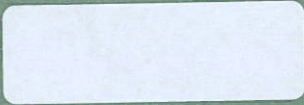




waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

stormvloedkering Oosterschelde

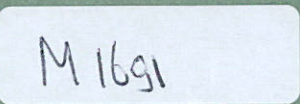


waterloopkundige karakteristieken van
kunststoffilters voor funderingsmat en
grindworst

verslag modelonderzoek

M 1691

april 1984



M 1691

stormvloedkering Oosterschelde

**waterloopkundige karakteristieken van
kunststoffilters voor funderingsmat en
grindworst**

verslag modelonderzoek

M 1691

april 1984

INHOUD

blz.

1.	<u>Inleiding</u>	1
2.	<u>Onderzoek kunststoffilters voor de funderingsmat</u>	2
2.1	Opzet van het onderzoek.....	2
2.2	Resultaten van het onderzoek.....	2
3.	<u>Kunststoffilters voor de grindworst</u>	4
3.1	Opzet van het onderzoek.....	4
3.2	Resultaten onderzoek kunststoffilters.....	4
3.3	Resultaten onderzoek gecombineerde filters.....	5
3.3.1	Met bitumen geïmpregneerd kunststoffilter.....	5
3.3.2	Geperforeerde folie.....	7
3.3.3	Kunststoffilter met geperforeerde folie (gelijmd).....	8
3.3.4	Kunststoffilters met geperforeerde folie (genaaid).....	9

TABELLEN

- 1 Overzicht waterloopkundige karakteristieken kunststoffilters voor de funderingsmat
- 2 Overzicht waterloopkundige karakteristieken kunststoffilters voor de grindworst
- 3 Waterdoorlatendheid gecombineerde filters voor de grindworst

FIGUREN

Waterloopkundige karakteristieken van kunststoffilters voor de funderingsmat.

- 1 BIDIM, U24 (vlies)
- 2 TREVIRA, Spunbond 150 g/m² (vlies)
- 3 TREVIRA, Spunbond 200 g/m² (vlies)
- 4 SODOCA, AS320 (vlies)
- 5 NICOLON, P.08015/B1 (gaas)
- 6 NICOLON, P.08015/B3 (gaas)
- 7 ROBUSTA, 18-10-019 PE (gaas)
- 8 LUTRADUR, H7220 (vlies)
- 9 LUTRADUR, H7225 (vlies)
- 10 TYPAR, 170 g/m² (vlies)
- 11 ICI, (vlies)
- 12 COLBACK, 150 g/m² (vlies)
- 13 DUPONT, x (vlies)
- 14 DUPONT, y (vlies)
- 15 DUPONT, z (vlies)
- 16 ROBUSTA, 14-09-019 (gaas)
- 17 ROBUSTA, 18-09-019 (gaas)
- 18 ICI, (vlies)
- 19 DUPONT, 1 (vlies)
- 20 DUPONT, 2 (vlies)
- 21 DUPONT, 3 (vlies)
- 22 NICOLON, 80 W363 (vlies)
- 23 DUPONT, Woudenberg II (doek)
- 24 ICI, 17-3-'80 (doek)
- 25 NICOLON, 17-3-'80 (doek)
- 26 ROBUSTA, Jumbo 80 (mat)

Waterloopkundige karakteristieken van kunststoffilters voor de grindworst.

- 27 ROBUSTA, kwaliteit 1500 (mat)
- 28 NICOLON, 03.0-01 (doek)
- 29 NICOLON, 80W365A (doek)

FIGUREN (vervolg)

Verval Δh als functie van de filtersnelheid u_f

30 Doek met bitumen

31 Geperforeerde folies

32 Doek met geperforeerde folie (gelijmd)

33 Doek met geperforeerde folie (genaaid).

FOTO'S

- 1 Meetopstelling voor de bepaling van de waterdoorlatendheid van kunststof-filters
- 2 Zeefanalyse-apparaat voor de bepaling van de openingskarakteristieken van kunststoffilters

BIJLAGEN

- 1 Bepaling van de waterloopkundige karakteristieken van kunststoffilters
- 2 Beperkingen zeefmethode bij de bepaling van de openingskarakteristieken

STORMVLOEDKERING OOSTERSCHELDE

Waterloopkundige karakteristieken van kunststoffilters voor funderingsmat en grindworst

1. Inleiding

In het kader van het ontwerp van de funderingsmat en de grindworst rondom de pijlers van de stormvloedkering in de Oosterschelde werd onderzoek verricht naar de waterloopkundige karakteristieken van een groot aantal kunststoffilters, dan wel van konstrukties opgebouwd uit kunststoffilters. De opdracht hiertoe werd door het Hoofd van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat verleend per brief d.d. 13 oktober 1980 met het kenmerk WT 18.418.

Het onderzoek werd uitgevoerd in de daarvoor geschikte opstellingen, met name het waterdoorlatendheidsapparaat en het zeefanalyse-apparaat (zie foto's 1 en 2).

Alhoewel het onderzoek onder één noemer werd uitgevoerd is ten behoeve van een duidelijke presentatie het onderzoek in dit verslag opgedeeld in twee onderzoeken, te weten:

- kunststoffilters voor de funderingsmat
- kunststoffilters voor de grindworst

Het onderzoek stond onder leiding van ing. S. Maat, die eveneens dit verslag samenstelde.

2. Onderzoek kunststoffilters voor de funderingsmat

2.1 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek naar de waterloopkundige karakteristieken van de kunststoffilters voor de funderingsmat kon grotendeels volgens de gebruikelijke meetprocedure worden uitgevoerd. Voor een beschrijving van deze meetprocedure wordt verwezen naar bijlage 1. Er werden evenwel voornamelijk slechts twee monsters per kunststoffilter onderzocht omdat het onderzoek slechts bedoeld was als een oriënterend onderzoek. Bij een aantal kunststoffilters zijn wel de gebruikelijke 5 monsters onderzocht. In die gevallen zijn ook de standaardafwijkingen in de figuren weergegeven.

2.2 Resultaten van het onderzoek

De resultaten van het onderzoek naar de verschillende typen kunststoffilters zijn weergegeven in de figuren 1...26. Bovendien zijn ze samengevat in tabel 1. Bij de bepaling van de waterloopkundige karakteristieken van twee kunststoffilters moeten enkele kanttekeningen worden geplaatst. Van de Robustamat Jumbo 80 werd alleen de waterdoorlatendheid onderzocht. Door de aanwezigheid van staaldraden in het kunststoffilter moest het monster op een speciale manier vervaardigd worden:

Uit delen van de Jumbomat werden de staaldraden voorzichtig verwijderd. Daarna werden de monsters (kunststofdeel) met de juiste diameter uitgesneden. Op de plaatsen waar de staaldraden waren verwijderd, werden vervolgens de weer op maat geknipte staaldraden aangebracht. Deze methode van vervaardiging is niet ideaal. Toch mag uit de resultaten worden afgeleid dat bij een voorzichtige behandeling geen beschadiging van het kunststoffilter optreedt. In geval van beschadiging zou de spreiding in resultaten (standaardafwijking) zeker groter zijn geweest.

In de Jumbomat wordt ca. 40% van het oppervlak beïnvloed door de aanwezigheid van de staaldraden. In de voor het onderzoek benodigde monsters neemt dit oppervlak door het ronde oppervlak van de monsters toe tot ca. 45%. Daar het door de staaldraden beïnvloede oppervlak zichtbaar doorlatender is, mag verondersteld worden, dat het gemeten drukverschil Δh_1 van de monsters iets geringer is dan het werkelijke drukverschil van de Jumbomat. Om een volledig representatief monster te onderzoeken zou een andere meetopstelling nodig

zijn.

De beïnvloeding van beschadigingen van het monster tijdens de vervaardiging ervan zou bijvoorbeeld vermeden kunnen worden door een meetopstelling met een bredere oplegrand toe te passen. Deze bedraagt in de gebruikelijke meetopstelling 0,5 cm.

Wat betreft het tweede probleem (niet volledig representatieve waterdoorlatendheid) moet gesteld worden, dat dit slechts kan worden voorkomen door een meetopstelling toe te passen met een vierkant doorstroomoppervlak. De afmetingen van dit oppervlak zijn afhankelijk van de structuur van de mat.

Bij het kunststoffilter Nicolon 80 W 363 moet als kanttekening worden gesteld, dat bij een eerste onderzoek een resultaat werd gevonden van $i_1 = 1$. Nadat van de zijde van de fabrikant hieraan werd getwijfeld, is het kunststoffilter nogmaals beproefd. Het resultaat bleek toen $i_1 = 6 \text{ à } 7$ te zijn. Na onderling overleg en nader onderzoek moet geconcludeerd worden, dat bij het eerste onderzoek een foutieve meting heeft plaats gevonden.

3. Kunststofffilters voor de grindworst

3.1 Opzet van het onderzoek

In het kader van het onderzoek naar de waterloopkundige karakteristieken van mogelijk toepasbare kunststoffilters voor de grindworst rondom de pijlers werden verschillende typen kunststoffilters en combinaties van kunststoffilters onderzocht.

Door de tweeledige functie van de grindworst (voor een deel waterdoorlatend, voor een deel nagenoeg waterdicht) waren verschillende eisen gesteld. Aan het ene deel van het kunststoffilter werden als eisen gesteld, dat $i_1 \leq 70$ en $O_{90} \leq 350 \mu\text{m}$ moest zijn.

Het andere deel van het kunststoffilter moest aan zodanig hoge eisen voldoen, dat hieraan slechts voldaan kon worden door een combinatie van kunststoffilters toe te passen.

Voor de waterdoorlatendheid voor dit deel werd geëist, dat bij een drukverschil van ca. 5 mwk. de kunststoffilterkonstruktie slechts een beetje mocht "zweten". Hoewel dit begrip niet in een hoeveelheid kon worden uitgedrukt, werd voor zover mogelijk een filtersnelheidsbepaling uitgevoerd bij een drukverschil van ca. 5 m wk. Dit in tegenstelling tot de gebruikelijke meetprocedure, waarbij het drukverschil wordt bepaald bij een filtersnelheid van 1 cm/s (zie bijlage 1). Voor de mate van zanddichtheid werd gesteld dat voor dit deel de openingskarakteristiek $O_{90} \leq 10 \mu\text{m}$ moest zijn. Met de gebruikelijke methode is een dergelijk geringe openingsgrootte niet te bepalen. De voor deze methode geijkte zandfrakties zijn namelijk groter dan $53 \mu\text{m}$. Bij de behandeling van de resultaten van het onderzoek zal hier nader op worden ingegaan.

3.2 Resultaten onderzoek kunststoffilters

Er werden 3 kunststoffilters beproefd, namelijk de ROBUSTA-mat (kwaliteit 1500) en de NICOLON-doeken (03.0-01) en 80 W 365 A. In verband met de grootte van de ontvangen proefstukken kon niet de gebruikelijke meetprocedure van 5 monsters worden gevolgd (zie bijlage 1). In plaats daarvan kon slechts één monster per kunststoffilter worden beproefd.

Ten behoeve van de ophanging van de grindworst aan de pijler waren in de twee NICOLON-weefsels versterkte lusstroken ingeweven. Deze kunststoffilters

vertoonden daardoor verschillende structuren. Deze verschillende structuren werden voor zover mogelijk eveneens in het onderzoek betrokken. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in de figuren 27, 28 en 29. Bovendien is in tabel 2 een samenvatting van de resultaten gegeven.

3.3 Resultaten onderzoek gecombineerde filters

3.3.1 Met bitumen geïmpregneerd kunststoffilter

Om te kunnen voldoen aan de voor een deel van de grindworst gestelde eisen (zie 3.1) werd door NICOLON BV een kunststoffilter geïmpregneerd met verschillende hoeveelheden bitumen. Bij het onderzoek naar de waterloopkundige karakteristieken werd ook het kunststoffilter zonder bitumen in het onderzoek betrokken. De vier onderzochte typen werden als volgt aangeduid:

NICOLON 08-08-02 (zonder bitumen)

NICOLON 08-08-02 A (met 200 g/m² bitumen)

NICOLON 08-08-02 B (met 300 g/m² bitumen)

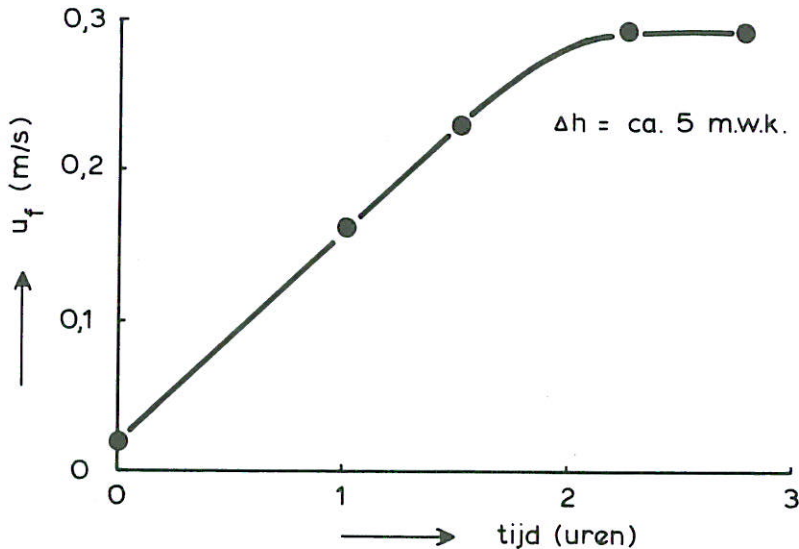
NICOLON 08-08-02 C (met 400 g/m² bitumen)

Ten behoeve van de bevestiging van de grindzak aan de pijler was de structuur van het weefsel (van het type doek) plaatselijk versterkt door het vergroten van het aantal inslagdraden per strekkende meter.

In figuur 30 zijn de resultaten van het onderzoek naar de waterdoorlatendheid van beide structuren weergegeven. De waterdoorlatendheid van het niet versterkte deel van het kunststoffilter zonder bitumen (08-08-02) lijkt onlogisch ten opzichte van die van het kunststoffilter met 200 g/m². Een mogelijke reden voor dit verschijnsel zou kunnen zijn, dat het niet-geïmpregneerde kunststoffilter door zijn samenstelling met polyamidegaren en zijn daardoor grotere gevoeligheid voor opname van water meer uitzet in water dan het wel geïmpregneerde kunststoffilter. De openingen in het kunststoffilter, worden daardoor kleiner, hetgeen ook een kleinere waterdoorlatendheid oplevert. Bij het versterkte deel van het kunststoffilter werd daarentegen dit verschijnsel niet waargenomen. In hoeverre de gewichtshoeveelheid bitumen ten opzichte van de gewichtshoeveelheid garen een rol speelt is door middel van dit onderzoek niet na te gaan.

Bij de bepaling van de waterdoorlatendheid werd ook waargenomen, dat de waterdoorlatendheid van de met bitumen geïmpregneerde kunststoffilters afhankelijk

was van de tijd gedurende welke een bepaald verval (b.v. 5 mwk) was ingesteld. Het filter werd opener door het drukverschil en de plasticiteit van het bitumen. Als voorbeeld hiervan is hieronder het verloop van de waterdoorlatendheid (filtersnelheid u_f bij 5 mwk) gedurende zekere tijd weergegeven.



Een exacte bepaling van de openingskarakteristiek O_{90} was niet mogelijk. De kleinste geijkte zandfractie heeft afmetingen van 53-75 μm , terwijl als eis was gesteld dat $O_{90} < 10 \mu\text{m}$ moest zijn. Bovendien bleef het met bitumen geïmpregneerde doek kleverig, waardoor het zand aan het doek kon vastplakken.

Om toch een indruk te krijgen van de poriën en de grootte ervan werd een monster onder een mikroskoop gelegd. De poriëngrootte werd daarbij bepaald door deze enerzijds te vergelijken met de dikte van de weefgarens (ca. 1 mm) en anderszijds met uitgezeefde zandkorrels met afmetingen variërend van 0-38 μm . De grootste openingen, die aldus konden worden waargenomen hadden in bovenaanzicht afmetingen in de orde van 100 μm . Deze poriëngroottes waren bij alle drie typen waarneembaar. Wel werd het aantal poriën geringer naarmate het doek met meer bitumen geïmpregneerd was. Wat betreft de met een mikroskoop waargenomen afmetingen moet wel opgemerkt worden, dat dit afmetingen in bovenaanzicht zijn. In "scheef" aanzicht zijn deze afmetingen groter. Dit zijn bovendien reële afmetingen.

Vervolgens werd een oriënterend proefje uitgevoerd naar de zanddichtheid van het met 400 g/m^2 bitumen geïmpregneerde kunststoffilter in het waterdoor-

latendheidsapparaat. Er werd daarbij over het filter een verval van ca. 0,20 m (verhang ca. 100) ingesteld. In tegenstelling tot de gebruikelijke opstelling werd door middel van een eenvoudige aanpassing van boven naar beneden gestroomd. Dit bood namelijk de mogelijkheid om zand met afmetingen van 0-38 μm in het water te strooien. Er bleek duidelijk sprake te zijn van zanddoorgang.

Tenslotte werd toch ook nog getracht de gebruikelijke zeefanalyse uit te voeren met uitgezeefd zand van 0-38 μm . Ondanks de "kleverigheid" van het kunststoffilter bleef maar ca. 10% van het zand op of in het filter achter. Uit deze resultaten kan ondanks de min of meer gebrekkige methodes van bepaling toch worden afgeleid, dat een " O_{90} " < 10 μm niet mogelijk is door een dergelijk doek te impregneren met bitumen. Zoals uit het mikroskopisch onderzoek bleek, blijven de grote poriën gehandhaafd. Het aantal poriën wordt wel geringer. Met name de kleinere poriën verdwijnen. In dat geval is een zeefanalyse niet verantwoord (zie ook 3.3.2 en bijlage 2).

3.3.2 Geperforeerde folie

Als variant op een met bitumen geïmpregneerd kunststoffilter werd gedacht aan een konstruktie met een geperforeerde folie. In dat kader werden vier oriënterende proefjes uitgevoerd om de waterdoorlatendheid en de zanddichtheid van geperforeerde folies te onderzoeken. Hierbij was een zelfde folie volgens een zelfde patroon (1 gat/1,2 cm^2) op verschillende wijzen geperforeerd. De verschillen werden gecreëerd door variaties in de dikte en de vorm van de naald en de mate van perforatie. Het folie was zowel in de lengte als in de breedte met garen versterkt (1 draad per cm).

Uit het onderzoek naar de waterdoorlatendheid van de folies I, II, III en IV bleek, dat door middel van perforaties een gewenste mate van waterdoorlatendheid zonder meer is te bereiken (zie figuur 31). Wel moet daarbij worden opgemerkt, dat deze waterdoorlatendheid bepaald wordt door een gering aantal gaten ten opzichte van die van een gewoonlijk toegepast kunststoffilter. Een geringe verandering van de grootte van een relatief gering aantal poriën (zowel tijdens de produktie als bij bijvoorbeeld dichtslibbing) kan de waterdoorlatendheid direkt sterk beïnvloeden.

De bepaling van de openingskarakteristiek O_{90} was niet mogelijk. Niet alleen

vanwege het feit dat er geen geijkte zandfrakties kleiner dan $53 \mu\text{m}$ waren (O_{90} is bovendien waarschijnlijk groter dan $53 \mu\text{m}$), maar vooral omdat door het geringe aantal poriën per cm^2 ten opzichte van die van een normaal kunststof-filter de gebruikelijke onderzoeksprocedure niet verantwoord is. In bijlage 2 wordt hiervan een nadere uitwerking gegeven.

Evenals in paragraaf 3.3.1 werd daarom ook hier een mikroskopisch onderzoek naar de grootte van de perforaties (poriën) verricht. Ook hier werd in bovenaanzicht een gemiddelde poriëngrootte van ca. $100 \mu\text{m}$ gevonden. In tegenstelling tot de poriëngroottes van de met bitumen geïmpregneerde weefsels zijn deze porieafmetingen in bovenaanzicht reële afmetingen.

3.3.3 Kunststoffilter met geperforeerde folie (gelijmd)

Aangezien was gebleken, dat door middel van het perforeren van folies de gewenste geringe waterdoorlatendheid gerealiseerd kon worden, werd gezocht naar een variant, waarbij ook aan de andere eisen (onder andere sterkte en rek) kon worden voldaan. Een mogelijkheid daartoe was het hechten van geperforeerde folie door middel van bitumen op een onderlaag bestaande uit het weefsel (type doek) 08-08-02. Door de aanwezigheid van het laagje bitumen zouden bovendien de poriënafmetingen af kunnen nemen. Het folie bestond uit een gecoat NICOLON bandweefsel met 1 perforatie per $1,2 \text{ cm}^2$.

Er werden drie proeven uitgevoerd met verschillende gewichtshoeveelheden bitumen, te weten 100 g/m^2 , 150 g/m^2 en $x \text{ g/m}^2$ (onbekende hoeveelheid). Bij het onderzoek bleek, dat het folie niet glad aangestroken op het doek lag. Er waren in het folie rimpels aanwezig, waardoor er tussen het folie en het doek gangen en ruimtes ontstonden, die tijdens de proef variëerden in grootte en zich ook verplaatsten. De hechting was blijkbaar onvoldoende. Er trad daardoor een verloop op in de waterdoorlatendheid. Het gebogen verloop van de resultaten en het verschil tussen een eerste en een tweede meting zijn daar in figuur 32 een bewijs van.

Ook hier gold weer, dat de bepaling van de openingskarakteristiek O_{90} niet verantwoord was door het geringe aantal poriën per eenheid van oppervlak. Wel bleek tijdens één uitgevoerde meting, dat door het loslaten van het folie van het doek er zich tussen het doek en het onderliggende folie een hoeveelheid zand verzamelde. De zanddichtheid werd daardoor weer bepaald door de perfora-

ties in het folie. Deze waren weer in de orde van ca. 100 μm .

3.3.4 Kunststoffilters met geperforeerde folie (genaaid)

Tenslotte werd een variant beproefd, waarbij het geperforeerde folie op regelmatige afstanden op een doek was vastgenaaid. Het geperforeerde folie bestond uit een gecoat bandweefsel (NICOPAC).

Om meer inzicht in het gecombineerde systeem te krijgen werd de waterdoorlatendheid zowel van het doek en het geperforeerde folie afzonderlijk als ook van de combinatie ervan bepaald. Bovendien werd ook de waterdoorlatendheid gemeten van de combinatie met een in het monster aanwezige naainaad.

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in figuur 33. Hieruit blijkt dat de waterdoorlatendheid van de combinatie niet gelijk hoeft te zijn aan de som van waterdoorlatendheid van de twee delen afzonderlijk. De onderlinge afstand tussen het folie en het doek speelt hierbij een belangrijke rol. Bovendien bleek uit de metingen, dat de waterdoorlatendheid van het geheel sterk beïnvloed kan worden door de aanwezigheid van een naainaad (extra perforaties). Door de aanwezigheid van een 5 cm lange naainaad op een oppervlak van ca. 20 cm^2 werd de waterdoorlatendheid (c.q. filtersnelheid bij 1 mwk.) ca 12 x groter.

Ook hier kon geen openingskarakteristiek O_{90} gemeten worden. Met behulp van een mikroskoop werd een maximale porieafmeting van ca. 100 μm in het folie gevonden.

Fabrikant	Code	O_{90} (μm)	O_{98} (μm)	Δh_1 (mm)	i_1 (-)	Δs (mm)
BIDIM	U24	190	215	4,3	3,6	1,2
TREVIRA	Spunbond 150 g/m ²	175	208	3,6	3,0	1,2
TREVIRA	Spunbond 200 g/m ²	207	225	4,7	2,8	1,7
SODOCA	AS 320	145	172	7,8	3,4	2,3
NICOLON	P-08015/B1	520	630	0,20	0,40	0,5
NICOLON	P-08015/B3	435	520	0,065	0,160	0,4
ROBUSTA	18-10-019PE	490	600	0,20	0,50	0,4
LUTRADUR	H7220	103	119	5,0	9,1	0,55
LUTRADUR	H7225	86	102	7,3	10,4	0,7
TYPAR	170 g/m ²	97	130	18	40	0,45
ICI	-	90	115	7,3	9,1	0,8
COLBACK	150 g/m ²	170	190	2,3	3,3	0,7
DUPONT	x	200	225	7,5	16,7	0,45
DUPONT	y	140	185	5,3	13,3	0,4
DUPONT	z	137	185	13,2	26,4	0,5
ROBUSTA	14-09-019	650	780	0,037	0,092	0,4
ROBUSTA	18-09-019	580	675	0,037	0,092	0,4
ICI	-	65	103	-	-	-
DUPONT	1	110	140	20,3	40,6	0,5
DUPONT	2	125	160	21,0	42,0	0,5
DUPONT	3	130	180	8,4	16,8	0,5
NICOLON	80 W 363	400	500	6,0	6,7	0,9
DUPONT	Woudenberg II	1400	1650	0,32	0,27	1,2
ICI	doek (drager)	-	-	562	225	2,5
NICOLON	doek (drager)	-	-	167	47,8	3,5
ROBUSTA	Jumbo 80	-	-	10,7	2,7	4,0

Tabel 1 Overzicht waterloopkundige karakteristieken kunststoffilter voor de funderingsmat.

Fabrikant	Code	O_{90} (μm)	O_{98} (μm)	Δh_1 (mm)	i_1 (-)	Δs (mm)	Bijzonderheden monsters
ROBUSTA	kwa1.1500	330	420	48	17	2,8	
NICOLON	03.0-01	< 64	67	1340	788	1,7	in lusstrook
	03.0-01	90	115	820	820	1,0	naast lusstrook
NICOLON	80 W 365A	125	150	390	229	1,7	in lusstrook
	-	190	215	48	48	1,0	naast lusstrook
	-	-	-	5,0	5,6	0,9	onder lusstrook

Tabel 2 Overzicht waterloopkundige karakteristieken kunststoffilters voor de grindworst

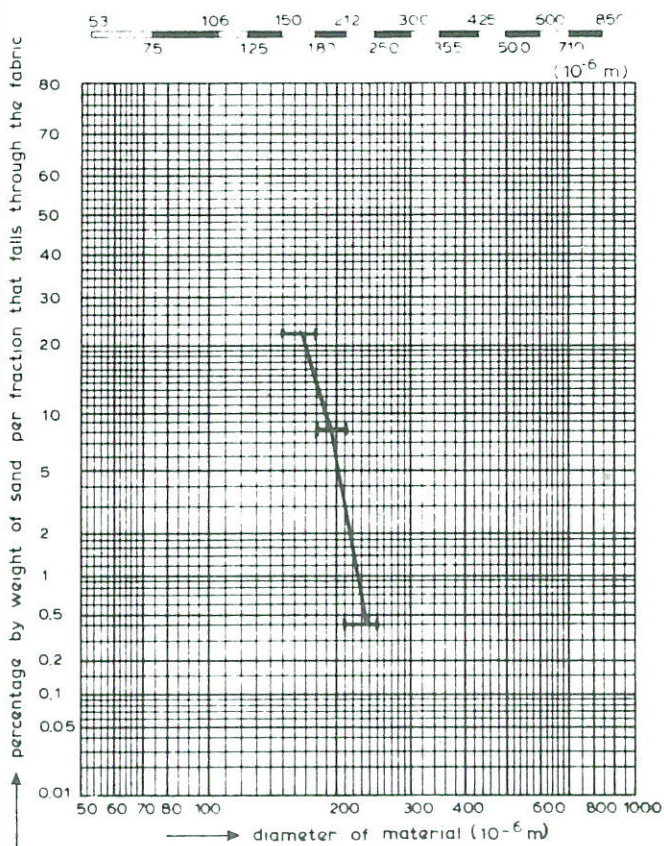
Fabrikant en type combinatie	code	Bijzonderheden	Δh_1 (mm)	$\Delta h_{0,1}$ (mm)	$q_{0,1}$ (1/s/m ²)	q_1 1/s/m ²)	q_5 (1/s/m ²)
NICOLON doek met bitumen geïmpreg- neerd	08-08-02 (0 g/m ²)	- versterkt	24 -	- 180	25 0,6	- 3,9	- 14
	08-08-02A (200 g/m ²)	- versterkt	6,8 -	- 560	53 0,26	- 1,6	- 5,5
	08-08-02B (300 g/m ²)	- versterkt	34 -	- 1400	18 0,15	- 0,8	- 2,6
	08-08-02C (400 g/m ²)	- versterkt	65 -	- 1900	13 0,10	- 0,6	- 2,2
NICOLON geperfo- reerde folie	I		-	1900	-	0,8	1,3
	II		-	-	-	-	0,7
	III		-	-	-	-	0,5
	IV		-	-	-	0,13	0,3
NICOLON doek en geperfo- reerde folie met bitumen	x g/m ²		-	2600	0,06	0,4	-
	100 g/m ²		-	1500	0,2	0,7	-
	150 g/m ²		-	1000/4000	0,8/3	0,26/1	-
NICOLON doek en geperfo- reerde folie (ge- naaid)	doek		10	-	-	-	-
	folie		-	-	-	0,1	0,3
	doek+folie		-	-	-	0,05	0,17
	doek+folie met naainaad		-	-	-	0,75	ca. 2

q_n = debiet in 1/s/m² bij een drukverschil van n mwk. over het kunststoffilter

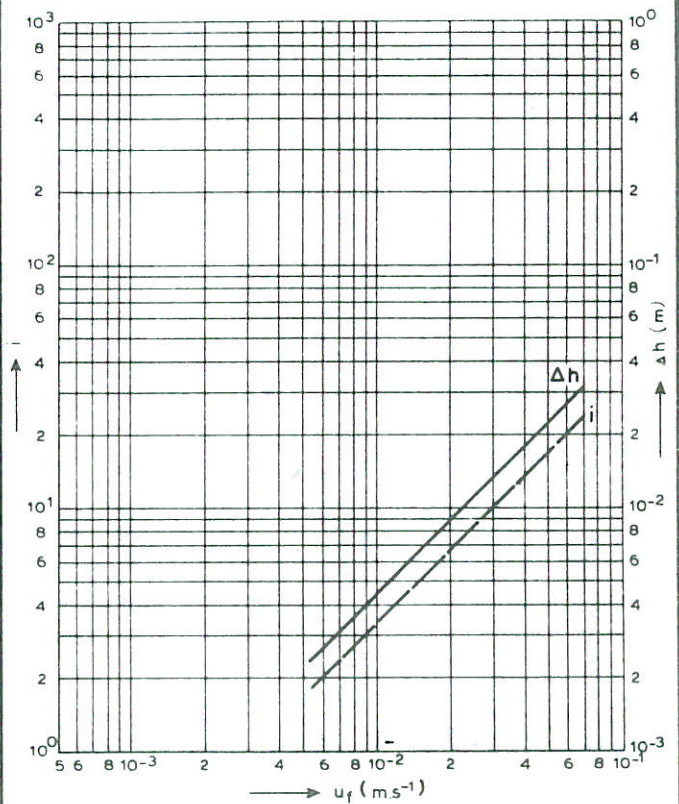
Tabel 3: Waterdoorlatendheid gecombineerde filters voor de grindworst.

BIDIM		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
U 24	m _x (mean)	190	215	4.3	3.6	1.2
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



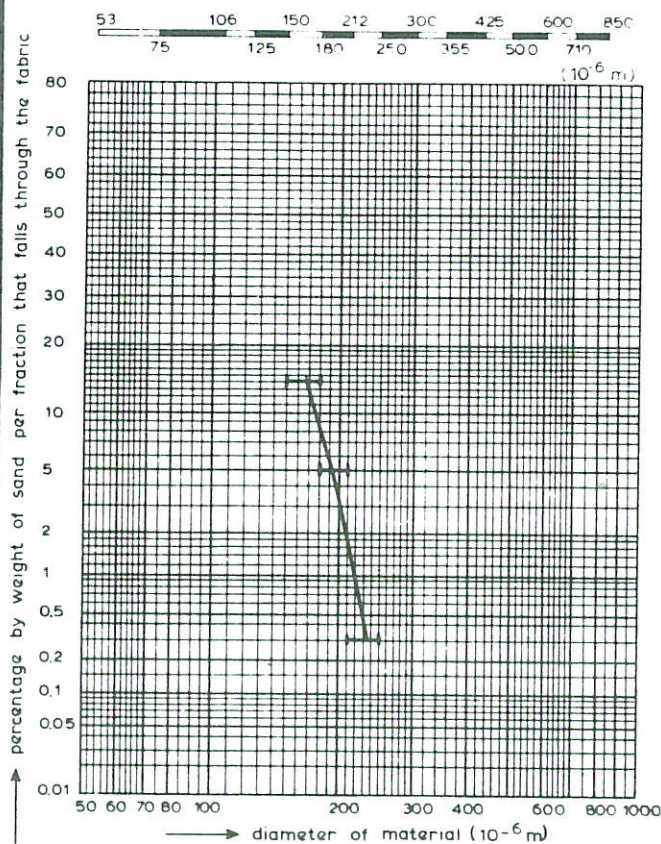
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

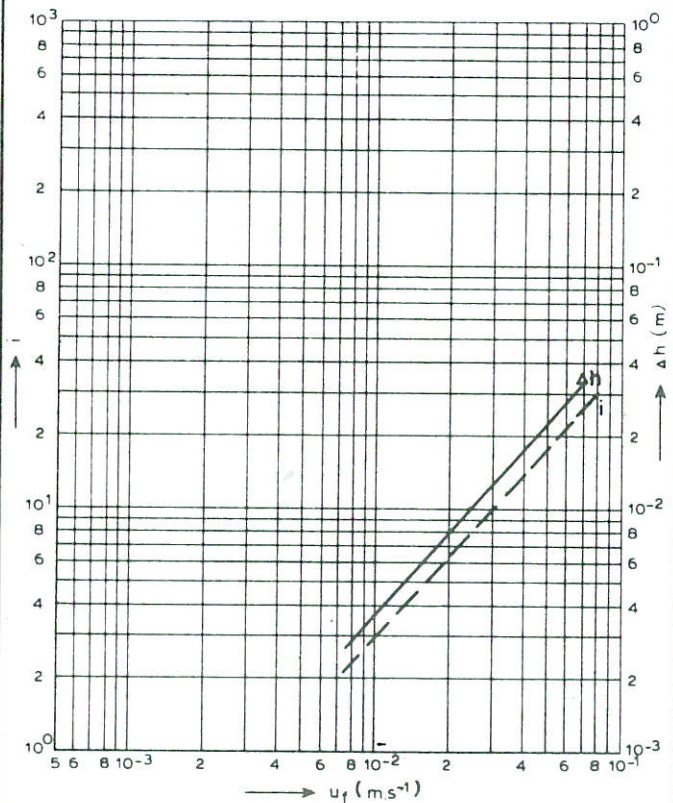
vlies

TREVIRA		O90 ($10^{-6}m$)	O98 ($10^{-6}m$)	Δh_1 ($10^{-3}m$)	i_1	Δs ($10^{-3}m$)
SPUNBOND 150 g/m ²	m_x (mean)	175	208	3.6	3.0	1.2
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

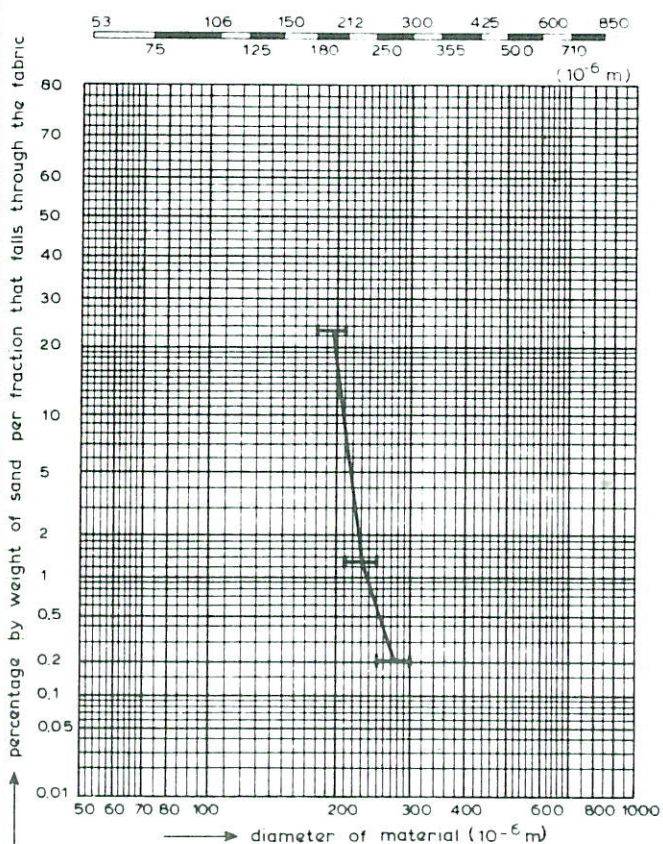
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

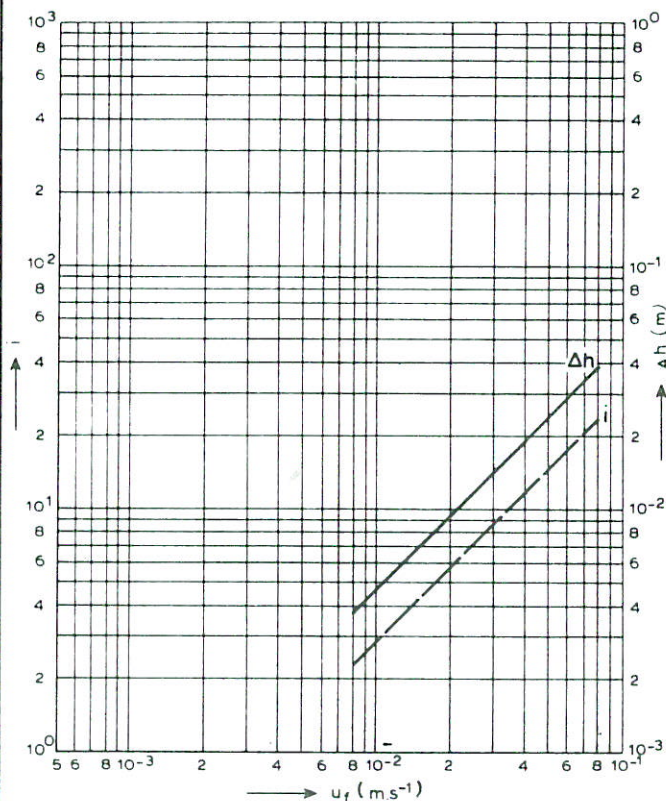
FIG. 2

TREVIRA		O90 ($10^{-6}m$)	O98 ($10^{-6}m$)	Δh_1 ($10^{-3}m$)	i_1	ΔS ($10^{-3}m$)
SPUNBOND 200 g/m ²	m_x (mean)	207	225	4.7	2.8	1.7
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



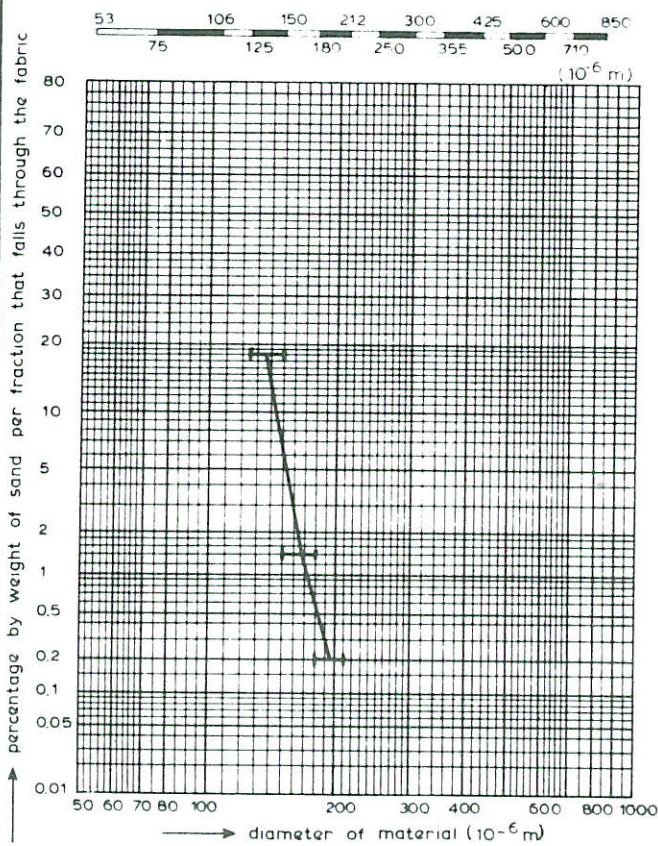
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

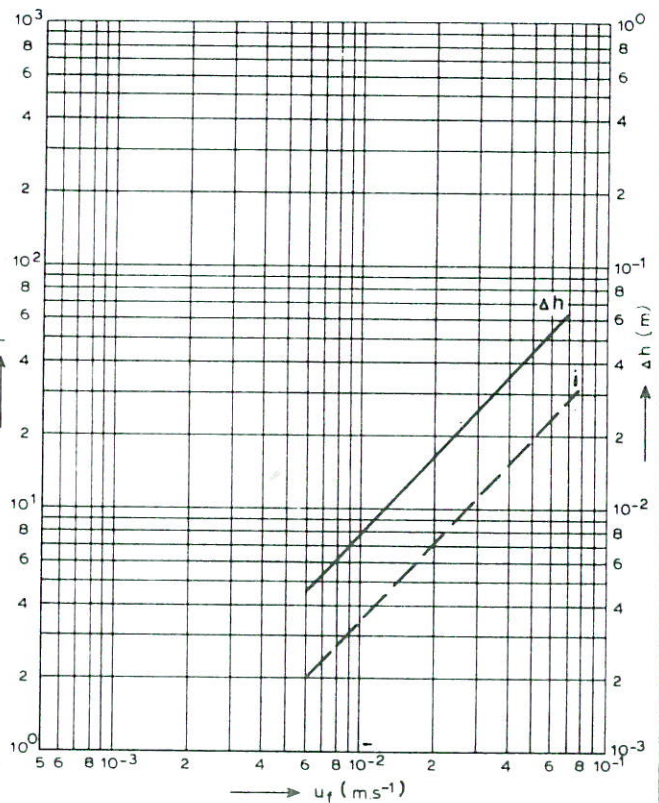
vlies

SODOCA		O90 (10^{-6} m)	O98 (10^{-6} m)	Δh_1 (10^{-3} m)	i_1	ΔS (10^{-3} m)
AS 320	m_x (mean)	145	172	7.8	3.4	2.3
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

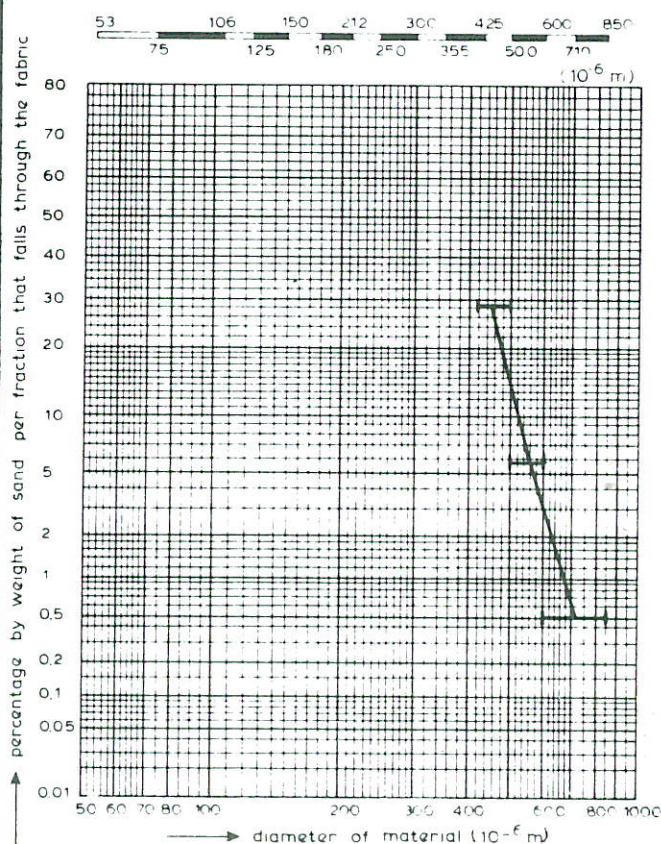
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

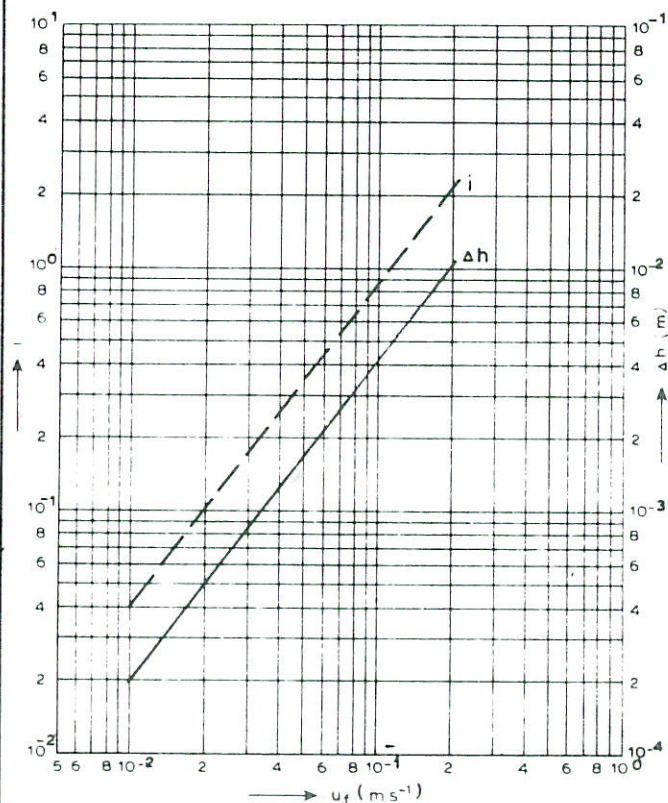
FIG. 4

NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
P.08015/B1	m _x (mean)	520	630	0.20	0.40	0.5
	S _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



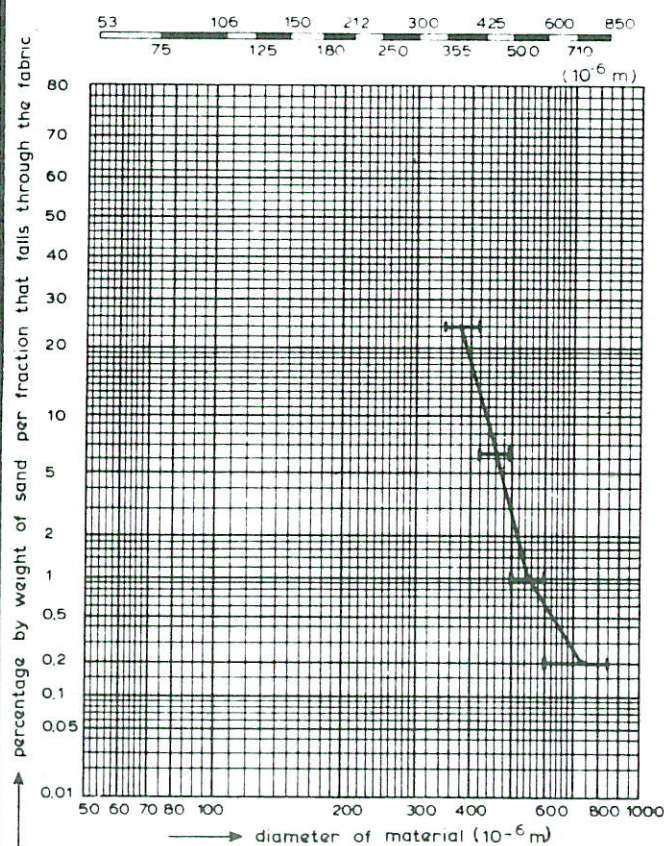
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

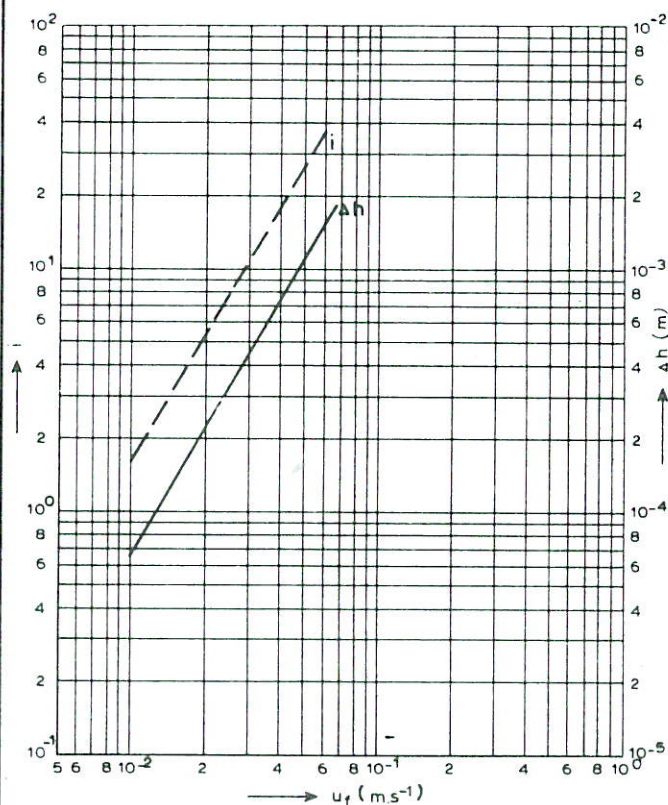
gaas

NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
P.08015/B3	m _x (mean)	435	520	0.065	0.160	0.4
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

gaas

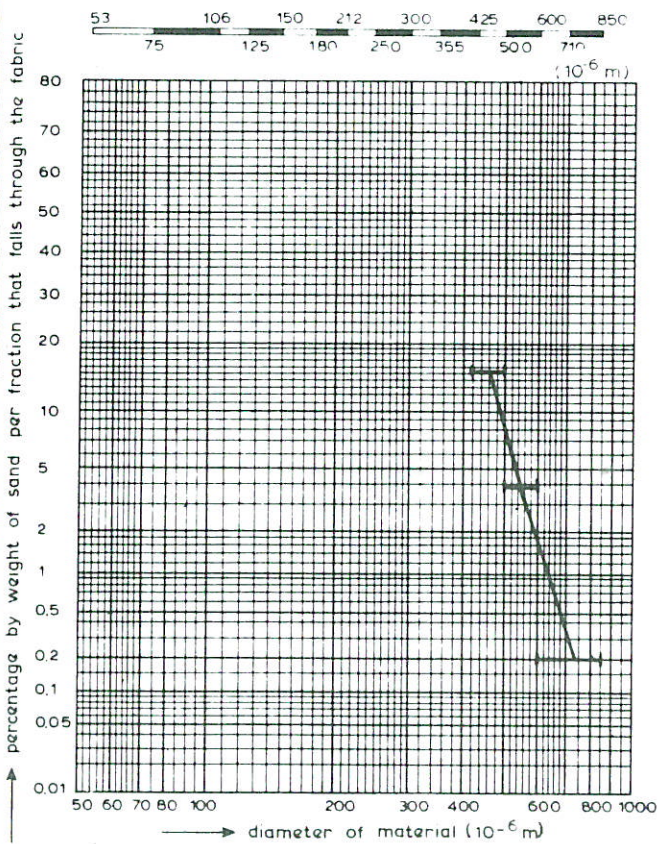
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

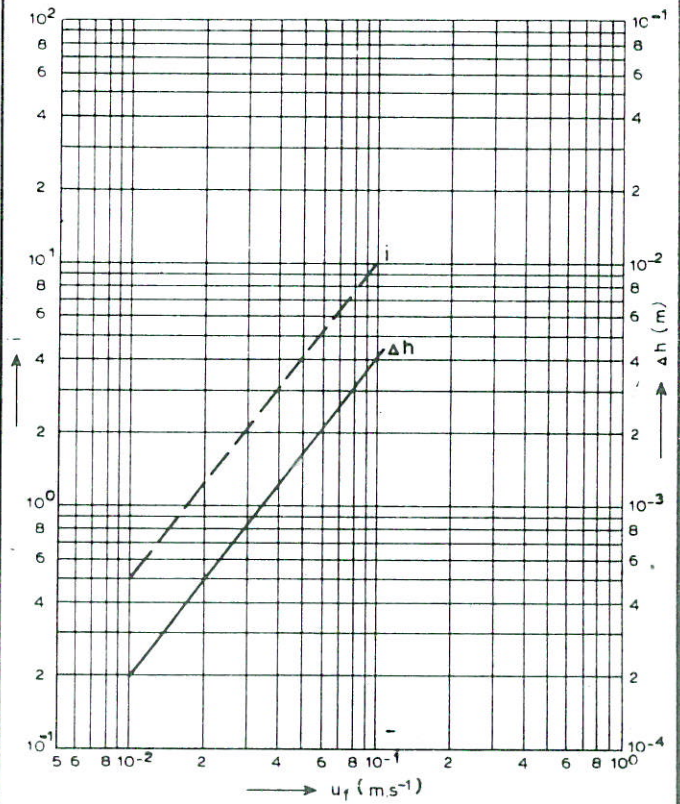
FIG. 6

ROBUSTA		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
18-10-019PE	m _x (mean)	490	600	0.20	0.50	0.4
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



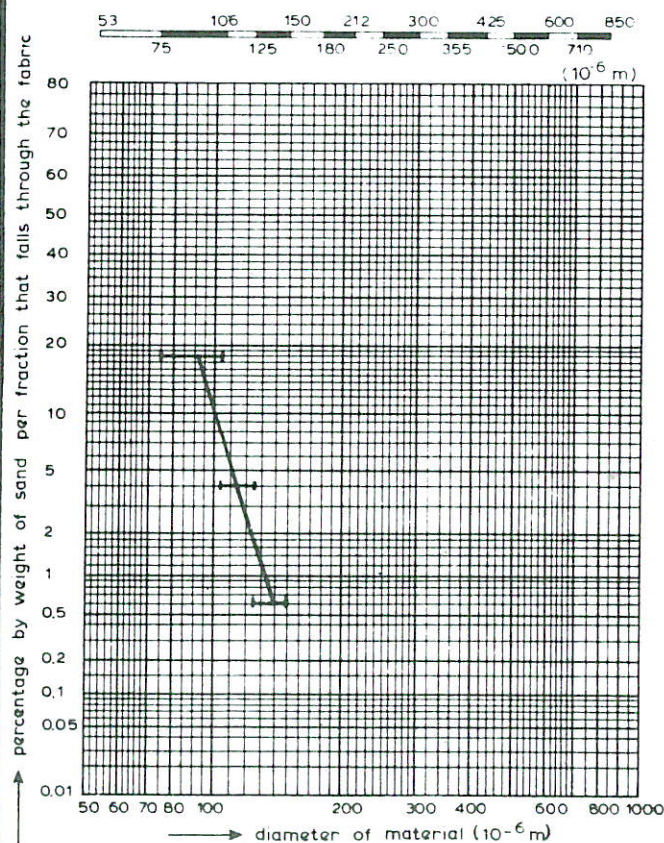
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

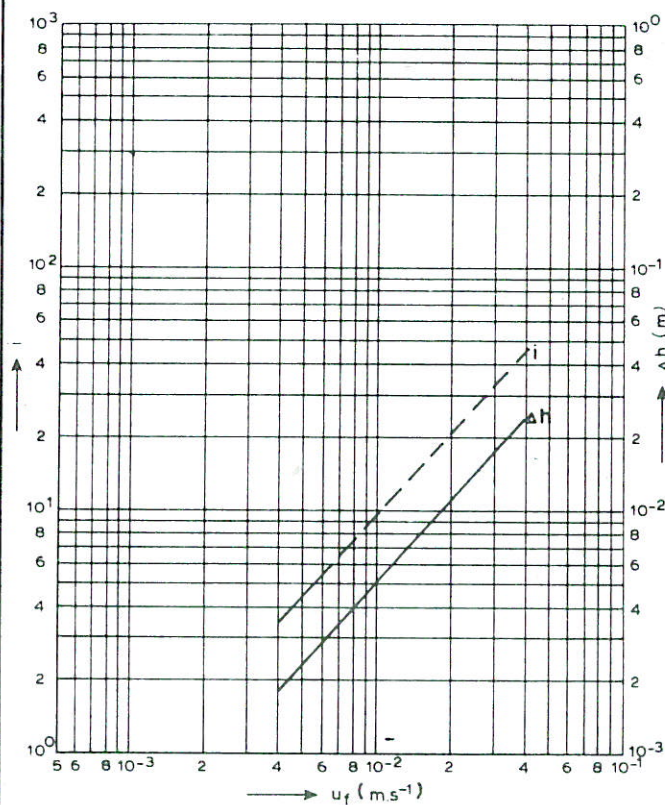
gaas

LUTRADUR		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
H 7220	m _x (mean)	103	119	5.0	9.1	0.55
	s _x (standard-deviation)	9.1	10.7	0.9	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



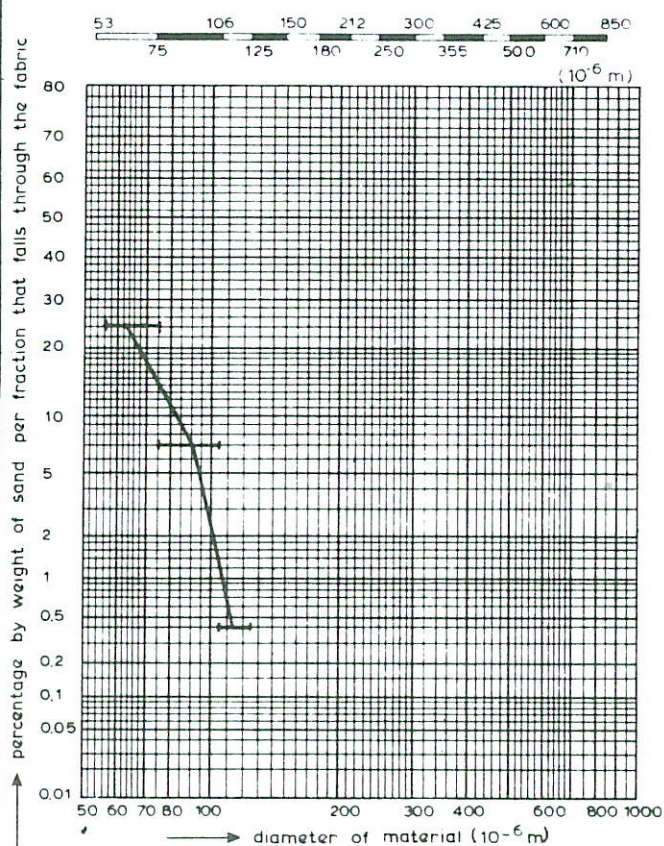
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

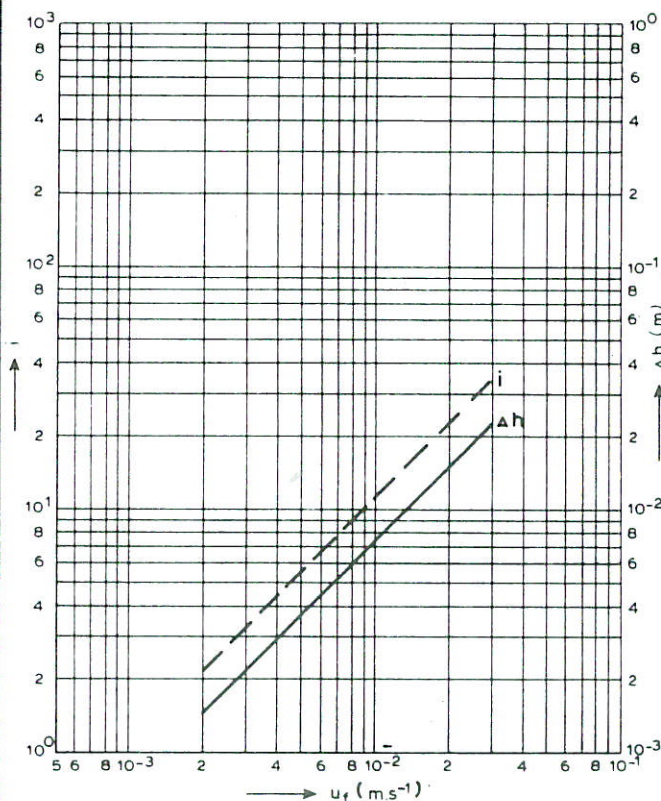
vlies

LUTRADUR		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
H 7225	m _x (mean)	86	102	7.3	10.4	0.7
	s _x (standard-deviation)	7.8	4.5	1.4	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

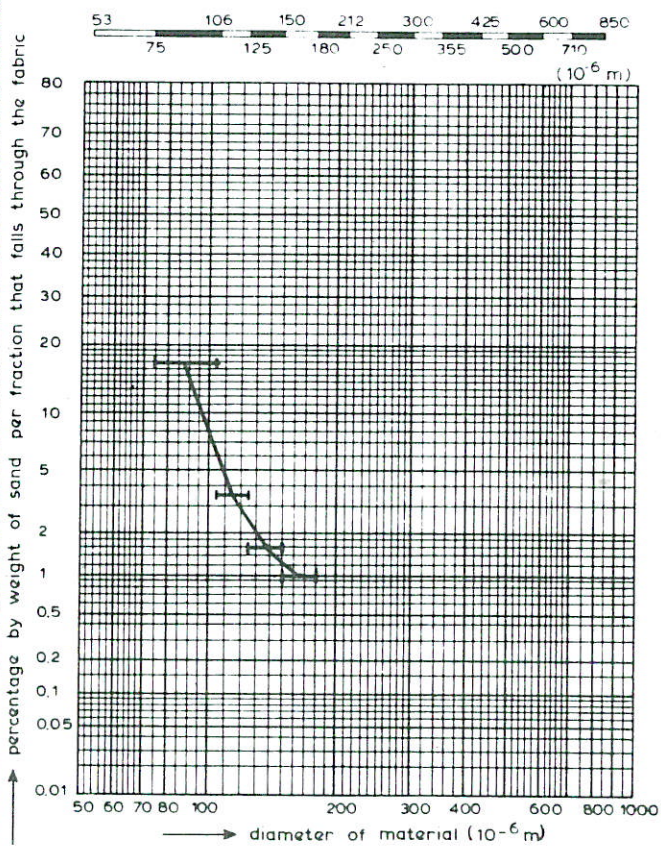
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

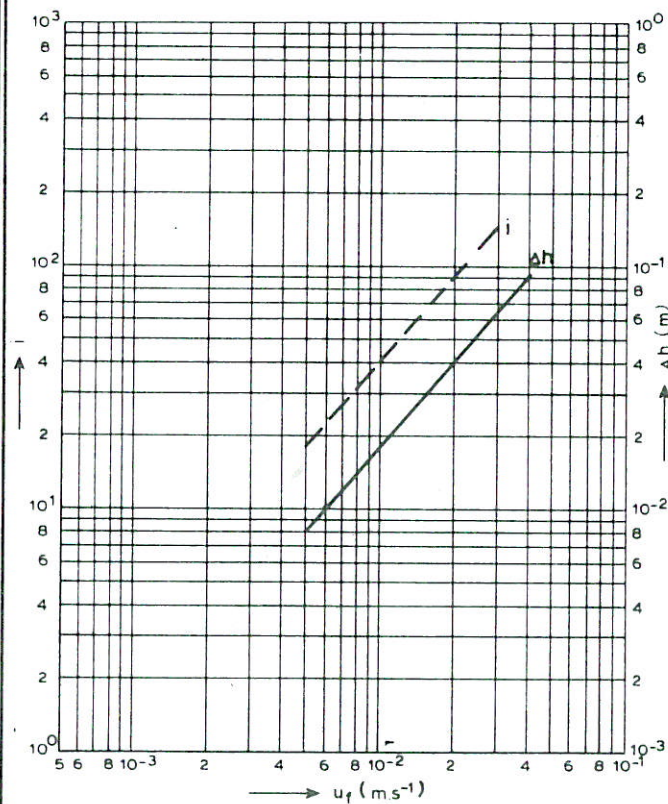
FIG. 9

TYPAR		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
170 g/m ²	m _x (mean)	97	130	18	40	0.45
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

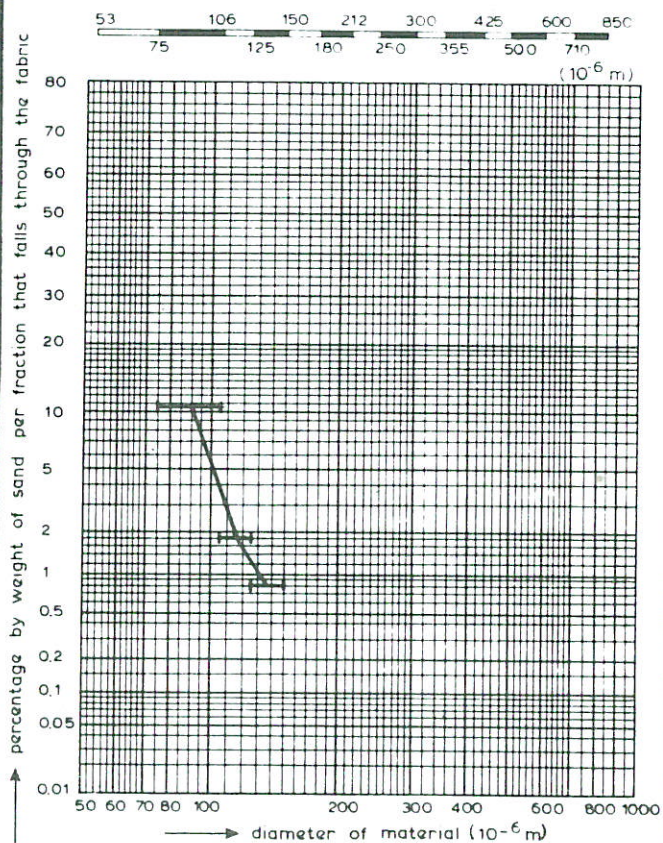
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

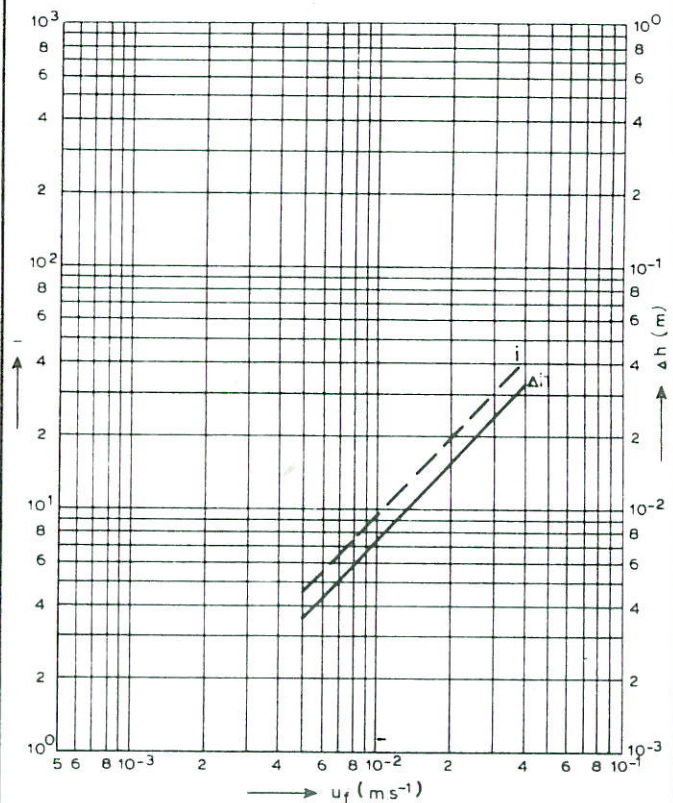
FIG. 10

ICI		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
	m _x (mean)	90	115	7.3	9.1	0.8
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



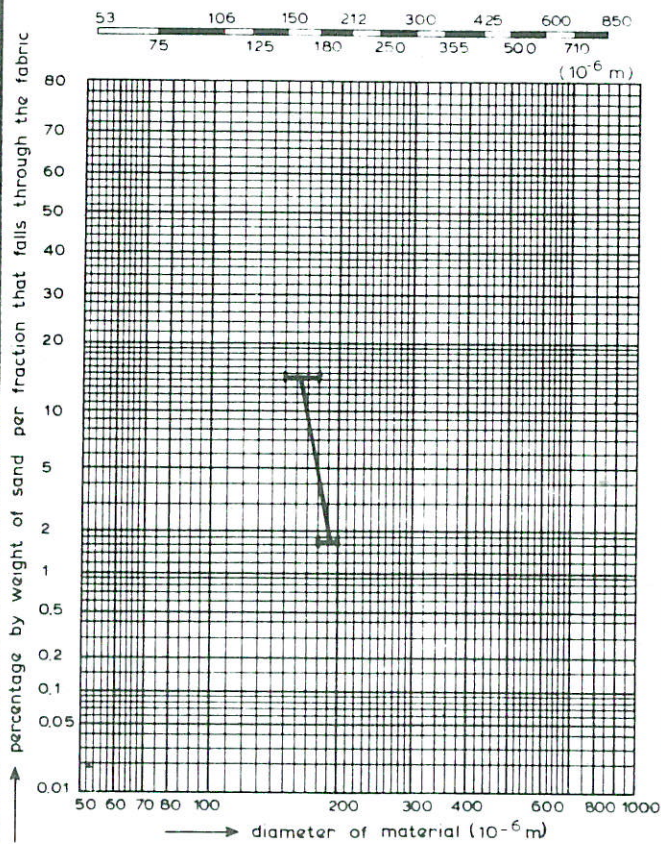
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

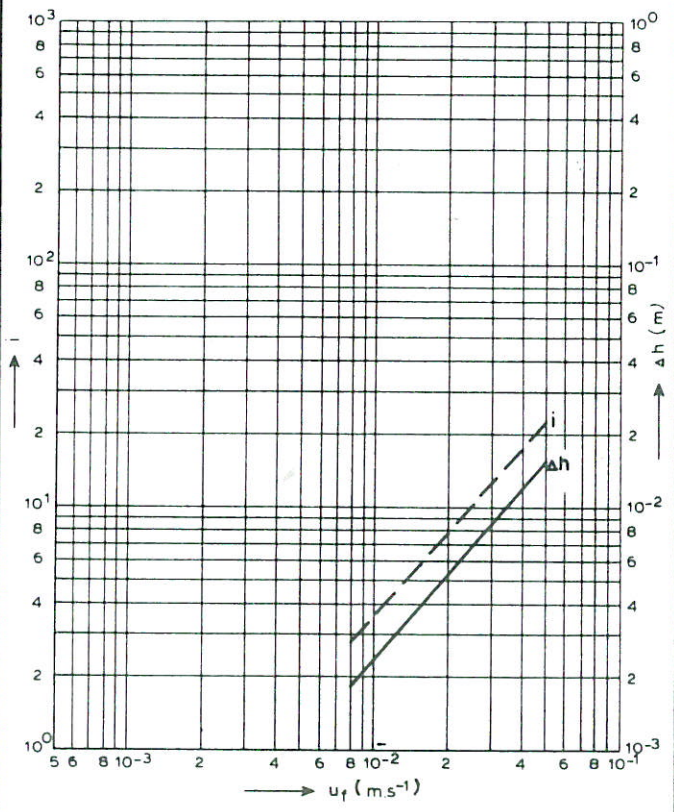
vlies

COLBACK		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
150 g/m ²	m _x (mean)	170	190	2.3	3.3	0.7
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS

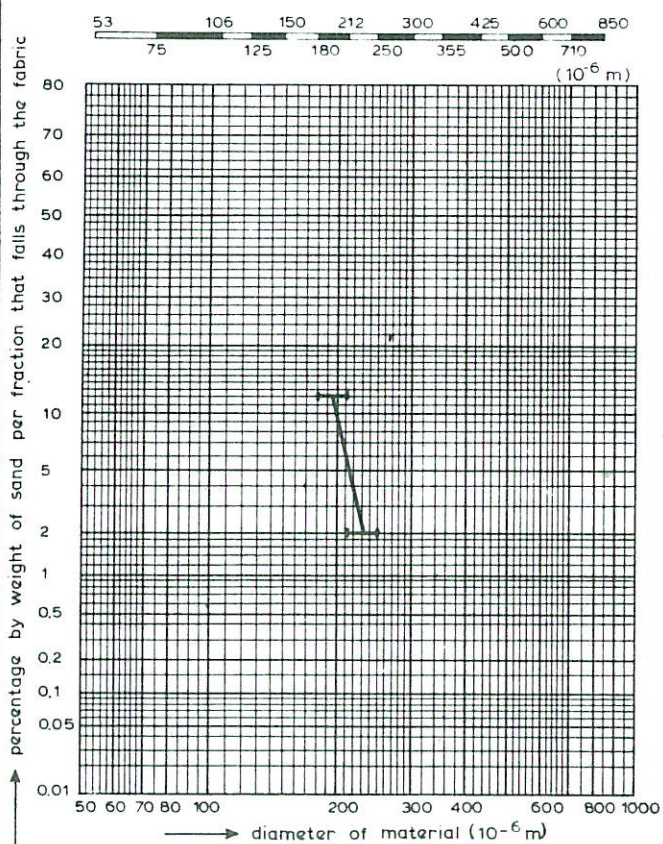


PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

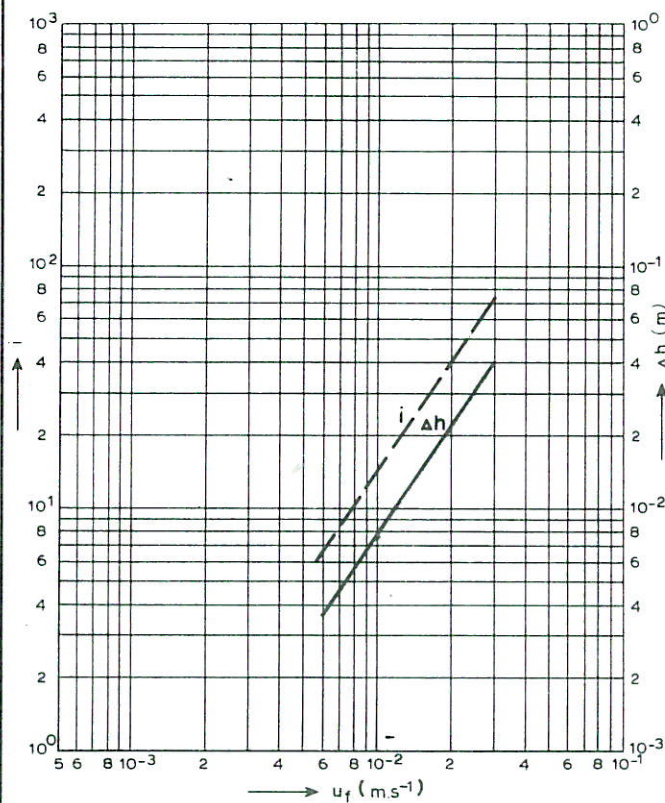
WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT	vlies	
DELFT HYDRAULICS LABORATORY	M 1691	FIG. 12

Dupont		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
x	m _x (mean)	200	225	7.5	16.7	0.45
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



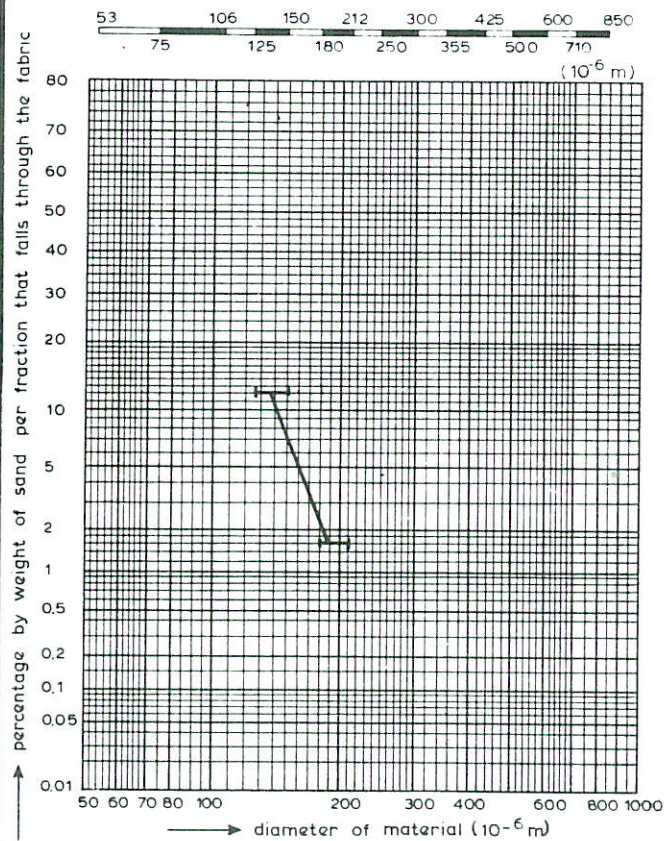
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

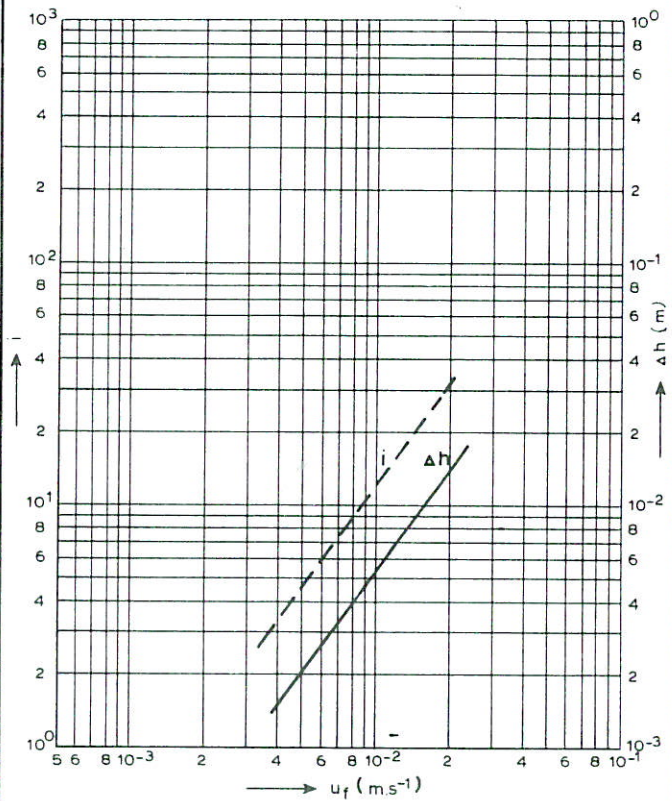
vlies

Dupont		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
y	m _x (mean)	140	185	5.3	13.3	0.4
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

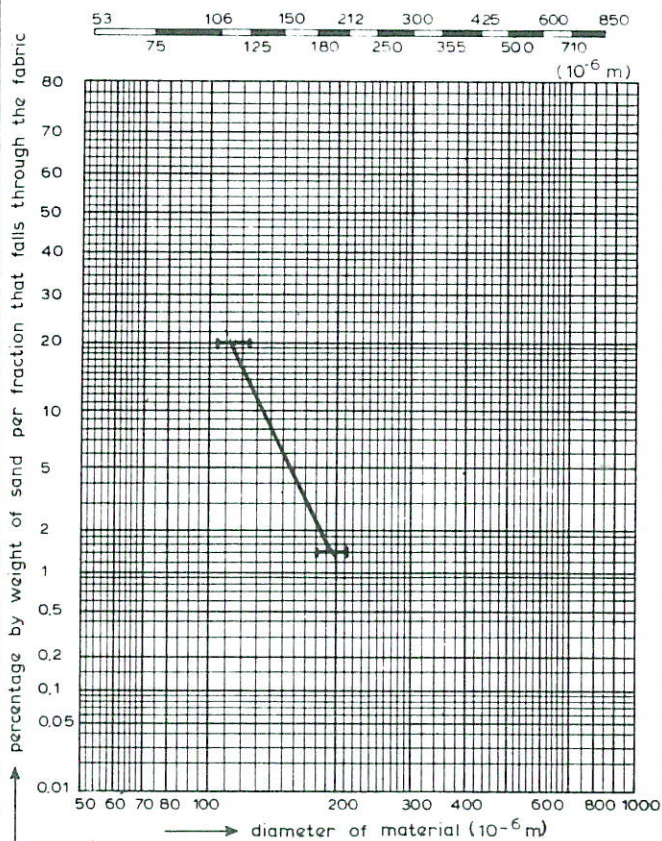
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

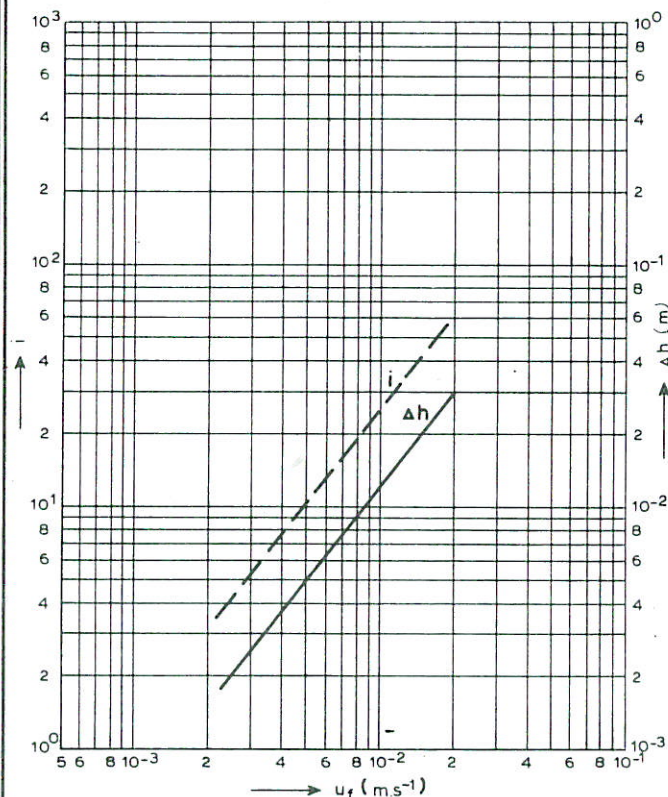
FIG. 14

Dupont		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
z	m _x (mean)	137	185	13.2	26.4	0.5
	S _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



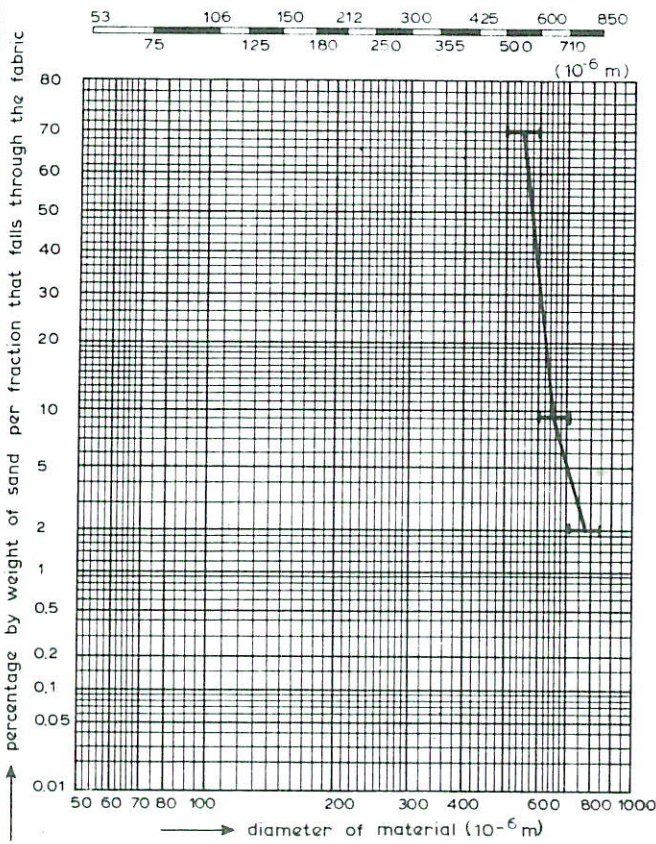
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIG KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

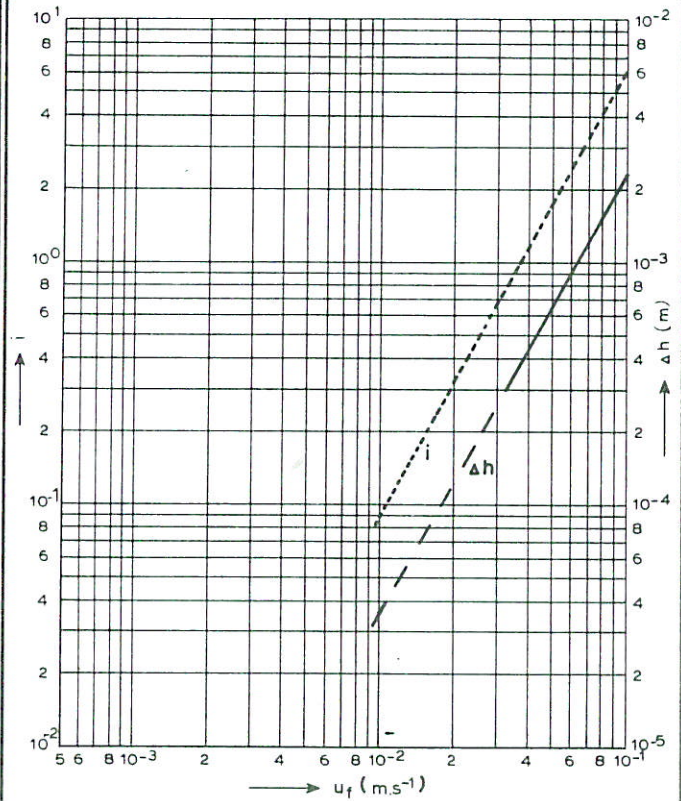
vlies

ROBUSTA		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
14 - 09 - 019	m _x (mean)	650	780	0,037	0,092	0,4
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



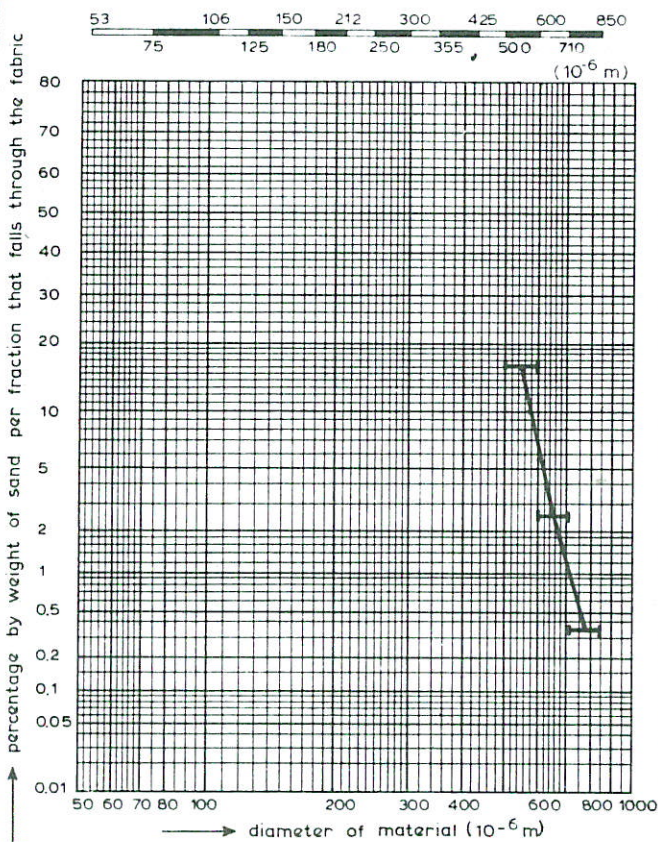
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

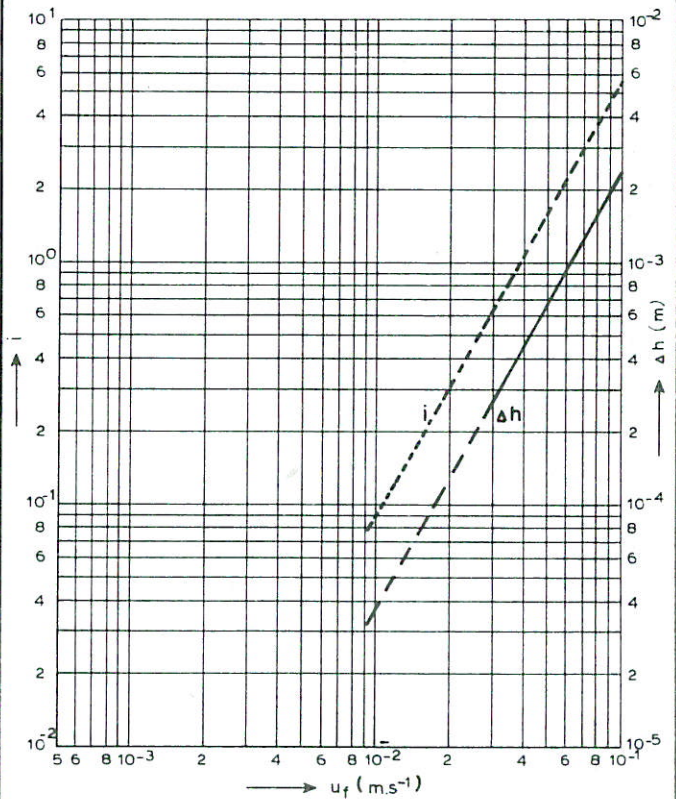
gas

ROBUSTA		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
18 - 09 - 019	m _x (mean)	580	675	0,037	0,092	0,4
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

gas

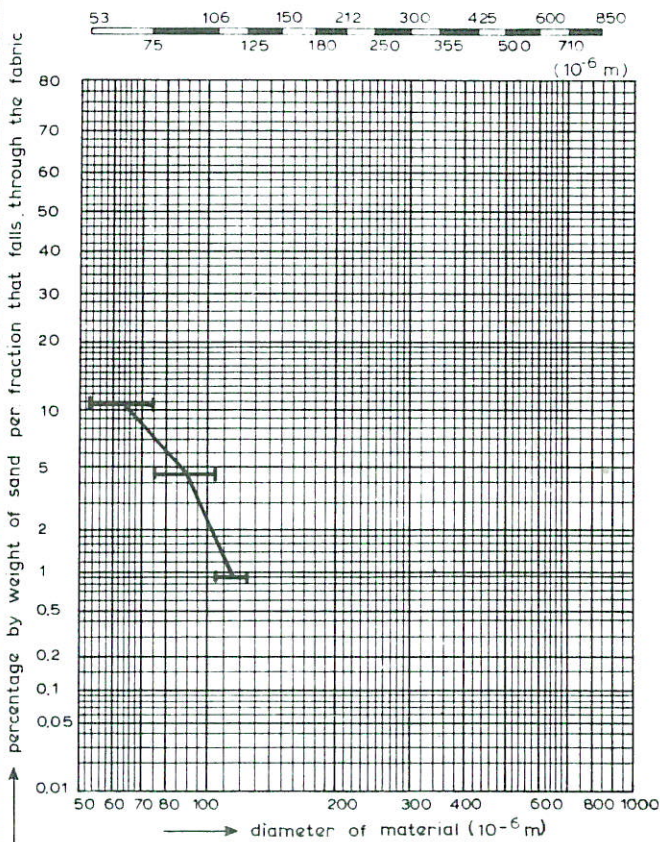
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

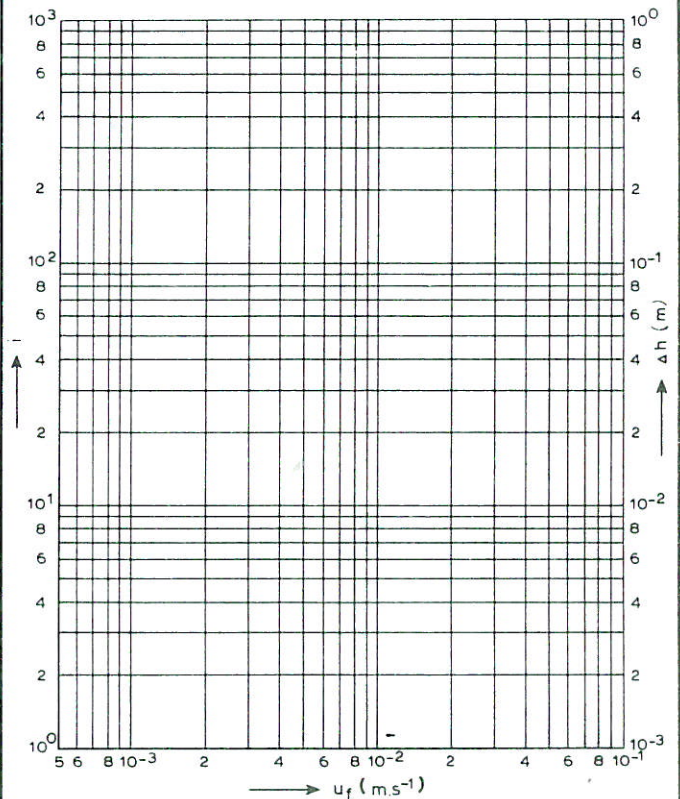
FIG. 17

ICI		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
	m _x (mean)	65	103	-	-	-
	s _x (standard-deviation)	-	-	-	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



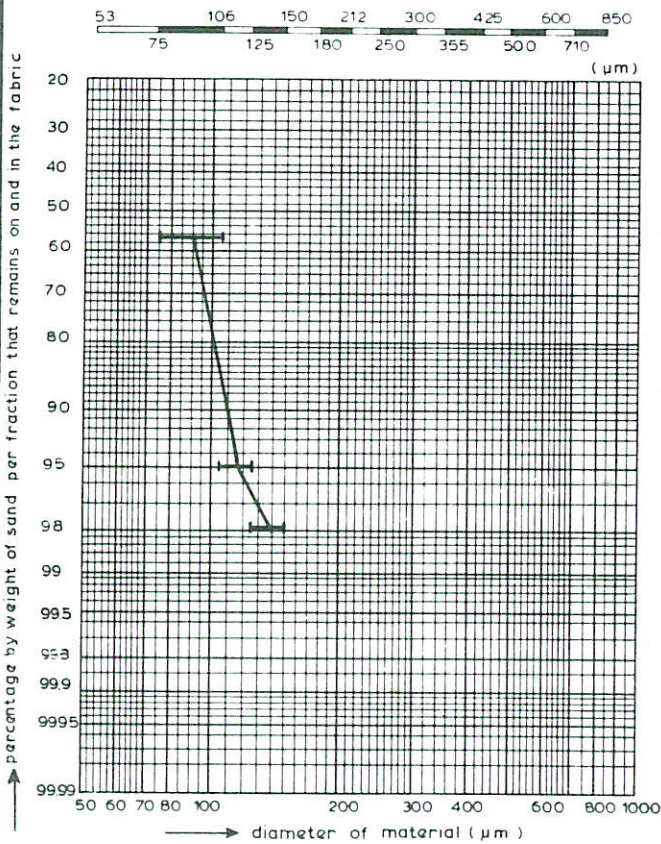
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

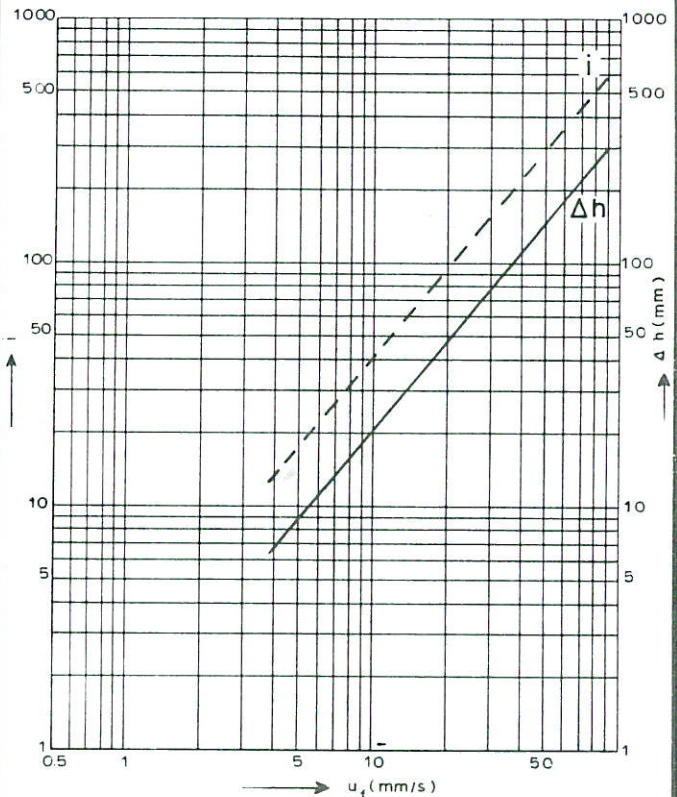
vlies

DUPONT		O ₉₀ (μm)	O ₉₈ (μm)	Δh_1 (mm)	i_1	ΔS (mm)
1	m_x (mean)	110	140	20,3	40,6	0,5
	S_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

vlies

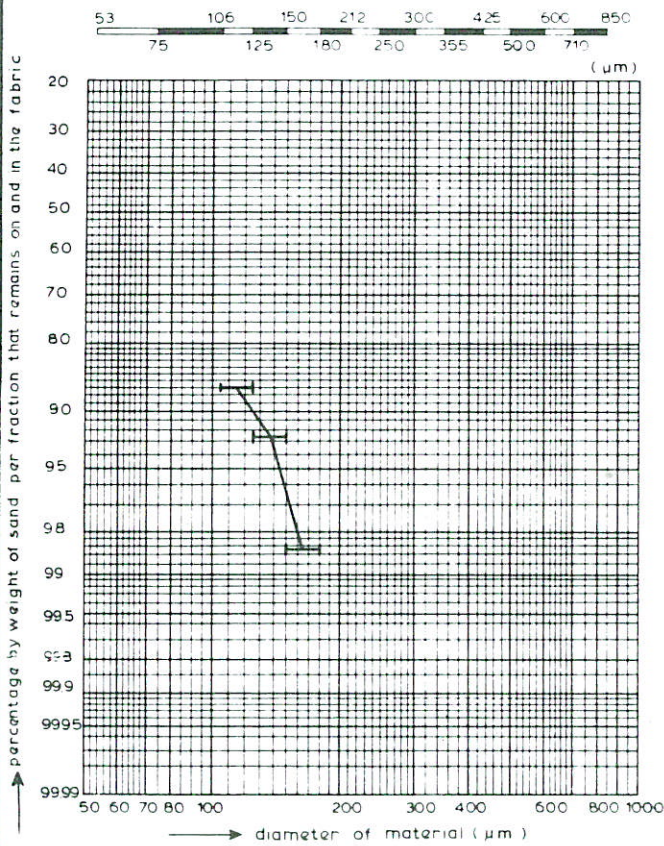
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

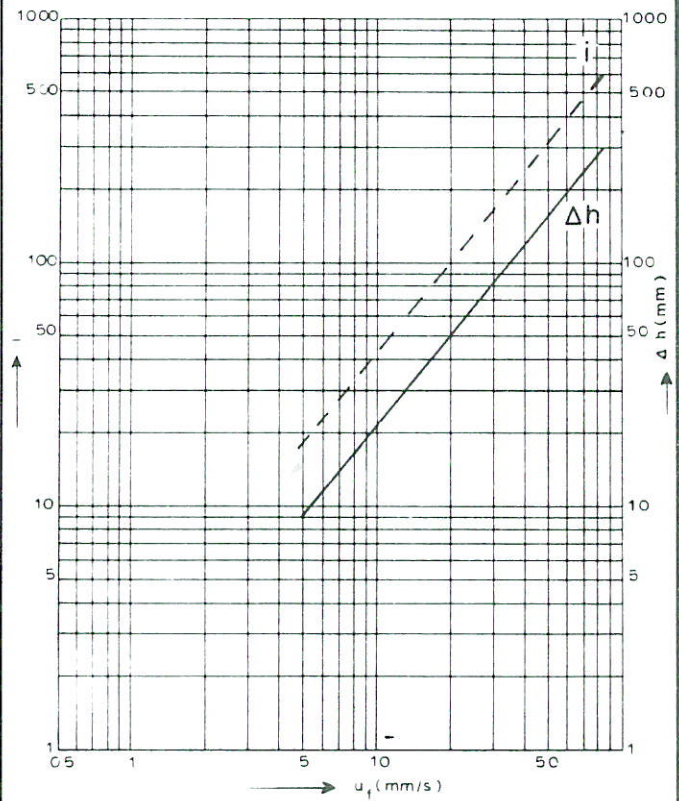
FIG. 19

DUPONT		O ₉₀ (μm)	O ₉₈ (μm)	Δh_1 (mm)	i_1	Δs (mm)
2	m_x (mean)	125	160	21,0	42,0	0,5
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



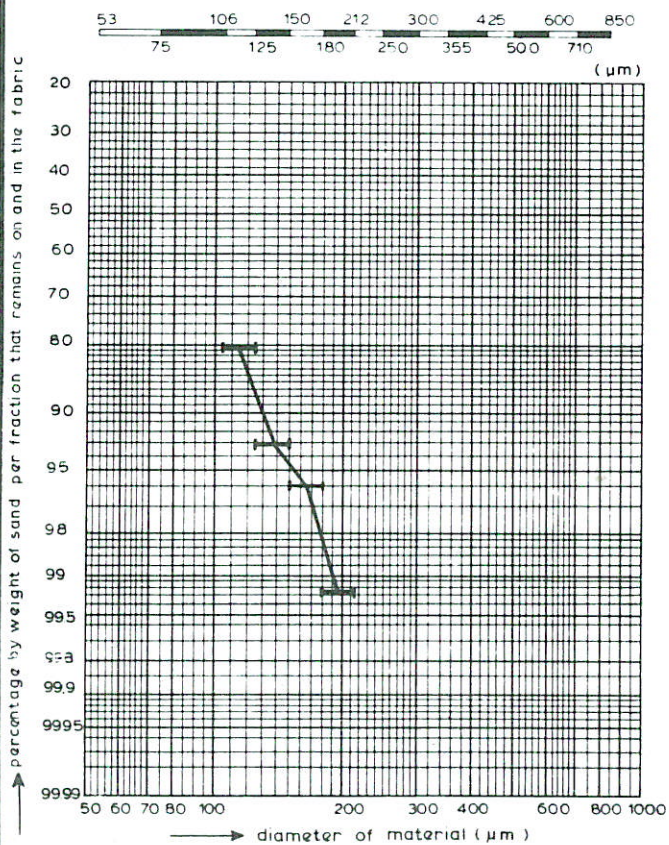
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

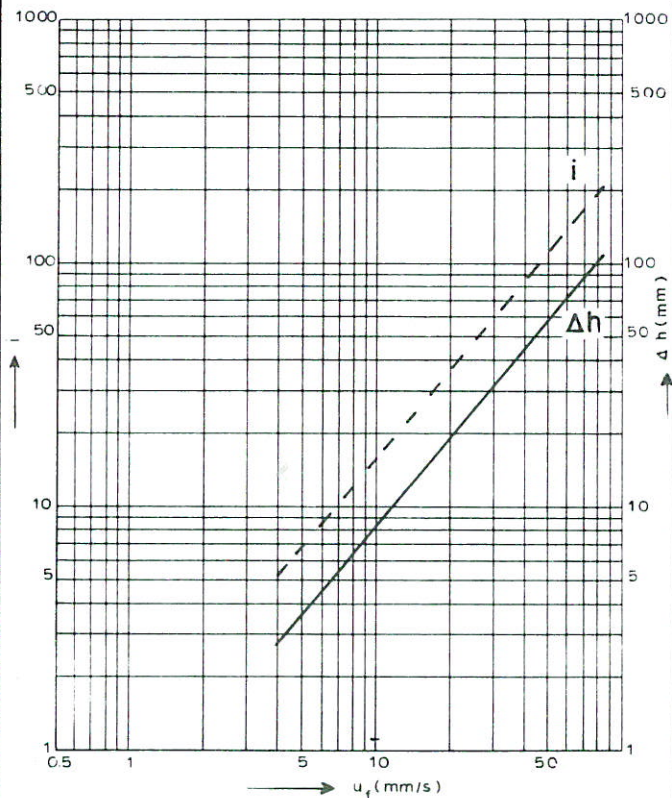
vlies

DUPONT		O ₉₀ (μm)	O ₉₈ (μm)	Δh_1 (mm)	i_1	ΔS (mm)
3	m_x (mean)	130	180	8,4	16,8	0,5
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



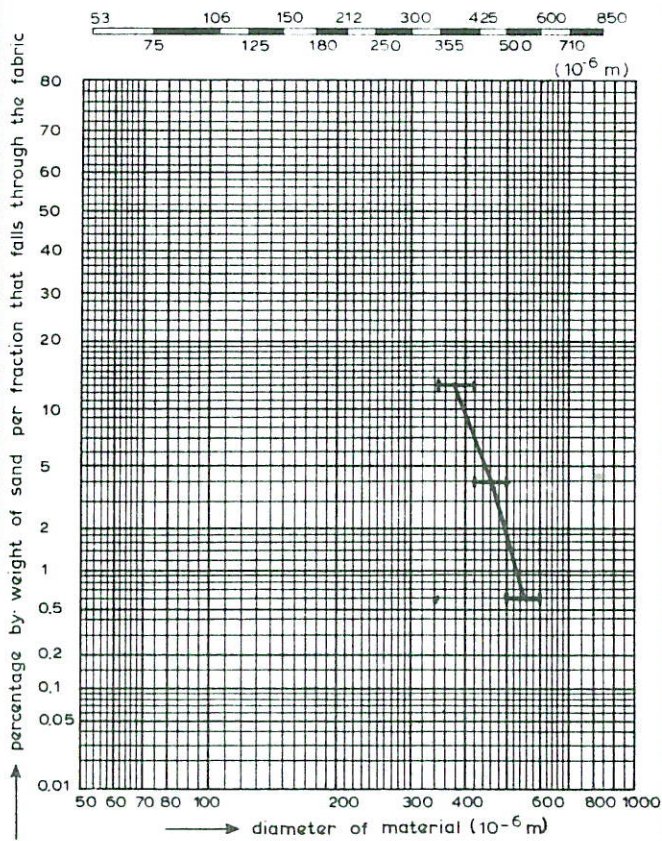
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

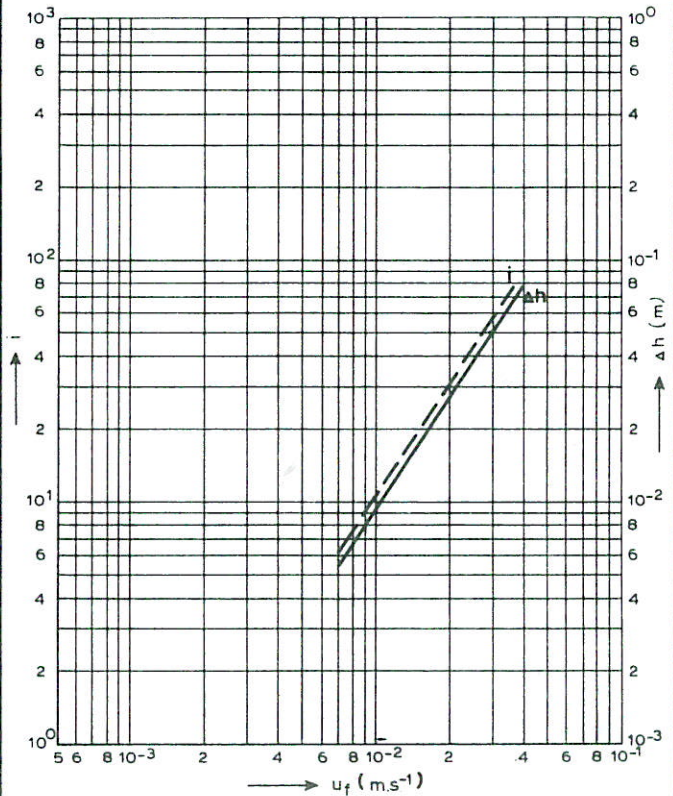
vlies

NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
80 W 363	m _x (mean)	400	500	9.0	10.0	0.9
	s _x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



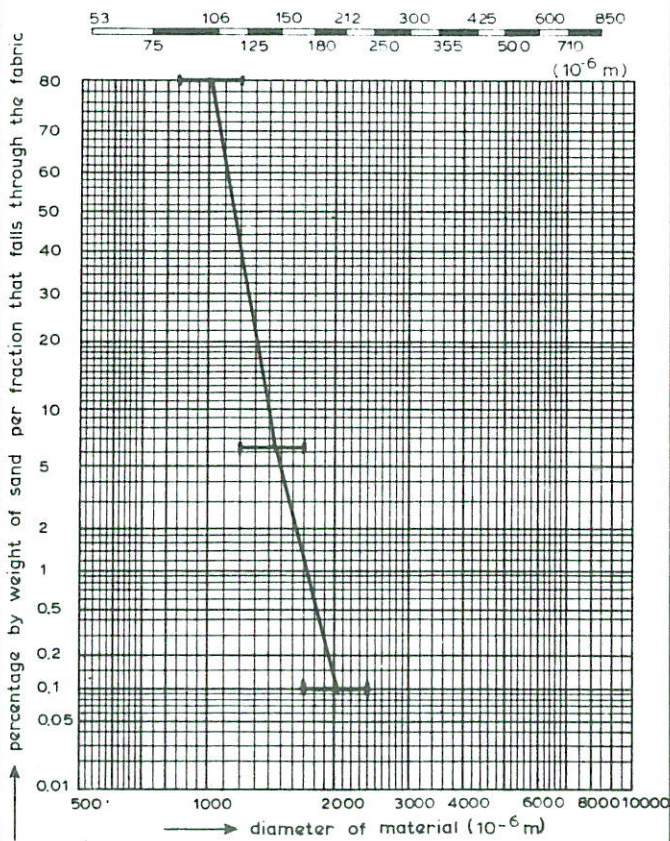
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

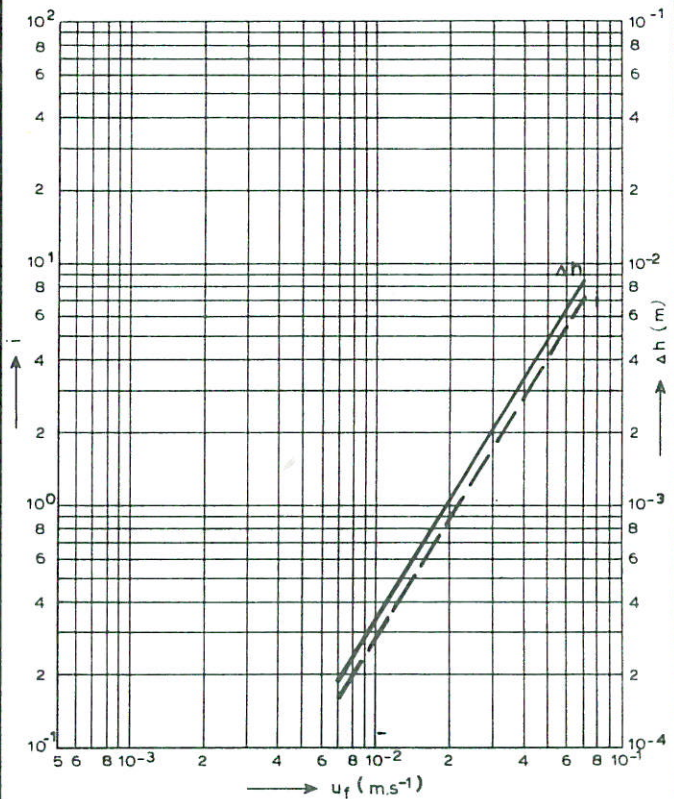
vlies

DUPONT		O_{90} ($10^{-6}m$)	O_{98} ($10^{-6}m$)	Δh_1 ($10^{-3}m$)	i_1	ΔS ($10^{-3}m$)
WOUDENBERG II	m_x (mean)	1400	1650	0.32	0.27	1.2
	s_x (standard-deviation)					

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



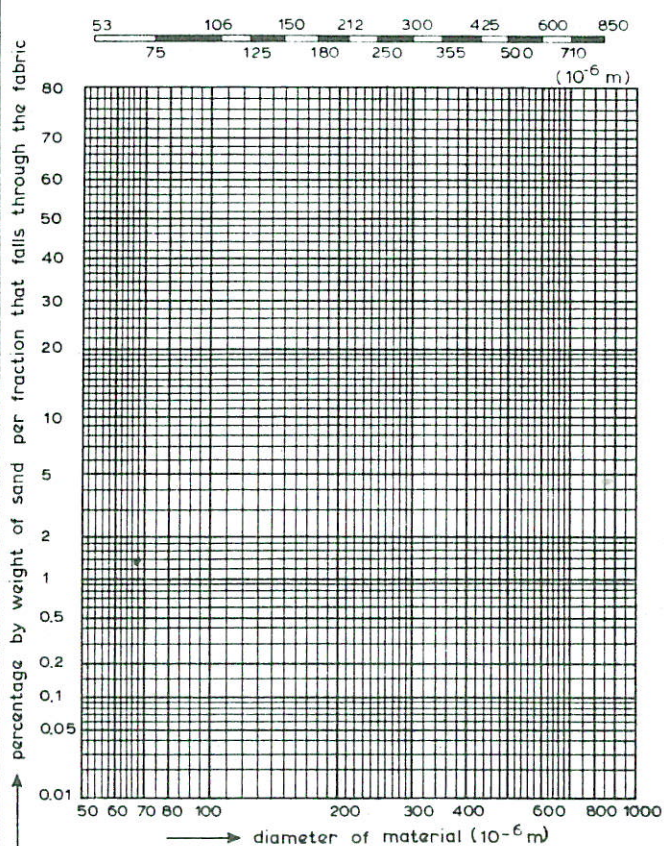
PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

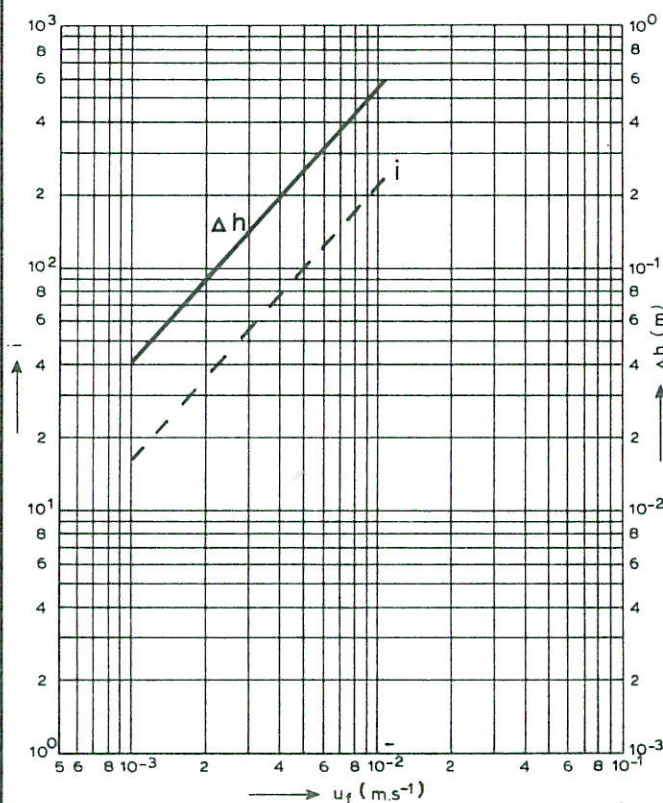
doek

ICI		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
	m _x (mean)			562	225	2,5
	s _x (standard-deviation)			97	39	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

doek

17-3-'80

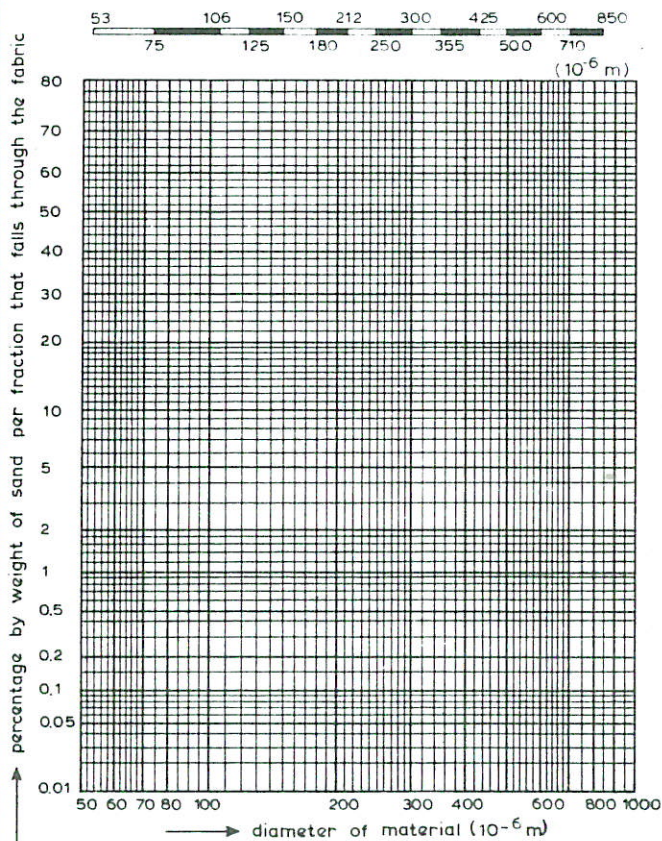
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

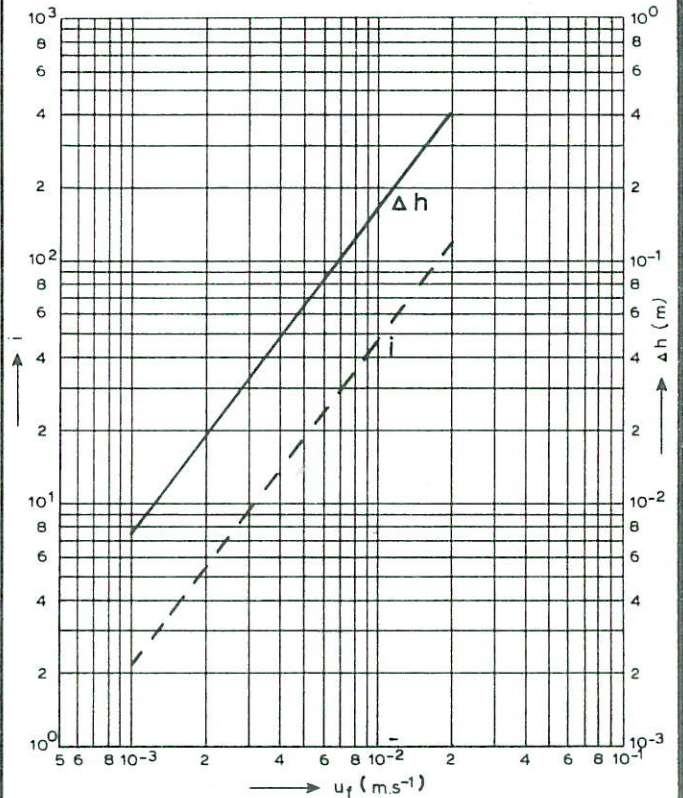
FIG. 24

NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
	m _x (mean)			167	47,8	3,5
	S _x (standard-deviation)			15,5	4,5	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

doek

17-3-'80

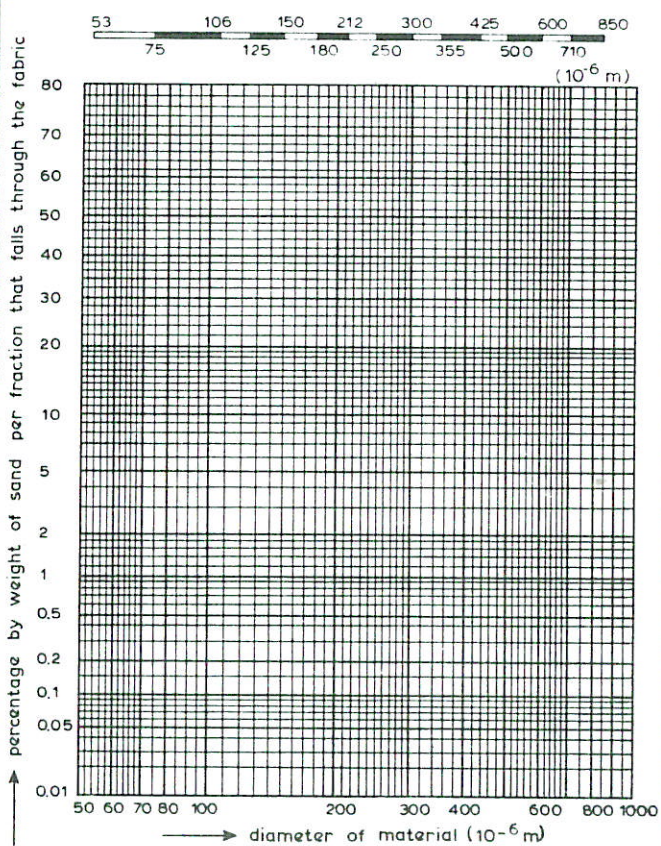
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

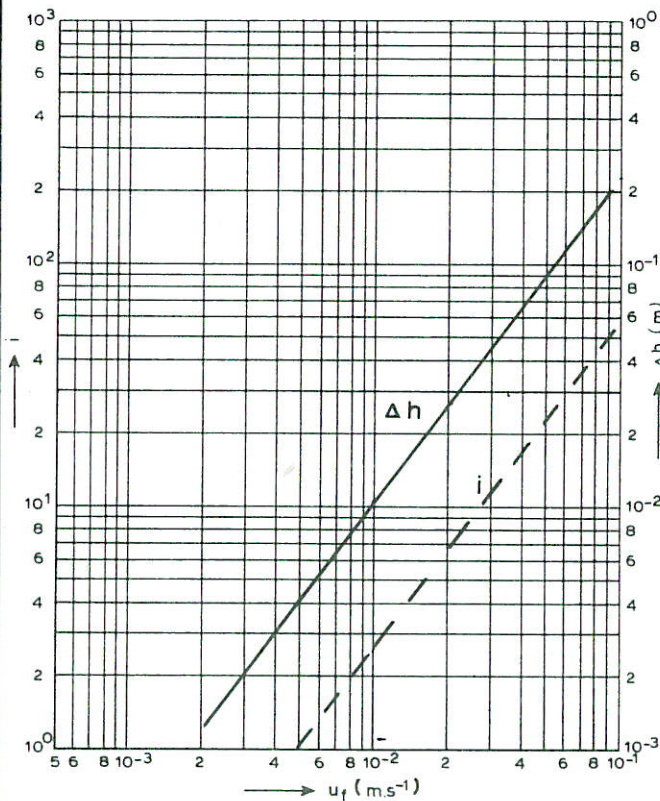
FIG. 25

ROBUSTA		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
JUMBO 80	m _x (mean)			10,7	2,7	4,0
	s _x (standard-deviation)			1,68	0,42	—

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN KUNSTSTOF-
FILTERS VOOR FUNDERINGSMAT

mat

17 - 3 - '80

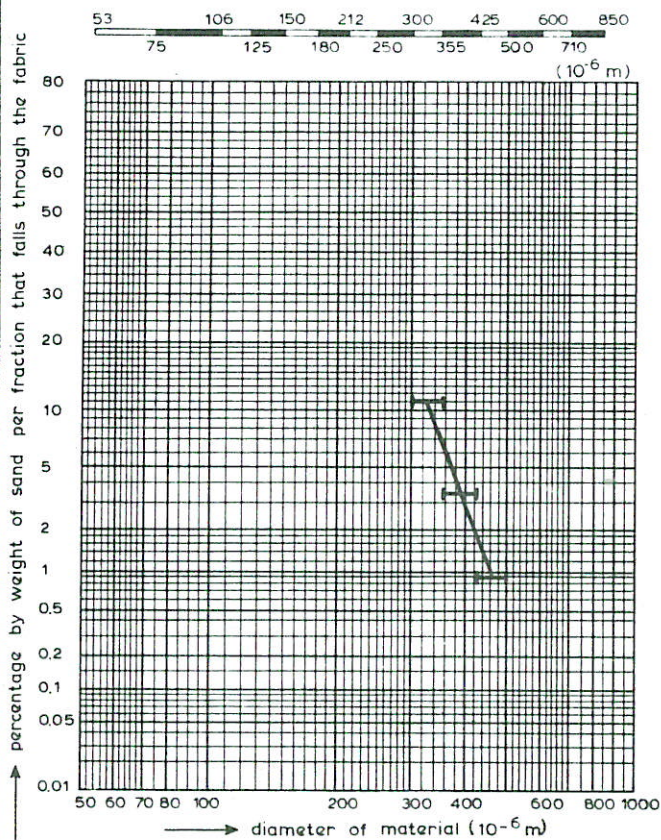
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

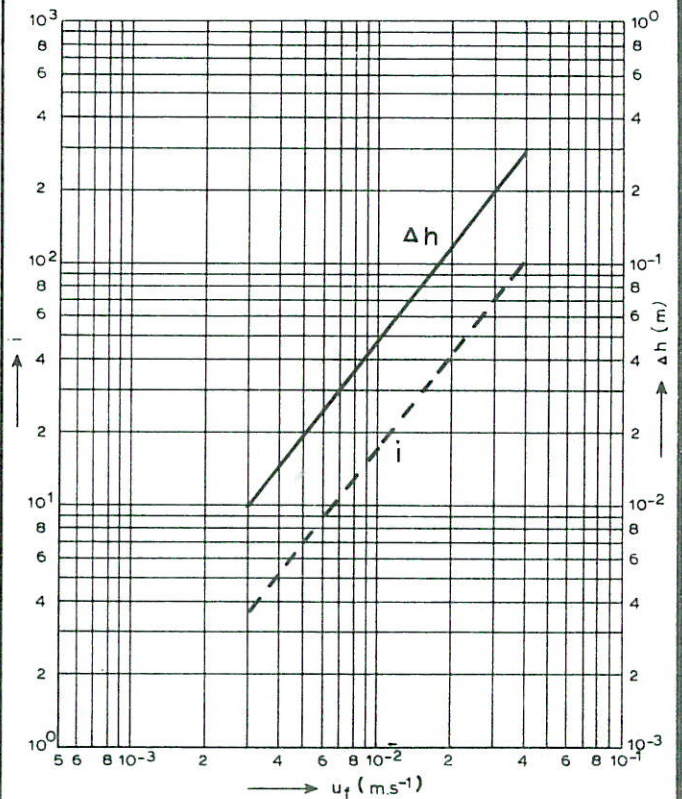
FIG. 26

ROBUSTA		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
kwal. 1500	m _x (mean)	330	420	48	17	2,8
	S _x (standard-deviation)	-	-	-	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN
KUNSTSTOFFFILTER VOOR GRINDWORST

mat

17-3-'80

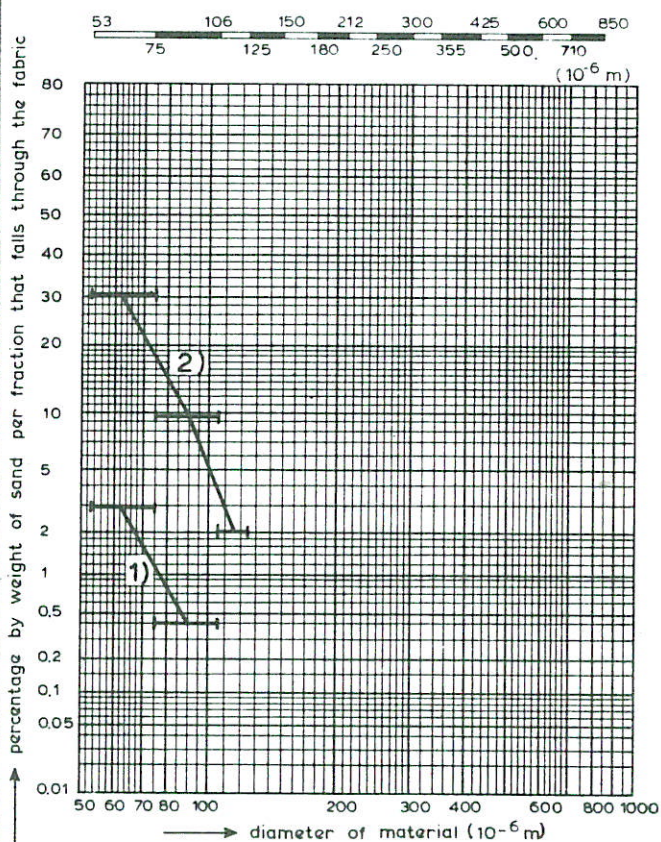
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

FIG. 27

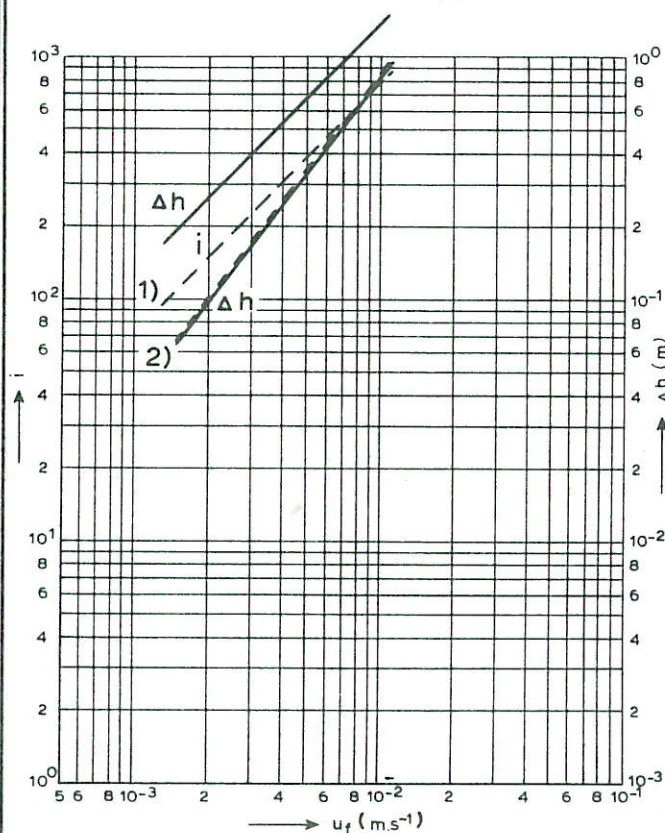
NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	ΔS (10 ⁻³ m)
03.0 - 01	m _x (mean)	64 ¹⁾ 90 ²⁾	67 ¹⁾ 115 ²⁾	1340 ¹⁾ 820 ²⁾	788 ¹⁾ 820 ²⁾	1,7 ¹⁾ 1,0 ²⁾
	S _x (standard-deviation)	-	-	-	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS

1) in lusstrook
2) naast lusstrook



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN
KUNSTSTOFFILTER VOOR GRINDWORST

doek

17-3-'80

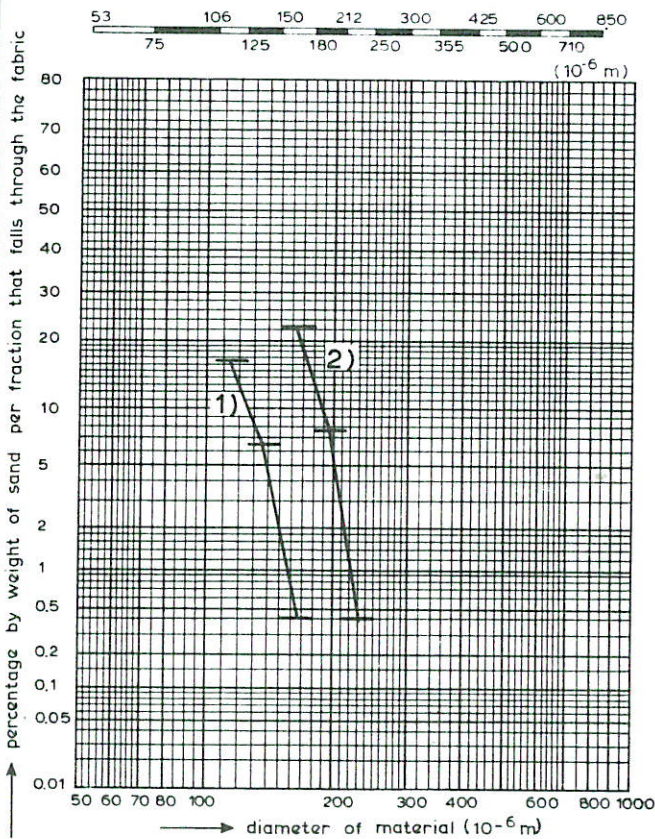
DELFT HYDRAULICS LABORATORY

M 1691

FIG. 28

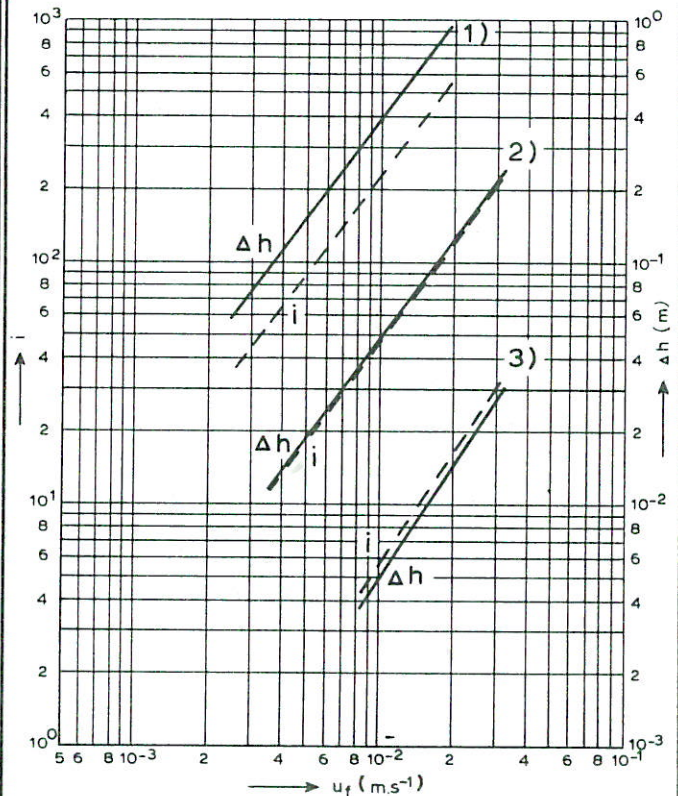
NICOLON		O ₉₀ (10 ⁻⁶ m)	O ₉₈ (10 ⁻⁶ m)	Δh ₁ (10 ⁻³ m)	i ₁	Δs (10 ⁻³ m)
80 W 365 A	m _x (mean)	125 ¹⁾ 190 ²⁾	150 ¹⁾ 215 ²⁾	390 ¹⁾ 48 ²⁾ 5,0 ³⁾	229 ¹⁾ 48 ²⁾ 5,6 ³⁾	1,7 ¹⁾ 1,0 ²⁾ 0,9 ³⁾
	s _x (standard-deviation)	-	-	-	-	-

RANGE OF STANDARDIZED SANDFRACTIONS



GRANULOMÉTRIE MÉCANIQUE
SIEBANALYSE
ZEEFANALYSE
SIEVE ANALYSIS

- 1) in lusstrook
- 2) naast lusstrook
- 3) onder lus



PERMÉABILITÉ HYDRAULIQUE
WASSERDURCHLÄSSIGKEIT
WATERDOORLATENDHEID
WATER PERMEABILITY

WATERLOOPKUNDIGE KARAKTERISTIEKEN
KUNSTSTOFFILTER VOOR GRINDWORST

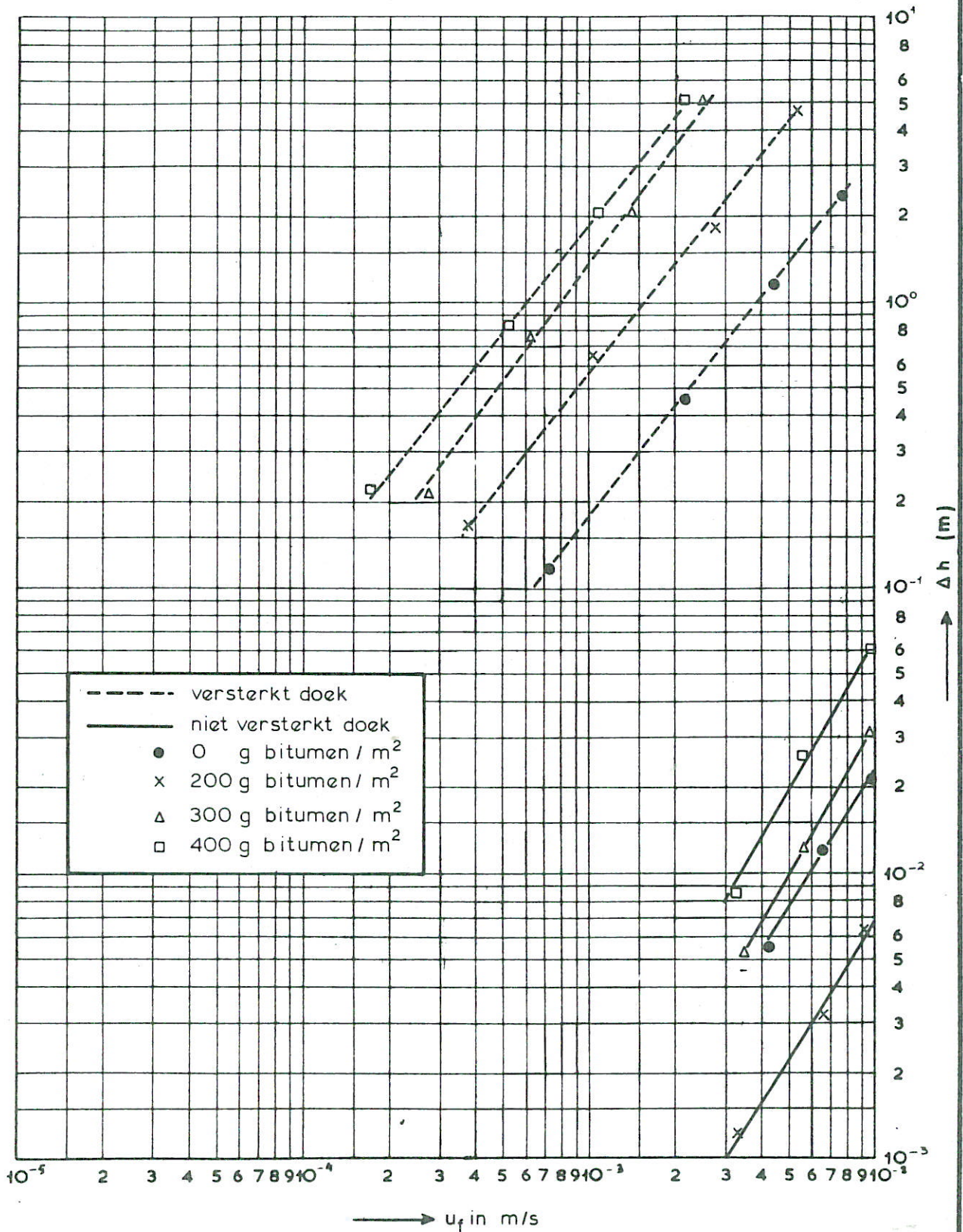
doek

17-3-'80

DELFT HYDRAULICS LABORATORY

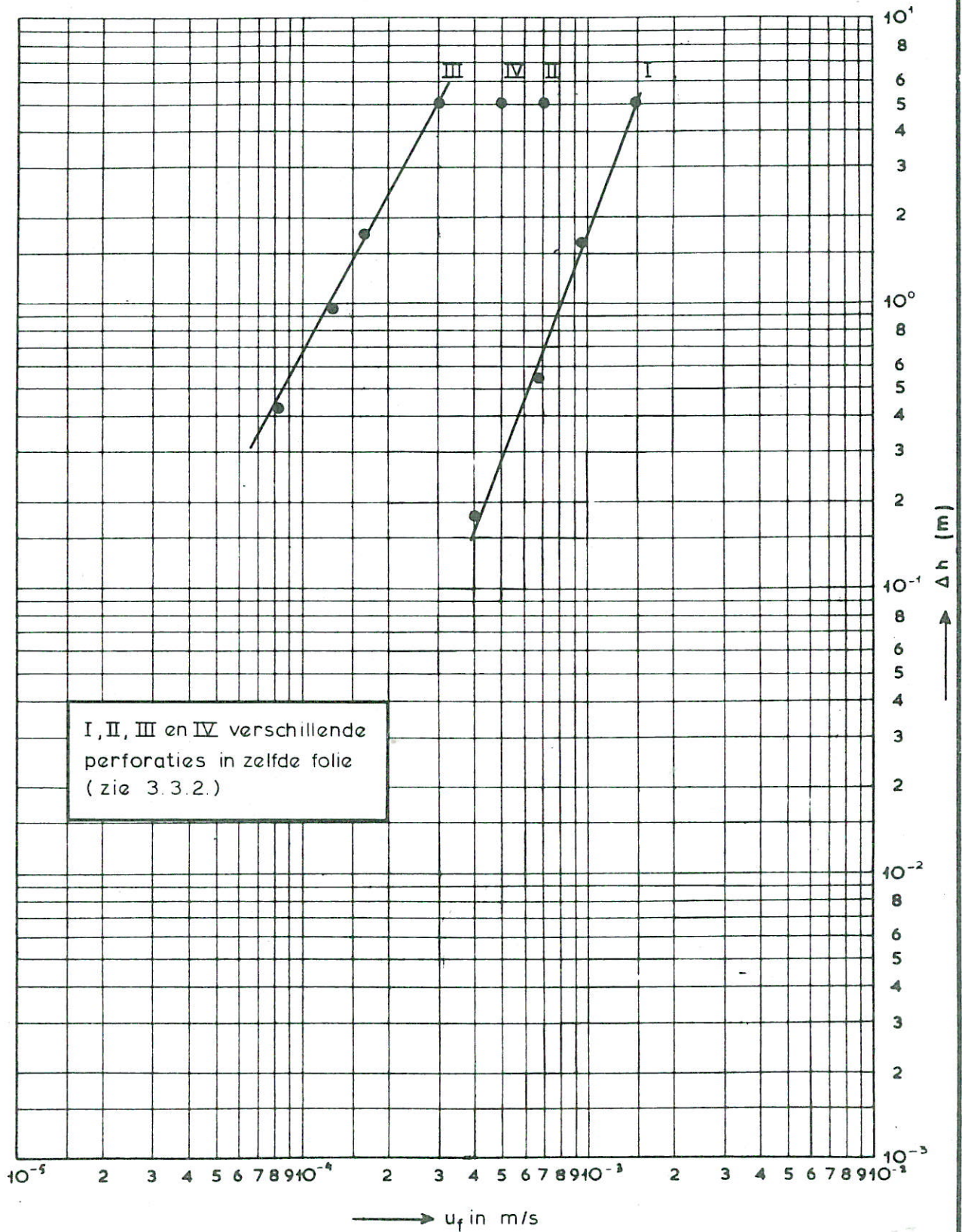
M 1691

FIG. 29



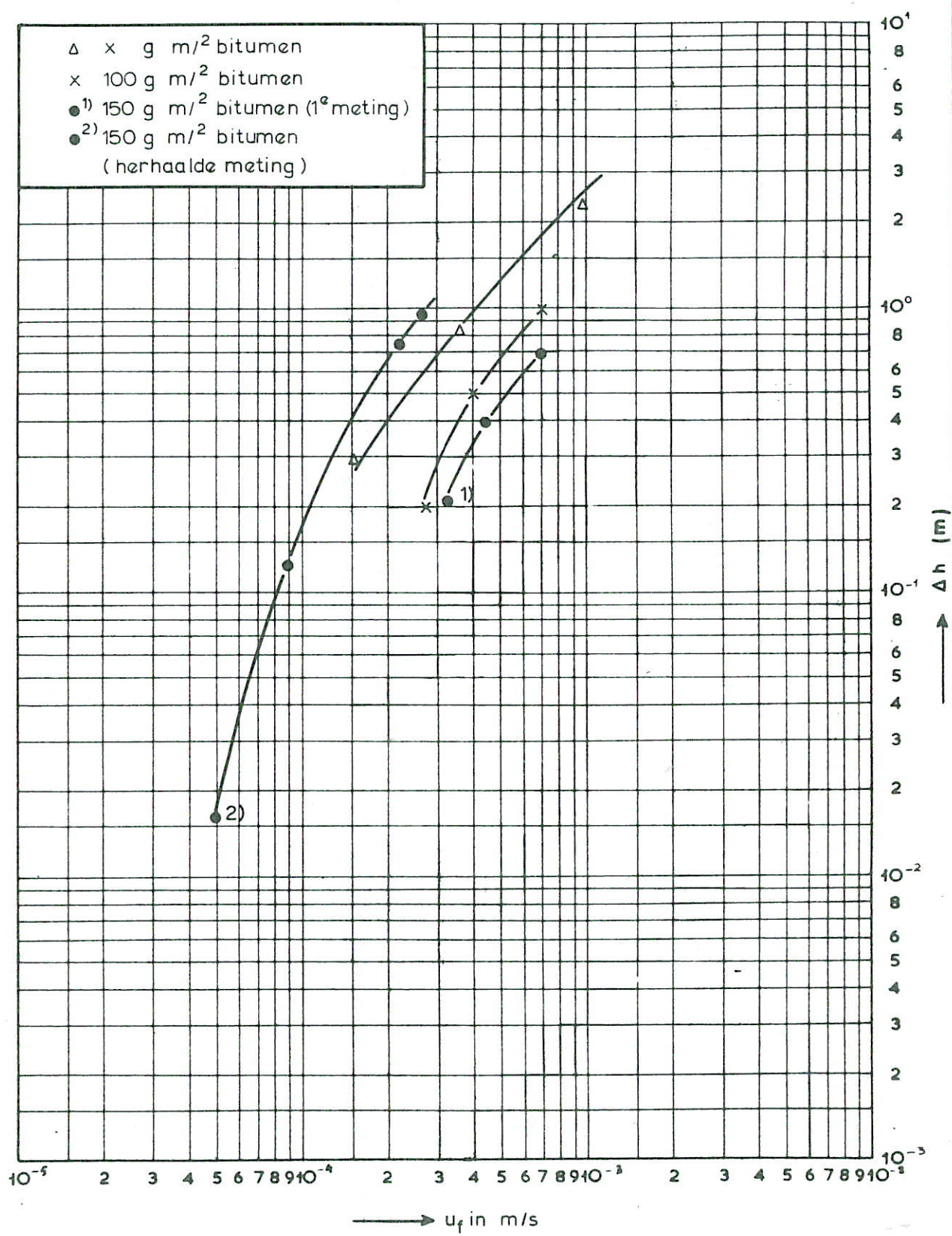
VERVAL Δh ALS FUNKTIE VAN
DE FILTERSNELHEID u_f

doek met bitumen



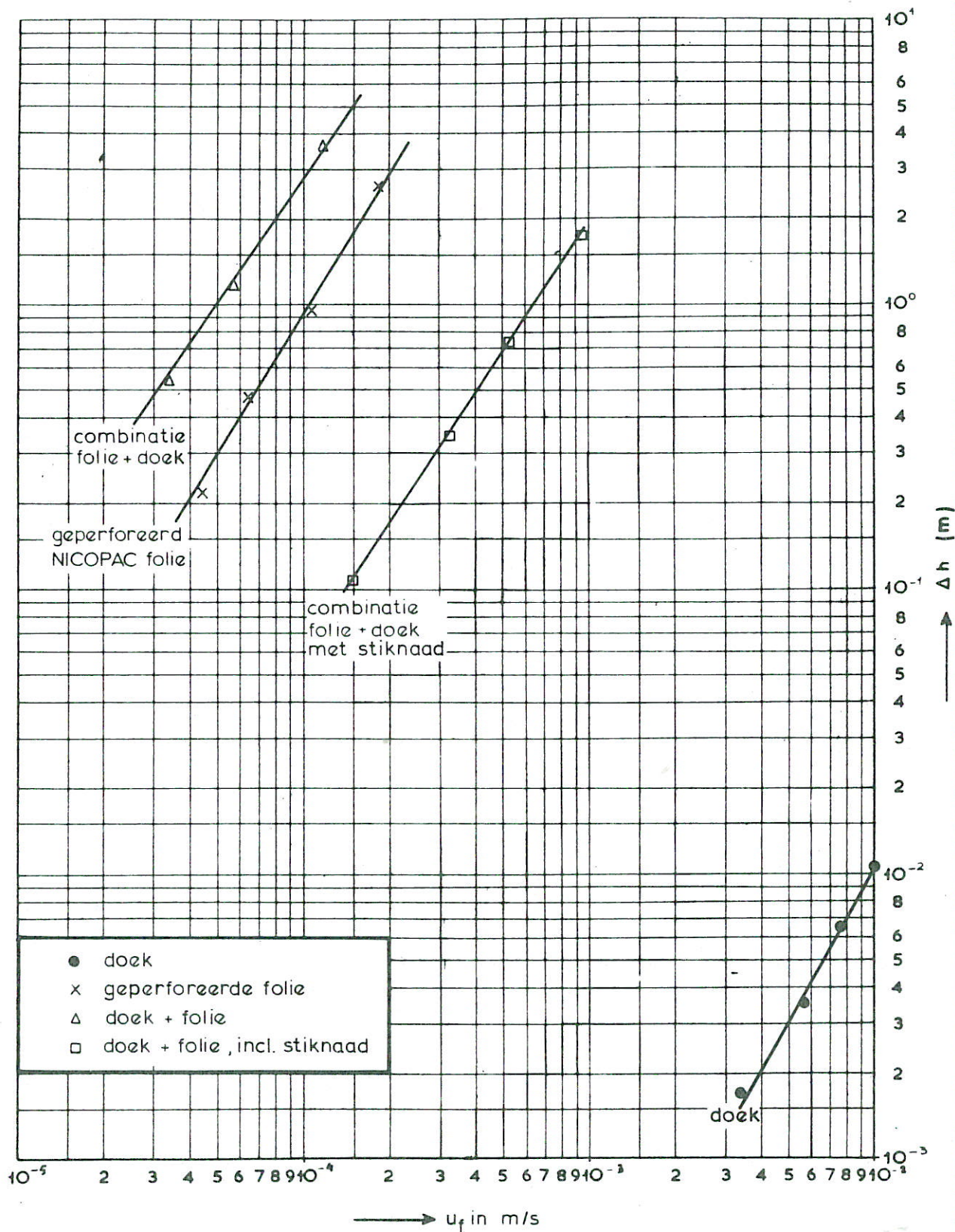
VERVAL Δh ALS FUNKTIE VAN
DE FILTERSNELHEID u_f

geperforeerde folies



VERVAL Δh ALS FUNKTIE VAN
DE FILTERSNELHEID u_f

doek met geperforeerde
folie (gelijmd)



VERVAL Δh ALS FUNKTIE VAN
DE FILTERSNELHEID u_f

doek met geperforeerde
folie (genaaid)

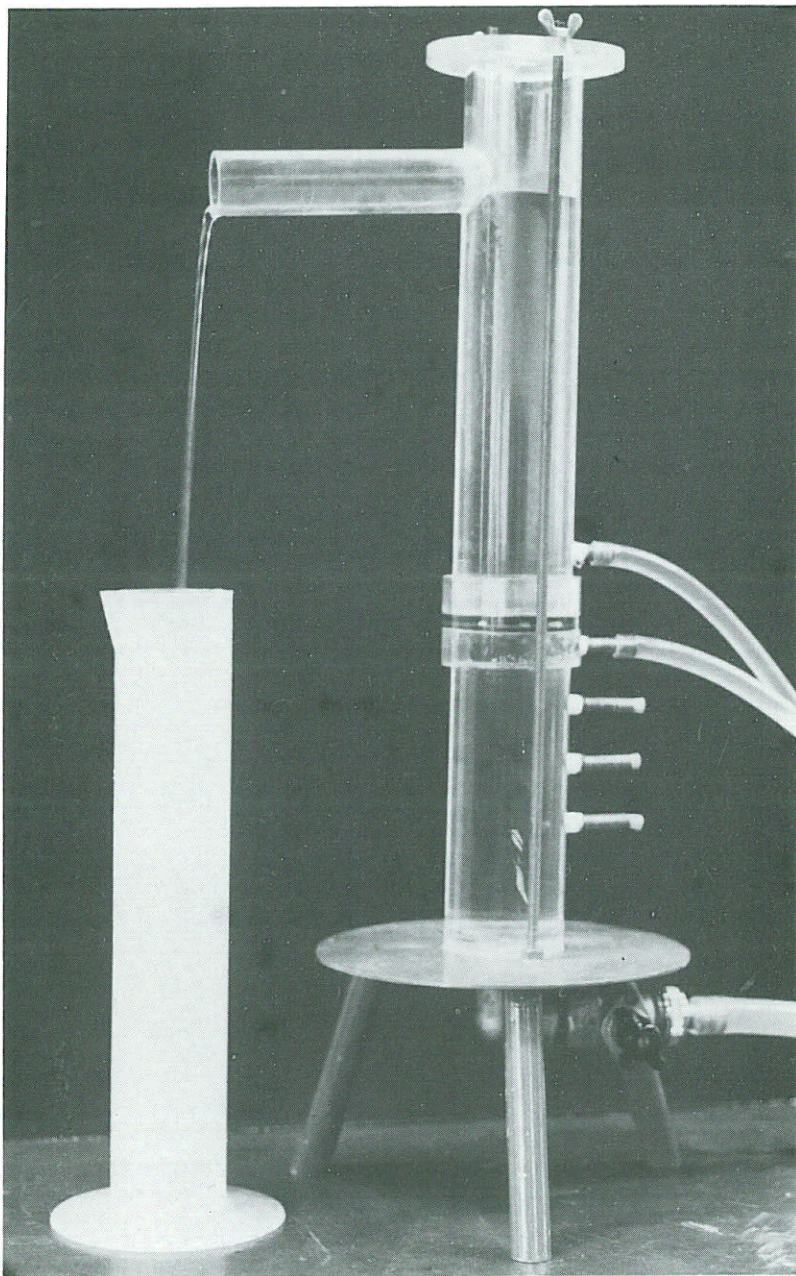


Foto 1. Meetopstelling voor de bepaling van de waterdoorlatendheid van kunststoffilters



Foto 2. Zeefanalyse-apparaat voor de bepaling van de openingskarakteristieken van kunststoffilters

Bijlage 1

Bepaling van de waterloopkundige karakteristieken van kunststoffilters

A. Zeefanalyse

De karakteristieke openingsgetallen O_{90} en O_{98} worden bepaald door middel van een zeefanalyse. Hiertoe wordt het kunststoffilter in een genormaliseerd zeefraam (\emptyset 0,20 m) geplaatst en fungeert als zeef voor een aantal nauw begrensde zandfrakties. De grenzen van de zandfrakties komen overeen met de nominale maaswijdten van de opeenvolgende zeven volgens NEN 2560. Met het kunststoffilter als zeef wordt van een reeks opeenvolgende zandfrakties (in de orde van grootte van de grootste filteropening), per fractie het gewichtspercentage zand bepaald, dat na 5 minuten zeven op en in het filter achterblijft uitgaande van 50 gram van een bepaalde fractie droog zand. Voor het zeven wordt gebruik gemaakt van een zeefapparaat met een trilfrequentie van 50 Hz en een verticale amplitude (dit is de maximale uitwijking vanuit de middenstand) van 0,75 mm. Op deze wijze wordt van het kunststoffilter een doorvalkromme bepaald, waarbij door interpolatie de grootheden O_{90} en O_{98} worden bepaald. Deze grootheden zijn als volgt gedefinieerd:

O_{90} , komt overeen met de gemiddelde zanddiameter van de fractie, waarvan 90 % op en in het kunststoffilter achterblijft na 5 minuten zeven,

O_{98} , komt overeen met de gemiddelde zanddiameter van de fractie, waarvan 98 % op en in het kunststoffilter achterblijft na 5 minuten zeven.

O_{98} geeft een praktische benadering van de maximale filteropening en speelt daardoor een belangrijke rol in het zanddichtheidskriterium voor een kunststoffilter bij sterk dynamische belastingstoestanden. O_{90} is een meer kwalitatief (zeeftijd afhankelijk) gegeven; zij is mede bepalend voor de zanddichtheid van het kunststoffilter onder een statische belastingstoestand.

B. Waterdoorlatendheid

Ter bepaling van de waterdoorlatendheid wordt het kunststoffilter (effektieve diameter monster \emptyset 0,05 m) onderworpen aan een waterstroom, loodrecht op het filteroppervlak. De toevoer wordt trapsgewijs opgevoerd, waarbij steeds het optredende verval Δh over het kunststoffilter en het afgevoerde debiet wordt gemeten. Tevens wordt de watertemperatuur gemeten.

De meetresultaten worden weergegeven in de vorm:

$$\Delta h = a u_f^n$$

waarin: Δh = verval over kunststoffilter (m)

a = weerstandsfactor (m¹⁻ⁿsⁿ)

u_f = filtersnelheid (m.s⁻¹)

n = exponent die het stromingstype karakteriseert.

Het verband tussen de filtersnelheid en het verhang (i) - dat is het gemeten verval over het filter gedeeld door de filterdikte (Δs) - volgt uit bovenstaande vergelijking en leidt tot

$$i = b u_f^n$$

met $b = a/\Delta s$ = weerstandskoefficiënt (m⁻ⁿsⁿ)

Karakteristiek voor de waterdoorlatendheid van het kunststoffilter zijn het verval en het verhang over het filter bij een filtersnelheid $u_f = 1$ cm/s, respektievelijk Δh_1 en i_1 .

Er wordt op gewezen dat door mogelijk dichtslaan en mogelijk dichtslibben van filters in de praktijk de waterdoorlatendheid van het kunststoffilter aanzienlijk geringer kan zijn dan met deze proef wordt bepaald.

C. Statistische bewerkingen

Daar de grootheden O_{90} , O_{98} , Δh_1 en i_1 stochastische variabelen zijn, dat wil zeggen dat zij met zekere kansen verschillende waarden aannemen, is het noodzakelijk meerdere monsters van eenzelfde kunststoffilter te onderzoeken, teneinde inzicht te verkrijgen in de statistische kenmerken (gemiddelde en standaardafwijking) van bovengenoemde grootheden. Totaal zijn 5 monsters per filterkwaliteit onderzocht. Als x_i de waarde is van de grootheid x van monster i , dan worden het gemiddelde (m_x) en de standaardafwijking (s_x) bepaald volgens:

$$m_x = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i$$

en

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - m_x)^2}{4}}$$

De standaardafwijking (s_x) is een maat voor de spreiding in de waarde van de karakteristieke grootheid van het onderzochte kunststoffilter.

BIJLAGE 2

Beperkingen zeefmethode bij de bepaling van de openingskarakteristieken

Bij een te groot aantal korrels in een zandfractie ten opzichte van het aantal poriën in een monster van een kunststoffilter is het bepalen van de openingskarakteristieken O_{90} en O_{98} niet verantwoord.

Aan de hand van een aantal eenvoudige berekeningen kan dit hieronder worden aangetoond:

Het oppervlak van een monster ten behoeve van een zeefanalyse bedraagt ca. 285 cm². Veronderstellende, dat de onderlinge afstand tussen de poriën ca. 1 mm bedraagt, dan heeft het monster in totaal ca. 28.500 poriën.

Is de zandfractie evenredig verdeeld over het monster, dan kan bovendien worden aangenomen, dat er gemiddeld één korrel per porie een kans krijgt gedurende één trilling door de porie te vallen.

De frequentie van het zeefapparaat is 50 Hz, zodat het totaal aantal trillingen gedurende de zeef tijd van 5 minuten $50 \times 5 \times 60 = 15000$ bedraagt. Het totaal aantal korrels, dat een kans krijgt door een porie te vallen bedraagt dus $28.500 \times 1 \times 15.000 \approx$ 430 miljoen.

Het aantal korrels in een zandfractie van 50 g is afhankelijk van de diameter van de korrels. Uitgaande van de kleinste zandfractie 53-75 μm ($D_m = 64 \mu\text{m}$) bevat deze fractie per 50 g. ca. 137 miljoen korrels.

Elke korrel c.q. de totale zandfractie krijgt derhalve statistisch beschouwd $430/137 = 3,1$ x een kans om door een porie c.q. het monster te vallen gedurende de zeef tijd van 5 minuten. De bepaling van de openingskarakteristieken op deze wijze is verantwoord.

Is de onderlinge afstand tussen de poriën evenwel ca. 1 cm, dan treedt een heel andere situatie op. Het totaal aantal korrels dat dan een kans krijgt door een porie te vallen bedraagt dan slechts $285 \times 1 \times 15.000 =$ 4,3 miljoen. Ten opzichte van de genoemde zandfractie (53-75 μm) met 137 miljoen korrels betekent dit, dat slechts $4,3/137 \times 100 = 3,1\%$ van het aantal korrels c.q. van de zandfractie, een kans krijgt het monster te passeren. In aanmerking genomen dat er per trilling slechts één korrel per porie het monster kan passeren is

dit percentage doorval alleen afhankelijk van het aantal poriën ten opzichte van het aantal beschikbare korrels in een zandfractie en niet van de poriegroottes. De gebruikelijke bepaling van de openingskarakteristieken is derhalve niet toelaatbaar voor een dergelijk gering aantal poriën per eenheid van oppervlak.

Uitgaande van de aanname dat elke zandkorrel in een fractie statistisch 1 x een kans moet krijgen door een porie te vallen, dan zal voor de kleinste beschikbare zandfractie (53-75 μm) minimaal 32 gaten/cm² noodzakelijk zijn. Dit komt overeen met een maximale draaddikte van ca. 1,8 mm. Bij een weefsel waarvoor de fractie 53-73 μm een rol speelt bij de bepaling van de grootste openingen is de draaddikte vrijwel altijd gering en zijn er meer gaten aanwezig, zodat aan het gestelde criterium wordt voldaan.

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands