is niet bekend of de oorspronkelijke treksterkte na het passeren van enige stormen weer terug komt. Hier wordt nog nader onderzoek naar gedaan.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 18

• 4. INTERPRETATIE VAN DE GEVONDEN WAARDEN.

De kracht die nodig is om een steen uit het dijktaflood te trekken blijkt uiterst variabel te zijn. De kansverdeling van kracht is niet gaussisch hetgeen het uitvoeren van statistische toetsen en bewerkingen aanzienlijk bemoeilijkt. Het is moeilijk om verbanden te leggen tussen de trekkrachten en de overige parameters.

Een mogelijk op fysische gronden te verwachten verband tussen trekkracht en gewicht en/of ingeklemd oppervlak van de individuele steen blijkt niet te bestaan.

Wel kan er een verband gevonden worden tussen de gemiddelde trekkracht in een proefvak en het gemiddelde ingeklemde oppervlak van de stenen. Voor de serie basalt is de correlatie tussen gemiddelde pkracht en gemiddelde inklemming 90%, voor de eerste serie vilvoordse steen is dit 99.7%. Voor de tweede vilvoordse steen kan deze waarde niet bepaald worden, omdat er slechts twee vakken getrokken zijn. De correlatie tussen pkracht en ingeklemd oppervlak voor alle vilvoordse steen is 75%. Dit is, gezien het feit dat er slechts 5 series zijn, een lage correlatie.

Op grond van het bovenstaande mag men stellen dat er voor gelijksoortige glooiingen (zelfde steensoort, ongeveer zelfde manier van zetten) er een lineair verband bestaat tussen de gemiddelde trekkracht en het gemiddelde ingeklemd oppervlak.

Ook een interessant verband is dat tussen de gemiddelde sterkte van de oorspronkelijke glooiing en de herzette glooiing.

	basalt	vilvoordse
sterkte herzette glooiing	37%	36%
sterkte herz. + ingev. glooiing	60%	59%

Bovenstaande gemiddelde sterkte is aangegeven als functie van de oorspronkelijke gemiddelde sterkte. Gezien het feit dat deze percentages voor ge-

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 19

heel verschillende glooiingstypen vrijwel gelijk zijn, zou men mogen verwachten dat dit getal misschien wel een vaste constante is, mits sprake is van redelijk goed gezette oorspronkelijke glooiingen. Dit impliceert dus dat de in de WL-goot te bouwen glooiingen een sterkte hebben van 60% van de glooiingen in de natuur. Indien het mogelijk is een verband te vinden tussen treksterkte in het lab en de bezwijkgolfhogte, dan kan met beide relaties samen de toelaatbare golf op de taluds in de Oosterschelde bepaald worden.

Het verdient overigens de aandacht dat tussen het invegen en het trekken van basalt 10 enige tijd was verstreken en dat deze glooiing in de tussentijd een aantal maal overspoeld is geweest en enige (geringe) golfaanval doorstaan had.

Gezien het feit dat de verhoudingen in treksterkte bij deze glooiing en bij de vilvoordse steen gelijk was, lijkt het alsof dit "inwateren" en "ingolven" weinig effect gehad heeft op de treksterkte van de glooiing. Gesteld mag worden dat in het algemeen de onderste tafels sterker zijn dan de bovenste. Dit komt het sterkste naar voren bij de vilvoordse steen op Noord Beveland (13 + 14), bij de Haringmanblokken en in wat mindere mate bij de basalt.

Bij de Haringmanblokken is deze correlatie zelfs vrij sterk, zie bijlage 4 en 5. De correlaties zijn voor de pkkracht 69% en voor de kracht 73%. De regressieformule voor de kracht is:

$$F = 137.8 \times R - 269$$

waarin F de trekkracht in kg en R het rijnummer.

De theoretische trekkracht is:

$$F = 2f_{bb} [RG (\sin \alpha - f_{bg} \cos \alpha) + G \cos \alpha]$$

waarin

f_{bb} = wrijvingscoëfficiënt beton op beton (≈ 0.6)

f_{bg} = wrijvingscoëfficiënt beton op grind (≈ 0.1)

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
 datum: februari 1984
 bladnr: 20

G = blokgewicht (kg) (≈ 180)
 α = taludhelling ($\tan \alpha = 1/3,5$)

Ingevuld geeft dit dus:

$$F = 47R + 171$$

Indien een extreem hoge wrijvingscoëfficiënten wordt aangehouden (b.v. $f_{bb} = 1.1$) dan wordt de formule:

$$F = 86R + 171$$

Deze formule is grafisch weergegeven door de stippellijn in bijlage 5. Het zou te verwachten zijn dat deze lijn een bovengrens vormt van de te meten waarden, gezien de hoge aanname van f_{bb} . Toch blijken 17 van de 30 waarden een aanzienlijk hogere trekkracht te geven. Dit kan uitsluitend worden verklaard door aan te nemen dat er op sommige plaatsen een soort "voorspanning" in horizontale zin aanwezig is, die ook een functie is van de ligging (en dus waarschijnlijk een functie van het gewicht van de bovenliggende blokken). Uit de meetwaarden blijkt dat deze kracht dezelfde orde van grootte moet hebben als de kracht verticaal langs het talud.

Voor wat betreft de inbouw in de laboratoriumgoot moet men het volgende concluderen:

- Nieuw ingebouwde glooiingen hebben een sterkte van ca. 60% van een reeds lang bestaande glooiing (uitgaande van redelijk goed gezette glooiingen).
- De basaltglooiing in het laboratorium zal een sterkte moeten hebben van ca. 1000 kg, met een standaardafwijking van ca. 600 kg. De glooiing representeert dan een nieuwe glooiing.
- De glooiing van vilvoordse steen zal een treksterkte van 260 kg met een standaardafwijking van 160 kg moeten hebben. Ook dit representeert dan een nieuwe glooiing.

behoort bij: nota WWKZ nr. 84.V002
datum: februari 1984
bladnr: 21

- Na afloop van een proef verdient het aanbeveling om nogmaals te trekken in dat deel van de glooiing waar geen schade is opgetreden om op deze wijze te controleren of de glooiing sterker geworden is ten gevolge van de voortdurende dynamische belasting.
- Indien getracht wordt de zetting wat te verbeteren door ingolven, zal dit moeten gebeuren met zo hoog mogelijke golven, echter zonder het stabiliteitscriterium van het losse blok ($H/\Delta D < 3$) te overschrijden.
- Voor het inbouwen van lessinese stenen kan niet zonder meer een streefwaarde voor de treksterkte worden gegeven. Er zullen een aantal stenen los moeten staan en voor het overige zal de treksterkte rond de 100-150 kgf moeten liggen.
- De Haringmanblokken in het hogere deel van de glooiing hebben een trekkracht tussen de 1 en 3 ton. De in te bouwen glooiing zou dus deze trekkrachten moeten kunnen leveren.

Enige algemene conclusies zijn:

- Gezien de zeer grote gemeten krachten is het de vraag hoe dit te koppelen is aan laboratoriumproeven in het verleden, waarbij zeer nadrukkelijk de kracht tussen de stenen zo klein mogelijk is gehouden (d.m.v. roosterwerken e.d.).
- Het is bijzonder moeilijk, zo niet onmogelijk, om aan de hand van de geometrie van de individuele steen de trekkracht te bepalen.
- De gemiddelde trekkracht heeft wel enig verband met een aantal externe parameters, zoals het ingeklemd oppervlak.
- De trekkrachten hangen vrijwel niet af van het steengewicht of de maten van de steen, wel hangen zij af van de "kwaliteit" van de glooiing. Dit betekent dus dat een goed gezette en goed ingeveegde glooiing van kleine stenen beter is dan een slecht gezette glooiing van grote stenen.

behoort bij: nota

WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 22

Literatuuropgave

- [1] Voorstel onderzoek weerstand van glooiingsconstructies langs de Oosterschelde tegen geconcentreerde golfaanval.
Notitie WWKZ-83.V279, maart 1983 (PROVO-64).
- [2] N.H. Nie et al. SPSS, statistical package for the social sciences; McGraw-Hill, 1975.
- [3] C. Hadlai Hull and Norman H. Nie, SPSS update 7-9; McGraw-Hill, 1981.

rijkswaterstaat

behoort bij: nota

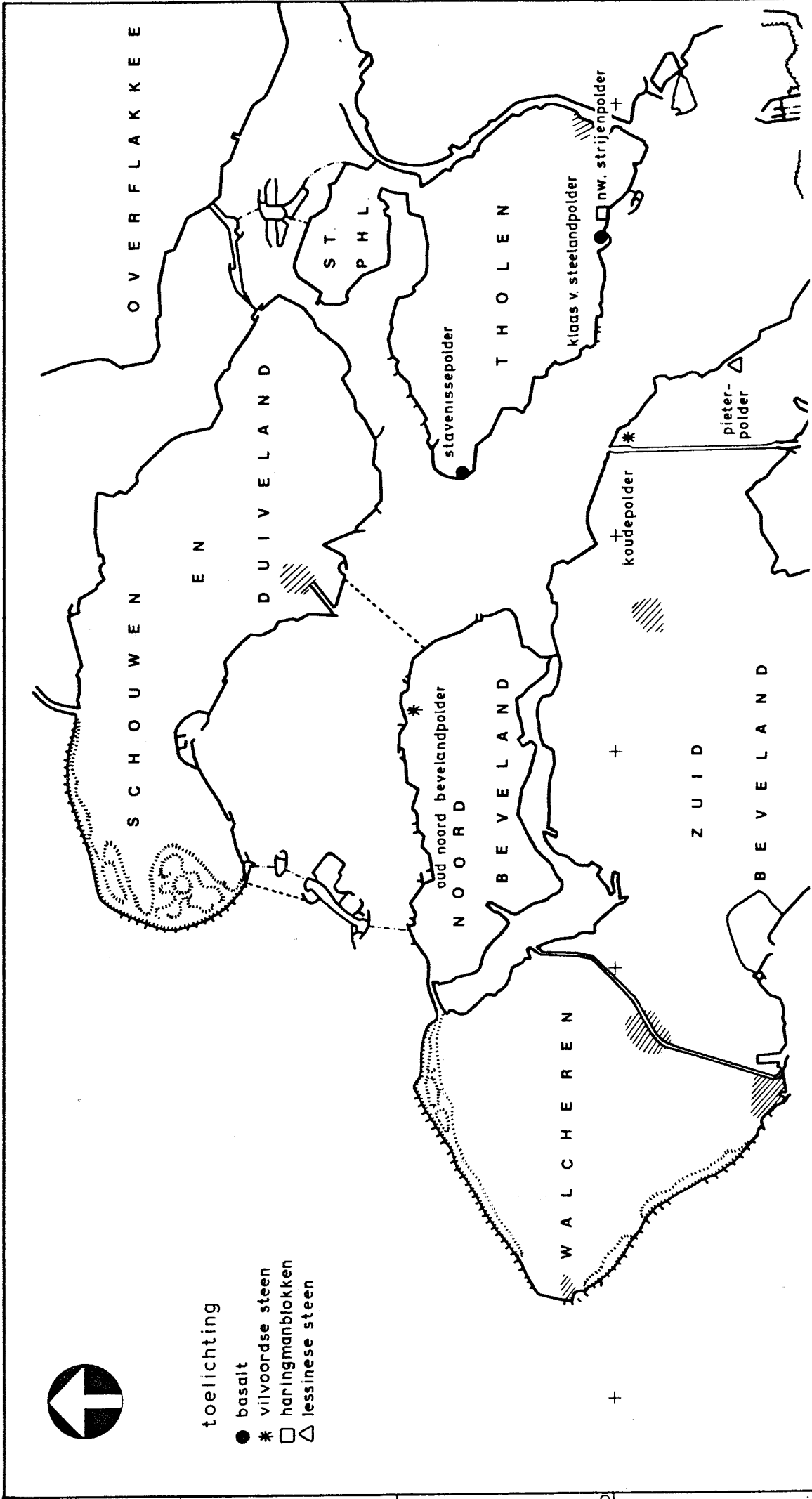
WWKZ nr. 84.V002

datum: februari 1984

bladnr: 23

Lijst van bijlagen

bijlage nr.	omschrijving	tekening nr.
1	Locaties trekproeven.	-
2	Vorm van het trekdiagram.	-
3	Gemeten trekkrachten.	-
4	Verband ligging - pkracht.	-
5	Verband ligging - kracht.	-



get.	k. b.	bijl.
gez.		
akk.		
schaal 1:250000		
nr.		

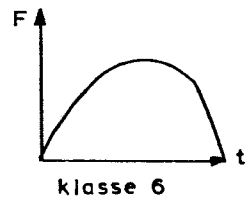
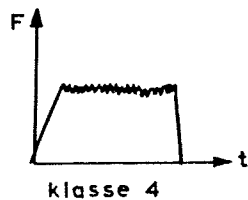
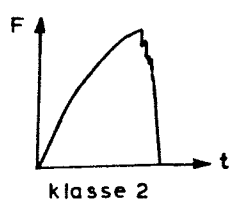
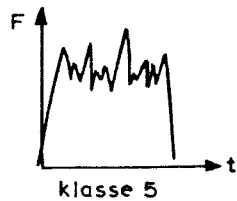
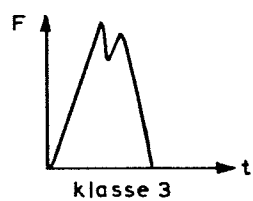
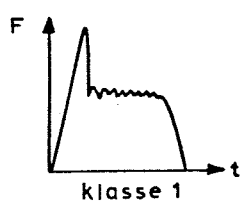
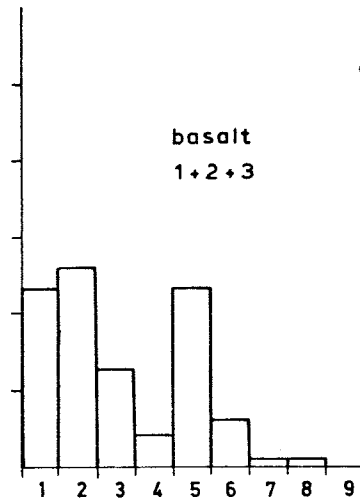
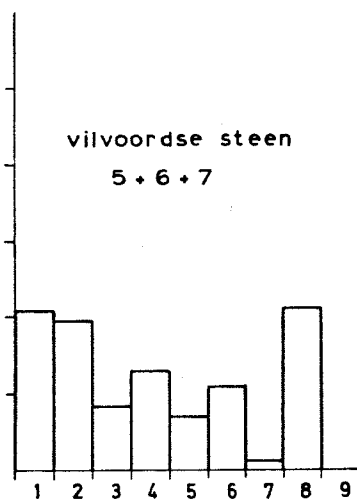
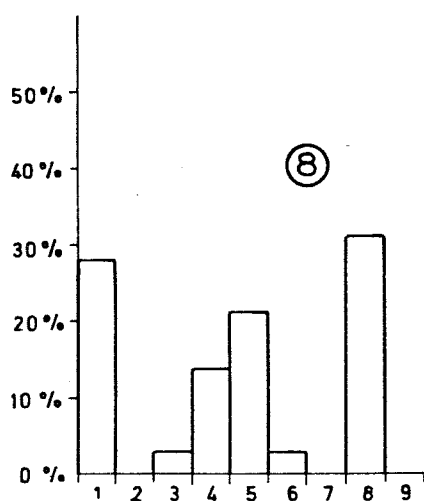
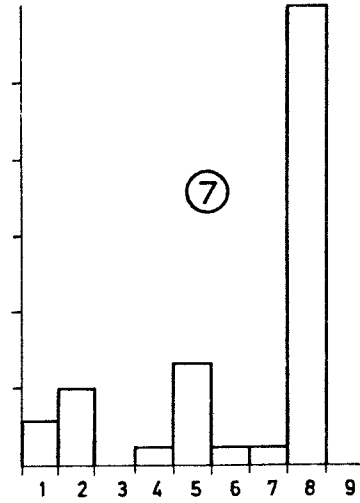
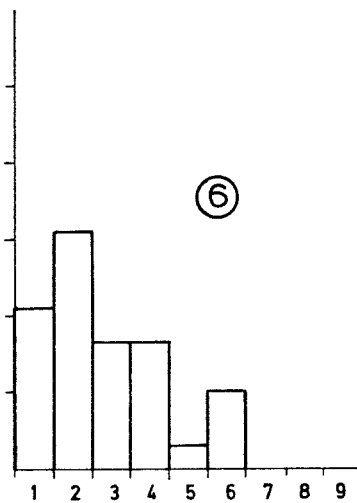
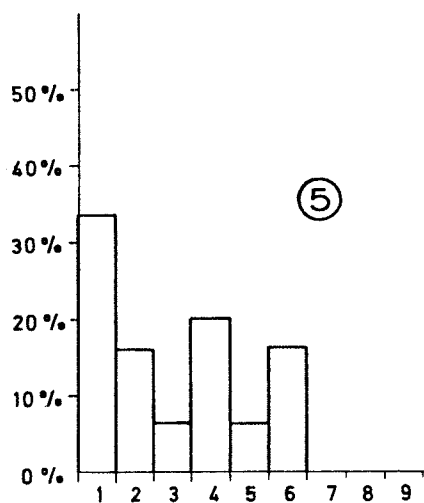
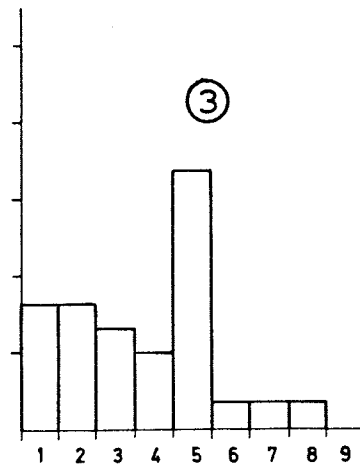
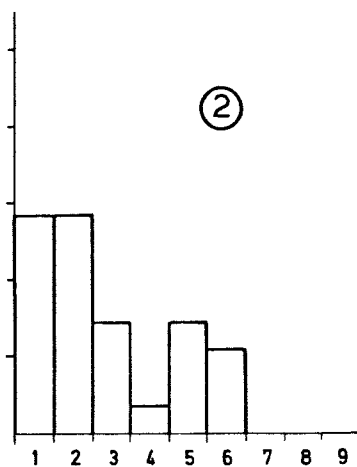
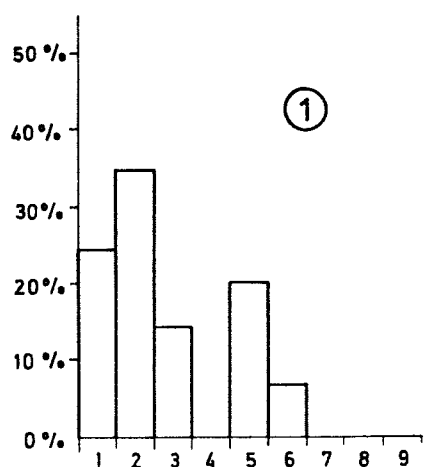
75000
-80000

55000
-10000

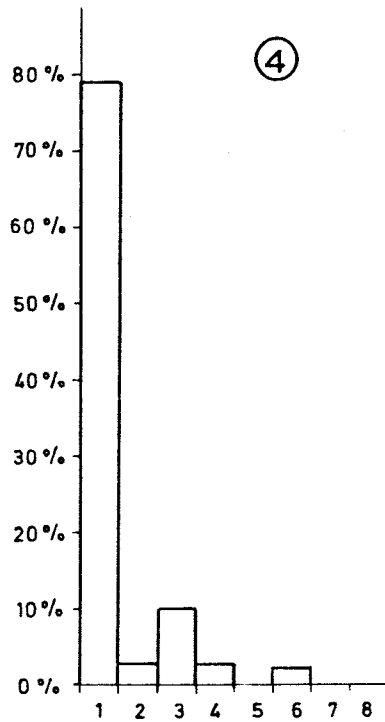
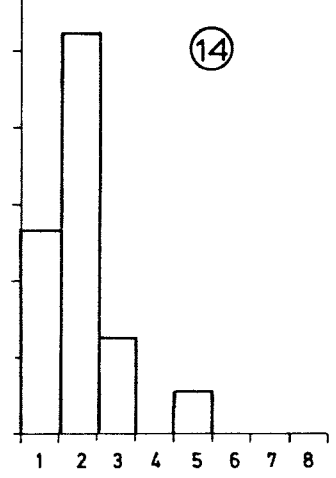
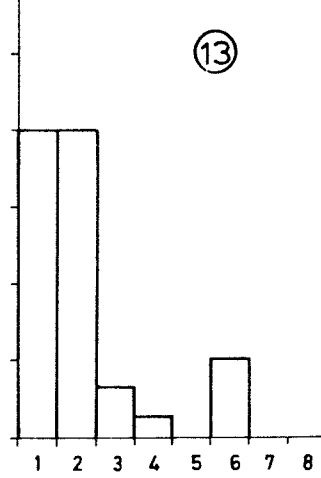
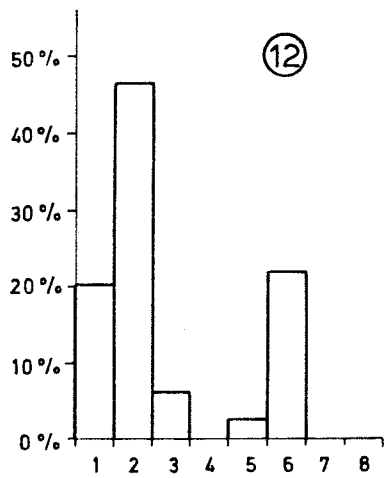
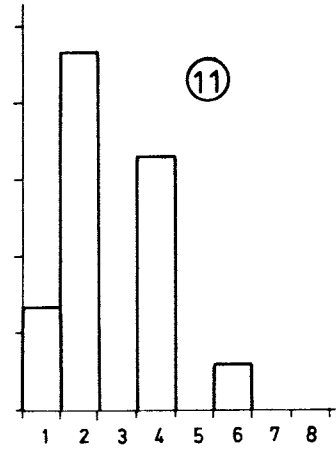
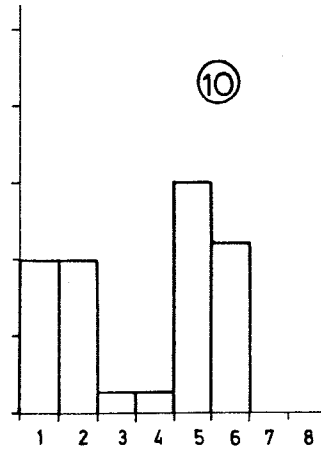
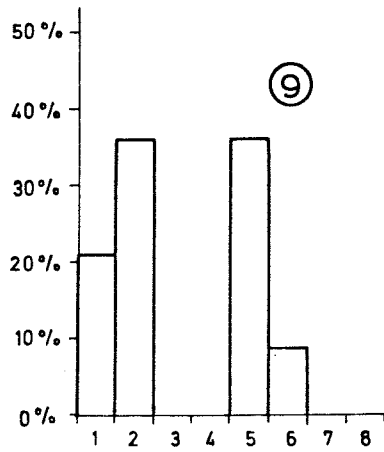
35000
-12000

15000
-14000

trekdiagrammen geclassificeerd naar vorm

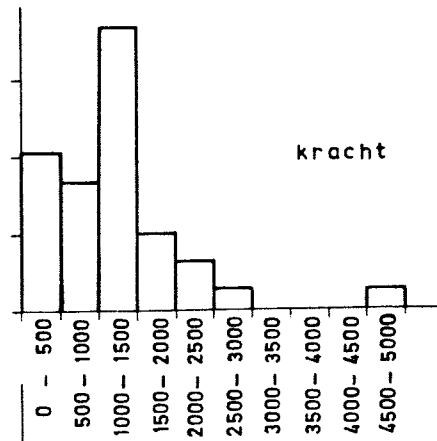
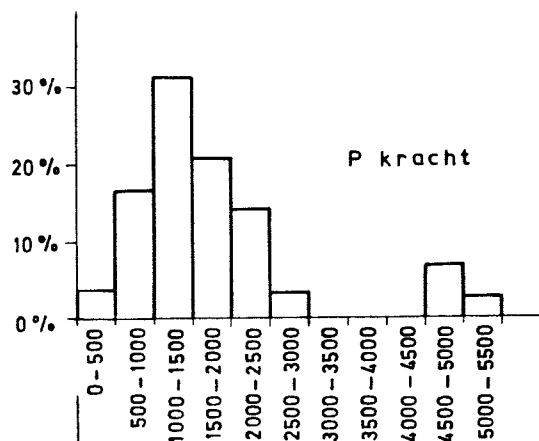


klasse 7: breken ^v/d steen
klasse 8: losse steen

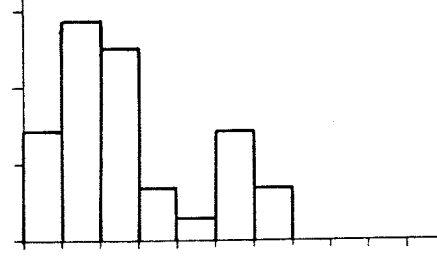
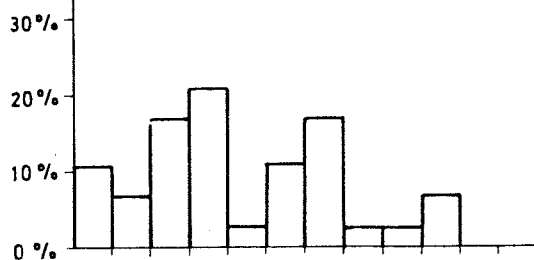


verdeling krachten bij basalt

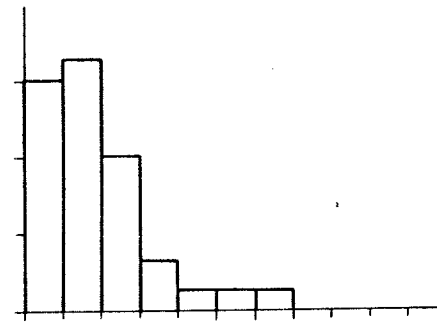
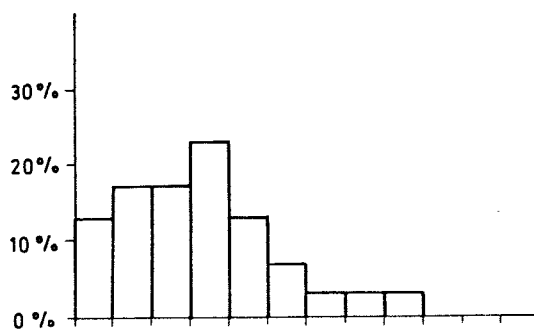
①



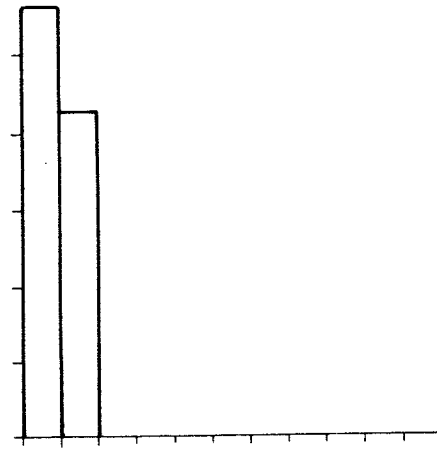
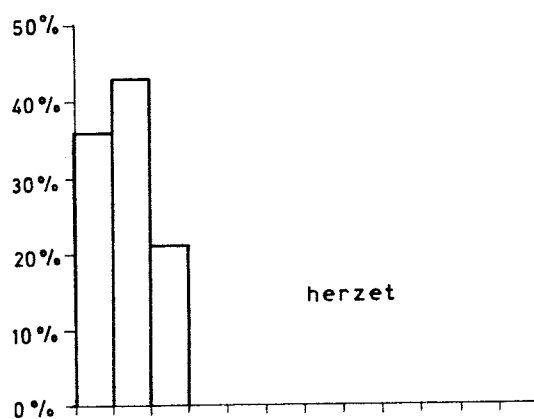
②



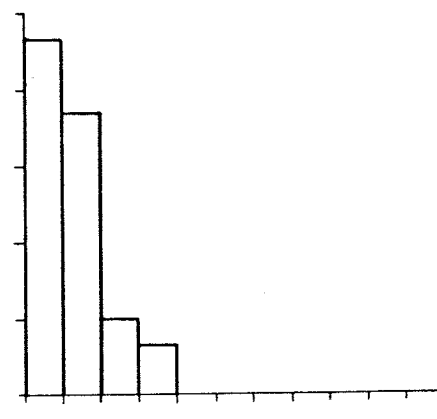
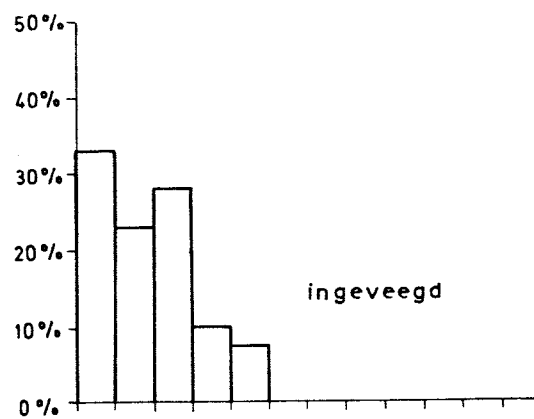
③



⑨

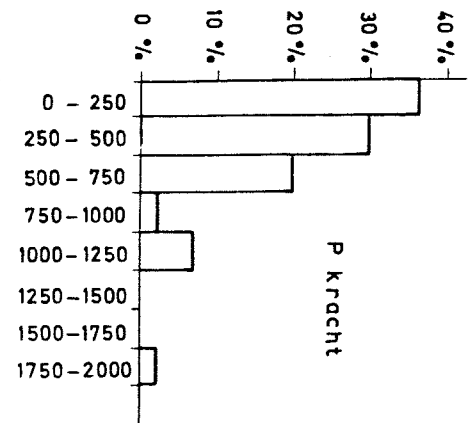


⑩

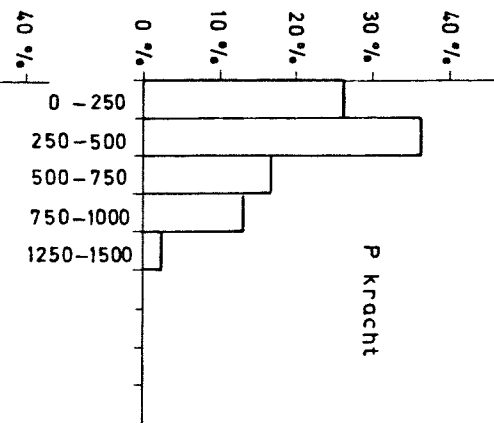


vilvoordse steen

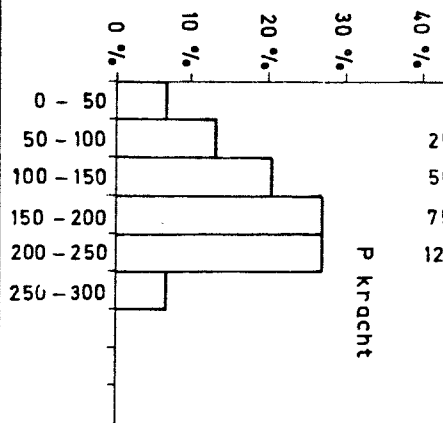
⑬



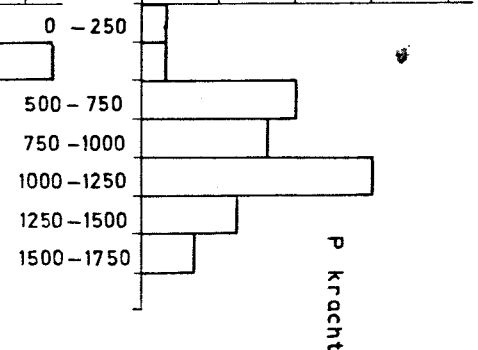
⑥



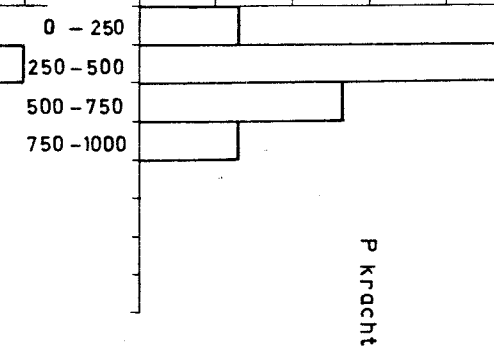
⑪



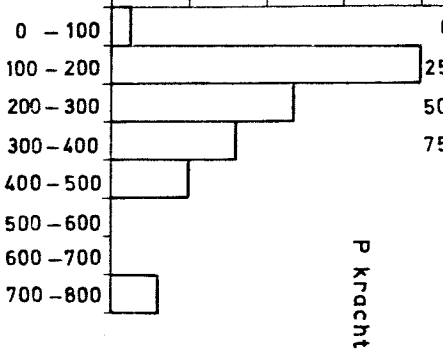
⑭



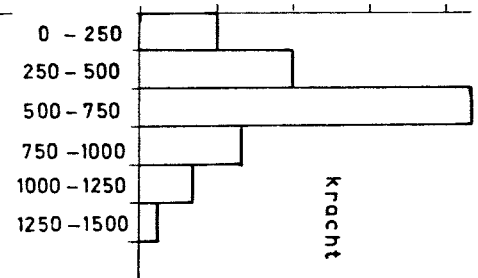
⑤



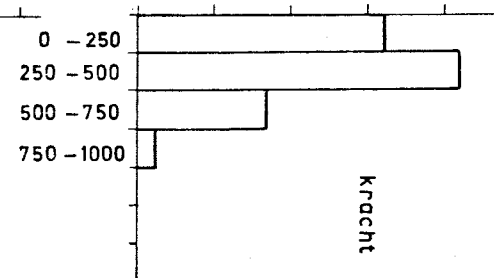
⑫



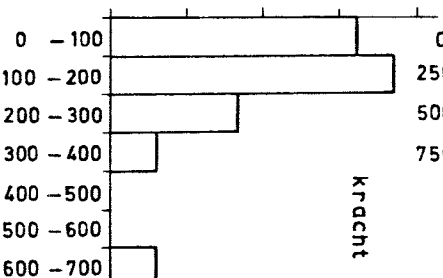
⑬



⑤



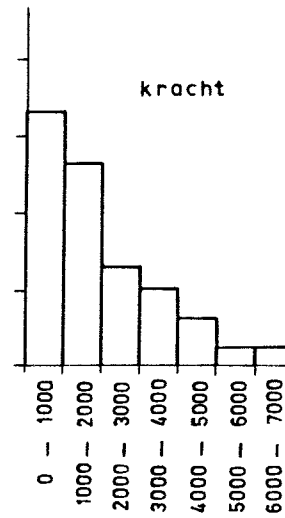
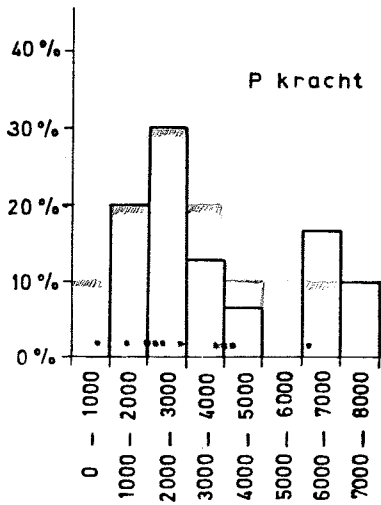
⑫



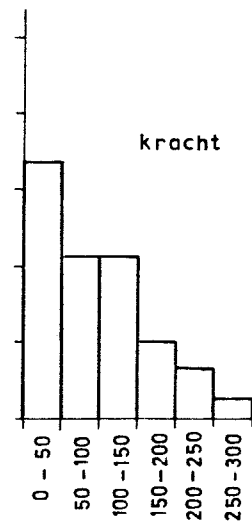
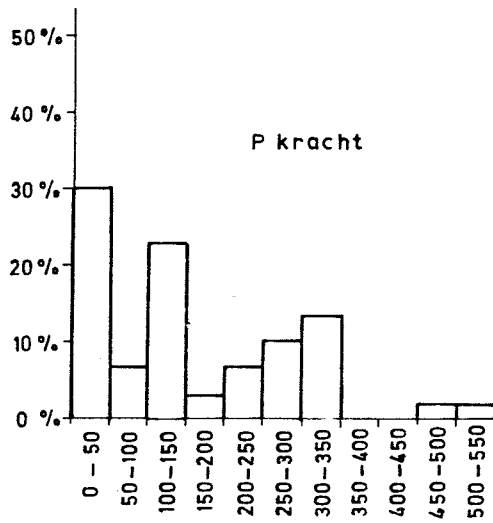
herzet

herzet + ingevoegd

haringmanblokken



lessinese steen



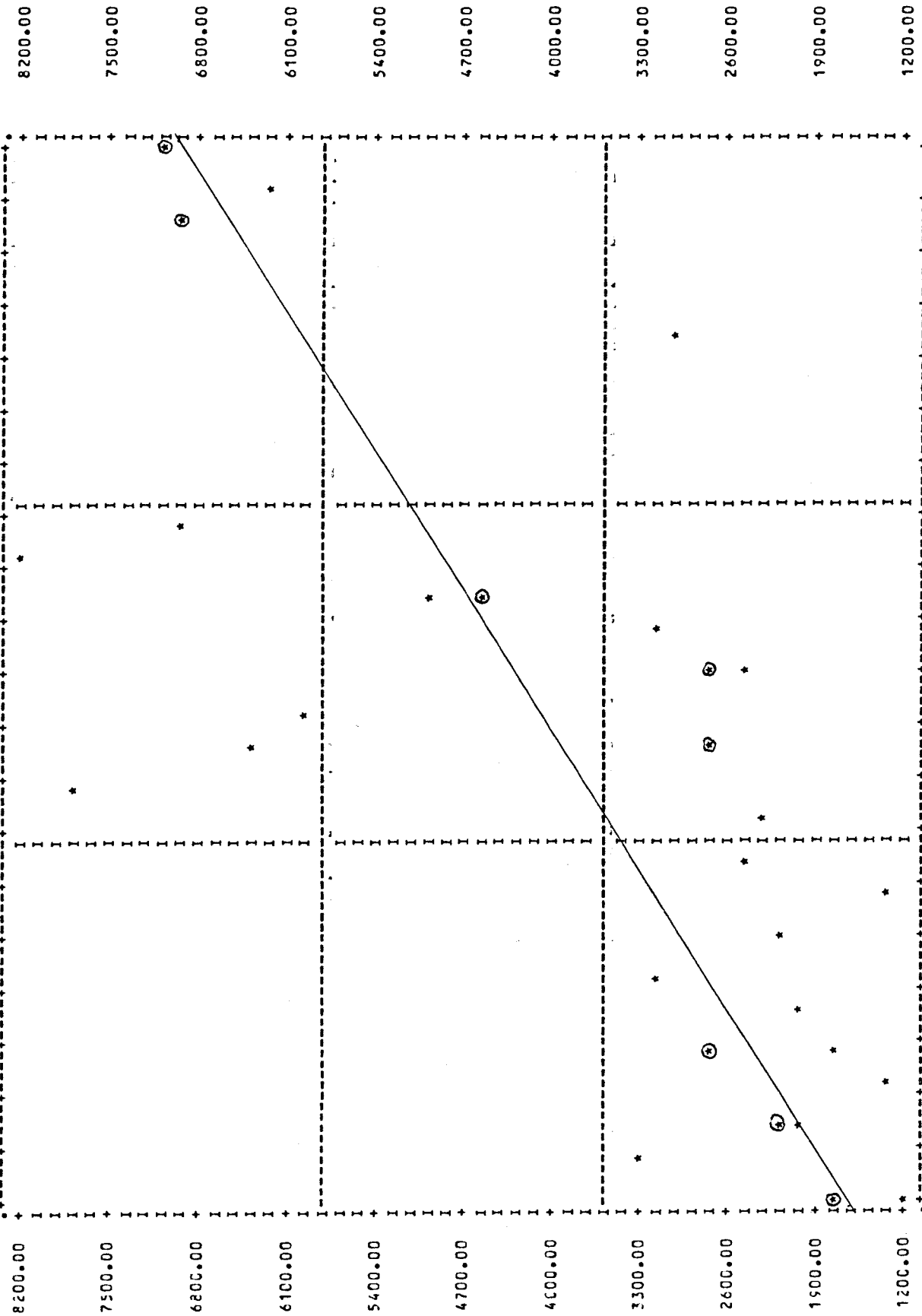
TREKPROEVEN OP DIJKBEKLEDING

01/05/84

PAGE 308

FILE NONAME (CREATION DATE = 01/05/84)
SCATTERGRAM OF (DOWN) PKRACHT PIEKKRACHT KGF

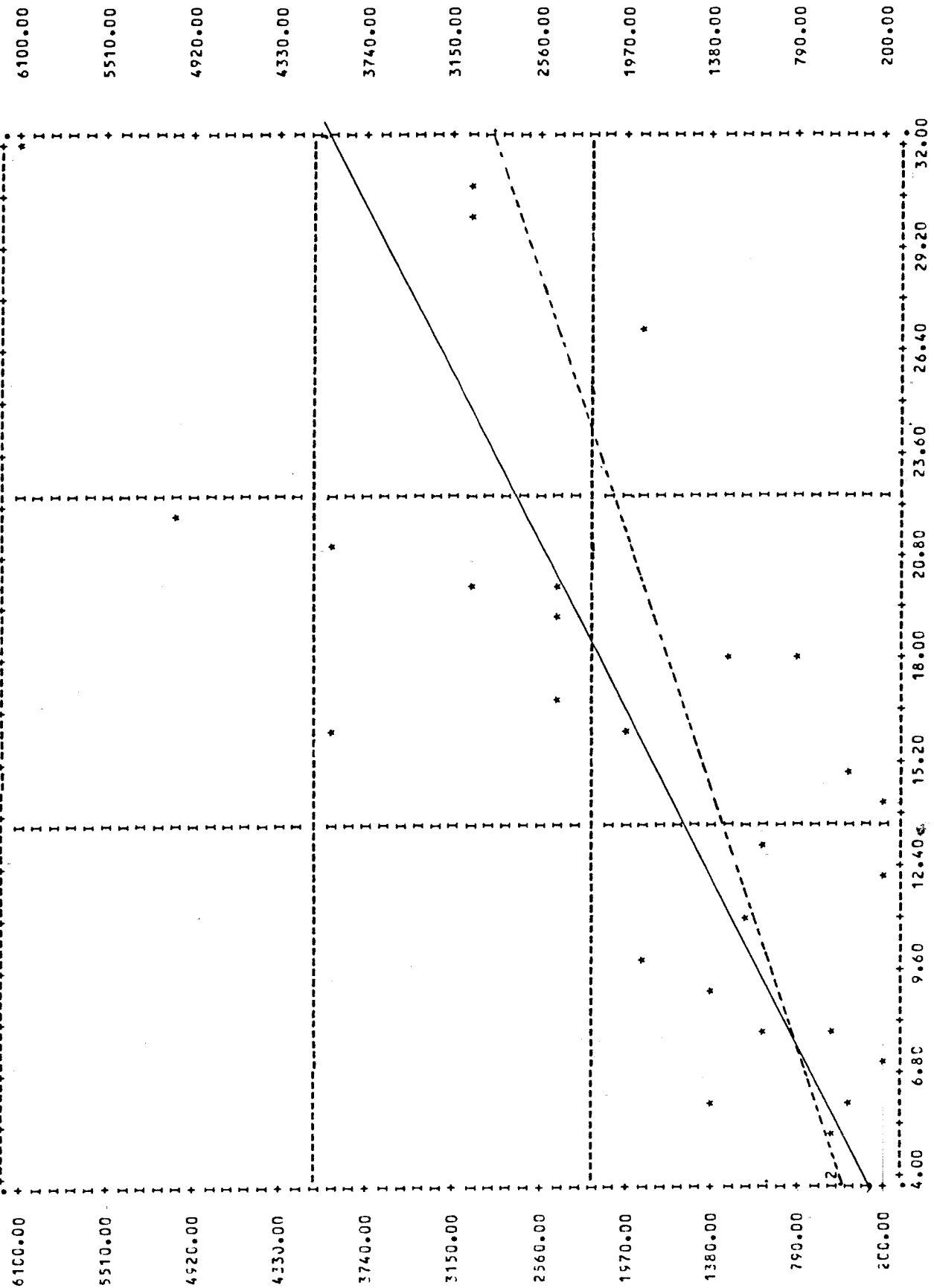
5.40 8.20 11.00 13.80 16.60 19.40 22.20 25.00 27.80 30.60




```

FILE      NONAME
SCATTERGRAM OF
(CREATION DATE = 01/05/84)
(DOWN) KRACHT
5.4C      8.2C      11.0C

```

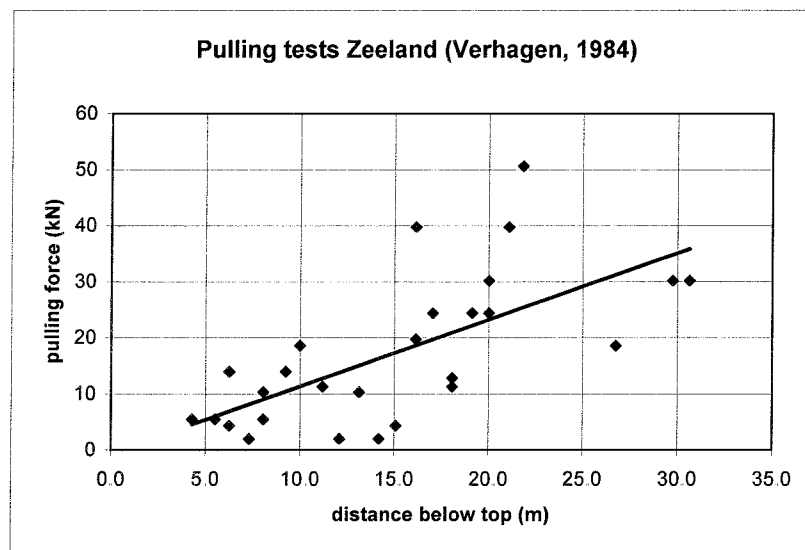


Trekproeven Walcheren

Zwanenburg
Domburg(lok. 1 t/m 3)
(lok. 4)

	Lokatie 1		Lokatie 2		Lokatie 3		Lokatie 4	
nr	e.g. (kg)	trekkracht (kg)	e.g.	trekkracht	e.g.	trekkracht	e.g.	trekkracht
1	55	1800	30	2920	46	3870	62	7400
2	28	1200	83	250	19	7000	56	1265
3	84	1600	37	610	23	650	57	15000
4	35	800	69	800	24	6230	49	9500
5	59	4200	?	5800	18	800	48	14400
6	50	1600	61	850	18	900	48	9280
7	22	4500	43	3220	45	3100	41	9240
8	60	2450	77	2200	41	700	62	10500
9	32	930	42	1800	21	2260	52	8375
10	35	4900	31	820	40	1200	40	7530
11	26	1350	31	400	31	1000	42	7800
12	83	3400	13	1630	22	2800	50	5890
13	?	>8500	57	1900	17	400	44	9000
14	52	5800	46	3820	30	1000	42	9050
15	32	2150	21	300	30	1950	?	>14100
gem	46,64	2620	45,79	1537	28,33	2257	49,5	8874
σ	20,08	1635	20,99	1159	10,24	2047	7,48	3324
trkr e.g.	gem. 56,1		33,6		79,7		179,3	
	lichte steen min trekkr.							
	22	800	13	300	17	400	40	1265

pulling force (kN)	distance (m)
5	4.3
5	4.3
5	5.5
4	6.2
14	6.2
2	7.3
5	8.0
10	8.0
14	9.2
19	10.0
11	11.2
2	12.1
10	13.1
2	14.2
4	15.1
20	16.1
40	16.1
24	17.0
11	18.1
13	18.1
24	19.1
24	20.0
30	20.0
40	21.1
51	21.8
19	26.8
30	29.8
30	30.7



SUMMARY OUTPUT

<u>Regression Statistics</u>	
Multiple R	0.676483
R Square	0.457629
Adjusted R Square	0.436768
Standard Error	9.775579
Observations	28

The distance is the distance measured along the slope (1:3.5) from the top beam of the revetment

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2096.402	2096.402	21.93763	7.75E-05
Residual	26	2484.61	95.56194		
Total	27	4581.013			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-0.54367	4.141798	-0.13126	0.896577	-9.05726	7.969925	-9.05726	7.969925
X Variable 1	1.187127	0.253456	4.683762	7.75E-05	0.666141	1.708114	0.666141	1.708114

Reference:

Verhagen, H.J. [1984]

Trekproeven op glooiningsconstructies in de Oosterschelde

nota WWKZ 84.V002

Foto 1:
Stavenissepolder .



Foto 2:
Klaas van Steeland-
polder.



Foto 3:
Klaas van Steenland-
polder, detail.

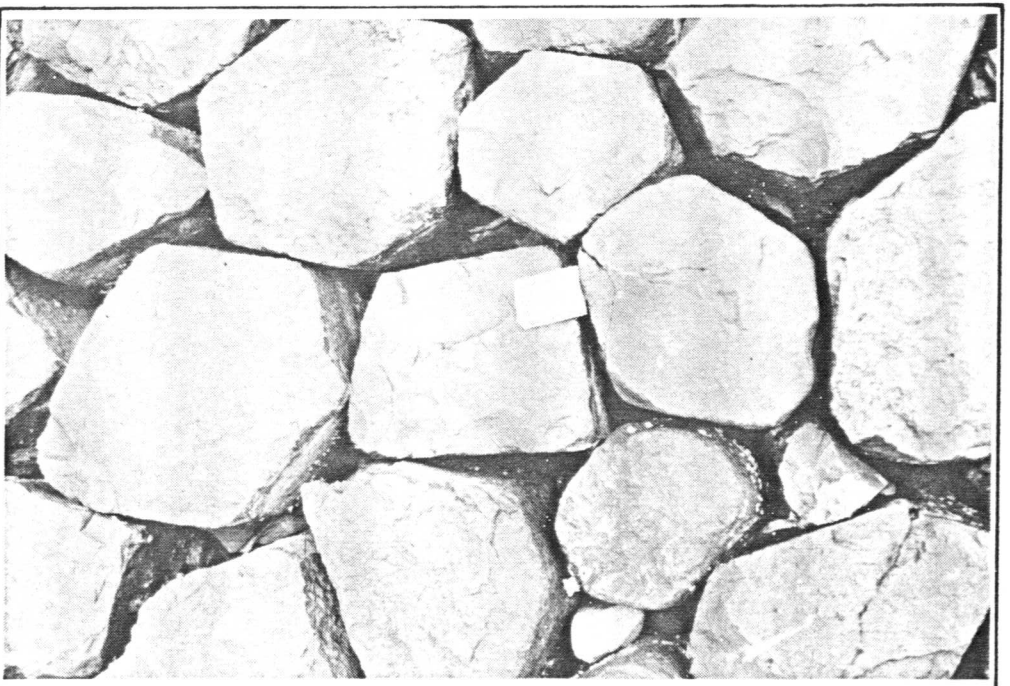




Foto 4: Koudepolder.

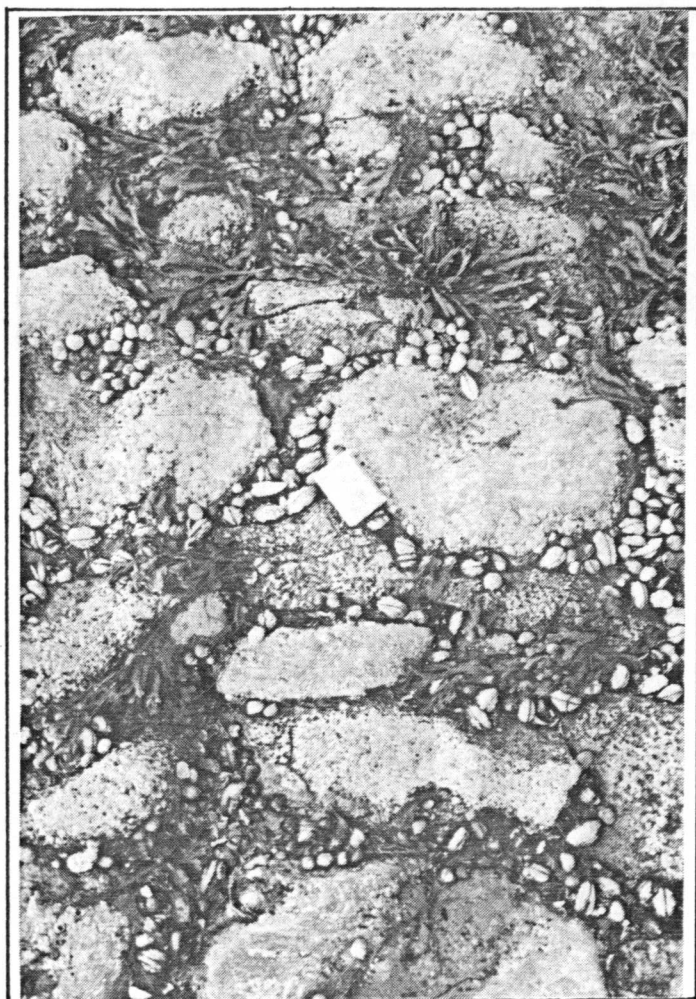


Foto 5: Koudepolder, onderste tafel.



Foto 6: Koudepolder, middelste tafel.



Foto 7: Koudepolder, bovenste tafel.

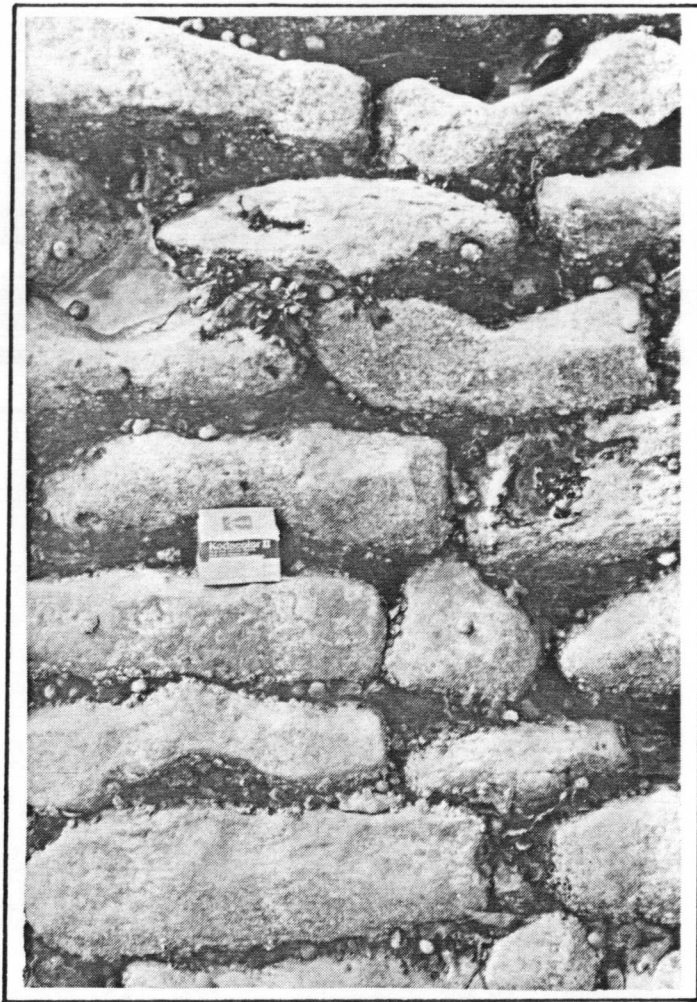


Foto 9: Oud Noord Bevelandpolder, detail.

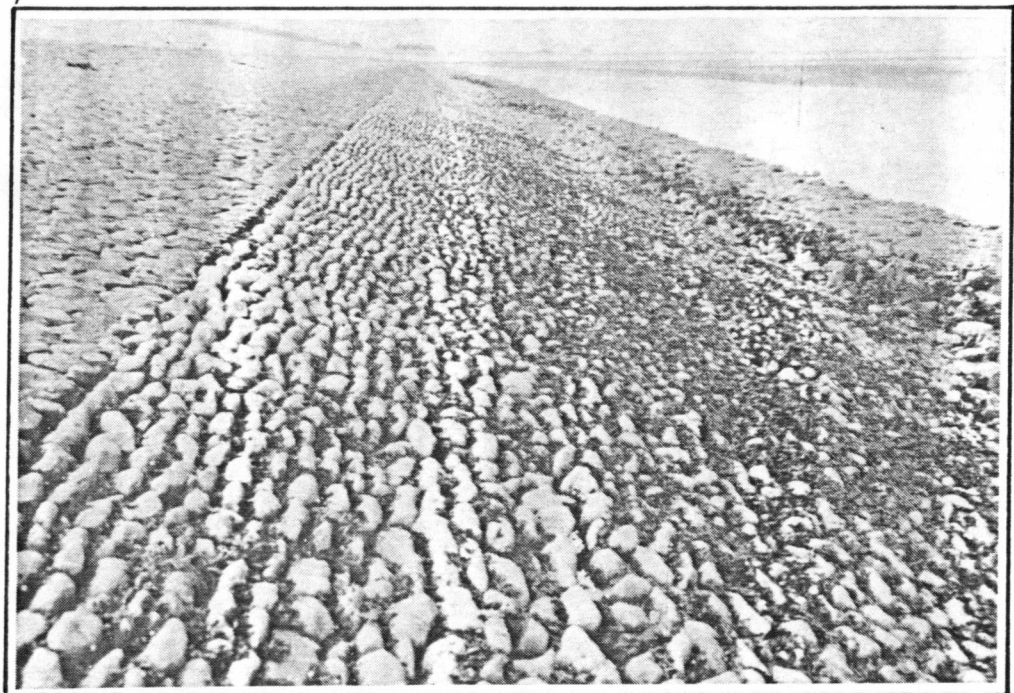


Foto 8: Oud Noord Bevelandpolder.



Foto 10: Pieterspolder.

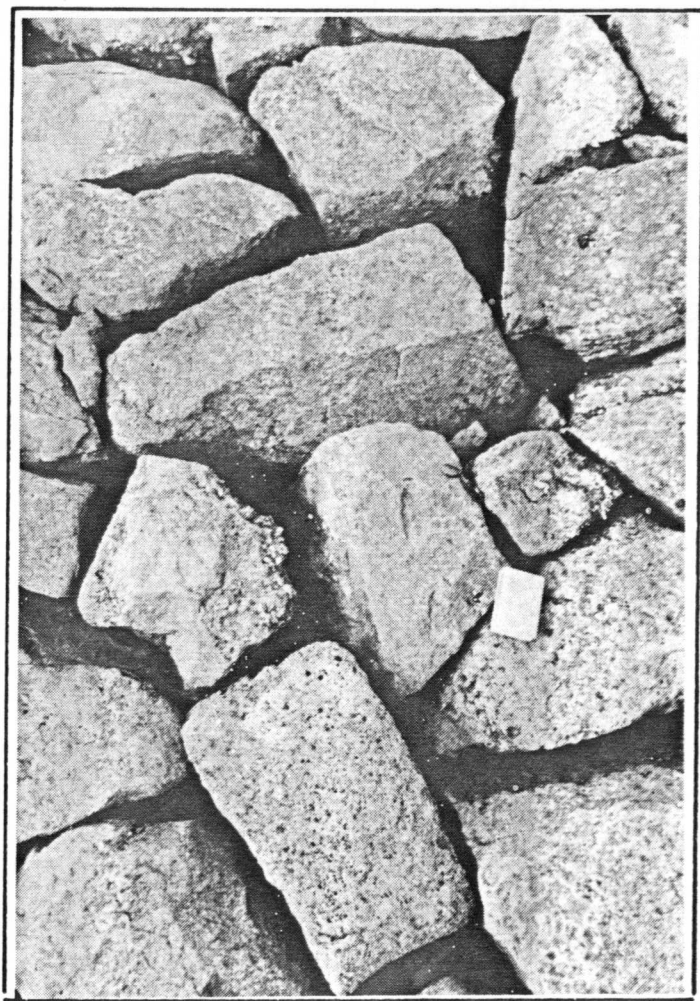


Foto 11: Pieterspolder, detail.

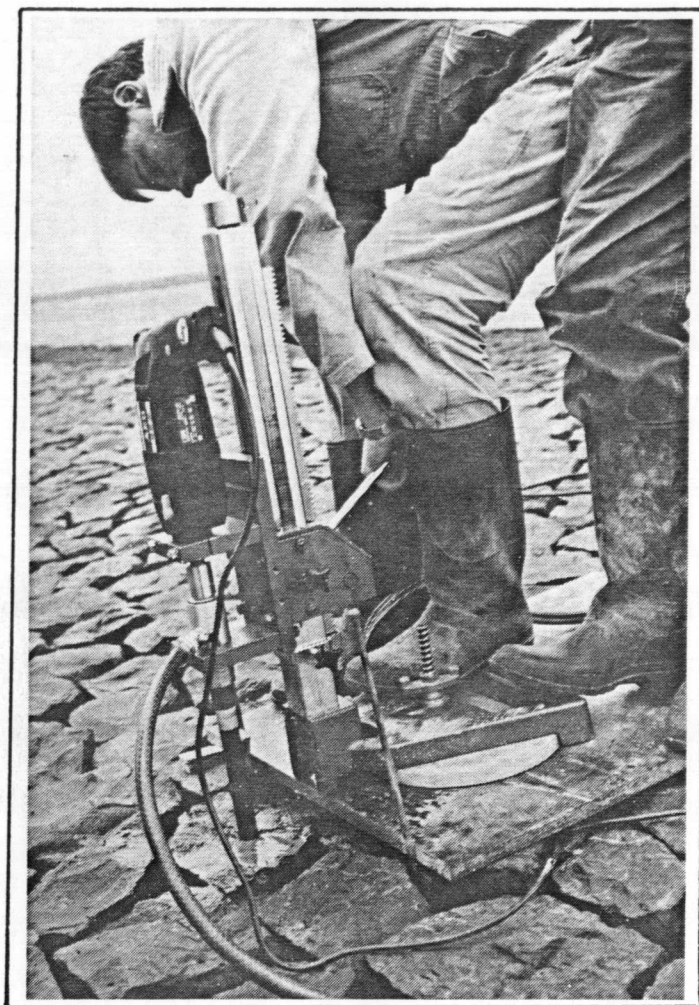


Foto 12: Het boren van de gaten.

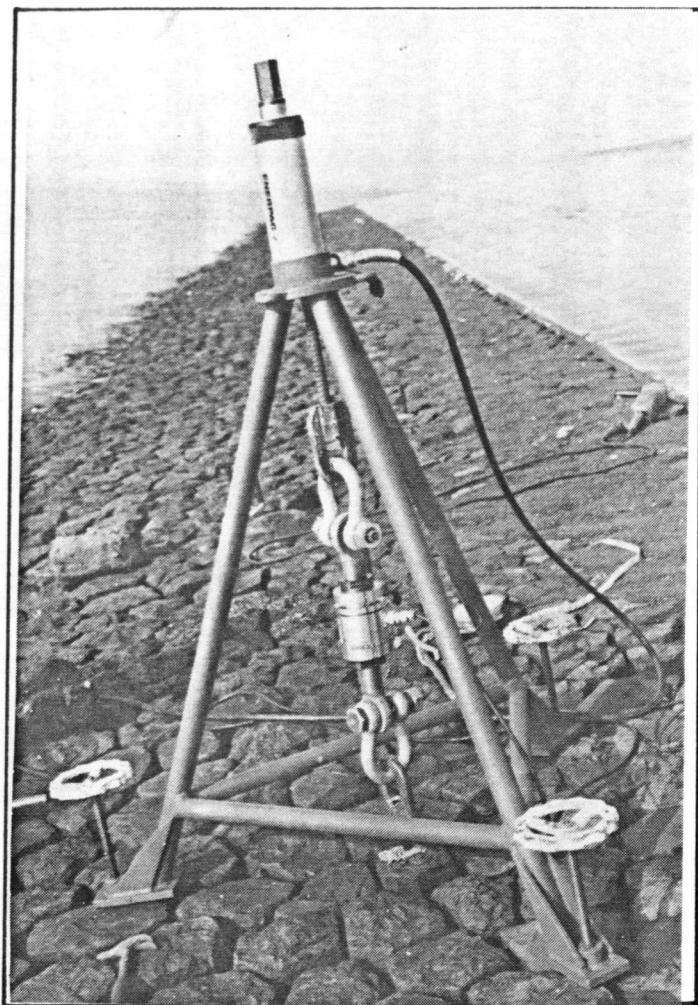


Foto 13: Het trekken van natuursteen.



Foto 14: Overzicht van de opstelling.



Foto 15: Het trekken van Haringmanblokken.



Foto 16: Detail trekplaat.