

batje' betrouwelyk -

Dichtheids onderzoek.

Zand asfalt en
De grond asfalt.

BITUMEN.



6012 - 84 Bit.

Project 7504 - FOP

Proef 26.20

Onderzoek: Zandasfalt- c.q. zeegrindasfalt als bodembescherming

1. Inleiding
2. Probleemstelling
3. Opzet van het onderzoek
4. Algemeen
5. Uitvoering
6. Onderzoek
7. Resultaten
8. Interpretatie resultaten
9. Eindkonklusie
10. Nader onderzoek

Lab. O. en O.
Bitumarin B.V.



1. Inleiding.

In het kader van het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheid van zandasfalt c.q. zeegrindasfalt als bodembescherming in de as van de stormvloedkering Oosterschelde werd in het Laboratorium van Bitumarin te Opijnen een vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar de waterdoorlatendheden van enkele asfalt- c.q. zandasfalt- c.q. zeegrindasfaltprodukten.

Hierbij werd getracht na te gaan de invloed van het bitumengehalte en de invloed van de gradering op de waterdoorlatendheid. Het onderzoek werd uitgevoerd in de periode februari t/m. april 1977.

2. Korte beschrijving van het probleem

Geruime tijd voor het plaatsen van de funderingsputten van de stormvloedkering zal de bodem in het tracé worden vastgelegd door middel van een bodembescherming om ongewenste ontgrondingen te voorkomen.

Deze bodembescherming zal vóór dan wel na het plaatsen van de putten, ter plaatse van de putten verwijderd moeten worden in verband met het op diepte brengen van de putten.

Het een en ander is onder meer afhankelijk van het toe te passen bodembeschermingstype en de mogelijkheden van de cutter-apparatuur.

Zandasfalt zou een bodembescherming kunnen vormen indien het kan voldoen aan bepaalde eisen ten aanzien van verwerking, stroombestendigheid, cutterbaarheid, duurzaamheid en waterdoorlatendheid.

3. Opzet van het onderzoek

Besloten werd het onderzoek in de eerste plaats te richten op een waterdoorlatendheidsonderzoek.

In de drempelconstructie mogen namelijk geen horizontaalvervalspreidende lagen voorkomen omdat allerlei ongewenste effecten



daarin gedurende een operationele fase van de kering vermeden moeten worden.

Als belangrijkste eis ten aanzien van de zandasfalt moet dan ook gesteld worden dat de waterdoorlatendheid minimaal even groot moet zijn als het onderliggende materiaal bestaande uit zand dan wel zeegrind.

Besloten werd een vergelijkend onderzoek uit te voeren met samenstellingen waarin het bitumengehalte 3,5 - 6 - en 9% B300 zou bedragen. Deze percentages werden gekozen omdat naar verwachting een stroombestendiger produkt zou worden verkregen bij een hoger bitumenpercentage. (Zandasfalt met 3,5% B300 is tot ca. 3,00 m/sec bestand, naar alle waarschijnlijkheid zullen in het prototype echter grotere snelheden voorkomen).

Als basismaterialen worden wadzand, plaatsand en zeegrind toegepast.

4. Algemeen

4a. Waterdoorlatendheid van grond

De waterdoorlatendheid van grond is afh. van de aard van de grond (korrelopbouw, - vorm) en de grootte van de doorgaande kanaaltjes.

Empirisch gevonden is het verband in de formule van Kozeny

$$k = \frac{1}{500} \cdot \frac{g \cdot d^2}{\eta} \cdot \frac{E^3}{(1-E)^2}$$

Over het algemeen blijkt de waterdoorlatendheid minder te zijn.

plaatsand	$d_{50} = 195 \text{ u m}$	$E = 39,5\%$	$k = 1,2 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$
wadzand	$d_{50} = 120 \text{ u m}$	$E = 42,0\%$	$k = 0,6 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$
zeegrindzand	$d_{50} = 500 \text{ u m}$	$E = 32 \%$	$k = 3,5 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$
(waarden geschat)	$d_{50} = 750 \text{ u m}$	$E = 30 \%$	$k = 6,2 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$

Uit de metingen vinden we voor plaatsand	$k = 2,7 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$
wadzand	$k = 2,5 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$
zeegrindzand	$k = 1,3 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$
	$k = 3,4 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$



4b. Waterdoorlatendheid van zandasfalt.

Zandasfalt is een mengsel van zand en asfaltbitumen.

Het bindmiddel concentreert zich enigzins op de onderlinge raakvlakken van de korrels. Eenmaal afgekoeld heeft zandasfalt een redelijke stroom- en golfresistentie.

Men spreekt wel over de dynamische vastheid van het materiaal. Een taludhelling van zand onder 1:2 kan alleen in absoluut stilstaand water bestaan.

Zandasfalt taluds kunnen in milieus met golf- en stroomaanval (Splitsingsdam, Hoek van Holland) opgebouwd worden met hellingen tot maximaal 1:1½.

De waterdoorlatendheid van met bitumen gebonden mineraal hangt behalve van de onder 4a genoemde factoren af van het bitumenpercentage en de verdichtingsgraad.

Uit tabel A blijkt dat de gemiddelde kanaaldiameter van de verschillende zanden niet beïnvloed wordt door de gemiddelde dikte van het omhullingslaagje.

Tabel A.

	soortelijk opp./kg	gem. huiddikte (3,5% bit.)	gem. kanaaldiameter $\frac{g}{1-E} \cdot d_{50}$
plaatzand	11,25 m ²	3,1 µm	125 µm
wadzand	18,2 m ²	1,9 µm	85 µm
zeegrindzand	5,45 m ²	6,4 µm	320 µm

Het holle ruimtepatroon wordt dan ook nagenoeg niet beïnvloed door het toevoegen van een gering bitumenpercentage.

Door toepassing van een hoger bitumenpercentage ontstaat de mogelijkheid dat de "fijnste" holle ruimten gevuld gaan worden. Ook echter kan de dikte van het bitumenlaagje enige opruiming van het korrelskelet geven. Verder spaalt het al of niet gemakkelijker verdichten een rol.

In hoeverre deze factoren de doorlatendheid beïnvloeden, moet van geval tot geval door onderzoek vastgesteld worden.



Overigens kan opgemerkt worden dat bij een asfaltinstallatie de opbouw van het korrelskelet op eenvoudige wijze gewijzigd kan worden. Hierdoor kan in principe elke gewenste k-waarde gerealiseerd worden. De filterlagen van bijv. het Elbe-Seitenkanaal en het Sisteronkanaal zijn hier goede voorbeelden van.

5. Uitvoering

5a. Omschrijving waterdoorlatendheidstest.

De waterhoeveelheid Q , die per tijdseenheid door een zandfilter stroomt, is evenredig met het doorstroomde opp. F . evenredig met het potentiaalverschil Δh voor en na het filter, en omgekeerd evenredig met de lengte van het filter L .

Het is de evenredigheidsfaktor "k" die waterdoorlatendheidscoëfficiënt wordt genoemd.

De hierboven omschreven filterwet van Darcy in formule uitgedrukt luidt dus:

$$Q = \frac{"k" \cdot F \cdot \Delta h}{L}$$

waarin $Q = \text{cm}^3/\text{sec}$

"k" = cm/sec

$F = \text{cm}^2$

$L = \text{cm}$

$\Delta h = \text{cm}$

Bij het bepalen van de "k - waarde" van een zandsoort wordt dan de formule gebruikt

$$k = \frac{Q \cdot L}{F \cdot \Delta h} \quad \text{cm/sec.}$$

In bijlage 3 is één en ander grafisch weergegeven (x-as $Q \cdot L$, y-as $F \cdot \Delta h$).

5b. Proefopstelling (zie bijlage 1)

Het te onderzoeken monster wordt in cilinder B op een filter van grof grind geplaatst.



Met behulp van de in hoogte verstelbare constant niveau inrichting A kan het gewenste potentiaalverschil worden ingesteld. (Meting van het potentiaalverschil geschiedt m.b.v. twee stijgbuizen)

Het debiet wordt bepaald door het meten van de tijd, benodigd voor het uitstromen van een bepaalde hoeveelheid water uit de overloop van cilinder B.

Steeds wordt van één monster de waterdoorlatendheidscoëfficiënt bepaald bij verschillende potentiaalverschillen.

Na een verandering van het potentiaalverschil wordt steeds, alvorens aan de nieuwe meting te beginnen, geruime tijd gewacht, teneinde verzekerd te zijn van een stationair stromingsbeeld bij elke meting. Voor de bepaling van de doorlatendheidscoëfficiënt van asfaltmengsels wordt gebruik gemaakt van de zgn. Marshallcilinders.

Ter voorkoming van lekkage en het optreden van lekkage langs de wand zijn de Marshallcilinders ingesmeerd met paraffine en is de ruimte tussen de cilinder en de binnenzijde van de meetcilinder afgedicht met kit.

6. Onderzoek

Van het zand en zeegrindzand is een zeefanalyse uitgevoerd, alsmede een bepaling van de soortelijke dichtheid, vervolgens zijn er 22 Marshallcilinders vervaardigd met bitumenpercentages variërend van $1\frac{1}{2}$ $3\frac{1}{2}$ 6 en 9% bit. B270/330

Deze Marshallcilinders hebben een eenzijdige verdichting ondergaan van 5 slagen met de Marshallhamer met een gewicht van 4,5 kg, en een valhoogte van 46 cm bij een temperatuur van 130°C .

Het waterdoorlatendheidsonderzoek is uitgevoerd met de Marshall verdichte blokken en met de hand verdicht ongebonden zand in een toestel met een doorstromingsoppervlak van 84,9 cm².



Ook is onverdicht plaatsand, zeegrind en zeegrindzandasfalt onderzocht in een toestel met een doorstromingsoppervlak van 3048 cm², om eventuele wandeffekten vast te stellen, (ingebouwd bij ca. 100°C.)

7. Resultaten:

Van het gebruikte zand zijn de zeefanalyse en poriënvolume vermeld in bijlage nr. 2. Totaal overzicht vermeld in Tabel C. De resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek zijn vermeld in bijlage nr. 3.

In tabel B. is een overzicht van de resultaten gegeven. De uitkomsten van de benaderde theoretische bitumenpercentages zijn vermeld in bijlage nr. 4.

De grafische voorstelling van het verband tussen de k-faktor en het poriënvolume, resp. bitumenpercentage zijn weergegeven in bijlage nr. 5.

8. Interpretatie resultaten.

Er blijft een duidelijk verschil tussen de verdichte en niet verdichte monsters.

Gesteld mag worden dat niet verdicht zandasfalt (3,5% bit.) even doorlatend of doorlatender is als het oorspronkelijke zand. Als belangrijkste oorzaken kunnen genoemd worden de natuurlijke verdichting van nat zand en de blijvende opruiming, ontstaan tijdens het mengen, bij gebitumineerd zand.

Tot nu toe zijn verdichte monsters met een variabel bitumenpercentage onderzocht.

Bij een hoger bitumenpercentage wordt de doorlatendheid een faktor 5 à 10 lager (holle ruimte 5 à 10% lager) t.o.v. 3,5% monsters.



Verwacht mag worden dat ook bij niet verdichte monsters de doorlatendheid enigzins zal afnemen bij een hoger bitumenpercentage.

Bij de onverdichte monsters treedt inderdaad een wandeffekt op. Voor ongebonden monsters vindt men een faktor 2, bij 3,5% bitumen varieert deze faktor van 1,5 - 7.

Het wandeffekt bij de verdichte monsters is zo goed mogelijk weggenomen door de zijanten af te dichten met parafine.

Verder valt op te merken dat zeegrindzand door de ruime gradering een erg laag holle ruimte percentage heeft.

Zeegrind is dan ook slechts 10 x doorlatender dan het onderzochte plaatsand (zeegrind 2×10^{-2} cm/sec, plaatsand 2×10^{-3} cm/sec)

Geprobeerd is nog de zeegrindzandfraktie tussen 2 en 8 mm met 1,5% bitumen te verbinden om een grotere doorlatendheid te verkrijgen (niet gelukt).

9. Eindkonklusie

Niet verdicht zandasfalt heeft dezelfde of een grotere doorlatendheid als het oorspronkelijke materiaal.

Voor zeegrindzand is een k- waarde gevonden van 2×10^{-2} cm/sec, voor plaatsand ca. 2×10^{-3} cm/sec.

10. Verder onderzoek

Nog vastgesteld moet worden de k- waarde van gebitumineerd plaatsand resp. zeegrindzand met 6% bit. 280/320 in het toestel met een doorstromingsoppervlak van 3048 cm².



Naar de invloed van de laagdikte, de korrelgradering, het bitumenpercentage en de verwerkingstemperatuur op de (na-) verdichting en dus de doorlatendheid zal nog onderzoek moeten worden gedaan.

Opgemaakt Zaltbommel, 12 mei 1977

R.W.S. Deltadienst W.W.W.
Afd. O.N.W.
Ing. M.L.P. v. Campen
J. v. Scheltinga

Bitumarin B.V.
Lab. O. en O.
Ir. S. Volp
Ing. W. Pille

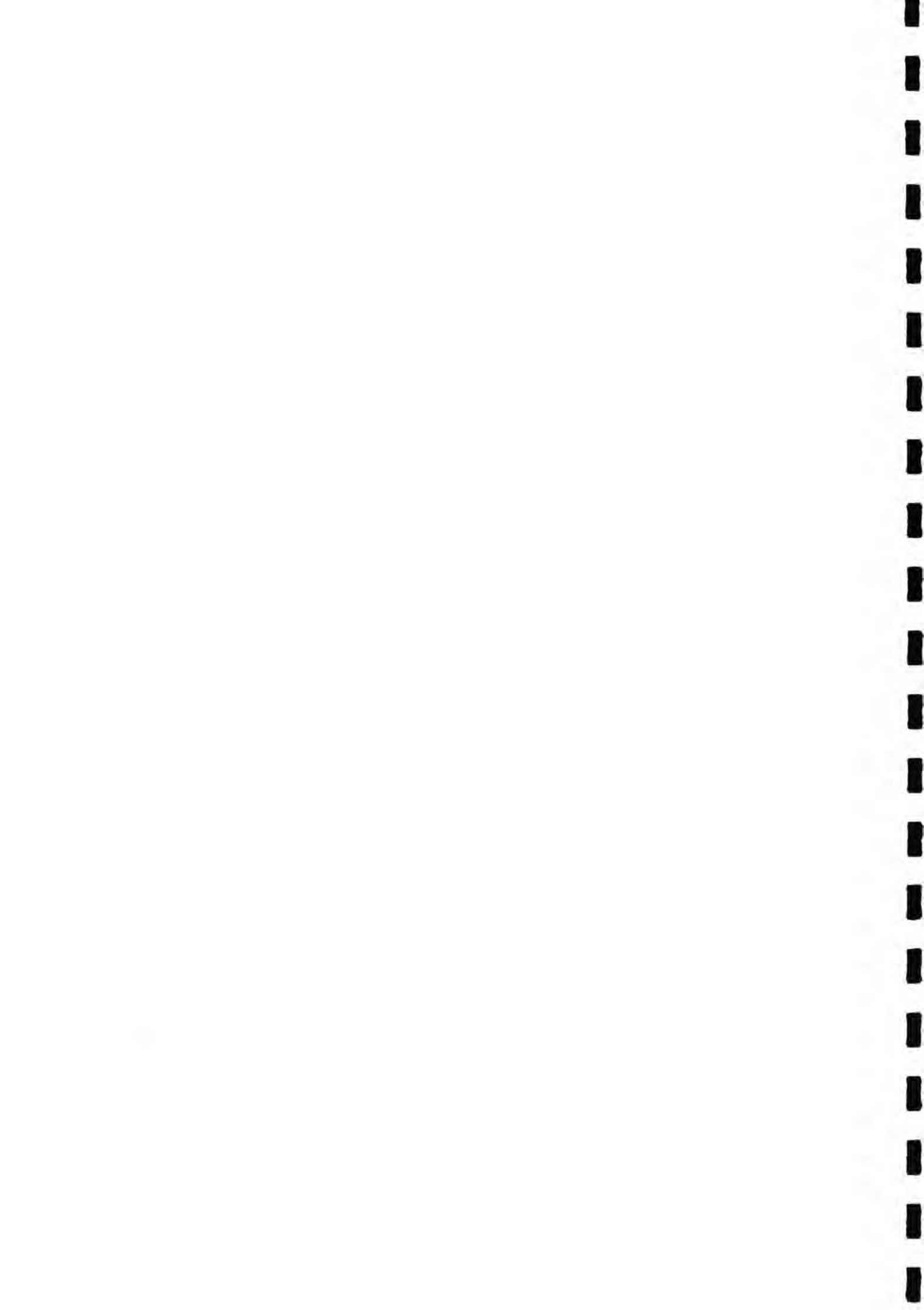


x niet uitgevoerd

- te weinig binding i.v.m. ontbreken van de fijnste fraktie
0 uit elkaar gevallen

Tabel B

	<u>Groot W.D.L.A.</u>		<u>Klein W.D.L. apparaat</u>					
	Onverdicht	3 1/2%	0%	1 1/2%	Verdicht	Onverdicht	6%	9%
Plaatzand d50=120 um	x	x	0,23x10 ⁻²	x	0,3x10 ⁻²	x	x	x
Plaatzand d50=195 um	2,7x10 ⁻³	8,3x10 ⁻³	1,2-10 ⁻²	x	2,7x10 ⁻⁴ 2,8x10 ⁻³	2,2x10 ⁻²	2,45x10 ⁻³ 2,4 x10 ⁻³	3,3x10 ⁻⁴ 5,2x10 ⁻⁴
Zeegrind 8 mm	1,3x10 ⁻²	6,7x10 ⁻²	2,4x10 ⁻²	0	8,3x10 ⁻³ 1,3x10 ⁻²	8,4x10 ⁻²	3,2x10 ⁻³ 5,3x10 ⁻³	x
Zeegrind 22,4 mm	3,4x10 ⁻²	3,4x10 ⁻²	7,4x10 ⁻²	0	1,1x10 ⁻²	2,2x10 ⁻¹	5,8x10 ⁻³ 4,1x10 ⁻⁴	x
Zeegrind 2 fr 8 mm	x	x	x	-	-	-	-	-
<u>HOLLE RUIMTE</u>								
plaatzand d50=120 um	41,9%	x	x	x	41,3%	x	x	29,9%
plaatzand d50=195 um	38,5%	44,7%	x	x	37,9%	46,5%	35%	31,1%
zeegrind 8 mm	30%	32%	34%	x	30,9%	43,1%	26,2%	x
zeegrind 22,4 mm	x	25,4%	x	x	23,8%	35,5%	24,4%	x



Marshall-cilinders t.b.v. waterdoorlatendheidsonderzoek

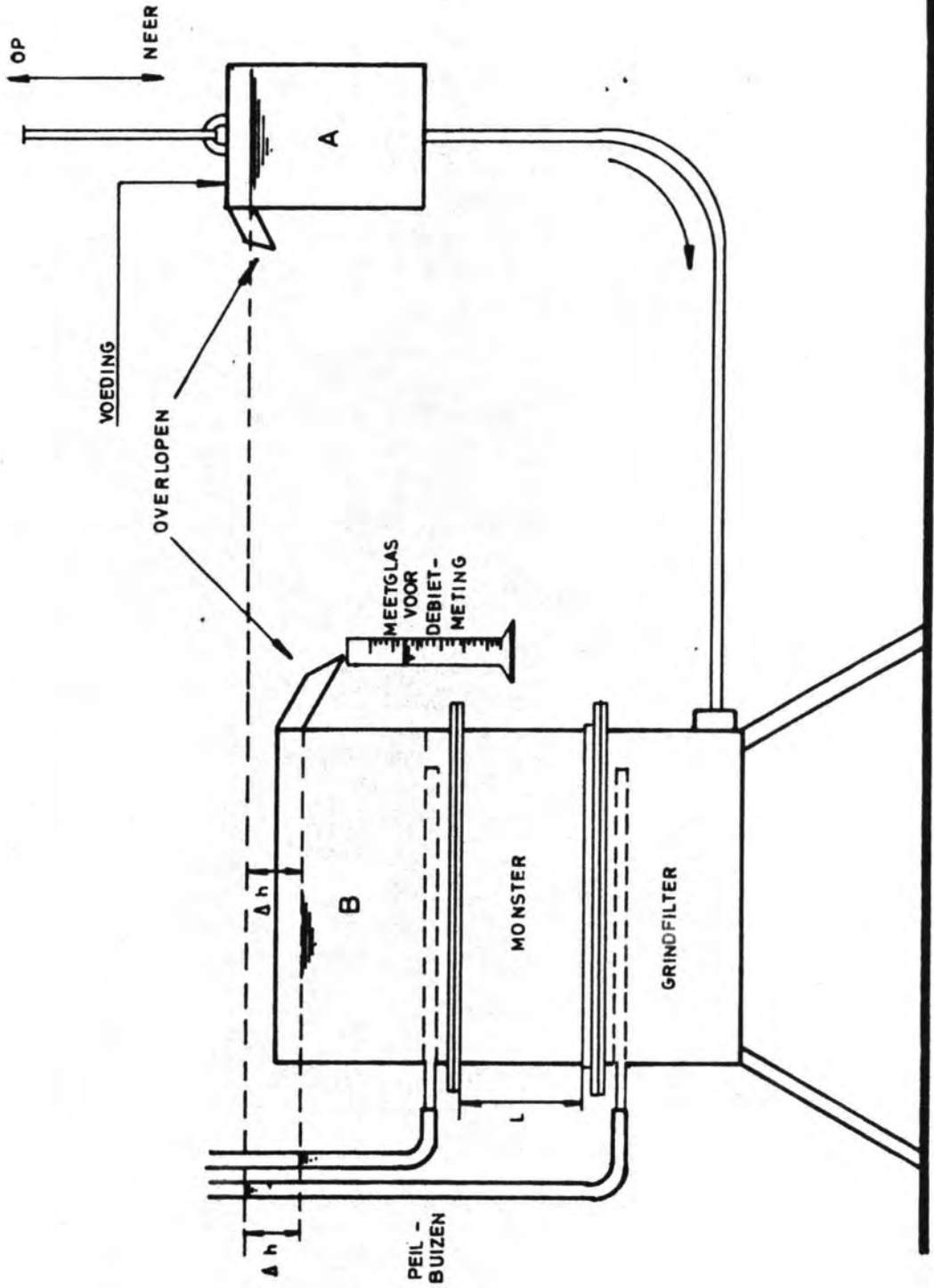
Samenstelling:

1 + 2	3½% 96½%	B300 plaatzzand	9 + 10	3½% 96½%	B300 zeegrind < 8
3 + 4	6% 94%	B300 plaatzzand	11 + 12	6% 94%	B300 zeegrind < 22,4
5 + 6	9% 91%	B300 plaatzzand	13 + 14	6% 94%	B300 zeegrind < 8
7 + 8	96½% 3½%	zeegrind < 22,4 B300			

Verdichtingstemperatuur: ca. 130°CEenzijdige verdichting van 5 slagen met de Marshallhamer

Monster	volumegewicht gr/cm ³	W.S.G. gr/cm ³	poriënvolume %
1	1,60	2,58	37,9
2	1,60	2,58	37,9
3	1,66	2,54	34,6
4	1,64	2,54	35,4
5	1,71	2,49	31,3
6	1,72	2,49	30,9
7	1,95	2,56	23,8
8	-	-	-
9	1,78	2,56	30,4
10	1,75	2,56	31,6
11	1,90	2,52	24,6
12	1,91	2,52	24,2
13	1,85	2,52	26,6
14	1,87	2,52	25,8
plaatzzand		2,65	41,9
zeegrind < 8		2,64	
zeegrind < 22,4		2,62	





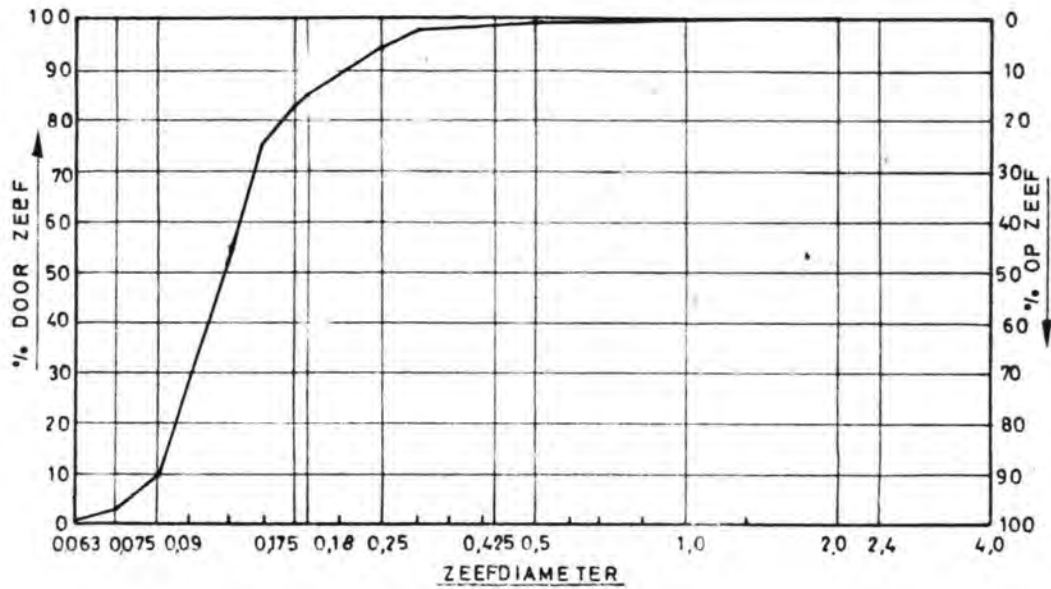
PROEFOPSTELLING T.B.V. WATERDOORLATENDHEID



Zeefkromme

B'Y LAGE : 2

BLAD : 1



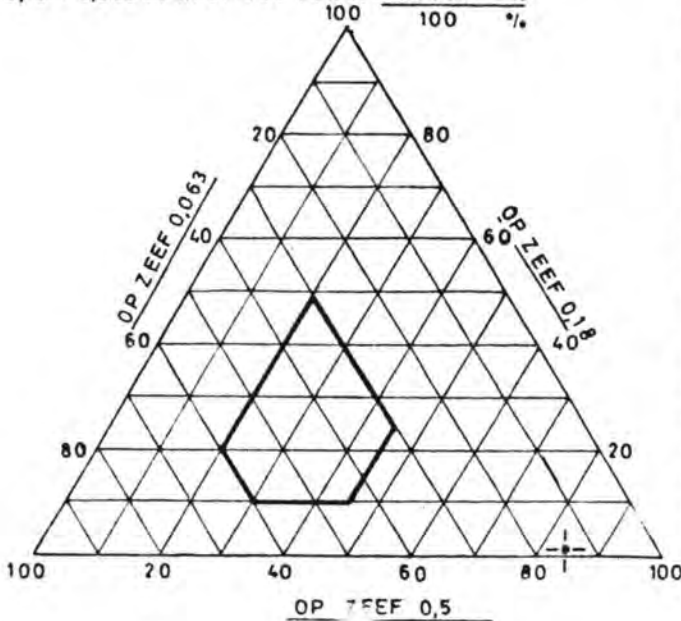
Monsternummer : wadzand
 Werknummer : 6012-84
 Werk : Lab. 0 & 0
 Direktie :
 Laborant :

Datum monstername :
 Datum onderzoek : 15-4-1977
 Poriënvolume : 41,9 %
 W S G : 2,64 gr/cm³

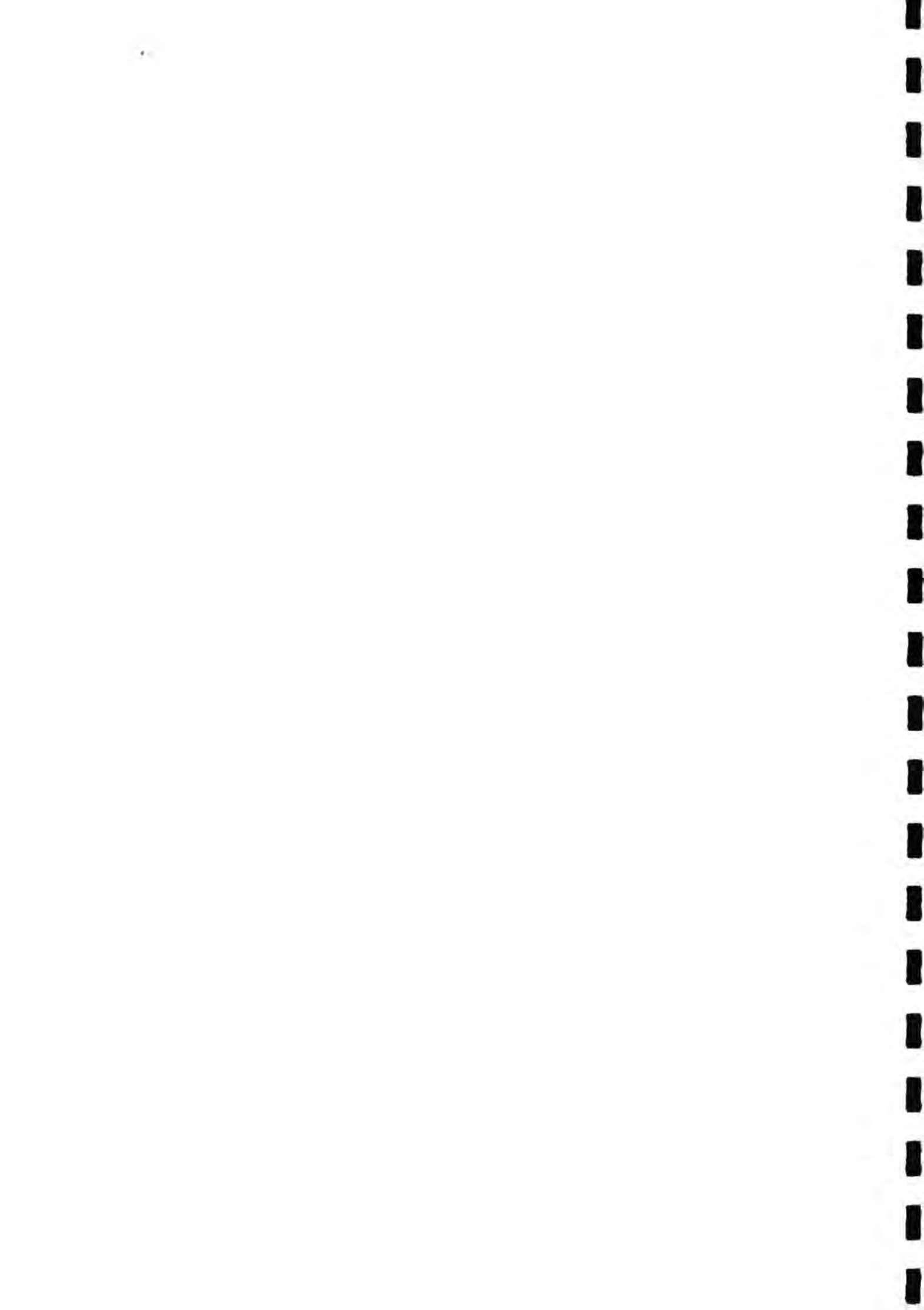
	gram	%	% per fractie
Op zeef 2,0	0,2	0,2	0,2
0,5	1,0	1,0	0,8
0,18	16,5	16,5	14,5
0,063	99	99	82,5
DOOR 0,063	1	1	1

Percentage zandpuntbepaling

$2,0 - 0,5 \quad 0,8 \times 1,0225 = 0,82 \quad \%$
 $0,5 - 0,18 \quad 14,5 \times 1,0225 = 14,82 \quad \%$
 $0,18 - 0,063 \quad 82,5 \times 1,0225 = 84,36 \quad \%$



ZEEFANALYSE			
Op zeef N 480-d -	gr cum	gr.pl.	% cum % pl.
2000			0,2
1400			
1000			0,7
0,850			
0,710			
0,600			
0,500			1,0
0,425			
0,420			
0,355			
0,300			3,0
0,250			6,0
0,212			
0,180			16,5
0,175			17,5
0,150			25,5
0,125			40
0,106			
0,090			90
0,075			97,5
0,063			99
< 0,063			100

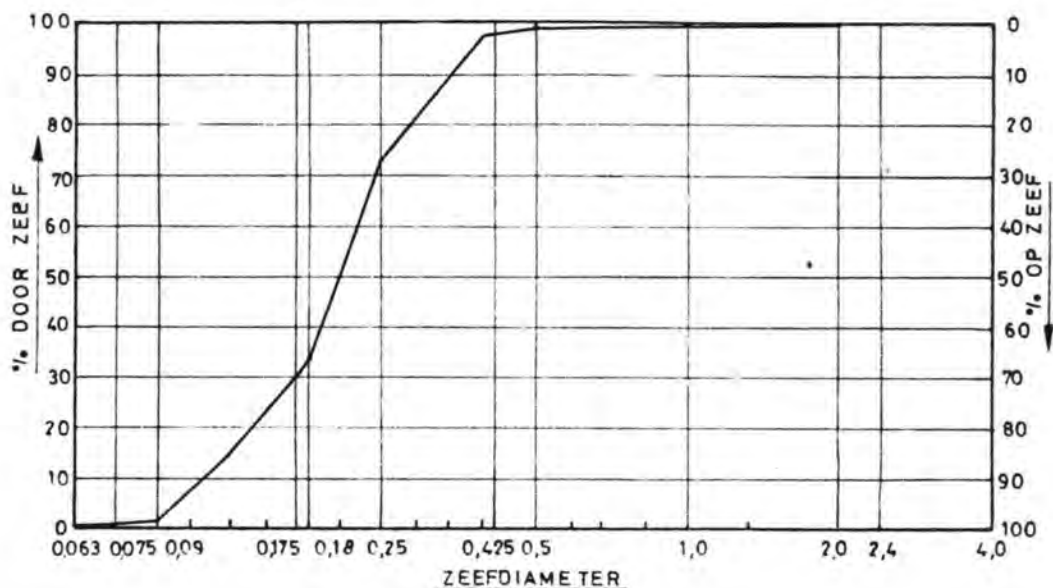




Zeefkromme

B'JLAGE : 2

BLAD : 2

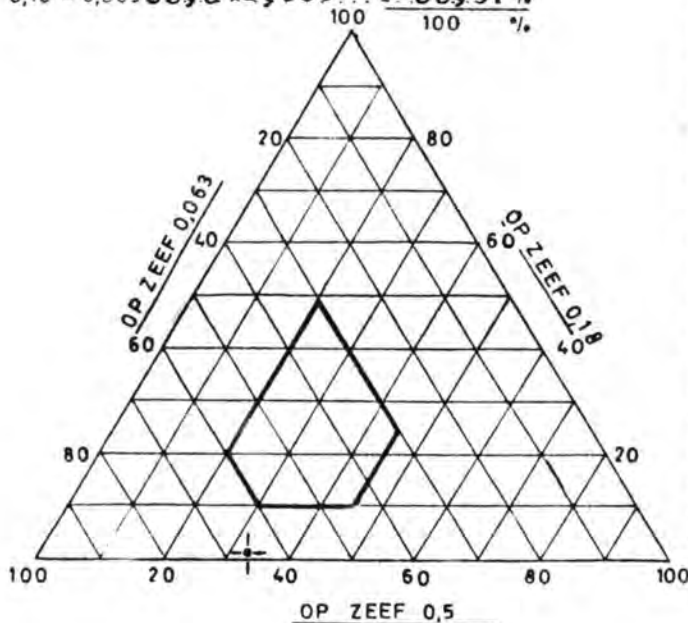


Monsternummer : **..plaatzand.. (F=3048 cm²)** Datum monstername :
 Werknummer : Datum onderzoek :
 Werk :
 Direktje : Poriënvolume : %
 Laborant : W S G : **..2,64 gr/cm³**

	gram	%	% per fractie
Op zeef 2,0	0,1	0,1	0,1
0,5	1,0	1,0	0,9
0,18	66	66	65
0,063	99,3	99,3	33,3
DOOR	0,063	0,7	0,7

Percentage zandpuntbepaling

2,0 - 0,5 ... 0,9 × 1,008 ... = ... 0,90%
 0,5 - 0,18 65 ... × 1,008 ... = 65,53%
 0,18 - 0,063 33,3 × 1,008 ... = 33,57%



ZEEFANALYSE			
Op zeef N 480-d-	gr.cum	gr.pf.	% cum % pf.
2000		0,1	
1,400			
1,000		0,3	
0,850			
0,710			
0,600		0,5	
0,500		1,0	
0,425			
0,420		3,0	
0,355			
0,300			
0,250		27,0	
0,212			
0,180		66,0	
0,175		70,0	
0,150		85,0	
0,125		95,0	
0,106			
0,090		99,0	
0,075		99,1	
0,063		99,3	
< 0,063		0,7	

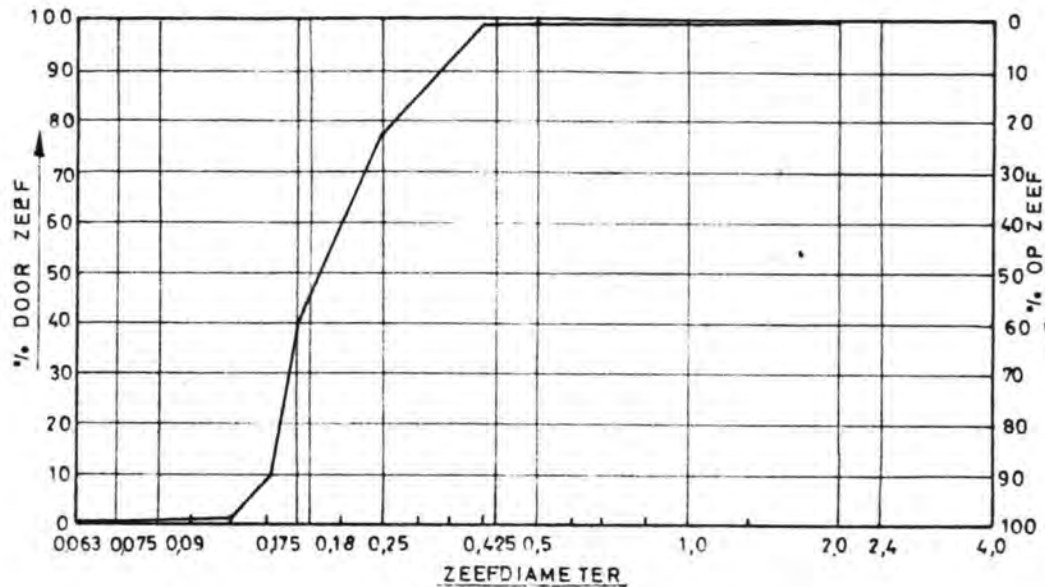




Zeefkromme

B'JLAGE : 2

BLAD : 3.....



Monsternummer : **Plaatzand**.....

Datum monstername :

Werknummer :

Datum onderzoek :

Werk :

Direktie :

Poriënvolume :%

Laborant :

W S G : 2,64... gr/cm³

	gram	%	% per fractie
Op zeef 2,0	0	0	0
0,5	0,6	0,6	0,6
0,18	58,5	58,5	57,9
0,063	100	100,0	41,5
DOOR 0,063			

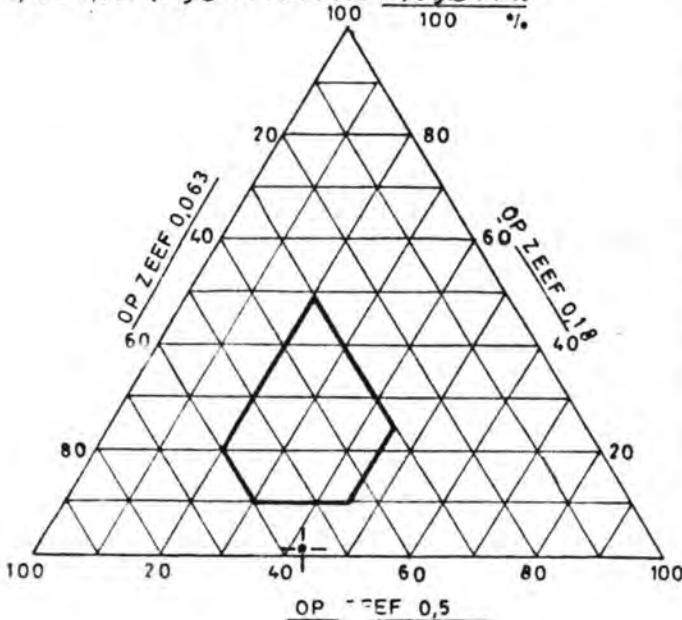
Percentage zandpuntbepaling

2,0 - 0,5 $0,6 \times 1 = 0,6$ %

0,5 - 0,18 $57,9 \times 1 = 57,9$ %

0,18 - 0,063 $41,5 \times 1 = 41,5$ %

$\frac{100}{100} = 100$ %



ZEEFANALYSE			
Op zeef N 480-d -	gr cum	gr. pf.	% cum % pf.
2,000			0
1,400			
1,000			0,2
0,850			
0,710			
0,600			0,5
0,500			0,6
0,425			
0,420			0,9
0,355			
0,300			
0,250			2,30
0,212			
0,180			58,5
0,175			60
0,150			0,2
0,125			0,9
0,106			
0,090			99,8
0,075			99,9
0,063			100
< 0,063			

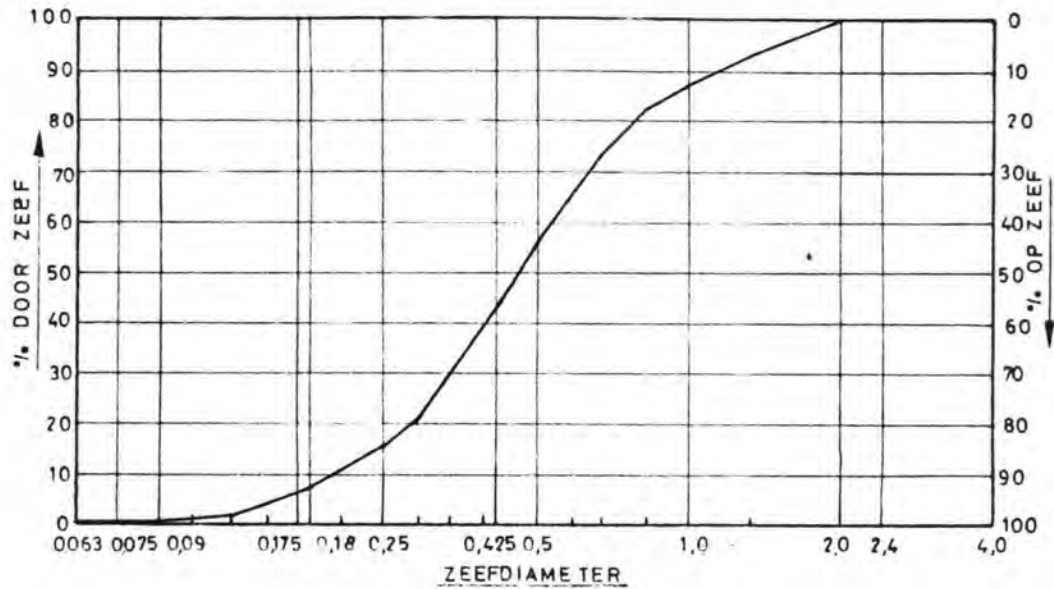




Zeefkromme

B'JLAGE : 2

BLAD : 4.....



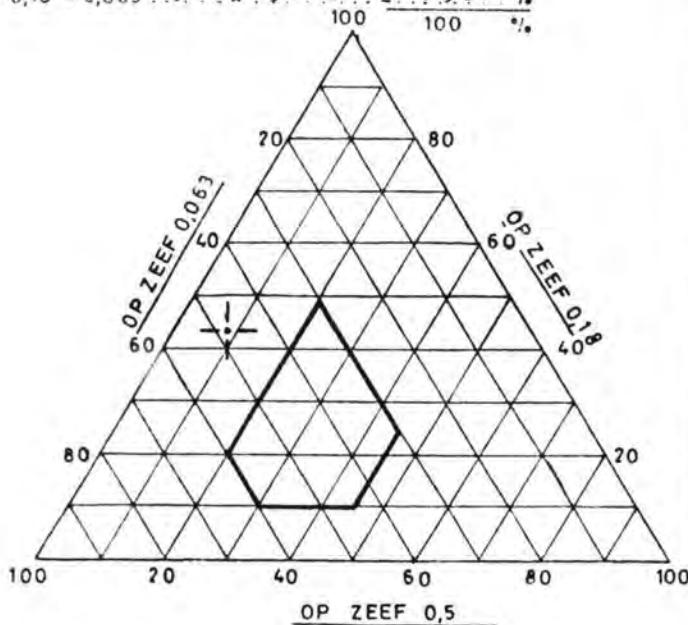
Monsternummer : zeegrond < 2,0 mm
 Werknummer : 6Q12-84.....
 Werk :
 Direktje :
 Laborant :

Datum monstername :
 Datum onderzoek :
 Poriënvolume : %
 W S G : 2,62 gr/cm³

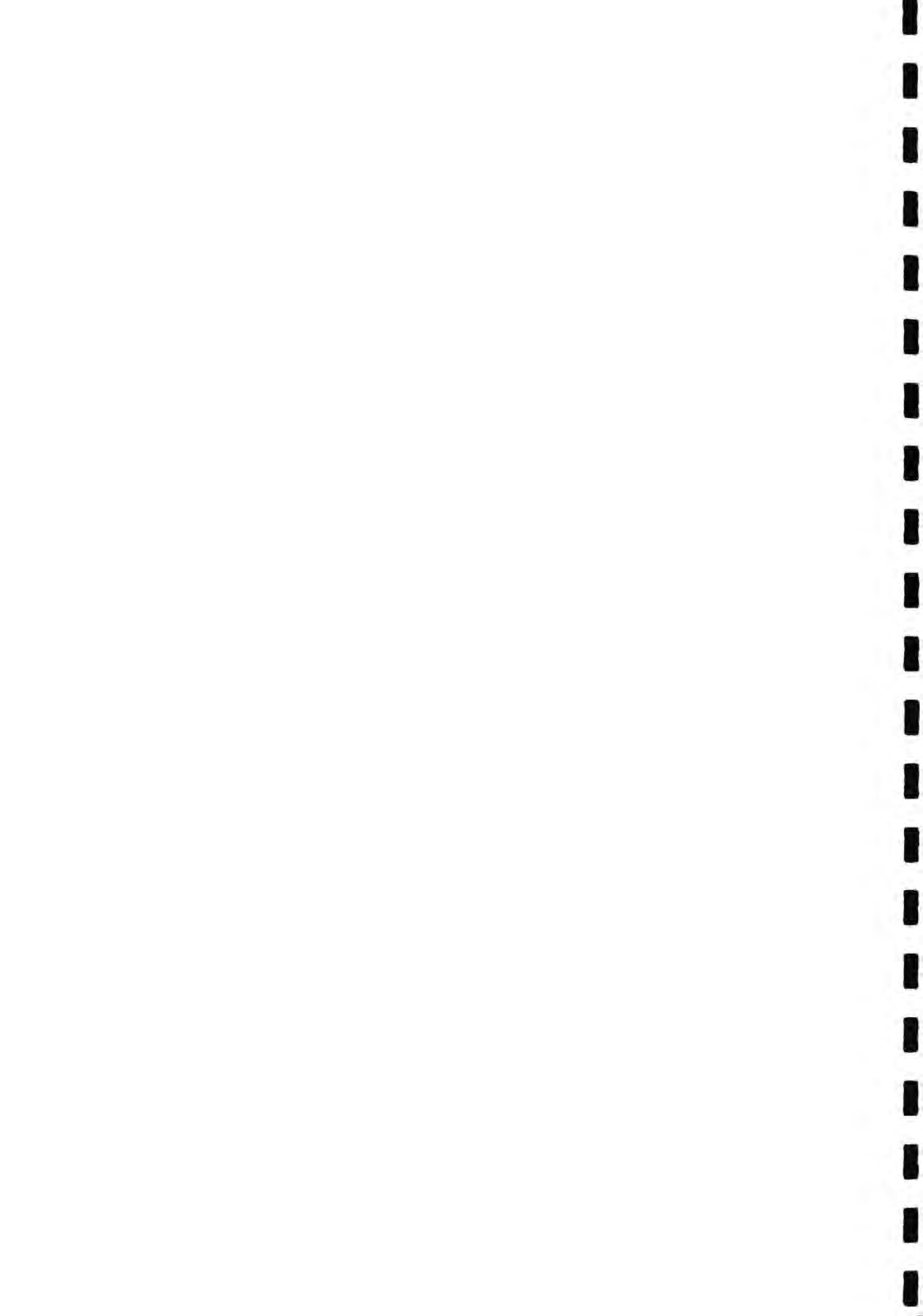
	gram	%	% per fractie
Op zeef 2,0	-	-	-
0,5	87	43,5	43,5
0,18	184,5	92,25	48,75
0,063	199,0	99,5	7,25
DOOR 0,063	1	0,5	0,5

Percentage zandpuntbepaling

$2,0 - 0,5 \quad 43,5 \times 1,005 = 43,7 \%$
 $0,5 - 0,18 \quad 48,75 \times 1,005 = 49 \%$
 $0,18 - 0,063 \quad 7,25 \times 1,005 = 7,3 \%$



ZEEFANALYSE			
Op zeef N 480-d	gr cum	gr. pf.	% cum % pf.
2000			0
1400			7
1000			14
850			18,75
710			26,25
600			35
500			43,5
425			56
420			
355			67
300			78,5
250			84,5
212			87,5
180			92,25
175			
150			95
125			97,5
106			98,5
90			99,0
75			99,25
63			99,5
< 0,63			0,5

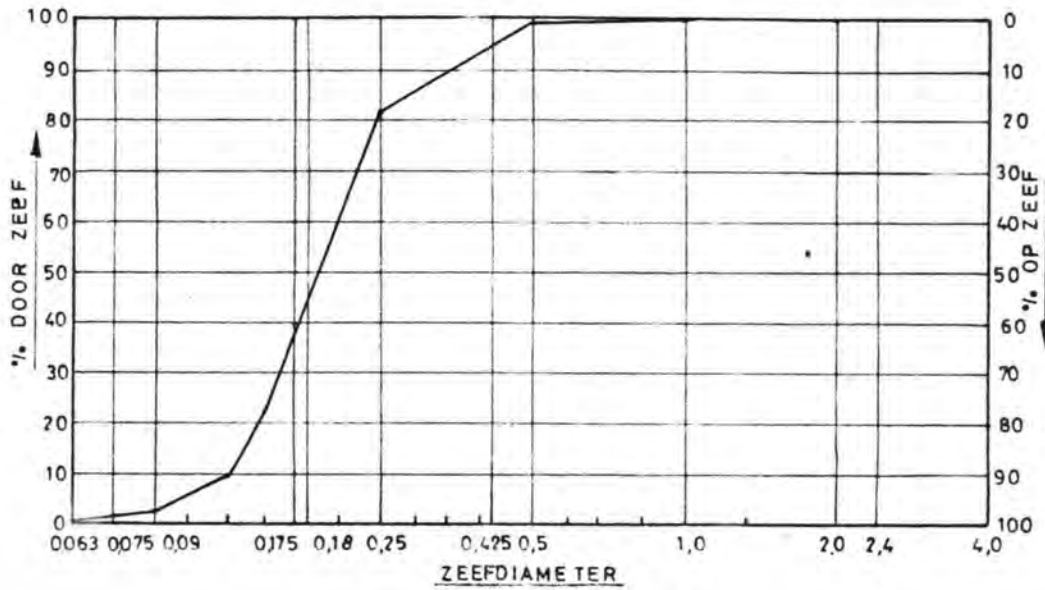




Zeefkromme

B'JLAGE : 2

BLAD : 5

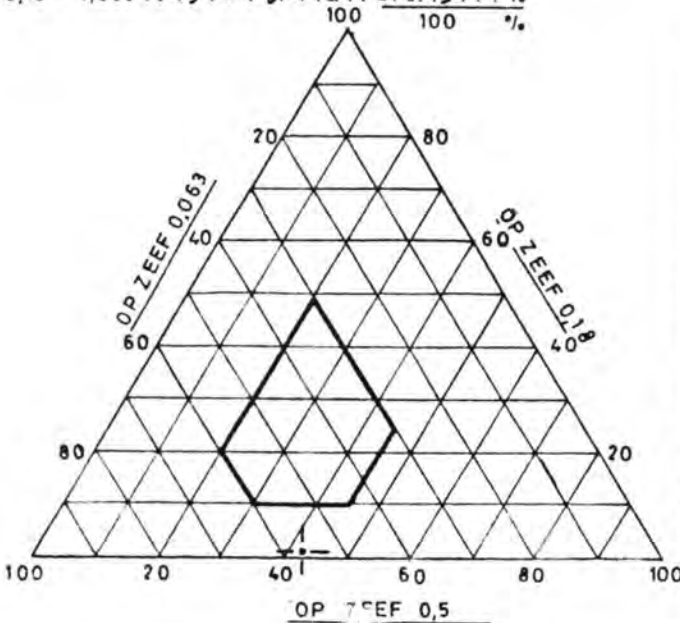


Monsternummer : **Plaatzand..(M1 t/m M6)**
 Werknummer : **..6012-84.....**
 Werk : **.. Lab.. Q&O....**
 Direktie :
 Laborant :

Datum monstername :
 Datum onderzoek :
 Poriënvolume :%
 W S G : **.. 2,64 gr/cm³**

	gram	%	% per fraktie
Op zeef 2,0	1	0,4	0,4
0,5	1,7	0,7	0,3
0,18	150	57,7	57
0,063	257	98,9	41,2
DOOR 0,063	3	1,1	1,1

Percentage zandpuntbepaling
 2,0 - 0,5 ... $0,3 \times 1,015 = 0,31\%$
 0,5 - 0,18 $57 \dots \times 1,015 = 57,87\%$
 0,18 - 0,063 $41,2 \times 1,015 = 41,82\%$



ZEEFANALYSE			
Op zeef N 480-d -	gr cum	gr. pf.	% cum % pf.
2000			0,4
1400			
1000			0,5
0850			
0710			
0600			0,6
0500			0,7
0425			
0420			1,0
0355			
0300			
0250			18,5
0212			
0180			57,7
0175			59,8
0150			77,5
0125			90,4
0106			
0090			97,7
0075			98,5
0063			98,9
< 0063			1,1

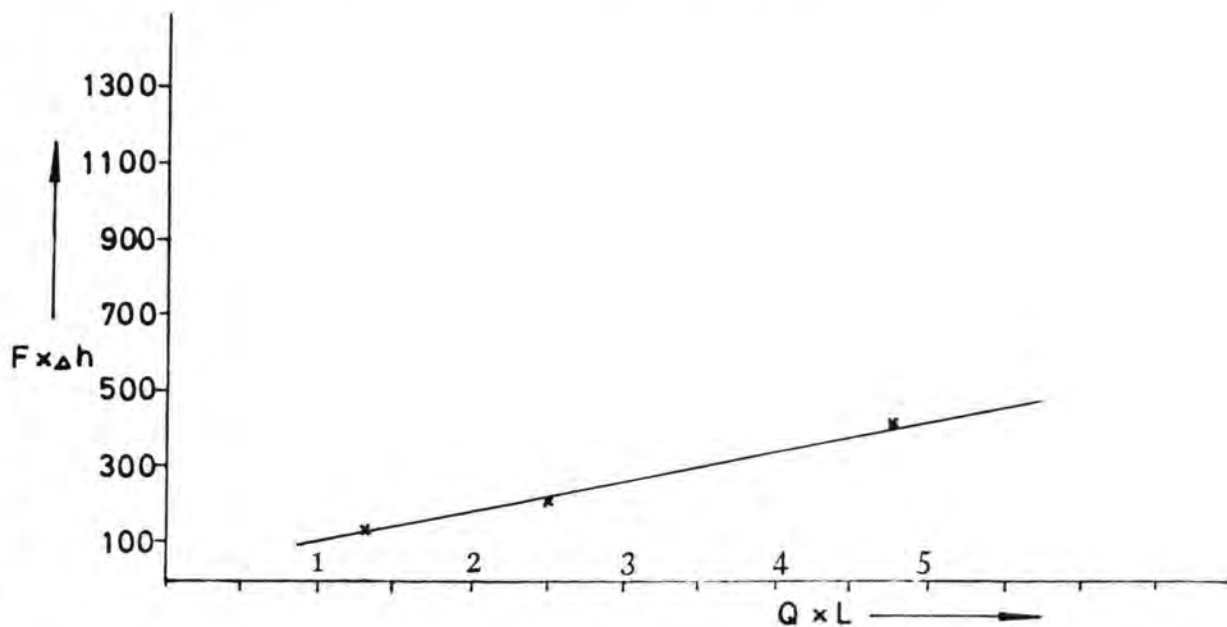




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : plaatsand
Gewicht v.h. monster :
Opp. v.h. monster : 103 cm²
Hoogte v.h. monster : 6 cm
Volume v.h. monster :
Volumegewicht :
Soortelijke dichtheid : 2,65 gr/cm³
Poriënvolume : 39,5% (droog verdicht)

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde " k in cm/sec.
1				
1,2	0,22	1,32	123,6	0,011
2	0,42	2,52	206	0,012
4	0,8	4,8	412	0,012
5				
7				
9				
10				
15				
De gemiddelde "k waarde" is $1,2 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



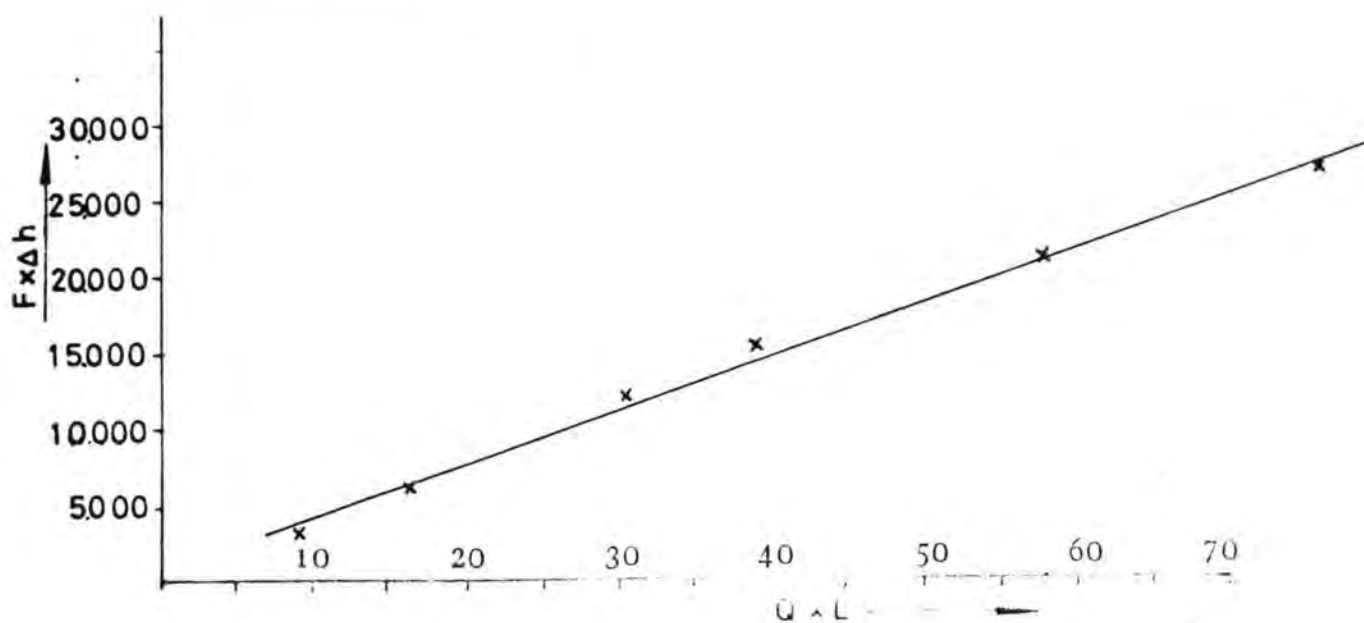




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Plaatzand
Gewicht v.h. monster :
Opp. v.h. monster : 3048 cm²
Hoogte v.h. monster : 17 cm
Volume v.h. monster :
Volumegewicht :
Soortelijke dichtheid : 2,65 gr/cm³
Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	0,533	9,066	3.048	0,00297
1,2				
2	0,9	15,3	6.096	0,00251
4	1,833	31,166	12.192	0,00255
5	2,333	39,66	15.240	0,00260
7	3,1416	58,083	21.336	0,00272
9	4,5	76,5	27.432	0,00278
10	5	85	30.480	0,00279
15				
De gemiddelde "k waarde" is $2,7 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



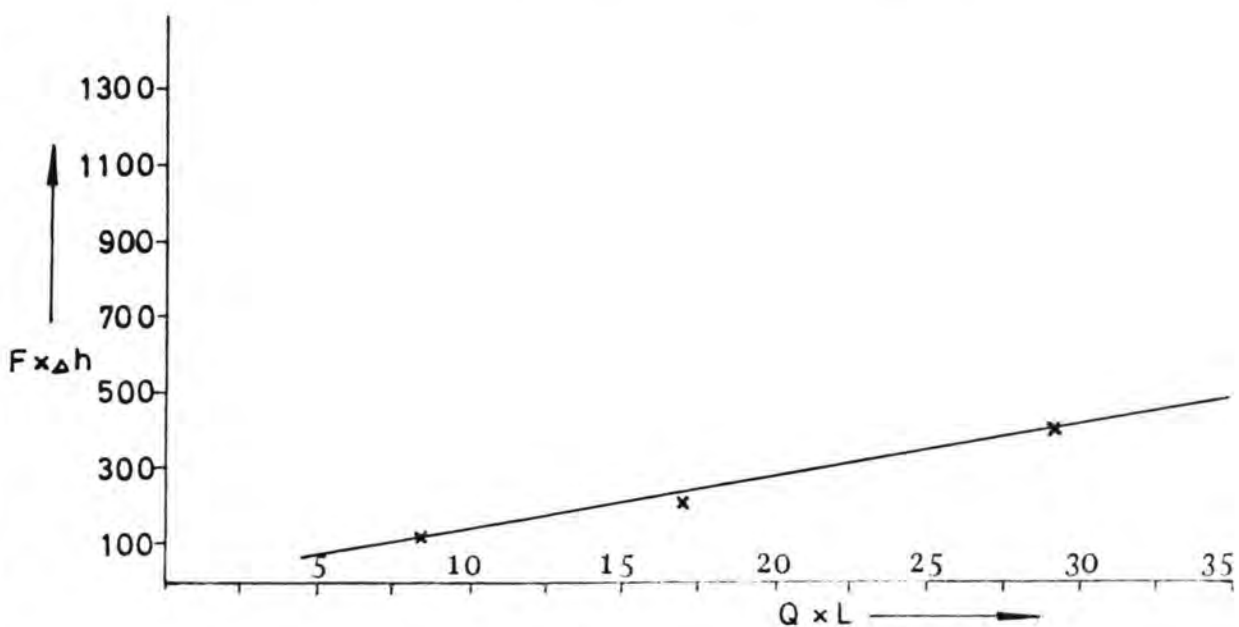




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : zeegrind < 22,4
Gewicht v.h. monster :
Opp. v.h. monster : 103cm²
Hoogte v.h. monster : 5 cm
Volume v.h. monster :
Volumegewicht :
Soortelijke dichtheid : 2,62 gr/cm³
Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	1,68	8,4	123,6	0,067
2	3,43	17,15	206	0,083
4	5,88	29,4	412	0,071
5				
7				
9				
10				
15				
De gemiddelde "k waarde" is $7,4 \times 10^{-2}$ cm/sec.				







Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : zeegrind < 22,4

Gewicht v.h. monster :

Opp. v.h. monster : ... 3048 cm²

Hoogte v.h. monster : ... 16 cm

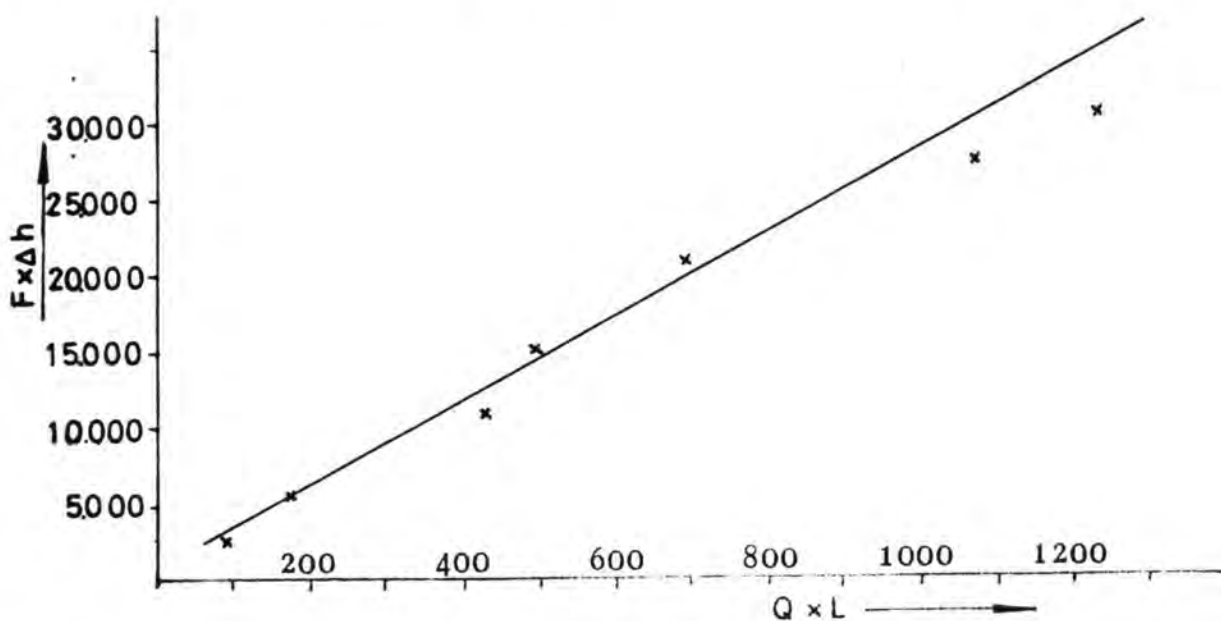
Volume v.h. monster :

Volumegewicht :

Soortelijke dichtheid : ... 2,62 gr/m²

Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	5,66	90,66	3.048	0,0297
1,2				
2	10,66	170,66	6.096	0,0280
4	26,66	426,66	12.192	0,0349
5	31	496	15.240	0,0325
7	43,5	696	21.336	0,0326
9	67	1072	27.432	0,0390
10	77	1232	30.480	0,0404
15				
De gemiddelde "k waarde" is $3,4 \times 10^{-2}$ cm/sec.				







Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : zeegrind < 8 mm

Gewicht v.h. monster :

Opp. v.h. monster : 103 cm²

Hoogte v.h. monster : 5,5 cm

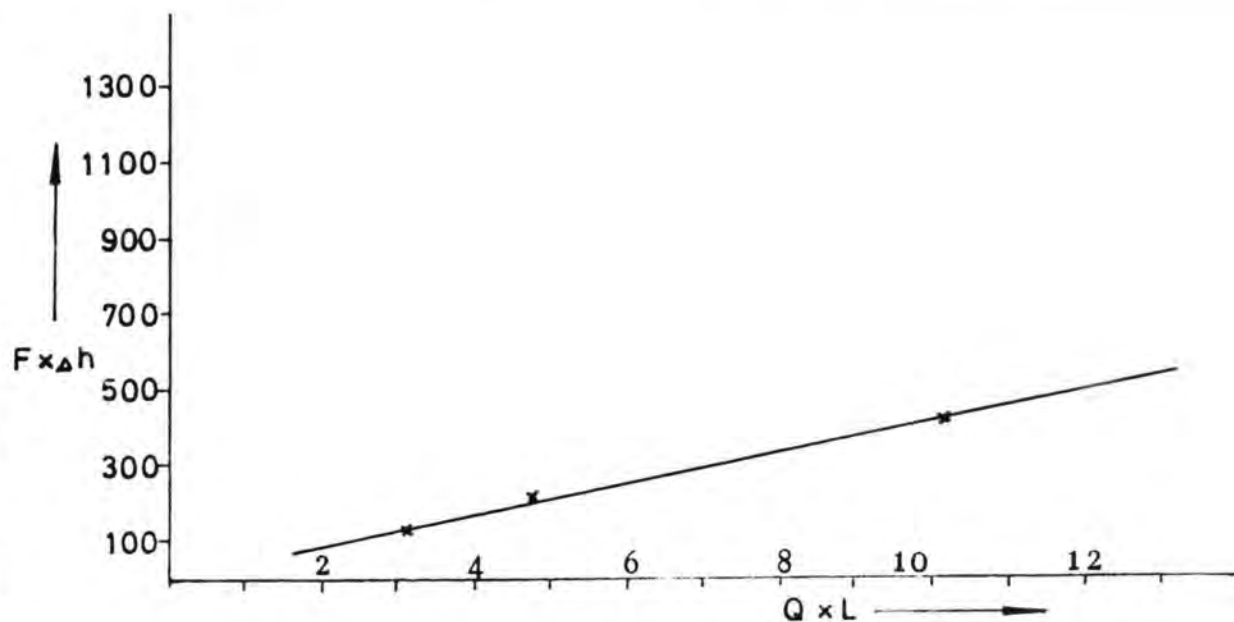
Volume v.h. monster :

Volumegewicht :

Soortelijke dichtheid : 2,64 gr/cm³

Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,56	3,08	123,6	0,025
2	0,86	4,73	206	0,022
4	1,84	10,12	412	0,024
5				
7				
9				
10				
15				
De gemiddelde "k waarde" is $2,4 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



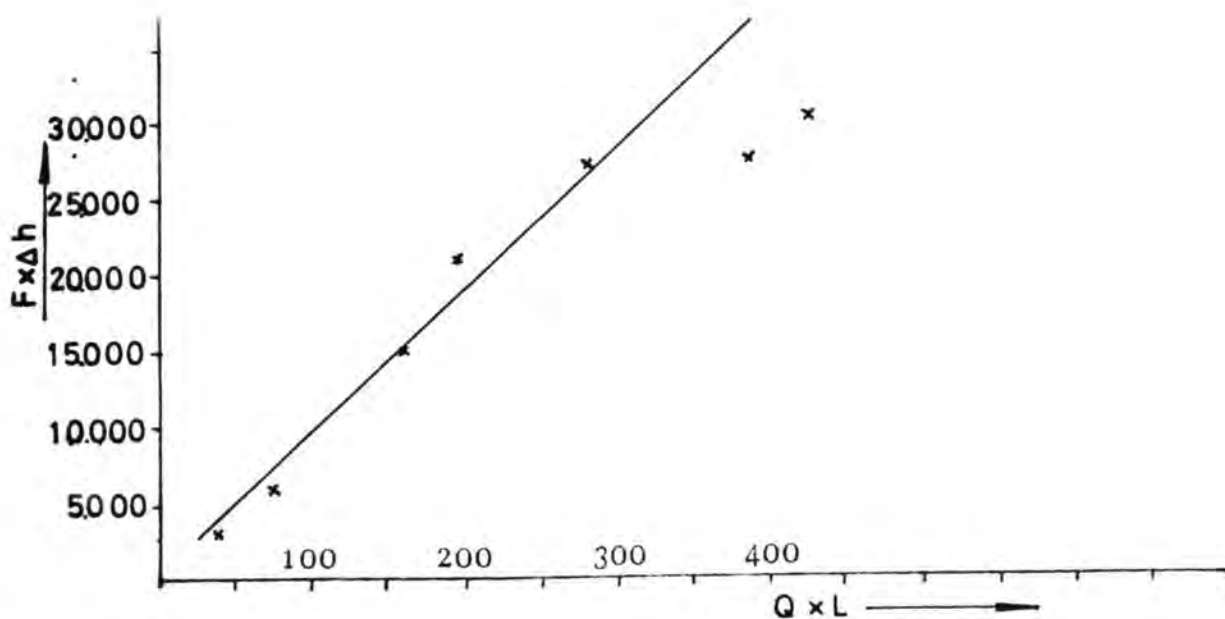




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Zeegrind < 8 mm
Gewicht v.h. monster :
Opp. v.h. monster : 3048 cm²
Hoogte v.h. monster : 12,5 cm
Volume v.h. monster :
Volumegewicht :
Soortelijke dichtheid : 2,64 gr/cm³
Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	3,083	38,54	3.048	0,0126
1,2				
2	6	75	6.096	0,0123
4	13	162,5	12.192	0,0133
5	15,66	195,8	15.240	0,0128
7	22,25	278,13	21.336	0,0130
9	31,66	395,83	27.432	0,0144
10	34	425	30.480	0,0139
15				
De gemiddelde "k waarde" is $1,3 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



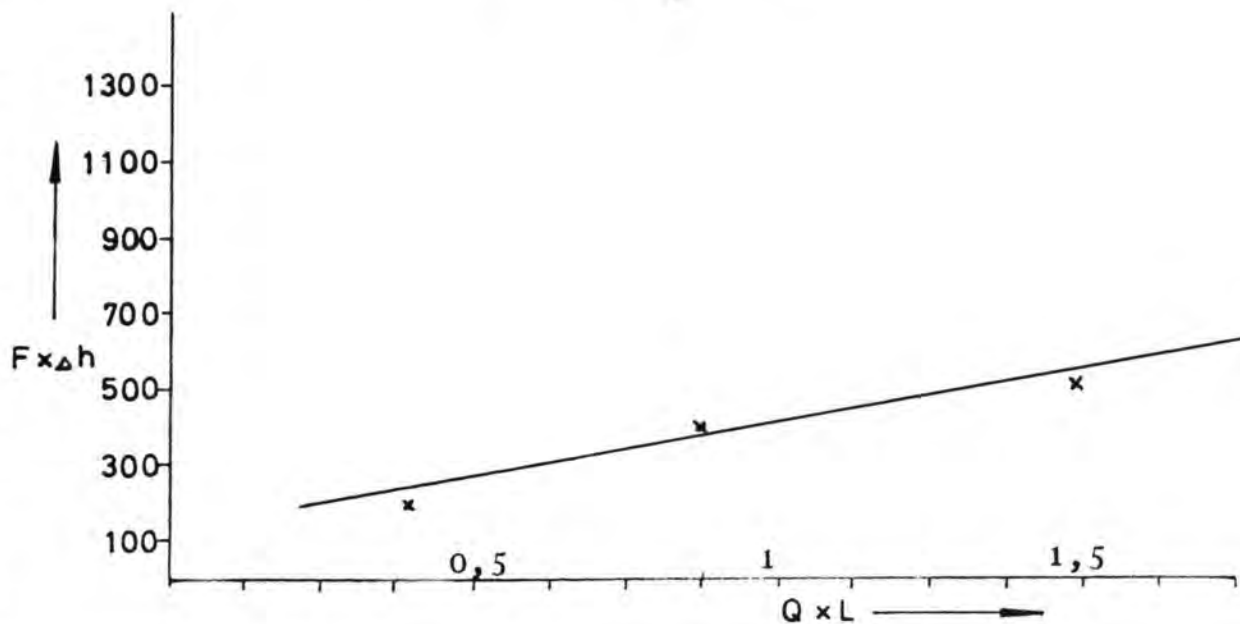




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Wadzand
 Gewicht v.h. monster :
 Opp. v.h. monster : 103 cm²
 Hoogte v.h. monster : 8 cm
 Volume v.h. monster :
 Volumegewicht :
 Soortelijke dichtheid : 2,65 gr/cm³
 Poriënvolume :

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	$Q \times L$	$F \times \Delta h$	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2				
2	0,05	0,4	206	0,0019
4	0,11	0,88	412	0,0021
5	0,186	1,493	515	0,0029
7				
9				
10				
15				
De gemiddelde "k waarde" is $2,3 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



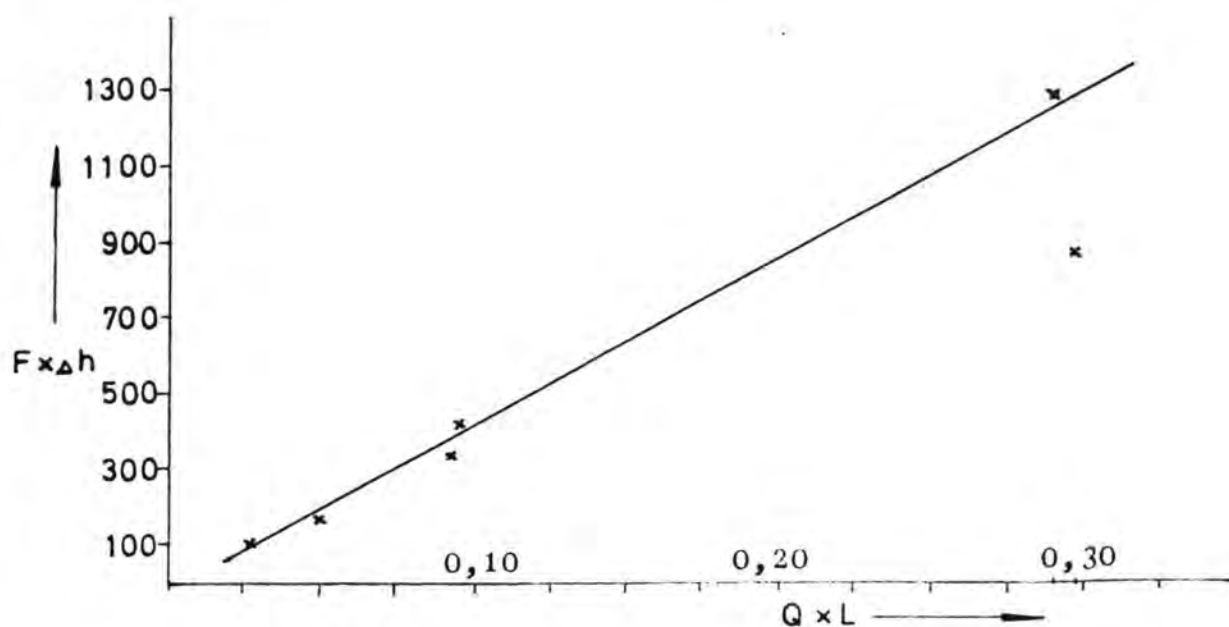




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 1
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr.
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,98 cm
Volume v.h. monster : 581,43 cm³
Volumegewicht : 1,60 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,58 gr/cm³
Poriënvolume : 37,9%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,0038	0,027	101,88	0,00026
2	0,0071	0,05	169,8	0,00029
4	0,0133	0,093	339,6	0,00027
5	0,0134	0,094	424,5	0,00022
7				
9				
10	0,0428	0,299	849	0,00035
15	0,0416	0,29	1.273,5	0,00023
De gemiddelde "k waarde" is $2,7 \times 10^{-4}$ cm/sec.				



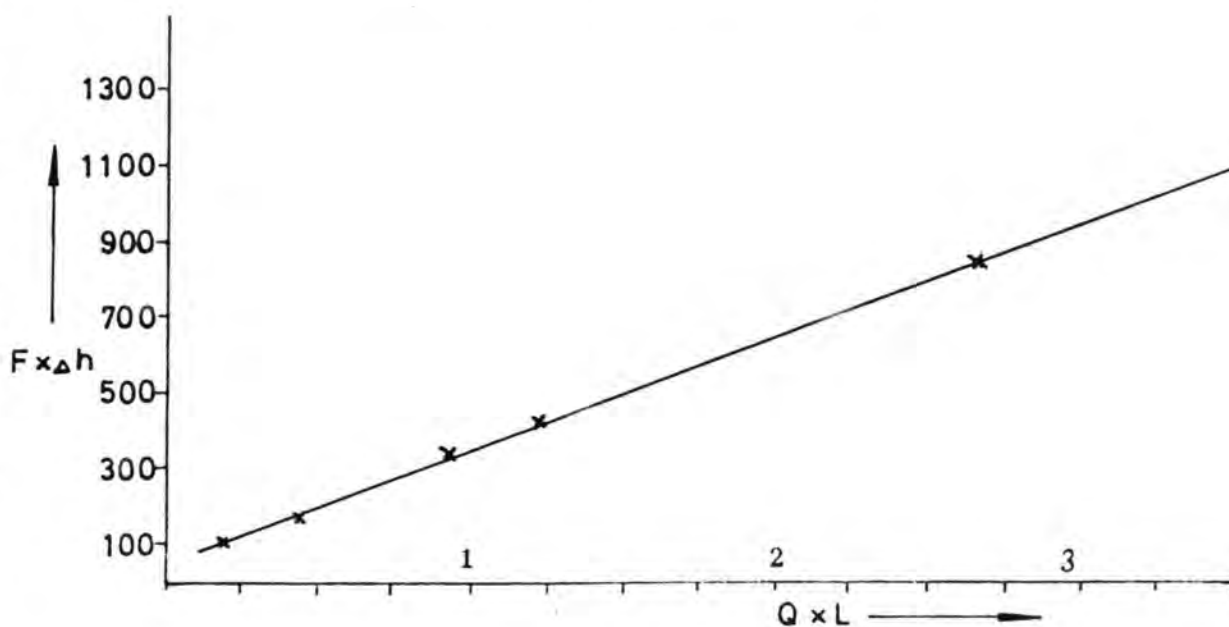




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 2
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 7,0 cm
Volume v.h. monster : 583,1 cm³
Volumegewicht : 1,60 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,58 gr/cm³
Poriënvolume : 37,9%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,0285	0,20	101,88	0,0020
2	0,0633	0,443	169,8	0,0026
4	0,1348	0,94	339,6	0,0028
5	0,175	1,225	424,5	0,0029
7				
9				
10	0,3833	2,683	849	0,0032
15	0,6444	4,51	1.273,5	0,0035
De gemiddelde "k waarde" is $2,8 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



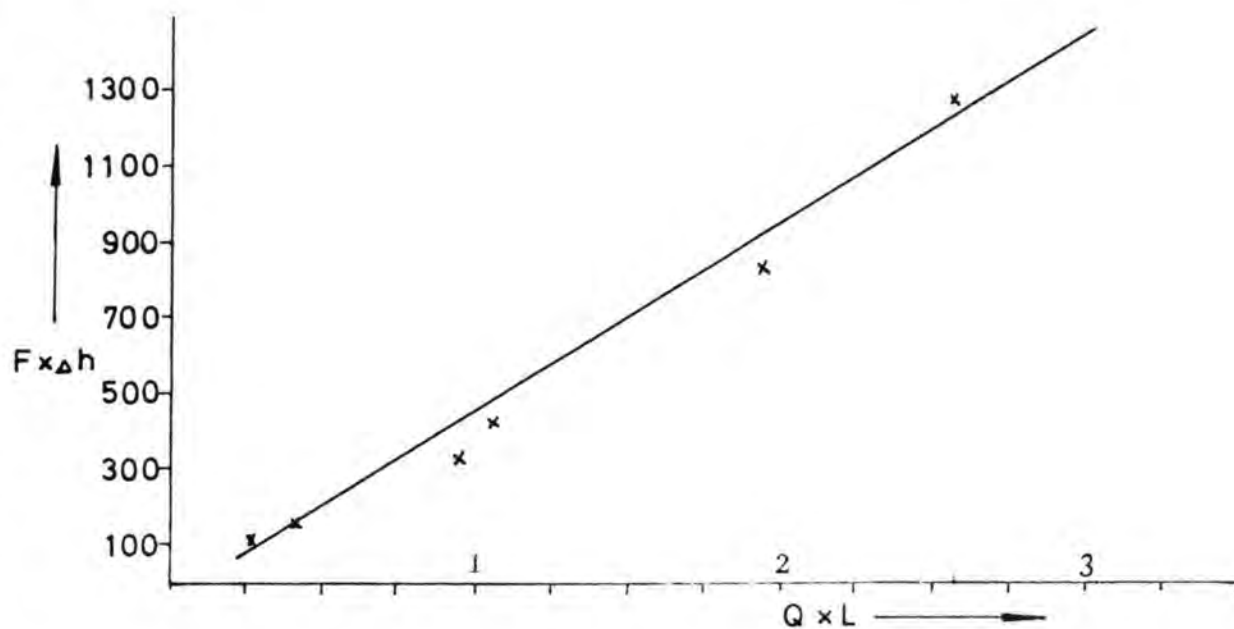


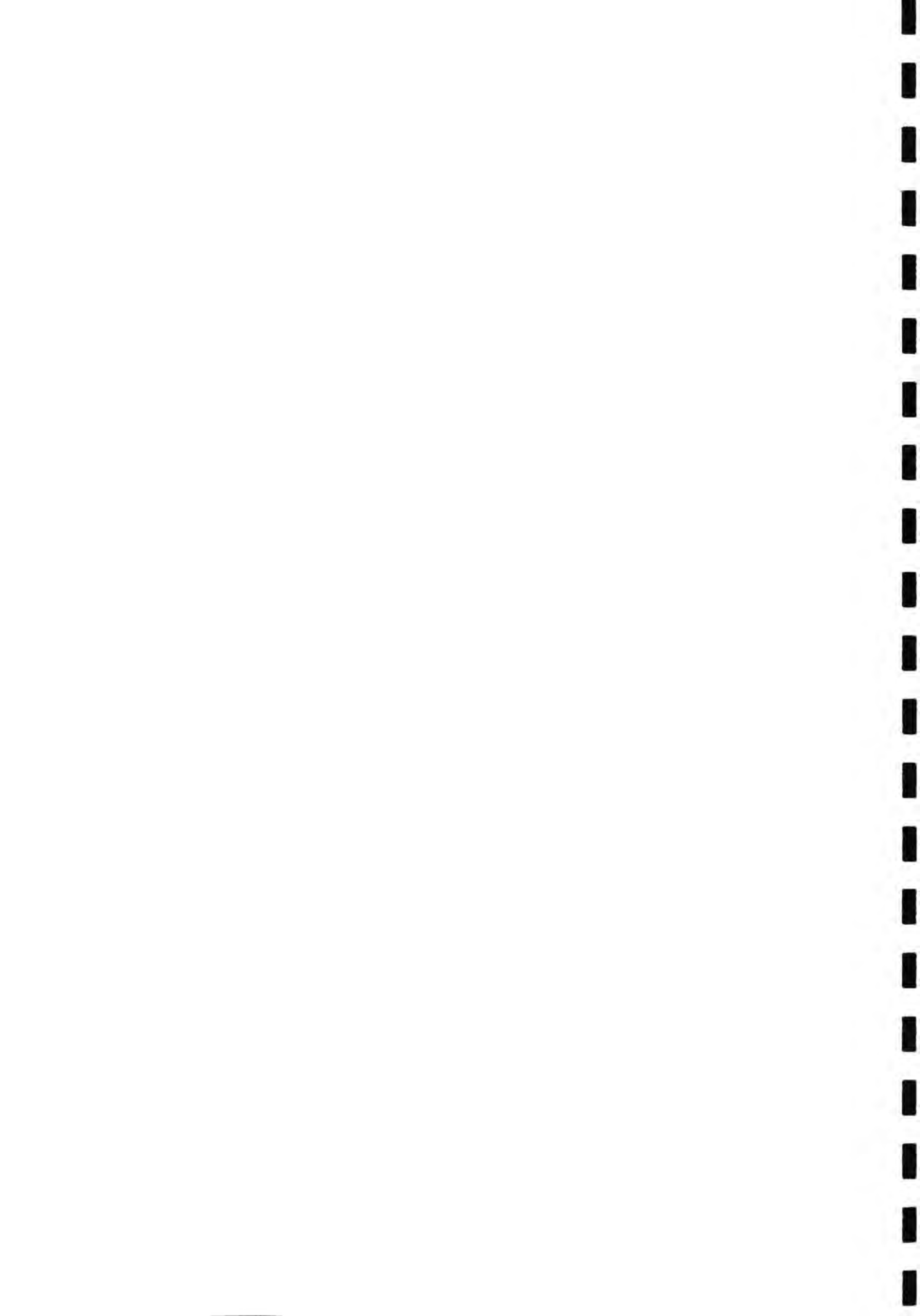


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 3
Gewicht v.h. monster : 957,4 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,91 cm
Volume v.h. monster : 575,6 cm³
Volumegewicht : 1,66 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,54 gr/cm³
Poriënvolume : 34,6%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,0388	0,268	101,88	0,0026
2	0,0611	0,422	169,8	0,0025
4	0,1388	0,959	339,6	0,0028
5	0,1555	1,075	424,5	0,0025
7				
9				
10	0,2833	1,958	849	0,0023
15	0,3733	2,58	1273,5	0,0020
De gemiddelde "k waarde" is $2,45 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



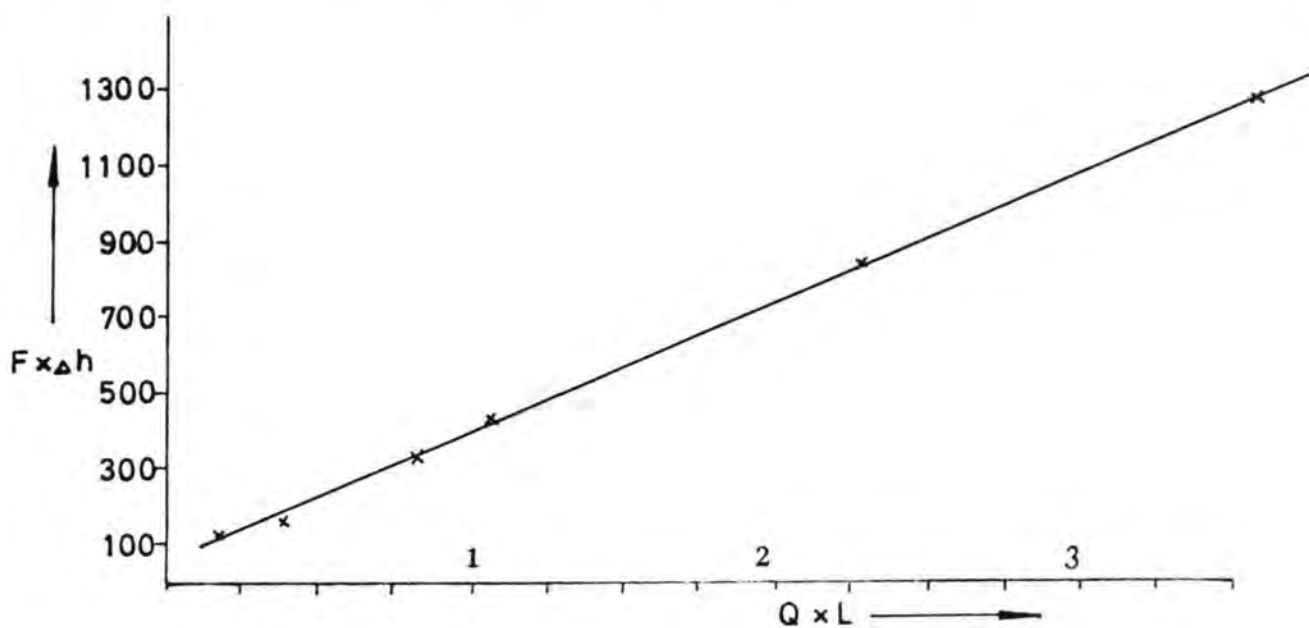




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 4
Gewicht v.h. monster : 957,4 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 7,02 cm
Volume v.h. monster : 584,77 cm³
Volumegewicht : 1,64 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,54 gr/cm³
Poriënvolume : 35,4%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,025	0,176	101,88	0,0017
2	0,0555	0,39	169,8	0,0023
4	0,1166	0,819	339,6	0,0024
5	0,15	1,053	424,5	0,0025
7				
9				
10	0,327	2,296	849	0,0027
15	0,511	3,587	1.273,5	0,0028
De gemiddelde "k waarde" is $2,4 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



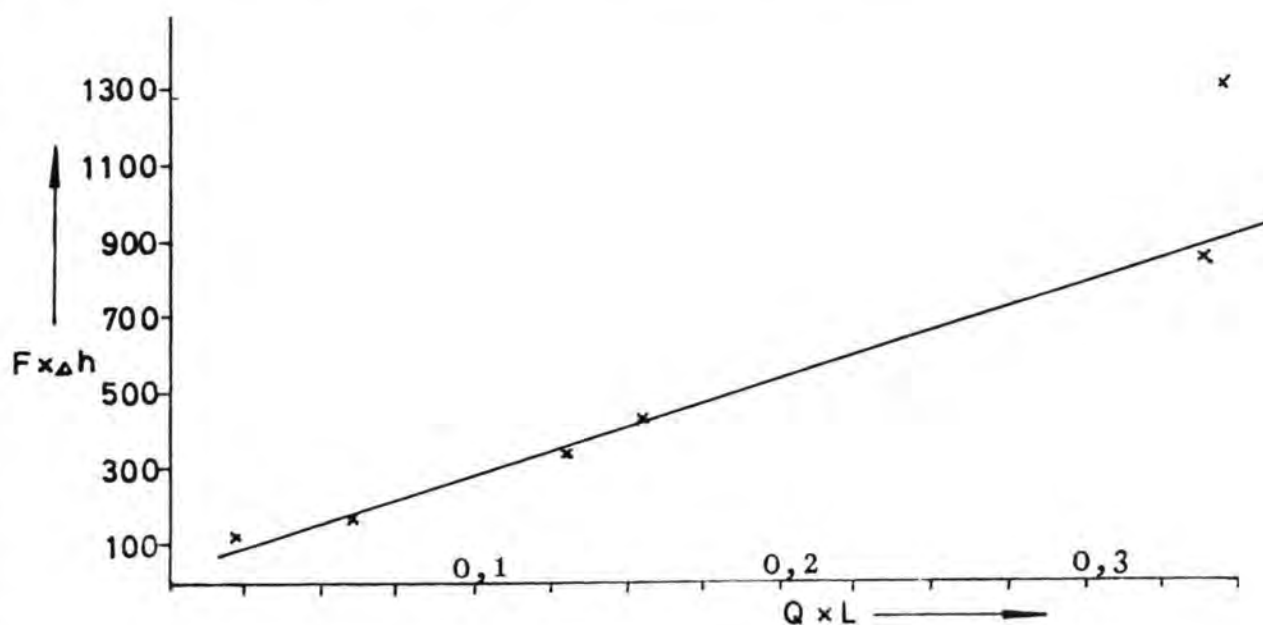




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 5
Gewicht v.h. monster : 989 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,91 cm
Volume v.h. monster : 575,6 cm³
Volumegewicht : 1,71 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,49 gr/cm³
Poriënvolume : 31,3%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,0033	0,023	101,88	0,00022
2	0,0088	0,061	169,8	0,00036
4	0,0188	0,13	339,6	0,00038
5	0,0223	0,154	424,5	0,00036
7				
9				
10	0,0489	0,338	849	0,00040
15	0,05	0,346	1.273,5	0,00027
De gemiddelde "k waarde" is $3,3 \times 10^{-4}$ cm/sec.				



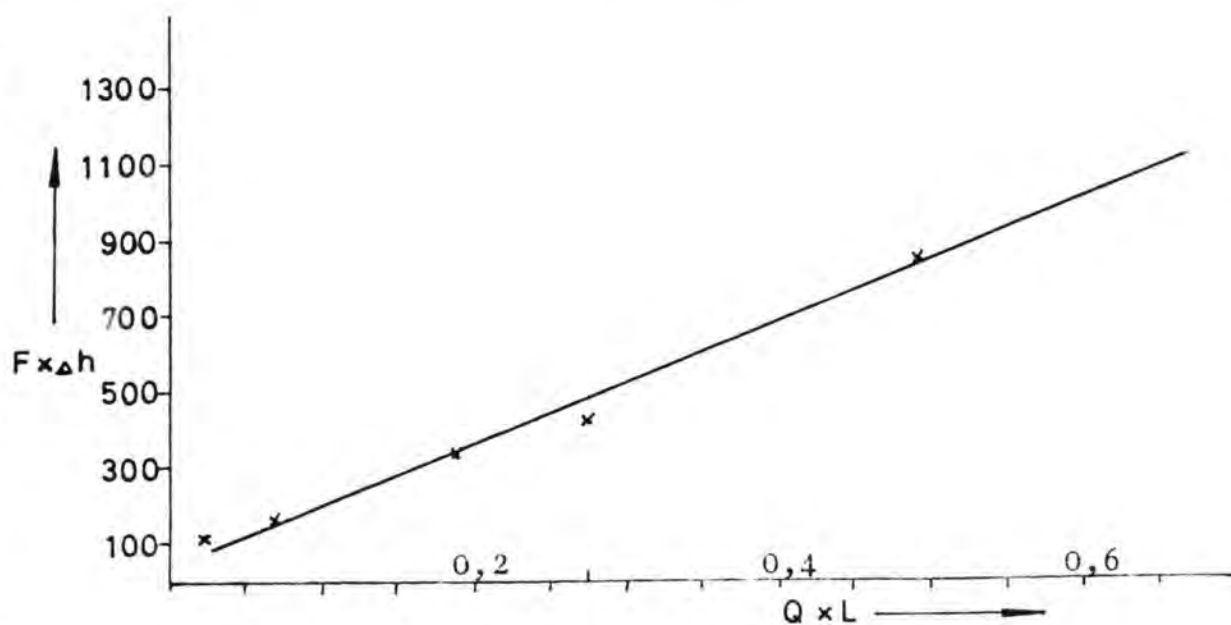


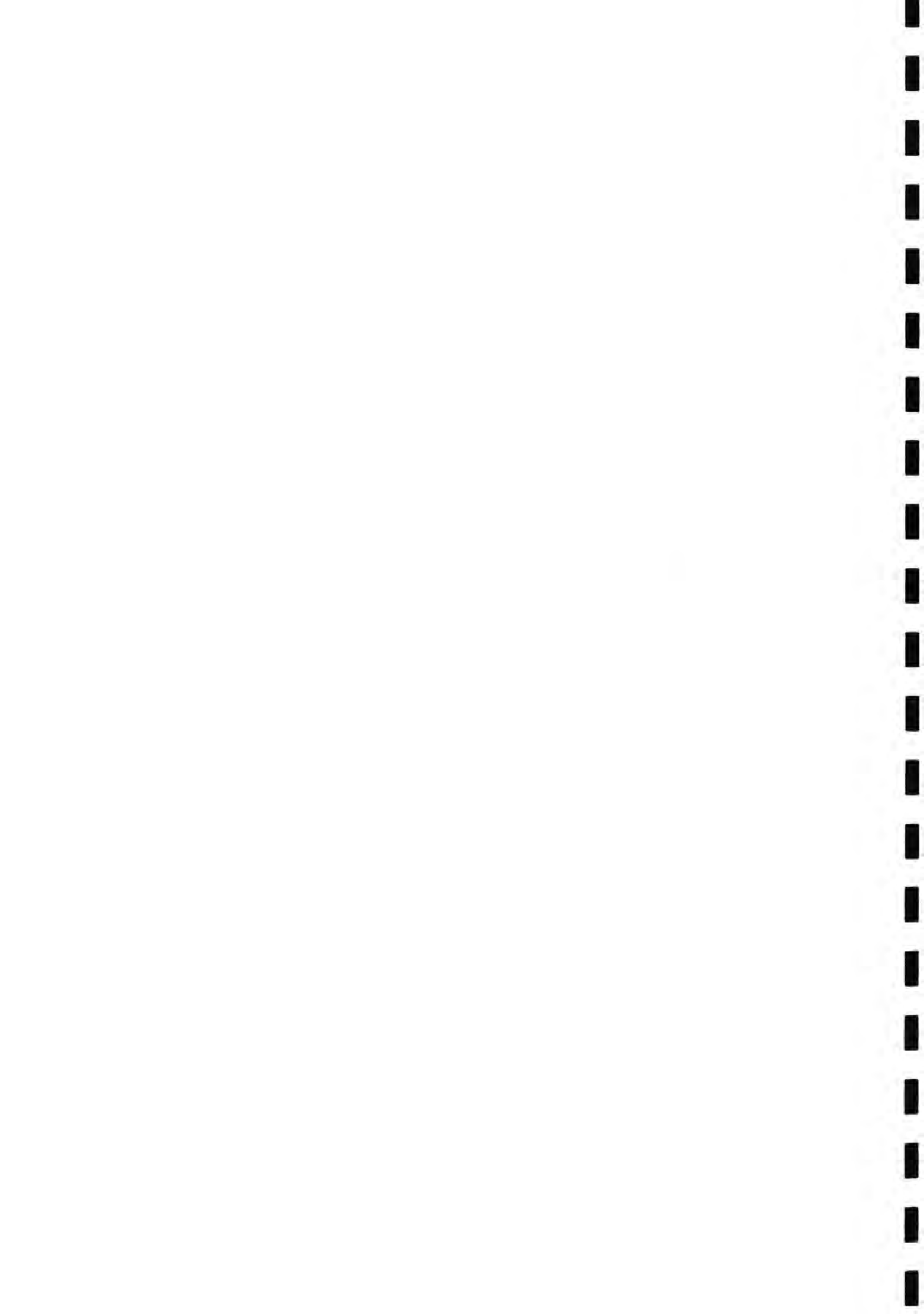


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 6
Gewicht v.h. monster : 989 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,87 cm
Volume v.h. monster : 572,27 cm³
Volumegewicht : 1,72 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,49 gr/cm³
Poriënvolume : 30,9%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,0032	0,022	101,88	0,00022
2	0,01	0,069	169,8	0,00040
4	0,0277	0,190	339,6	0,00056
5	0,04	0,275	424,5	0,00065
7				
9				
10	0,0722	0,496	849	0,00058
15	0,1277	0,877	1.273,5	0,00069
De gemiddelde "k waarde" is $5,2 \times 10^{-4}$ cm/sec.				



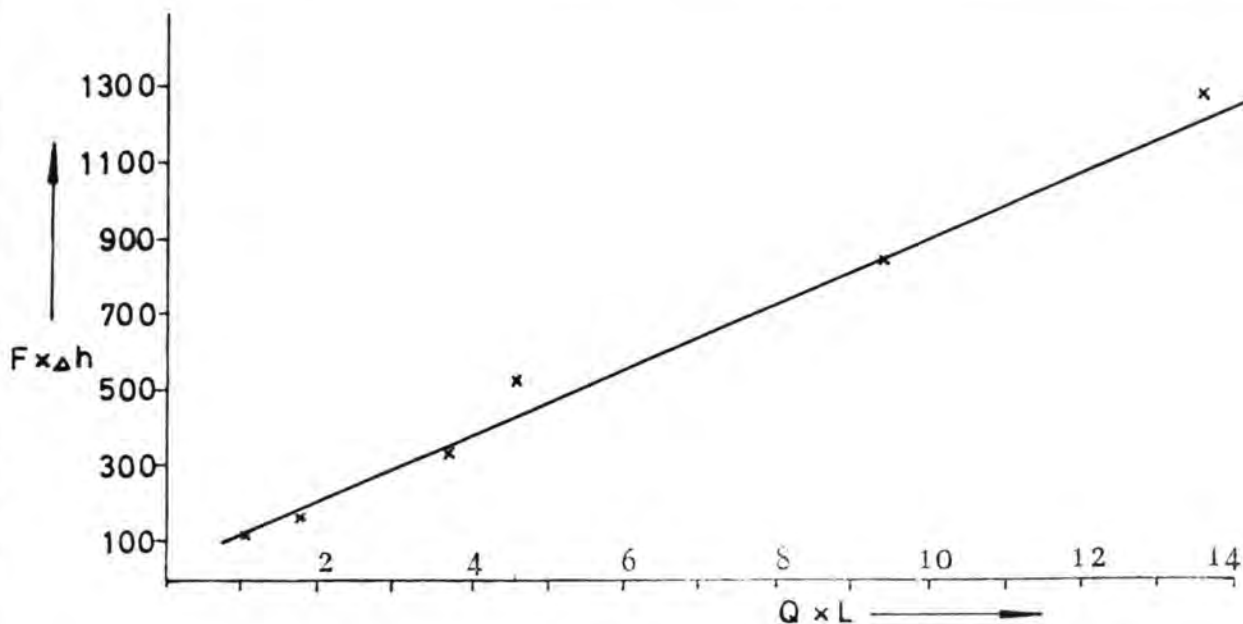


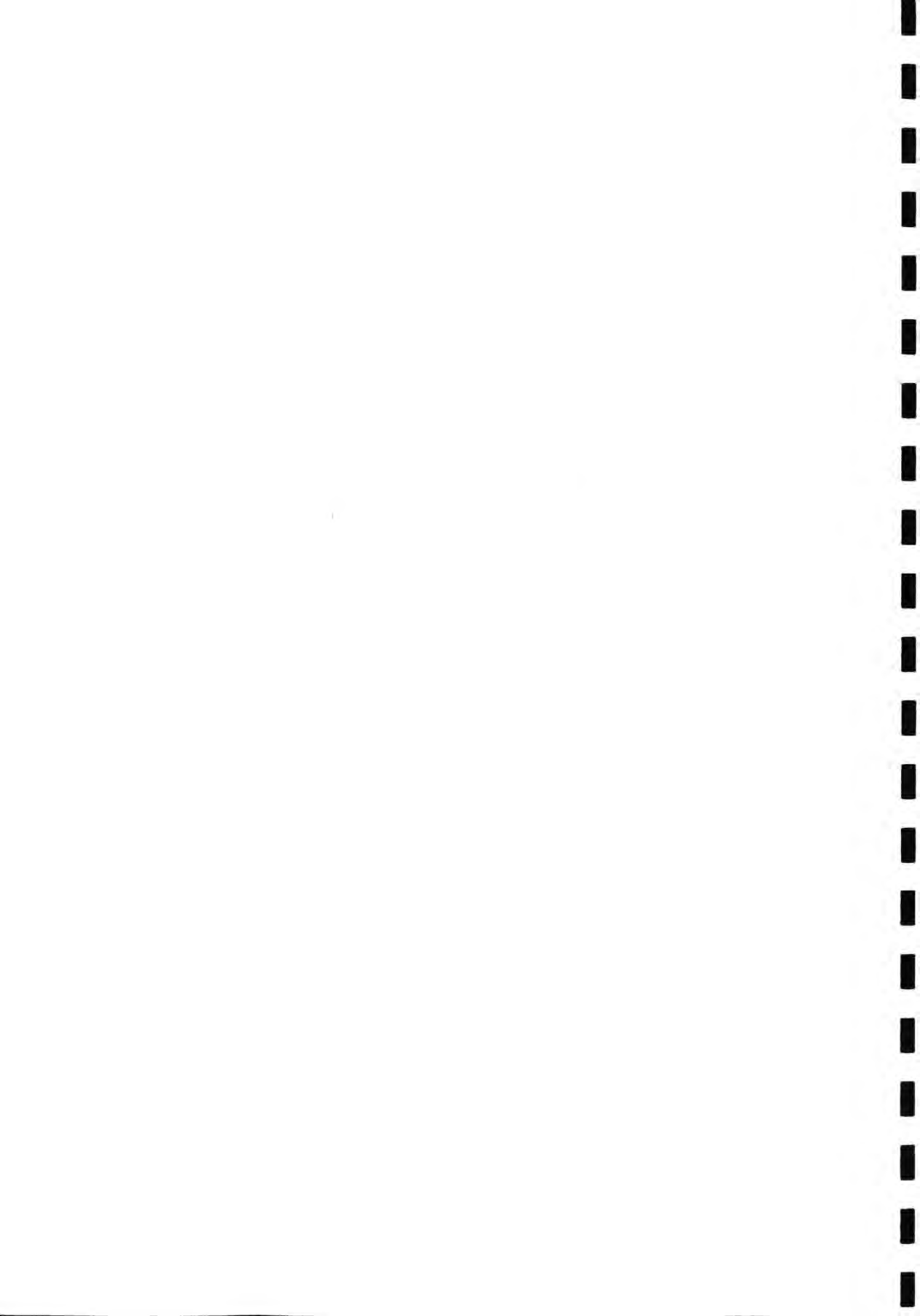


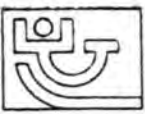
Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 7
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 5,74 cm
Volume v.h. monster : 478,14 cm³
Volumegewicht : 1,95 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,56 gr/cm³
Poriënvolume : 23,8%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	$Q \times L$	$F \times \Delta h$	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,19	1,09	101,88	0,011
2	0,32	1,84	169,8	0,011
4	0,65	3,73	339,6	0,011
5	0,80	4,59	424,5	0,011
7				
9				
10	1,64	9,41	849	0,011
15	2,38	13,66	1.273,5	0,011
De gemiddelde "k waarde" is $1,1 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



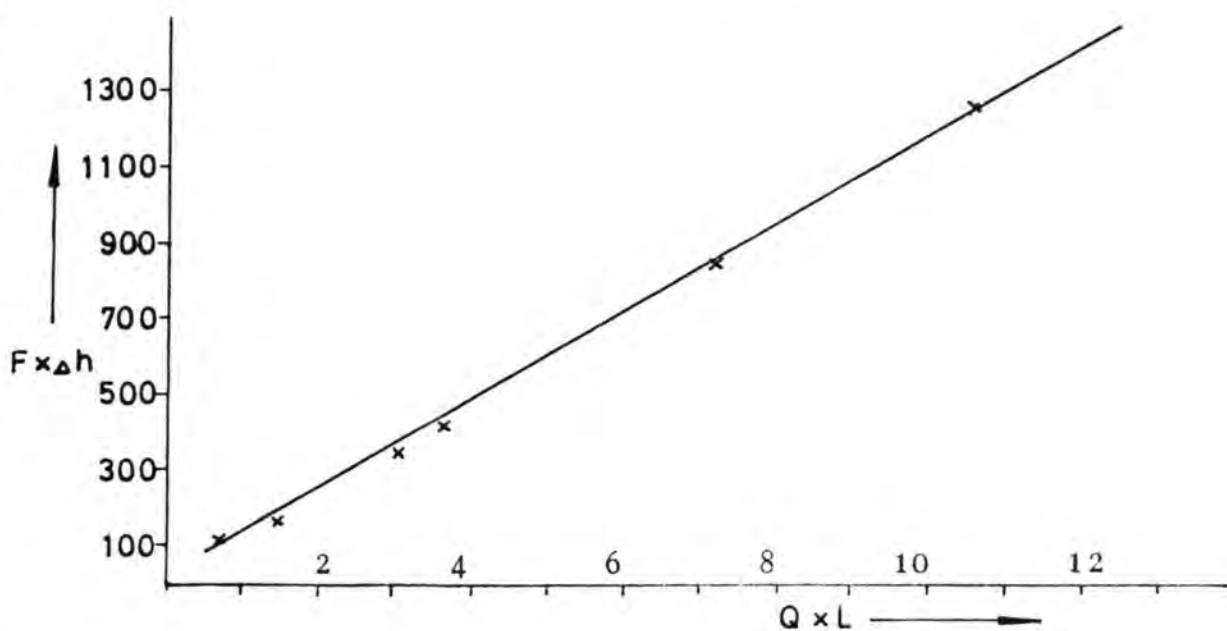




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 9
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr.
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,3 cm.
Volume v.h. monster : 524,79 cm³
Volumegewicht : 1,78 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,56 gr/cm³
Poriënvolume : 30,4%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,11	0,69	101,88	0,0068
2	0,23	1,45	169,8	0,0085
4	0,48	3,02	339,6	0,0089
5	0,58	3,65	424,5	0,0086
7				
9				
10	1,15	7,25	849	0,0086
15	1,68	10,58	1.273,5	0,0083
De gemiddelde "k waarde" is $8,3 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



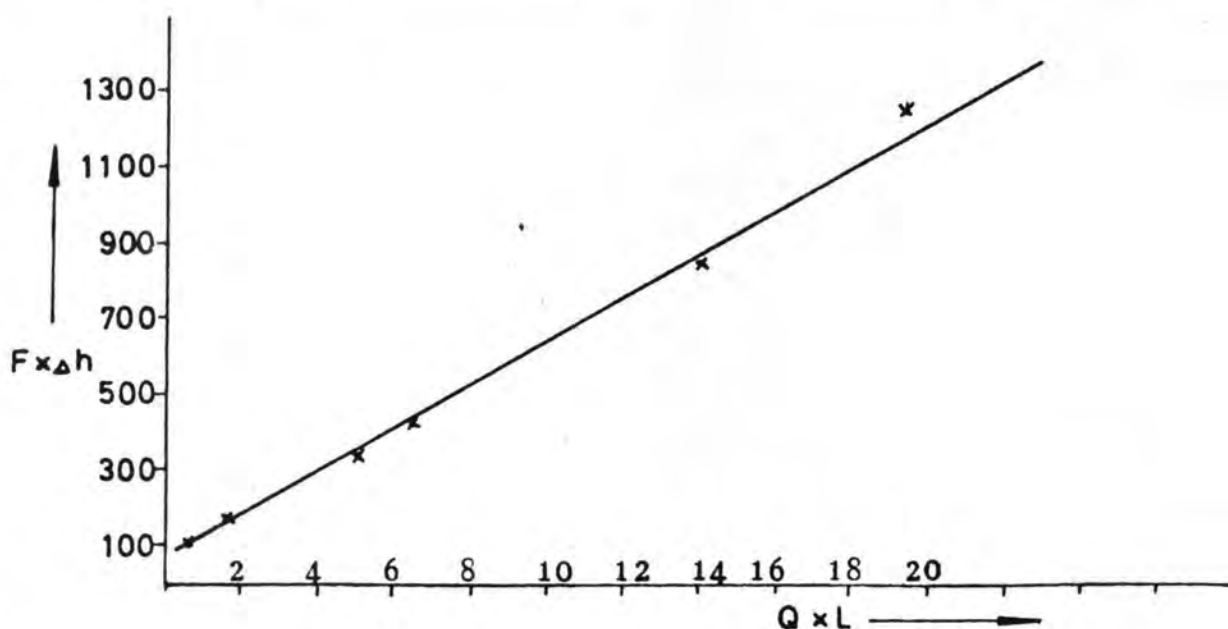


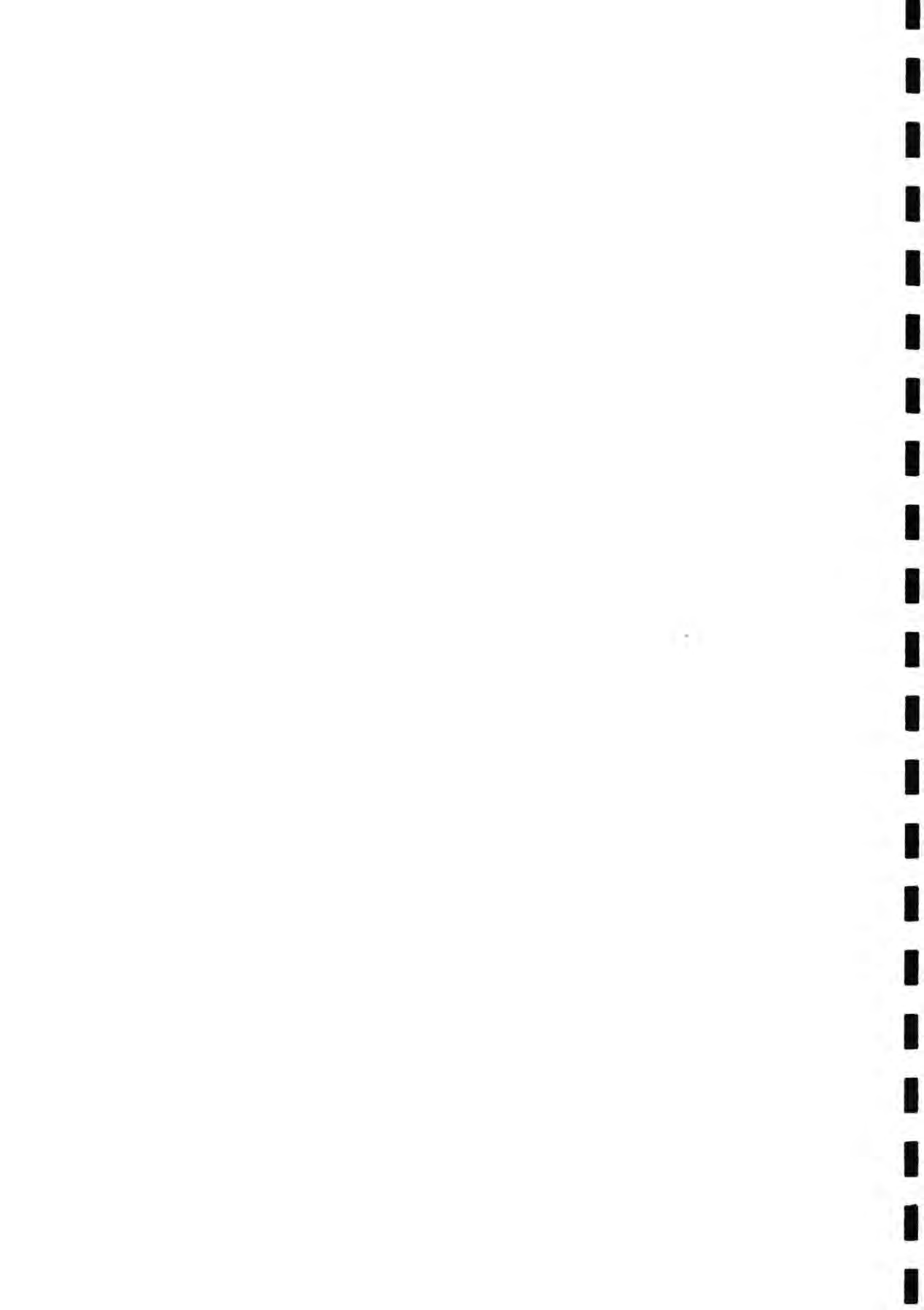


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 10
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,38 cm
Volume v.h. monster : 531,45 cm³
Volumegewicht : 1,75 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,56 gr/cm³
Poriënvolume : 31,6%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,094	0,60	101,88	0,0059
2	0,261	1,67	169,8	0,0098
4	0,788	5,03	339,6	0,0148
5	1,016	6,48	424,5	0,0153
7				
9				
10	2,2	14,04	849	0,0165
15	3,066	19,56	1.273,5	0,0154
De gemiddelde "k waarde" is $1,3 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



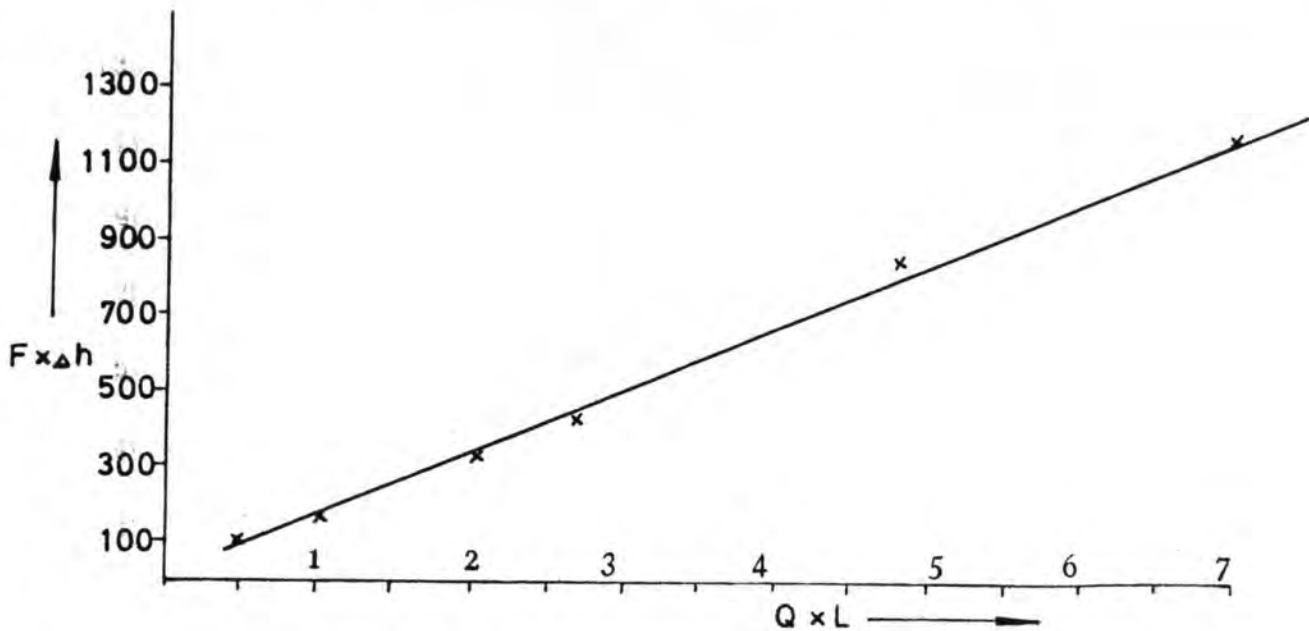




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Marshallblok 11
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 5,9 cm
Volume v.h. monster : 491,47
Volumegewicht : 1,90 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,52 gr/cm³
Poriënvolume : 24,6%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,081	0,475	101,88	0,0047
2	0,172	1,016	169,8	0,0060
4	0,352	2,081	339,6	0,0061
5	0,466	2,748	424,5	0,0065
7				
9				
10	0,828	4,885	849	0,0058
15	1,194	7,047	1273,5	0,0055
De gemiddelde "k waarde" is $5,8 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



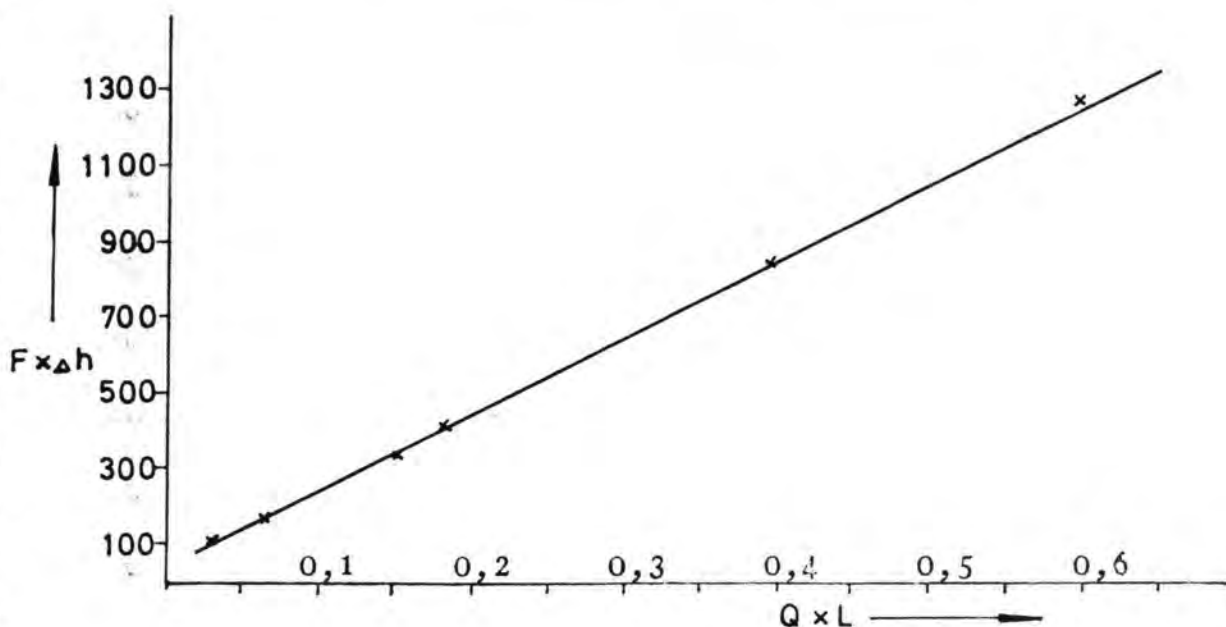




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 12
Gewicht v.h. monster : 932,6 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 5,86 cm
Volume v.h. monster : 488,14 cm³
Volumegewicht : 1,91 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,52 gr/cm³
Poriënvolume : 24,2%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,005	0,029	101,88	0,00029
2	0,011	0,064	169,8	0,00038
4	0,025	0,147	339,6	0,00043
5	0,031	0,182	424,5	0,00043
7				
9				
10	0,067	0,393	849	0,00046
15	0,1	0,596	1.273,5	0,00046
De gemiddelde "k waarde" is $4,1 \times 10^{-4}$ cm/sec.				



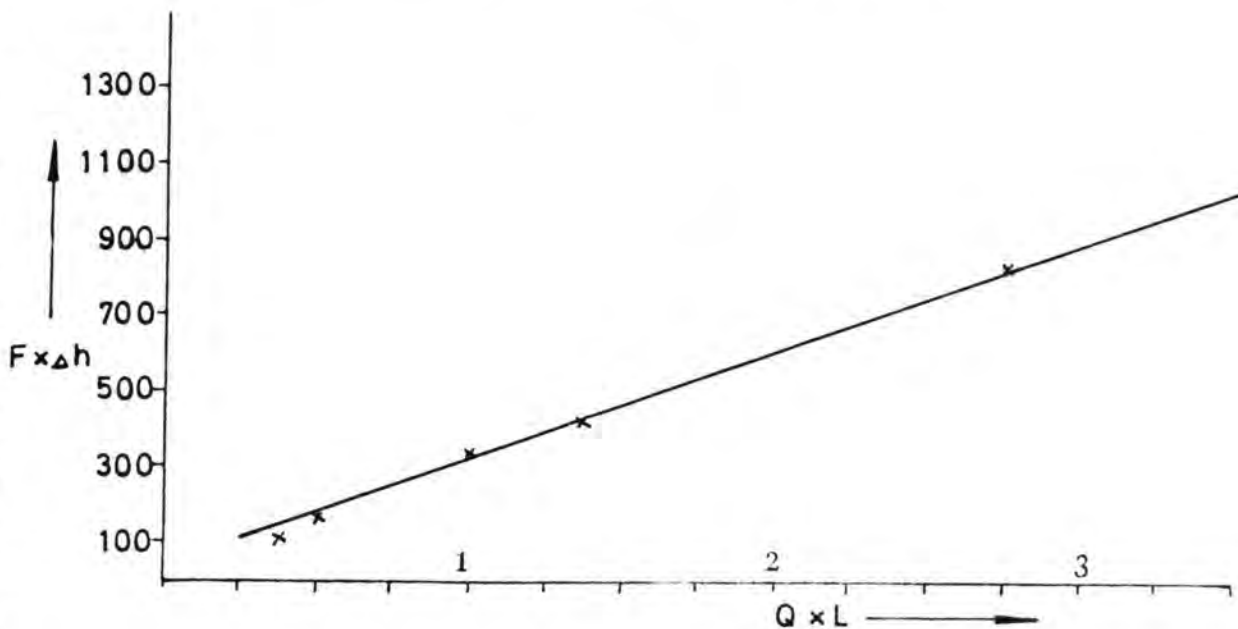


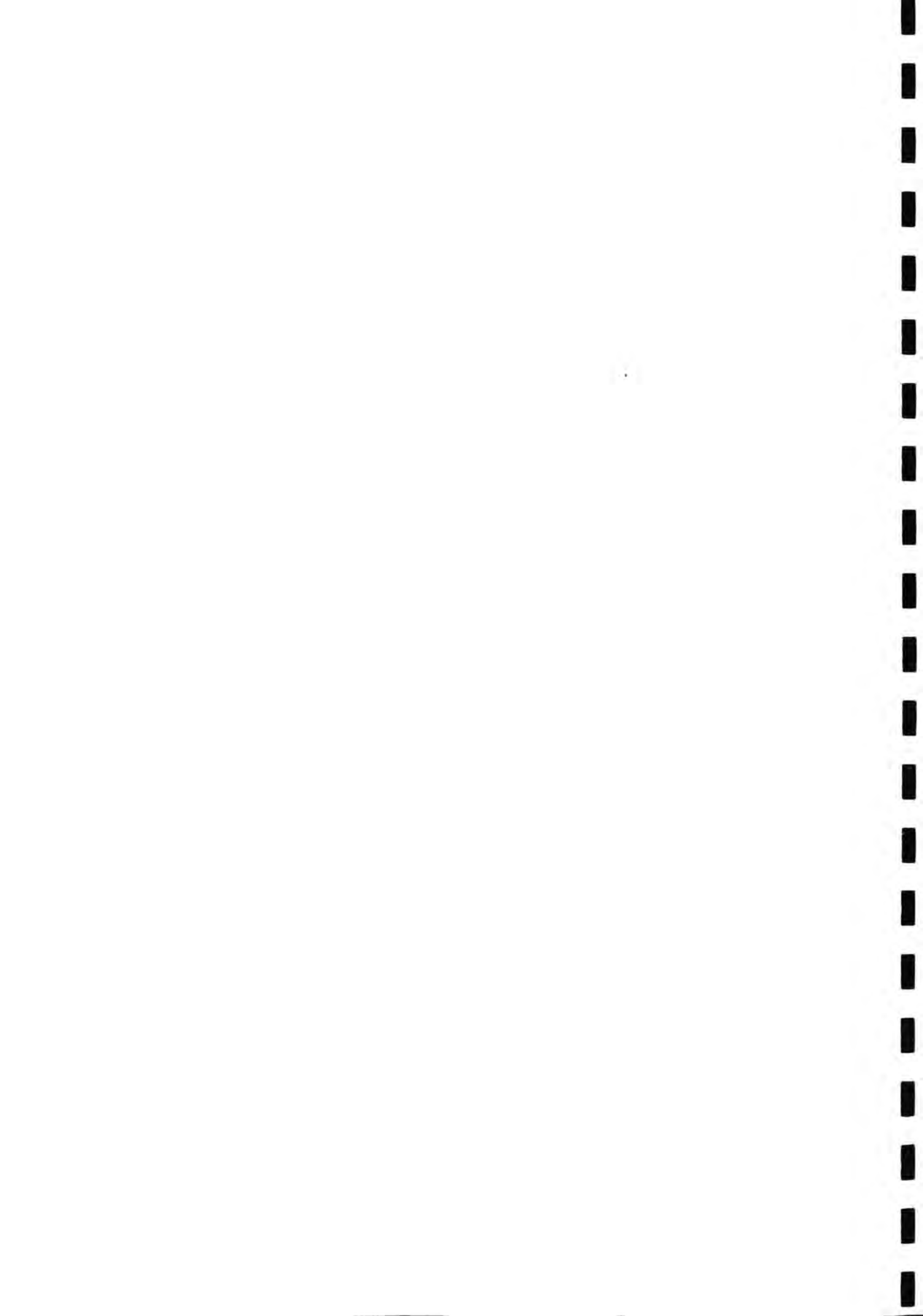


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 13
Gewicht v.h. monster : 957,4 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,2 cm
Volume v.h. monster : 516,46 cm³
Volumegewicht : 1,85 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,52 gr/cm³
Poriënvolume : 26,6%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,061	0,378	101,88	0,0037
2	0,083	0,515	169,8	0,0030
4	0,161	0,998	339,6	0,0029
5	0,222	1,376	424,5	0,0032
7				
9				
10	0,45	2,79	849	0,0033
15	0,644	3,99	1.273,5	0,0031
De gemiddelde "k waarde" is $3,2 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



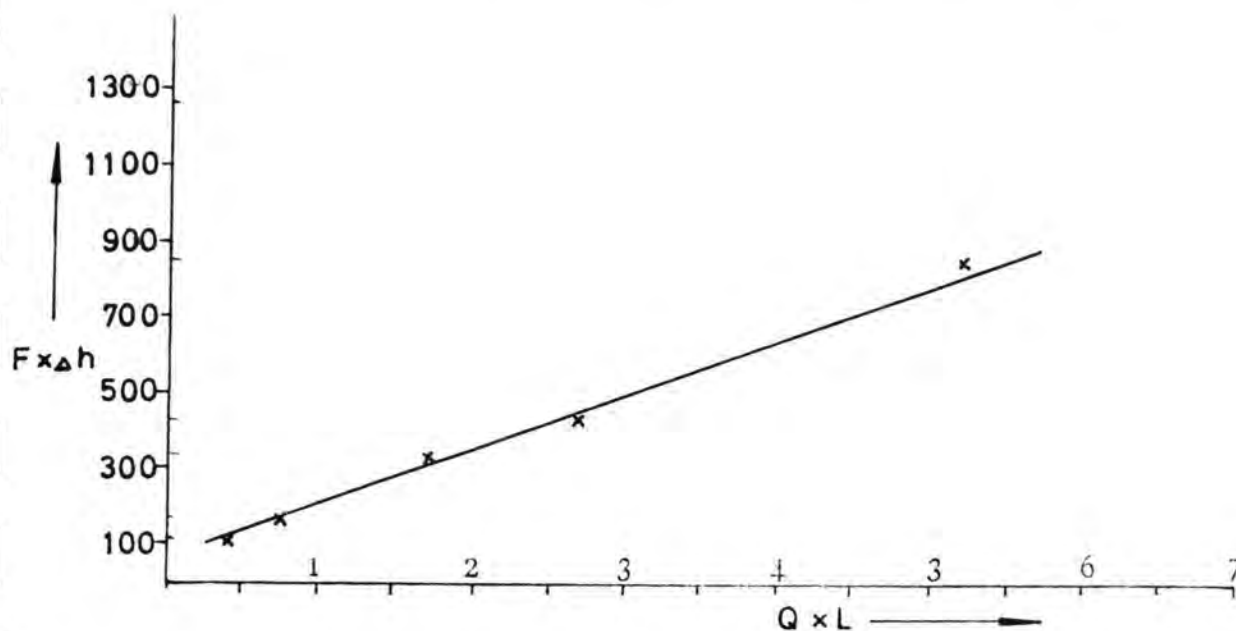


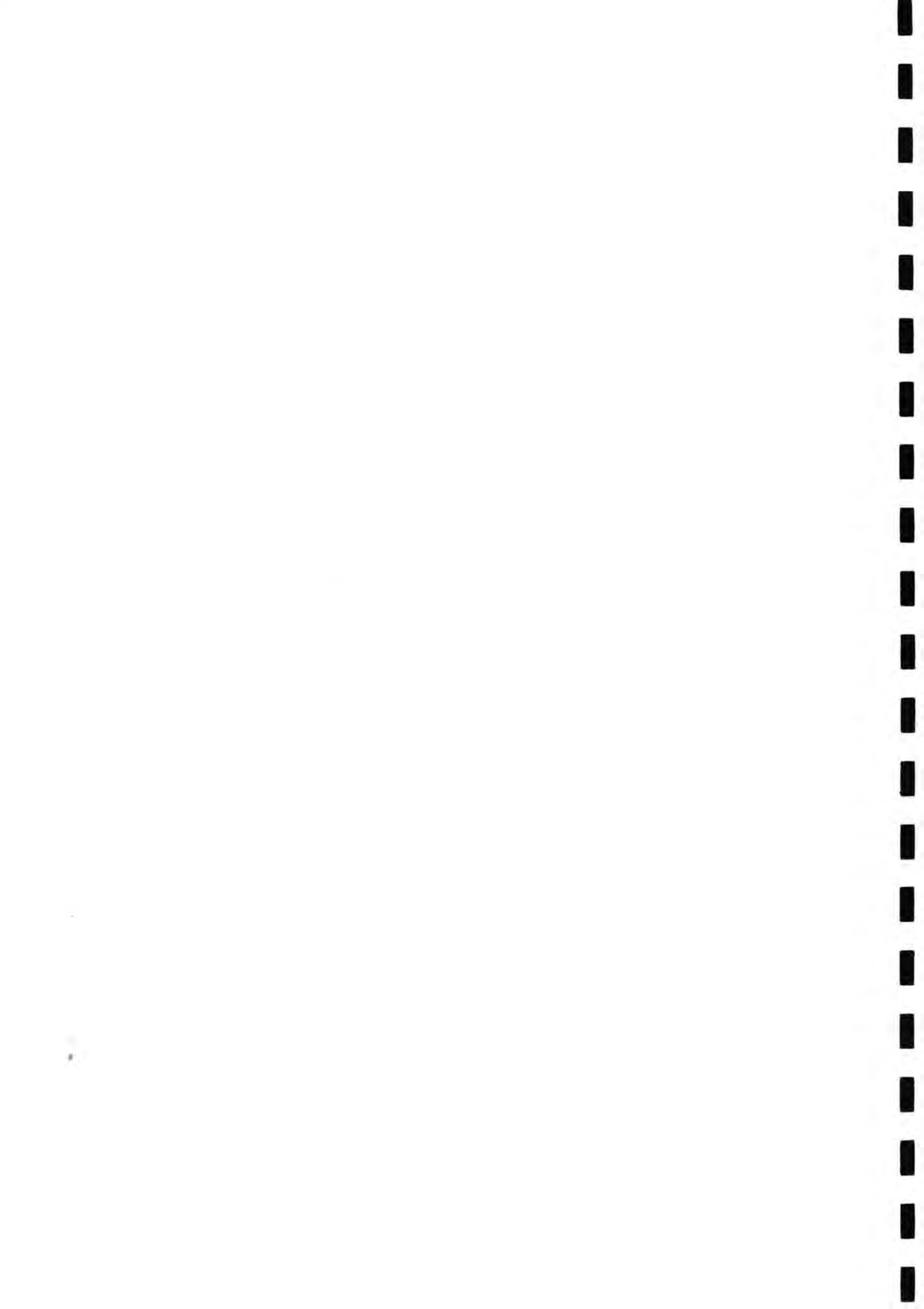


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Marshallblok 14
Gewicht v.h. monster : 957,4 gr
Opp. v.h. monster : 84,9 cm²
Hoogte v.h. monster : 6,15 cm
Volume v.h. monster : 512,30 cm³
Volumegewicht : 1,87 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,52 gr/cm³
Poriënvolume : 25,8%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1				
1,2	0,066	0,406	101,88	0,0040
2	0,122	0,750	169,8	0,0044
4	0,288	1,771	339,6	0,0052
5	0,411	2,528	424,5	0,0060
7				
9				
10	0,85	5,228	849	0,0062
15	1,222	7,515	1.273,5	0,0059
De gemiddelde "k waarde" is $5,3 \times 10^{-3}$ cm/sec.				



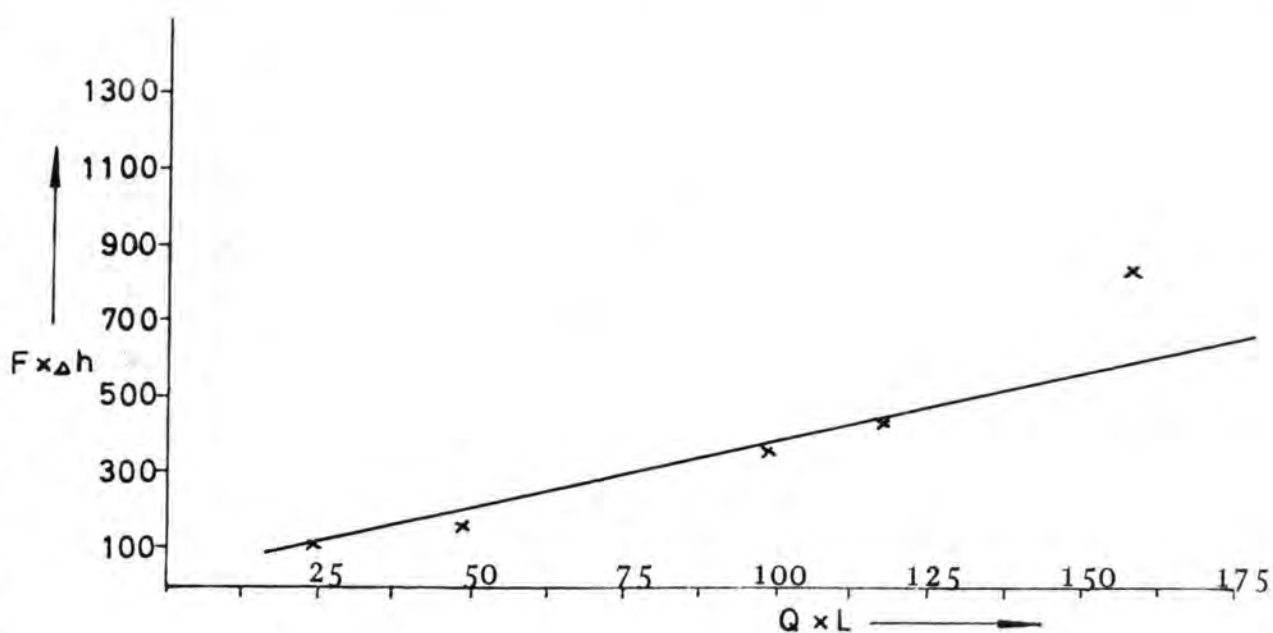


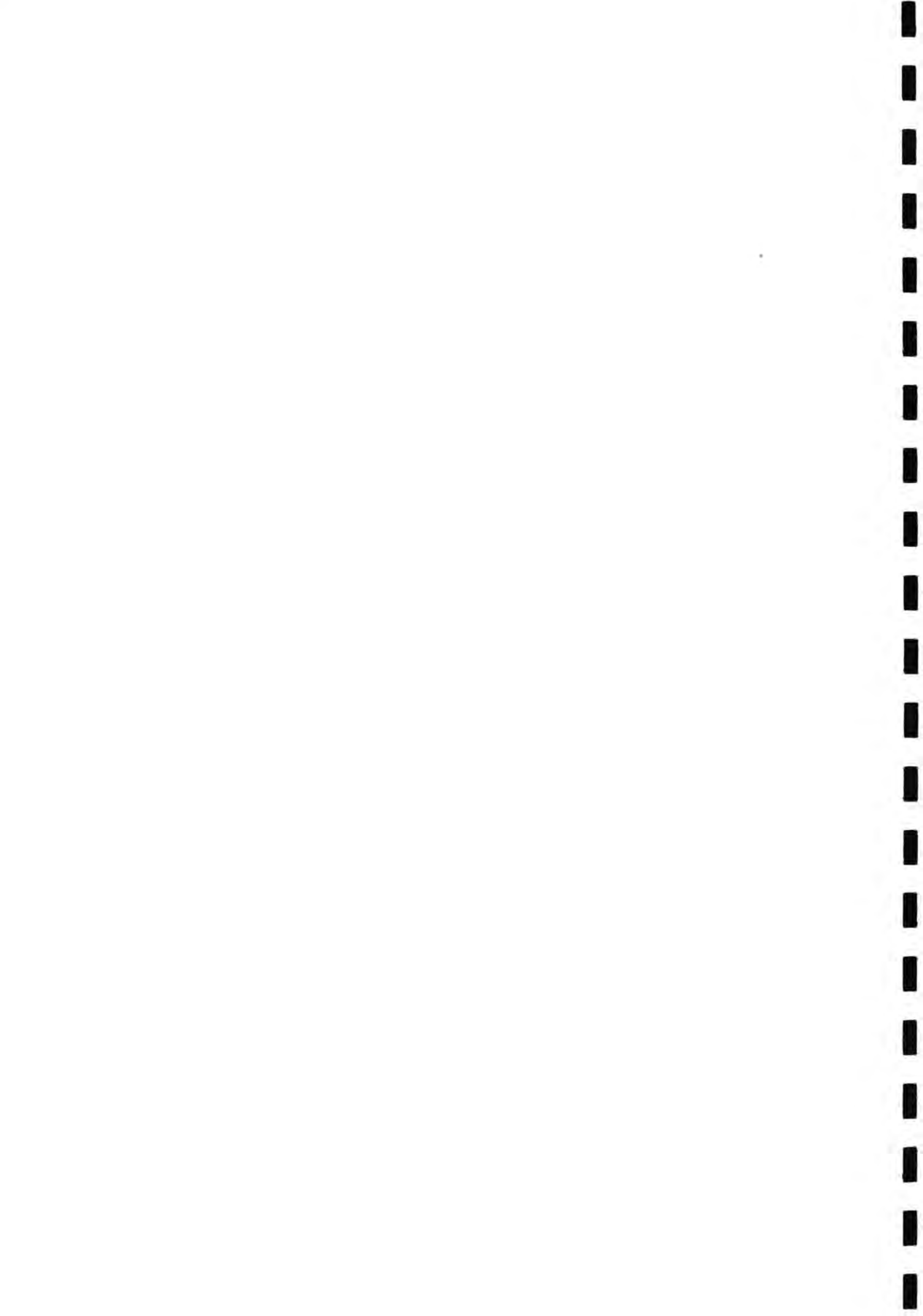


Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Gebitumineerd zeegrind < 22,4 mm (3½% B300)
Gewicht v.h. monster : 1669 gr
Opp. v.h. monster : 103 cm²
Hoogte v.h. monster : 9,6 cm
Volume v.h. monster : 988,8 cm³
Volumegewicht : 1,69 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,62 gr/cm³
Poriënvolume : 35,5%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	2,5	24	103	0,2330
1,2				
2	5,08	48,79	206	0,2368
4	10,17	97,6	412	0,2369
5	12,33	118,4	515	0,2290
7	16,5	158,4	721	0,2197
9	19,67	188,8	927	0,2037
10	21,33	204,8	1.030	0,1988
15				
De gemiddelde "k waarde" is $2,2 \times 10^{-1}$ cm/sec.				



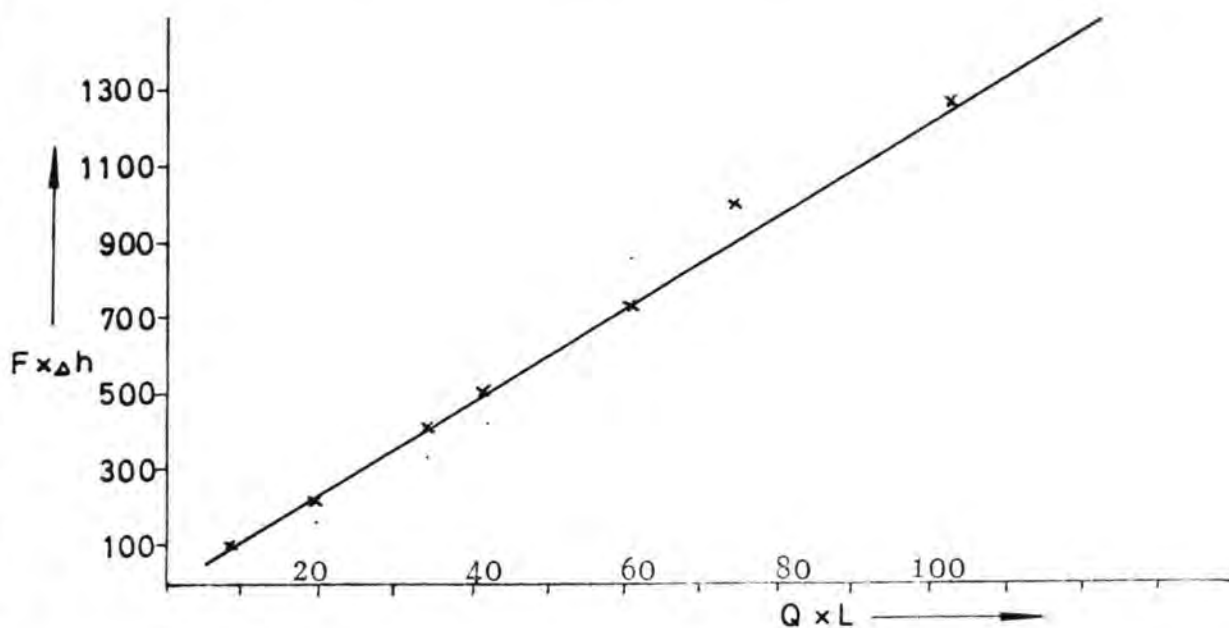




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek.

Monster : Gebitumineerd zeegrind 8 mm ($3\frac{1}{2}\%$ B300)
Gewicht v.h. monster : 1595 gr
Opp. v.h. monster : 103 cm²
Hoogte v.h. monster : 10,4 cm
Volume v.h. monster : 1071,2 cm³
Volumegewicht : 1,49 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,62 gr/cm³
Poriënvolume : 43,1 %

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	0,8	8,32	103	0,0808
1,2				
2	1,83	19,06	206	0,0925
4	3,3	34,32	412	0,0833
5	4,08	42,47	515	0,0825
7	5,86	61,01	721	0,0846
9	7,73	80,42	927	0,0868
10	8	83,2	1.030	0,0808
15				
De gemiddelde "k waarde" is $8,4 \times 10^{-2}$ cm/sec.				



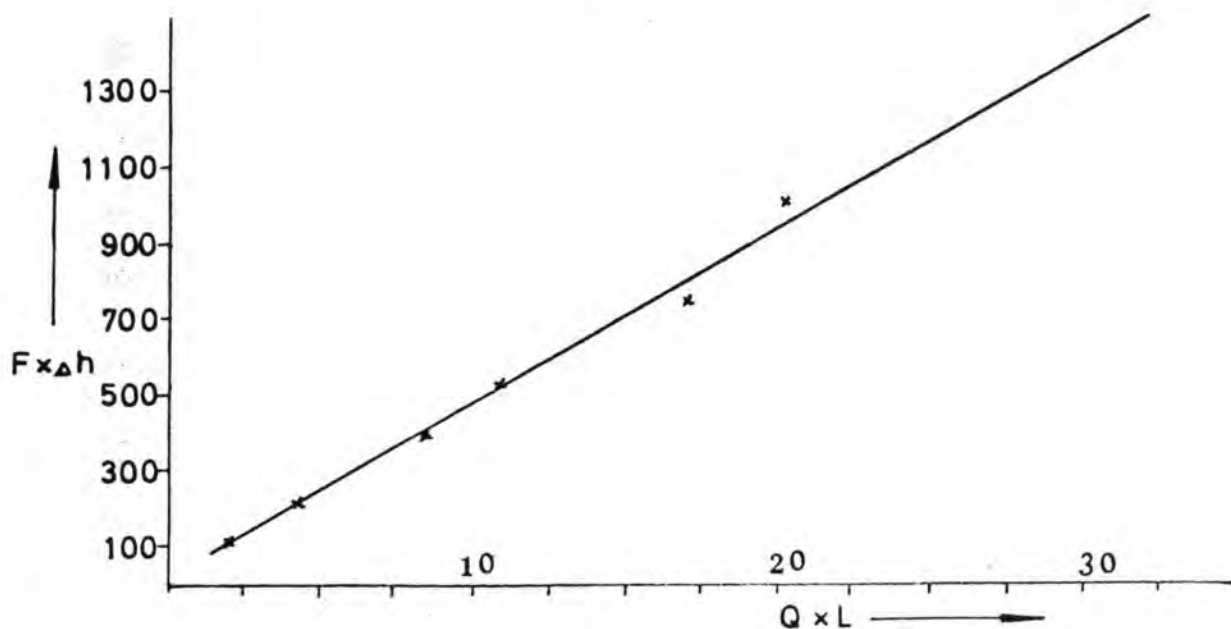




Resultaten van het waterdoorlatendheidsonderzoek

Monster : Gebitumineerd plaatsand ($3\frac{1}{2}\%$ B 300)
Gewicht v.h. monster : 1460 gr
Opp. v.h. monster : 103 cm²
Hoogte v.h. monster : 10 cm
Volume v.h. monster : 1030 cm³
Volumegewicht : 1,42 gr/cm³
Soortelijke dichtheid : 2,65 gr/cm³
Poriënvolume : 46,5%

Potentiaalverschil Δh in cm.	Debiet Q in cm ³ /sec	Q x L	F x Δh	"k waarde" k in cm/sec.
1	0,22	2,215	103	0,0215
1,2				
2	0,42	4,244	206	0,0206
4	0,86	8,610	412	0,0209
5	1,09	10,92	515	0,0212
7	1,70	17,02	721	0,0236
9	2,02	20,20	927	0,0218
10	2,34	23,38	1.030	0,0227
15	3,58	35,77	1.535	0,0233
De gemiddelde "k waarde" is $2,2 \times 10^{-2}$ cm/sec.				





Berekening van de behoefte aan bitumineus bindmiddel van
mineraal aggregaat.

WADZAND

Zeefdiameter	gr.pf.	D gem.	F.	B
2,0	0,2	2,449	0,017	0,0034
1,0	0,5	1,414	0,021	0,0105
0,5	0,3	0,707	0,026	0,0078
0,3	2	0,387	0,032	0,064
0,25	3	0,274	0,036	0,109
0,18	10,5	0,212	0,039	0,4095
0,175	1	0,177	0,042	0,0074
0,150	8	0,162	0,043	0,056
0,125	20,5	0,137	0,046	0,943
0,090	44	0,106	0,050	2,2
0,075	7,5	0,082	0,054	0,405
0,063	1,5	0,069	0,057	0,0855
0,063	1	0,056	0,065	0,065
				4,366

$$D_{\text{gem}} = \text{gemiddelde diameter volgens } \log D_{\text{gem}} = \frac{\log D_1 + \log D_2}{2}$$

$$F_1 = \text{relatieve bindmiddelbehoefte volgens } F_1 = 6 \cdot \frac{\text{db}}{\text{dm}} \cdot D^{-1/3}$$

db = s.g bindmiddel (1,03)

dm = s.g. mineraal aggregaat (2,65)

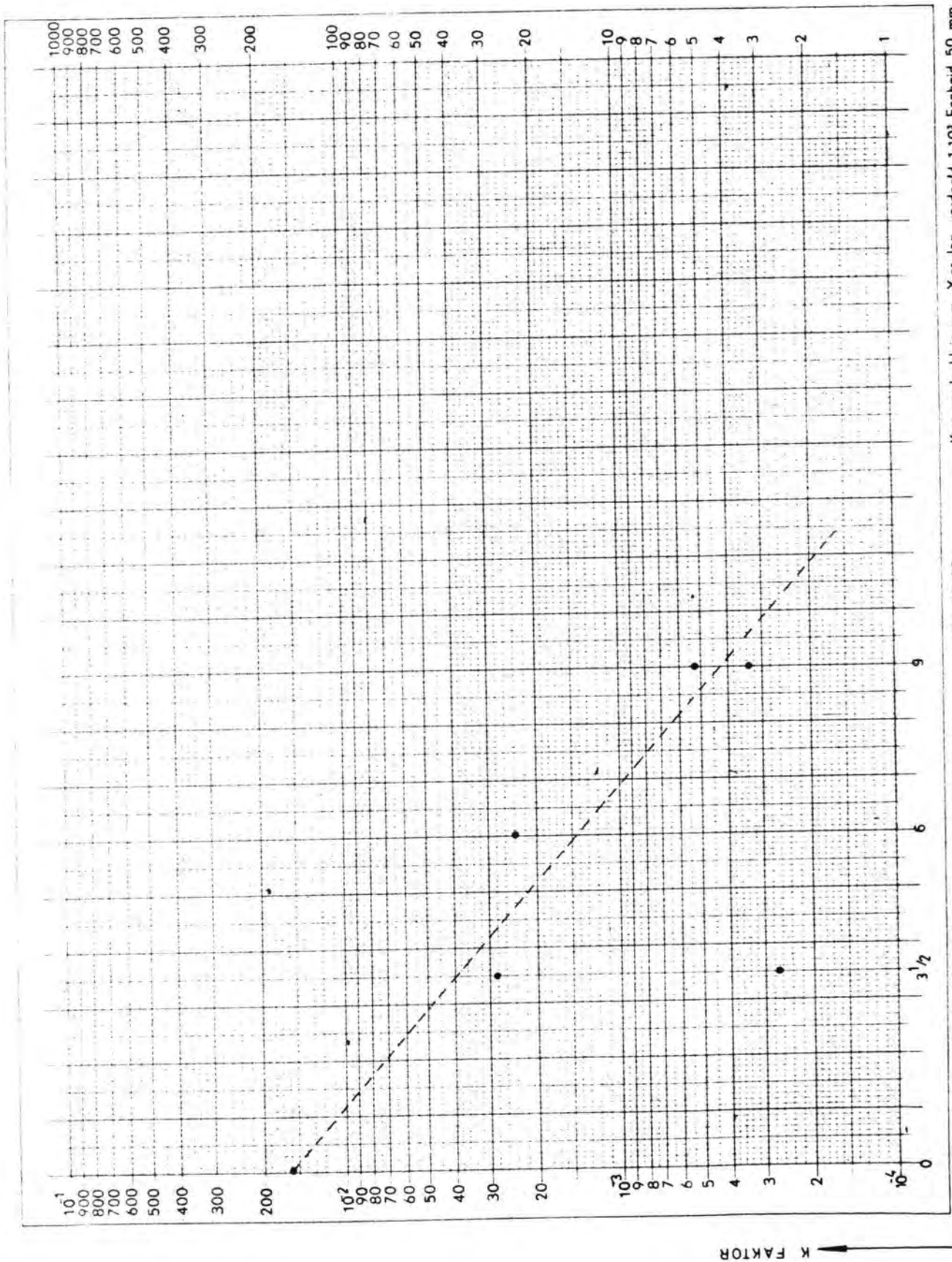
B = benodigd bindmiddel in grammen per 100 gram

Plaatzand : 4,01% bit

Zeegrond : 1,90% bit



PLAATZAND



X-as verdeeld in mm. Y-as log. verdeeld 1:10³ Eenheid 50 mm.

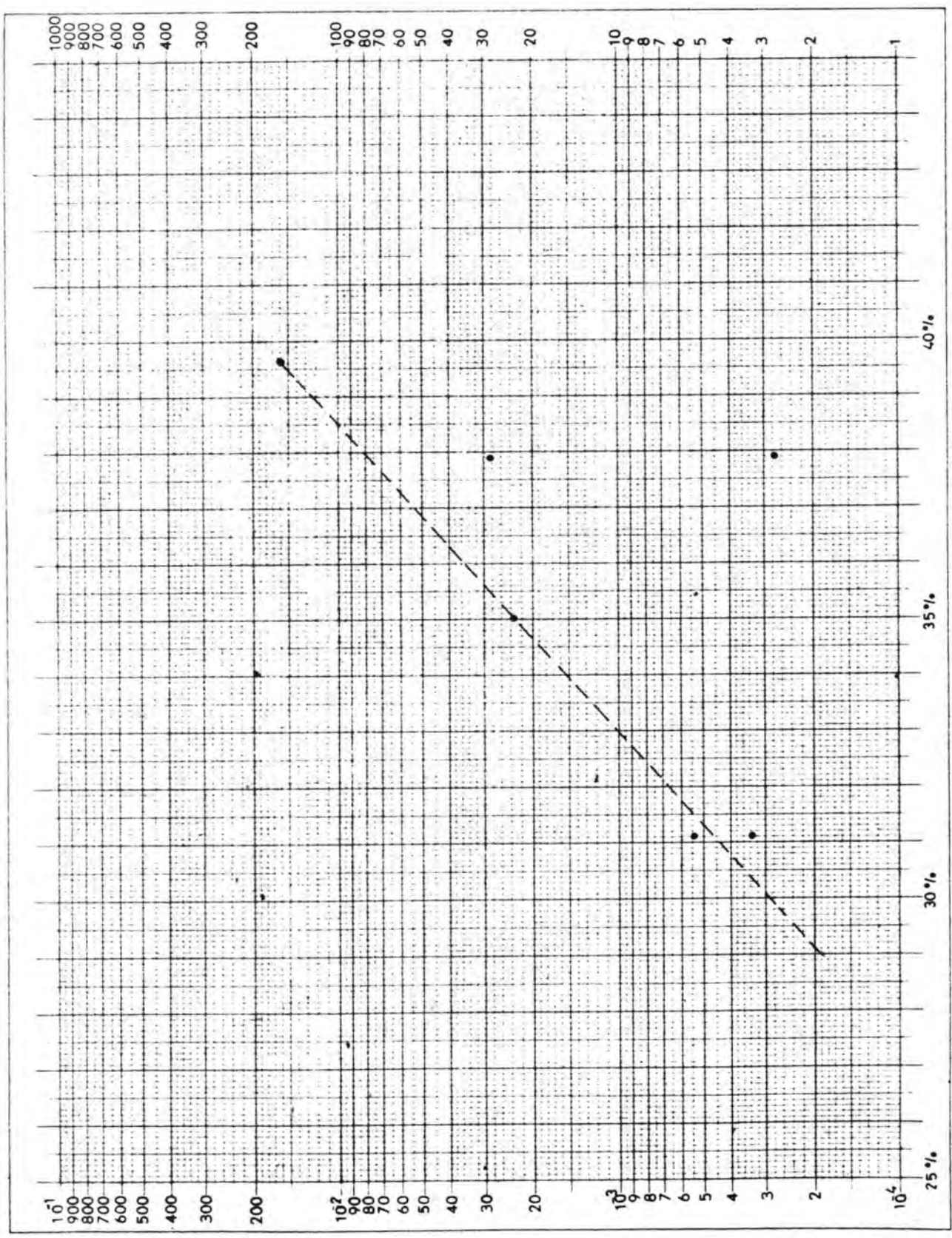
No 32 TR.

N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer
BITUMENPERCENTAGE

K FAKTOR



PLAATZAND

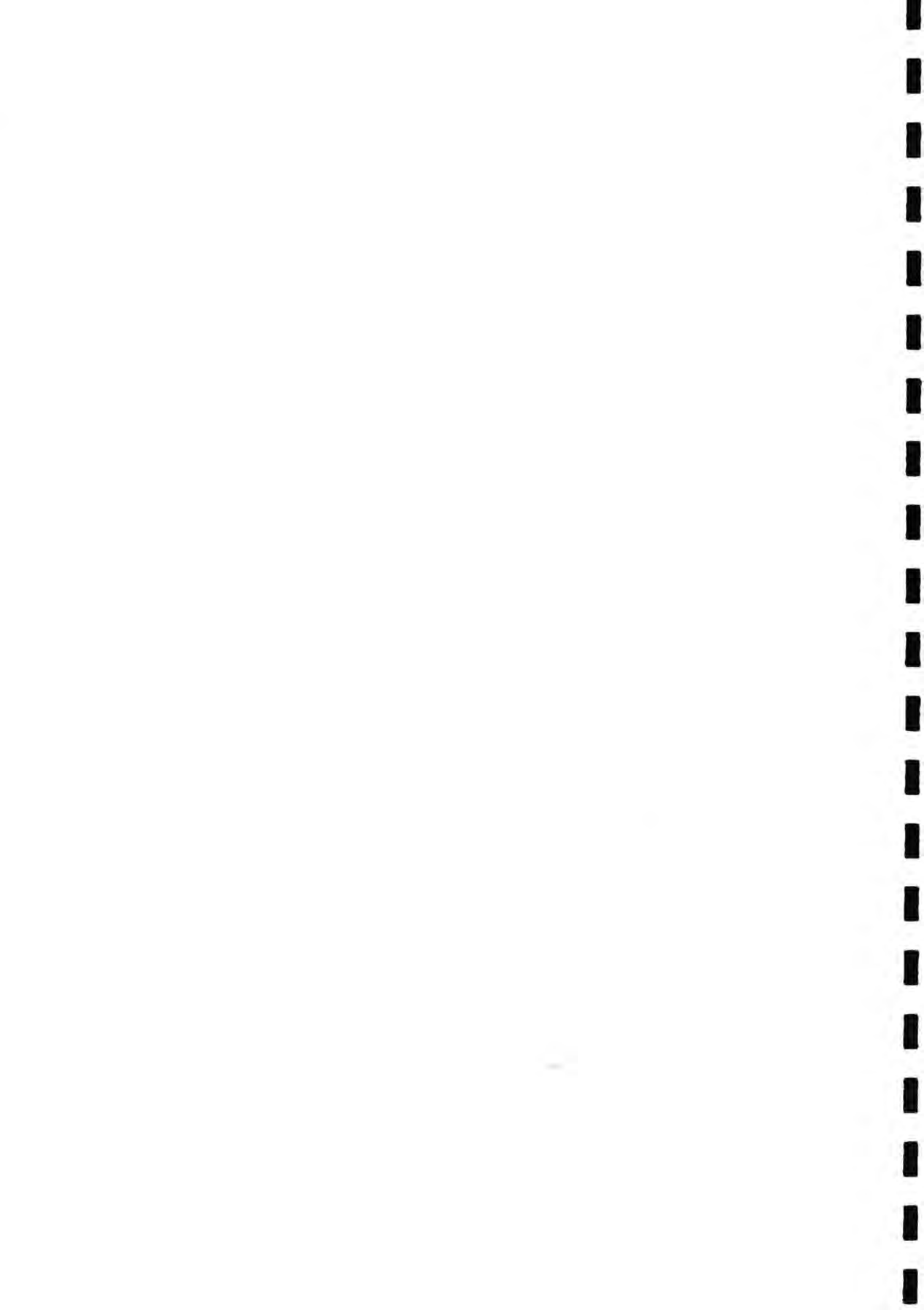


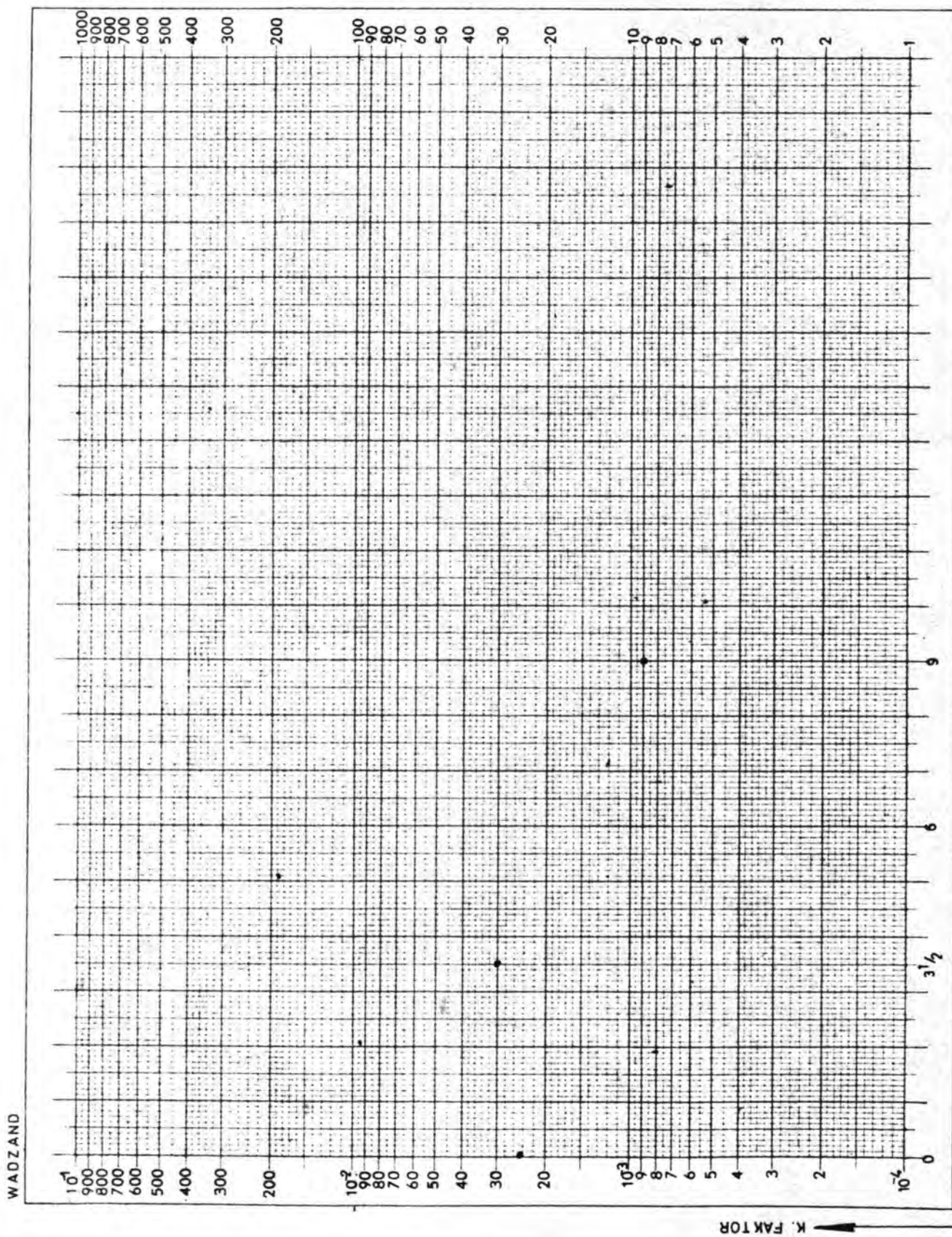
No 32 TR. X-as verdeeld in mm. Y-as log. verdeeld 1·10³ Eenheid 50 mm

N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer

→ PORIENVOLUME

← K. FAKTOR





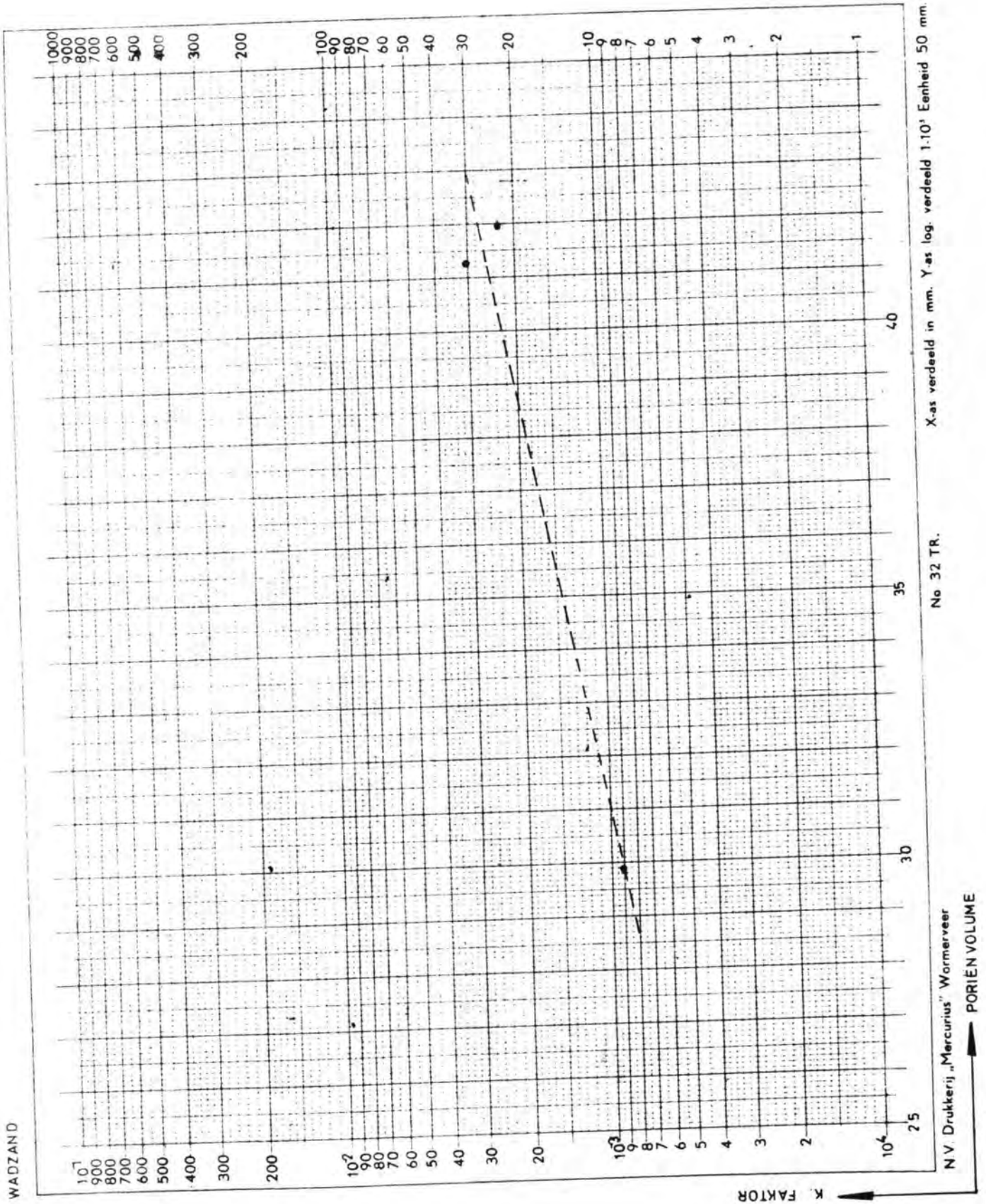
X-as verdeeld in mm. Y-as log. verdeeld 1·10³ Eenheid 50 mm.

No 32 TR.

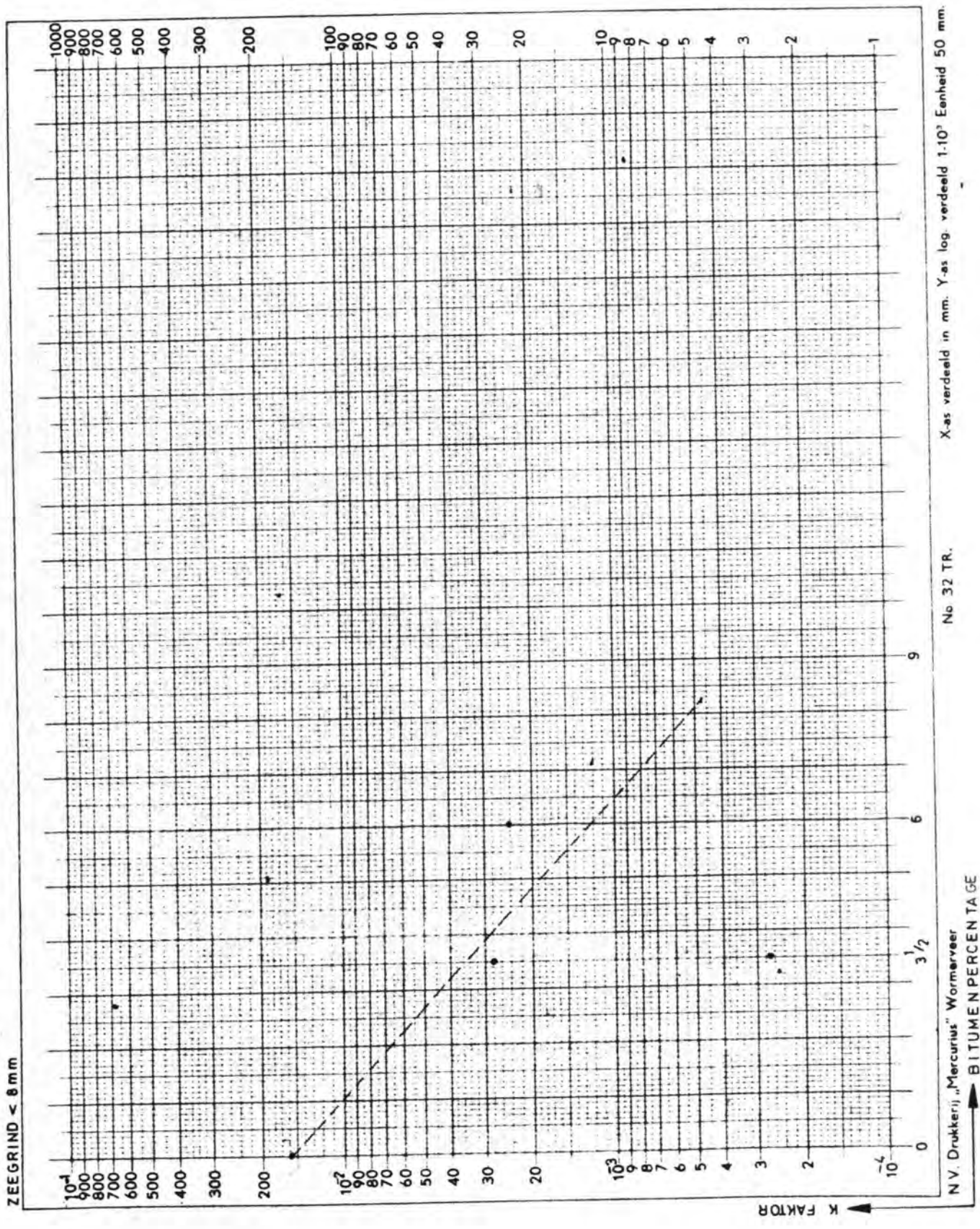
N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer
BITUMENPERCENTAGE B 300

K. FAKTOR





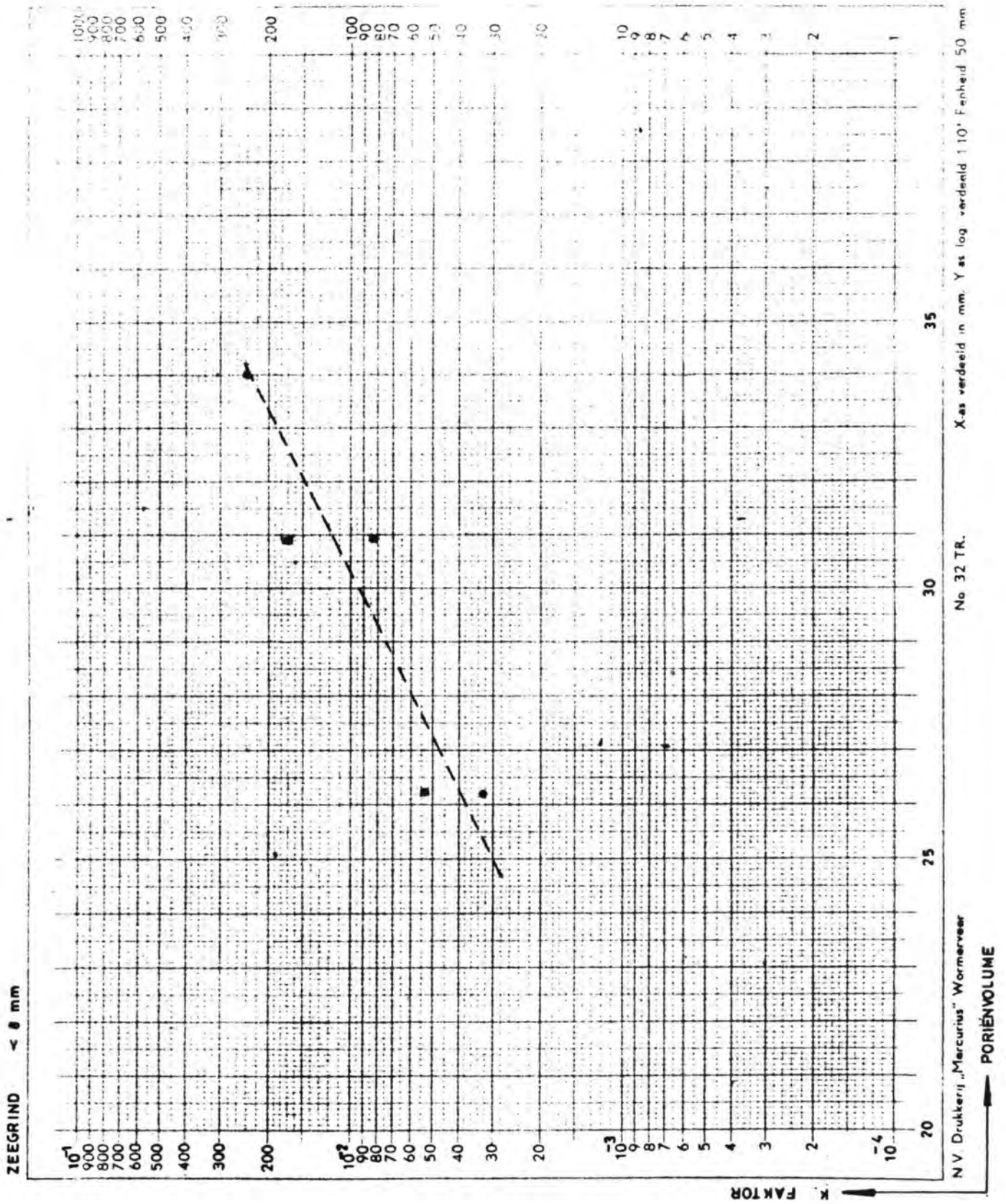




No 32 TR. X-as verdeeld in mm. Y-as log. verdeeld 1.10³ Eenheid 50 mm.

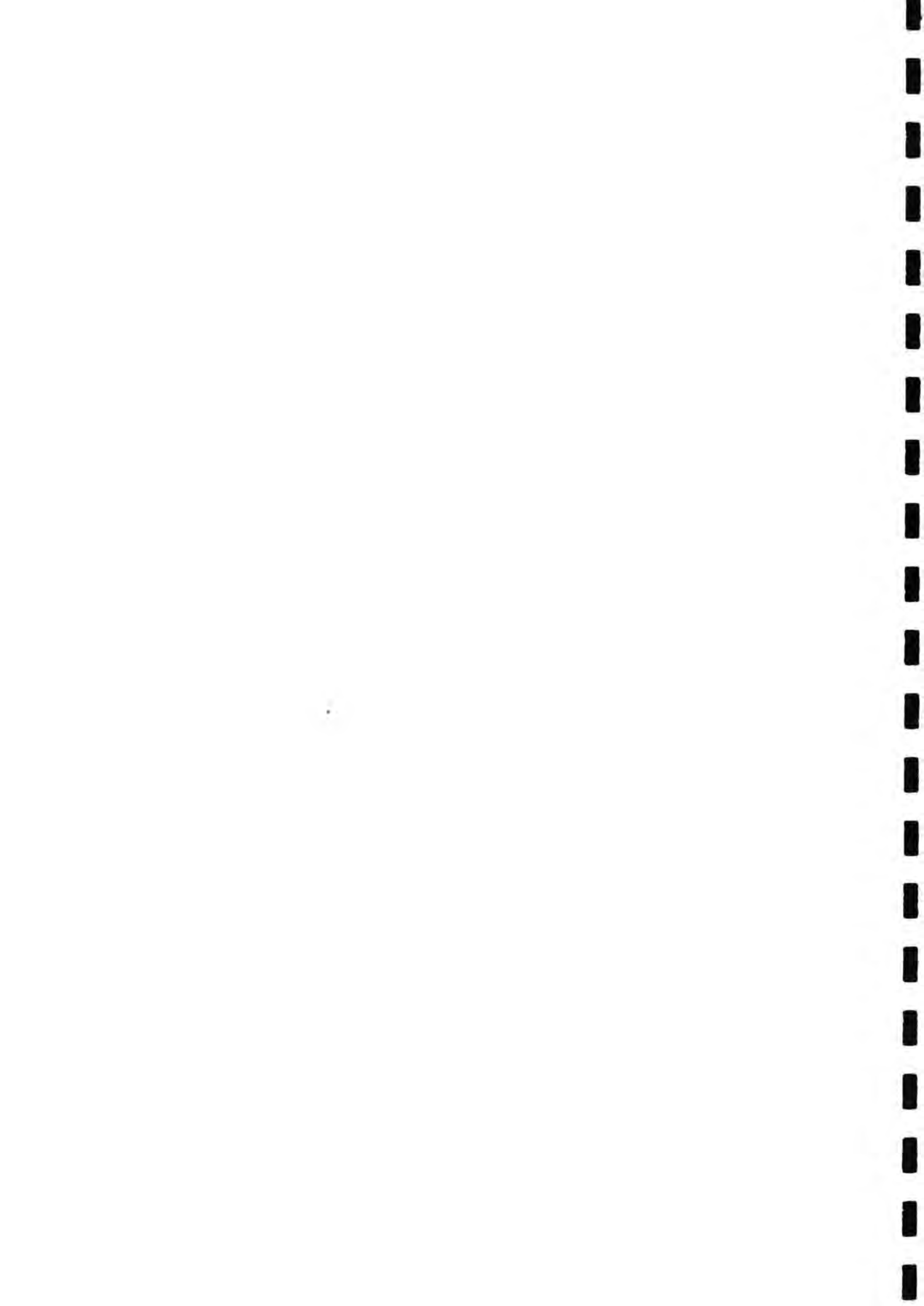
N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer
BITUMEN PERCENTAGE



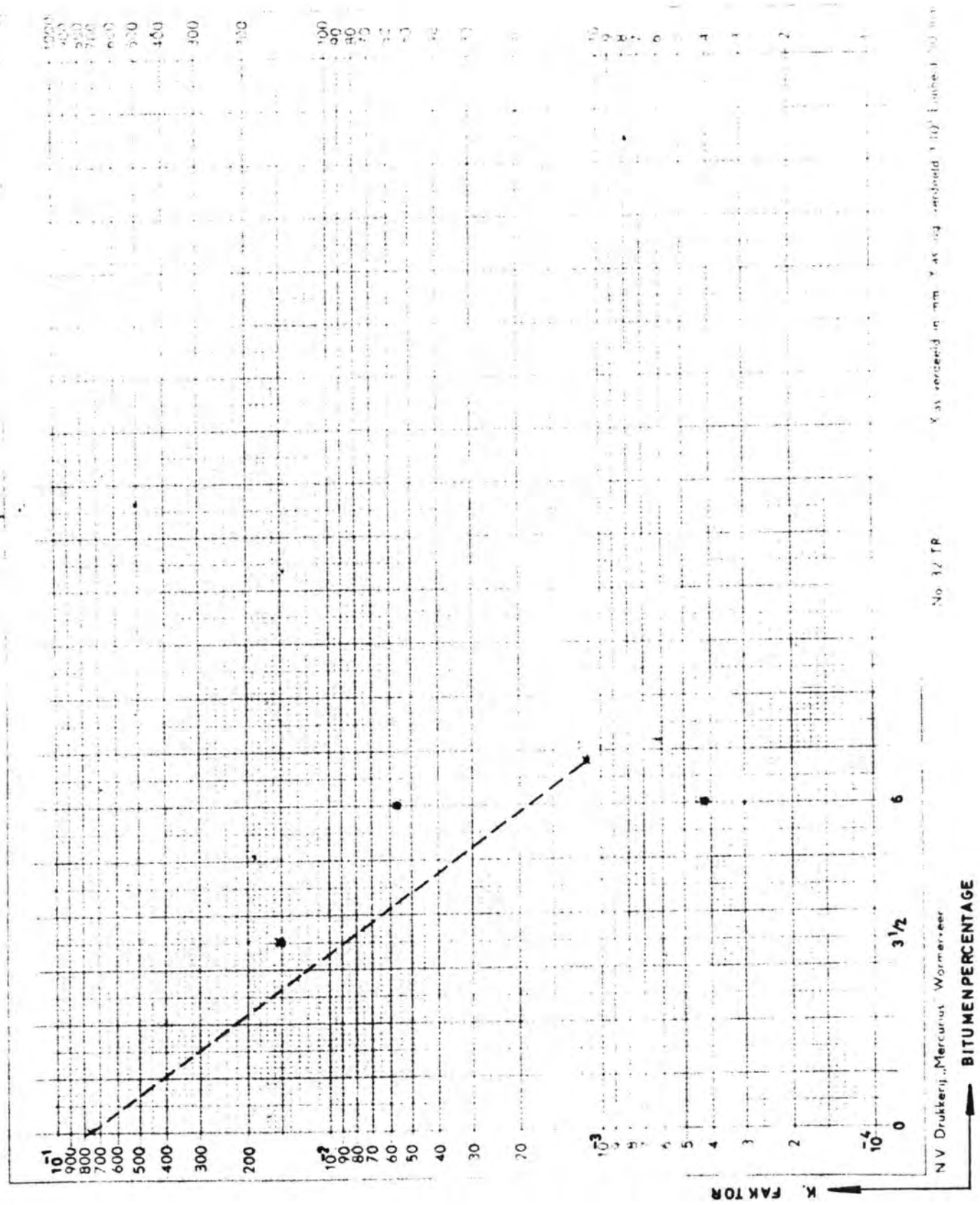


N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer No 32 TR. X-as verdeeld in mm. Y-as log verdeeld 110' Fijnheid 50 mm

K. FAKTOR



ZEEGRIND < 22,4 mm

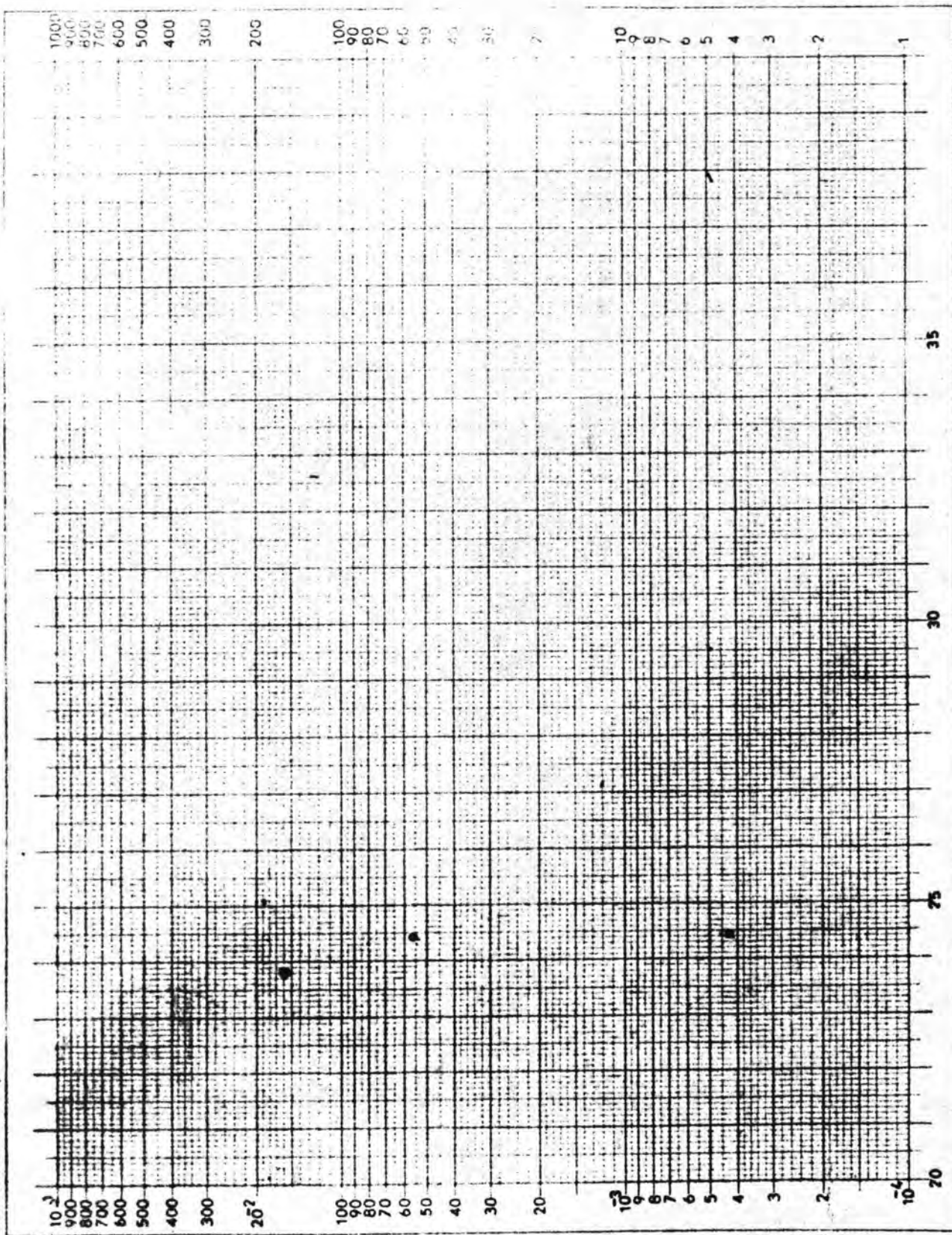


NV Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer No. 32 TP X as vermeld in mm X as log -veld 10³ Lucht 10 mm

K FAKTOR BITUMENPERCENTAGE



ZEEGRIND < 22,4 mm



X-as verdeeld in mm Y-as log verdeeld 1:10¹ Eenheid 50 mm

No. 32 TR.

N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer
PORIËNVOLUME

K. FAKTOR





