

cb

Bibliotheek  
Proefstation  
Naaldwijk

A  
2  
L  
51

NIET UITLEENEN

Ontwikkeling van fysische analysemethoden voor het vaststellen van de gebruikskwaliteit van steenwol.

door: F.M. Leijn van Dijk

Naaldwijk, april 1985

Intern verslag nr 25

7720356

## Inhoudsopgave

	<u>Pagina:</u>
1. Inleiding	1
2. Proefopzet	1
3. Onderzoek	1
3.1. De bepaling van het volume, het gewicht en het volumegewicht	1
3.2. Subbemonstering	2
3.3. De bepaling van het verzadigd vochtgehalte	4
3.4. De bepaling van de capillaire opstijging	5
3.5. De bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen	6
3.6. De bepaling van het pH- bufferend vermogen	15
4. Samenvatting	16
5. Conclusie	18
6. Literatuur	18
Bijlagen 1 t/m 10	

## 1. Inleiding

Het onderzoek, naar de fysische eigenschappen van steenwol als substraat, heeft tot doel inzicht te krijgen in de kwaliteit en bruikbaarheid van verschillende merken steenwol. Voorheen is het onderzoek op beperkte wijze uitgevoerd met steenwolpotten en matten, volgens voorschriften opgesteld door Van Noordwijk (1979) en zie bijlage 1. Het onderzoek is nu voortgezet met meerdere merken steenwol, waarbij de nadruk is gelegd op ontwikkeling van de methode. Hiertoe zijn door de subafdeling Teeltsubstraten en Opkweekmedia tien monsters, zijnde tien fabrieken, verzameld van vijf verschillende steenwolfabrikanten en voor onderzoek aangeboden aan het fysisch laboratorium.

## 2. Proefopzet

Elk fabriekaat bestond uit vier matten. Van deze matten zijn het volume en het gewicht (eigenlijk massa) bepaald en hieruit is het volumegewicht berekend. Deze bepaling is in viervoud uitgevoerd ten einde een indruk te krijgen van de homogeniteit van de matten. Ten behoeve van verder onderzoek zijn van elk fabriekaat twee matten voor subbemonstering gekozen, rekening houdend met de homogeniteit. In deze submonsters zijn de volgende bepalingen in tweevoud verricht: het verzadigd vochtgehalte, de capillaire opstijging, het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen zowel na verzadigen als tijdens herbevochtigen en het pH- bufferend vermogen. Op deze wijze zijn de genoemde bepalingen in tweevoud per mat en als gevolg van de subbemonstering in tweevoud per fabriekaat verricht, hetgeen een indicatie geeft van de bepalingfout, de variatie binnen één fabriekaat en van verschillen tussen de diverse fabriekaten. De merknamen van de fabriekaten zijn vermeld in bijlage 2.

## 3. Onderzoek

### 3.1. De bepaling van het volume, het gewicht en het volumegewicht.

#### Methode:

Met behulp van een lineaal zijn van iedere mat de lengte in viervoud en de breedte in zesvoud op 0,5 centimeter nauwkeurig, en de hoogte in achtvoud op 0,1 centimeter nauwkeurig vastgesteld. Het gewicht is vastgesteld op 1 gram nauwkeurig. Uit de afmetingen en het gewicht van de mat is het volumegewicht berekend. De bepaling is uitgevoerd in viervoud per fabriekaat.

#### Berekening van het volumegewicht:

Het volumegewicht wordt uitgedrukt in grammen per  $\text{dm}^3$ .

volgens:  $\frac{A}{B} \times 1000$

waarin:

A = gewicht steenwolmat luchtdroog (g)

B = volume steenwolmat ( $\text{cm}^3$ )

Resultaat :

In bijlage 3 is het gemiddelde resultaat per mat vermeld. Het gemiddelde resultaat per fabrikaat, zijnde het gemiddelde van vier matten, is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Gemiddelde afmetingen, volume, gewicht en volumegewicht van de steenwolmatten.

analyse nummer	merknaam	l (cm)	b (cm)	h (cm)	volume (dm <sup>3</sup> )	gewicht (g)	volume gewicht (g/dm <sup>3</sup> )
84 S1	Cultura 60	99,5	15	7,2	10,7	588	55
S2	Cultura 80	99,5	15	7,2	10,8	867	80
S3	Cultilene	99,5	15	7,4	11,0	985	90
S4	Capogrow eenmalig	99	15	6,9	10,3	548	54
S5	Capogrow meermalig	90	15	7,4	10,1	895	89
S6	Basalan BPN 50	100	15	6,8	10,3	605	59
S7	Basalan BPN 70	100,5	15	7,6	11,4	793	70
S8	Basalan BPN 90	100	15	7,5	11,2	1006	90
S9	Grodan WPS	100	15	7,4	11,1	535	48
S10	Grodan PL	100,5	15	7,6	11,6	816	70

Nauwkeurigheid van de bepaling:

In figuur 1 is de relatie tussen het gewicht en het volume gewicht, en het volume en het volumegewicht van de steenwolmatten weergegeven. Uit figuur 1 blijkt duidelijk dat het gewicht van de steenwolmat het volumegewicht bepaalt, de bijbehorende regressievergelijking heeft de volgende waarde  $y = 0,087x + 3,7$  en de correlatiecoëfficiënt  $r = 0,98$ . In tegenstelling tot deze relatie is er geen relatie gevonden tussen het volume en het volumegewicht. Ten aanzien van de interpretatie van de analyseresultaten is vastgesteld dat verschillen tussen de gemiddelde volumegewichten van twee fabrieken groter moeten zijn dan  $6,6 \text{ g/dm}^3$  ( $P=0,05$ ) of  $7,9 \text{ g/dm}^3$  ( $P=0,01$ ).

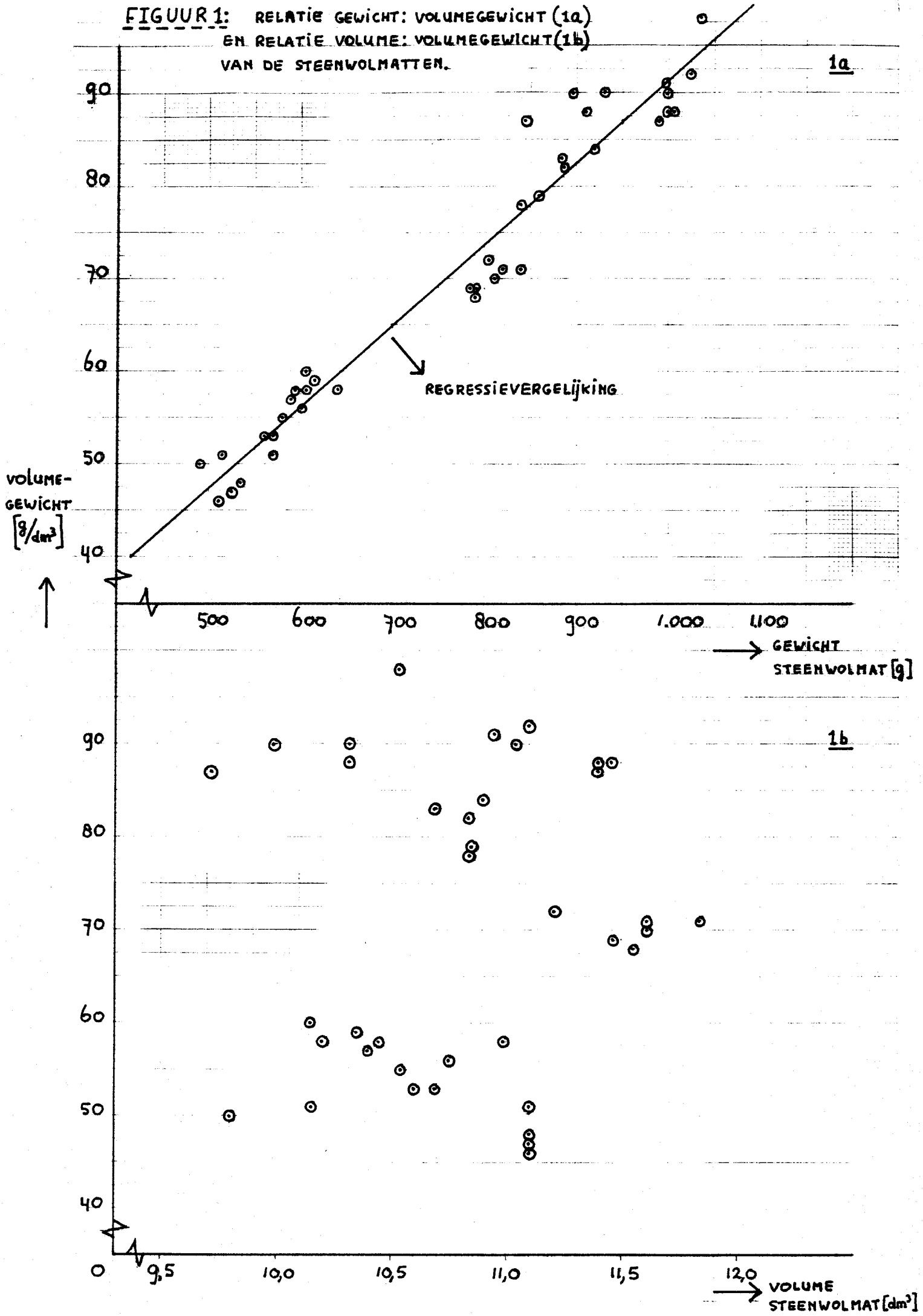
Opmerkingen:

Uit kleine verschillen in de meting van lengte, breedte en hoogte van de mat en de geringe invloed van het volume op het volumegewicht is gebleken dat met een enkelvoudige meting kan worden volstaan. Hierbij moet wel aandacht besteed worden aan eventuele vervormingen van de mat.

3.2. Subbemonstering .

Bij de keuze van twee matten per fabrikaat voor subbemonstering is rekening gehouden met de hoogte van de matten. De matten zijn zo gekozen dat de variatie in de hoogte van de matten zo klein mogelijk is. Dit vanwege het feit dat voor de uitvoering van de bepaling van het volume % water bij verschillende zuigspanningen de hoogte van de matten bepalend is. Bovendien is getracht verschillen in gewichten van twee gekozen matten per fabrikaat zo klein mogelijk te houden. De subbemonstering is uitgevoerd door een mat, waarvan in verband met beschadigingen minstens 5 cm van de uiteinden is afgesneden, met behulp van een mes in blokjes te verdelen van 5,0 bij 5,0 cm met handhaving van de eigenlijke mathoogte. De blokjes zijn per mat verzameld. Bij de bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen zijn voor iedere analyse de blokjes zo gekozen dat de variatie in de hoogte minimaal is. Voor de overige analyses zijn de benodigde blokjes willekeurig gekozen uit de per mat verzamelde blokjes.

**FIGUUR 1:** RELATIE GEWICHT: VOLUMEGEWICHT (1a)  
 EN RELATIE VOLUME: VOLUMEGEWICHT (1b)  
 VAN DE STEENWOLMATTEN.



### 3.3. De bepaling van het verzadigd vochtgehalte.

#### Methode:

De lengte, breedte en hoogte van het blokje steenwol zijn in duplo gemeten op 0,1 cm nauwkeurig met behulp van een schuifmaat. Het luchtdroge gewicht van het blokje is vastgesteld op 0,1 gram nauwkeurig. Vervolgens is het blokje ondergedompeld in een bak gevuld met water en onder water gewenteld opdat alle lucht uit het blokje kan ontsnappen. Na 30 minuten is het blokje uit het water gehaald en op een zeef (maaswijdte 5,0 mm) gelegd, die waterpas staat. Na exact drie minuten uitlekken op de zeef is het blokje voorzichtig er van afgehaald (bij knijpen of scheef houden kan vocht verloren gaan), en op een petrischaal geplaatst en gewogen op 0,1 gram nauwkeurig. De bepaling is uitgevoerd in tweevoud per mat en in tweevoud per fabrikaat.

#### Berekening:

Het verzadigd vochtgehalte wordt uitgedrukt in volumeprocenten.

$$\text{volgens: } \frac{B-A}{V} \times 100\%$$

waarin:

A = gewicht van het blokje steenwol luchtdroog (g)

B = gewicht van het blokje steenwol na verzadiging (g)

V = volume van het blokje steenwol (cm<sup>3</sup>)

#### Resultaat:

In bijlage 4 zijn de resultaten van de duplo-bepaling per mat vermeld. Het gemiddelde resultaat per fabrikaat, zijnde het gemiddelde van vier bepalingen in twee matten, is weergegeven in tabel 2.

tabel 2: Gemiddelde verzadigd vochtgehalte van de steenwolmatten

analyse nummer	merknaam	verzadigd vochtgehalte (%)
84 S1	Cultura 60	92
S2	Cultura 80	96
S3	Cultilene	92
S4	Capogrow eenmalig	92
S5	Capogrow meermalig	96
S6	Basalan BPN 50	65
S7	Basalan BPN 70	73
S8	Basalan BPN 90	80
S9	Grodan WPS	96
S10	Grodan PL	99

#### Nauwkeurigheid van de bepaling:

Van de tien onderzochte fabrikaten is de spreiding in de duplobepaling per mat,  $S_{bin}$  (binnen matten), en de spreiding in de gemiddelde resultaten van de twee matten,  $S_{tus}$  (tussen matten) berekend. Uit de hiervoor gevonden waarden, namelijk  $S_{bin} = 1,525$  en  $S_{tus} = 1,932$ , is gebleken dat dit geen betrouwbaar verschil is. Ten aanzien van de interpretatie van de analyse-resultaten is vastgesteld dat verschillen tussen de gemiddelden van twee fabrikaten absoluut gezien groter moeten zijn dan 3,9% ( $P=0,05$ ) of 4,7% ( $P=0,01$ ), bij toepassing van de in dit verslag beschreven methode.

### 3.4. De bepaling van de capillaire opstijging

#### Methode:

De lengte, breedte en hoogte van het blokje steenwol zijn op 0,1 cm nauwkeurig gemeten met behulp van een schuifmaat. Het lichtdroge gewicht van het blokje is vastgesteld op 0,1 gram nauwkeurig. Een bak, die waterpas staat, is gevuld met water tot een niveau van 0,5 cm. Het blokje is met de gelaagdheid horizontaal in de bak geplaatst en water is voorzichtig bijgevuld opdat het niveau van 0,5 cm gehandhaafd blijft. Gedurende 30 minuten is het blokje in de bak blijven staan, terwijl het waterniveau op 0,5 cm is gehouden. Vervolgens is het voorzichtig uit de bak gehaald (bij knijpen of scheef houden kan vocht verloren gaan) en op een petrischaal geplaatst en gewogen op 0,1 gram nauwkeurig. De bepaling is uitgevoerd in tweevoud per mat en in tweevoud per fabrikaat. De bepaling is op dezelfde wijze ook uitgevoerd met de gelaagdheid in verticale richting.

#### Berekening:

De capillaire opstijging wordt uitgedrukt in cm stijghoogte.

$$\text{volgens: } F \times \left( \frac{B-A}{C} \right) - D$$

waarin:

A = gewicht van het blokje steenwol luchtdroog (g)

B = gewicht van het blokje steenwol na capillaire opstijging (g)

C = grondoppervlakte van het blokje steenwol (cm<sup>2</sup>)

D = hoogte van het waterniveau in de bak, vastgesteld op 0,5 cm

F = factor gebaseerd op een poriënvolume van de steenwol van 96% :  $F = \frac{100}{96}$

#### Resultaat:

In bijlage 5 zijn de resultaten van de duplo - bepaling per mat vermeld. Het gemiddelde resultaat per fabrikaat, zijnde het gemiddelde van vier bepalingen in twee matten, is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: De gemiddelde capillaire opstijging horizontaal en verticaal van de steenwolmatten.

analyse nummer	merknaam	capillaire opstijging horizontaal (cm)	capillaire opstijging verticaal (cm)
84 S1	Cultura 60	1,1	1,0
S2	Cultura 80	1,7	1,8
S3	Cultilene	1,6	1,7
S4	Capogrow eenmalig	1,0	1,0
S5	Capogrow meermalig	1,9	2,2
S6	Basalan BPN 50	1,0	0,8
S7	Basalan BPN 70	1,1	1,1
S8	Basalan BPN 90	1,4	1,5
S9	Grodan WPS	1,3	1,2
S10	Grodan PL	2,2	2,4

Nauwkeurigheid van de bepaling:

Van de tien onderzochte fabrikaten is de spreiding in de duplo-bepaling per mat,  $S_{bin}$ , en de spreiding in de gemiddelde resultaten van de twee matten,  $S_{tus}$ , berekend zowel voor de capillaire opstijging horizontaal als verticaal. De volgende waarden zijn gevonden voor de capillaire opstijging horizontaal  $= S_{bin} = 0,147$  en  $S_{tus} = 0,114$  en verticaal:  $S_{bin} = 0,167$  en  $S_{tus} = 0,170$ . Hieruit blijkt dat dit geen betrouwbare verschillen zijn. Ten aanzien van de interpretatie van de analyseresultaten is vastgesteld dat verschillen tussen de gemiddelden van twee fabrikaten groter moeten zijn dan 0,2 cm ( $P=0,05$ ) of 0,3 cm ( $P=0,01$ ) voor de capillaire opstijging horizontaal en groter dan 0,3 cm ( $P=0,05$ ) of 0,4 cm ( $P=0,01$ ) voor de capillaire opstijging verticaal, bij toepassing van de in dit verslag beschreven methode.

Opmerkingen:

Uit de statistische verwerking is gebleken dat er geen betrouwbaar verschil is tussen de capillaire opstijging horizontaal en verticaal. Bij de berekening van de capillaire opstijging is correctie van de stijghoogte voor het werkelijke, berekende poriënvolume van de onderzochte blokjes steenwol niet nodig, omdat dit berekende poriënvolume slechts varieert van 96,0 tot 99,0%, hetgeen van weinig invloed is op de stijghoogte.

3.5. De bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen.

Van ieder blokje is het volume vastgesteld door de lengte, breedte en hoogte te meten op 0,1 cm nauwkeurig met behulp van een schuifmaat. Nadat het luchtdroge gewicht van de verschillende blokjes steenwol is vastgesteld op 0,1 gram nauwkeurig, zijn de blokjes in een pF-bak geplaatst. Het waterniveau is op gelijke hoogte gebracht met de bovenkant van de blokjes.

Na verzadiging gedurende 1 nacht is een zuigspanning van 0 cm water aangelegd door het waterniveau op 3,6 cm boven het zandoppervlakte te brengen. Dit nulniveau van de pF-bak komt overeen met de gemiddelde halve hoogte van de diverse blokjes steenwol.

Na 24 uur zijn de blokjes gewogen op 0,1 gram nauwkeurig en daarna weer in de pF-bak geplaatst. Vervolgens is een zuigspanning van 2,5 cm water aangelegd, hiertoe is het waterniveau op 1,1 cm boven het zandoppervlak gebracht. Na 24 uur zijn de blokjes steenwol weer gewogen. Op deze wijze zijn zuigspanningen aangelegd van respectievelijk 5,0 - 7,5 - 10,0 - 12,5 - 15,0 en 20,0 cm, ieder gedurende minimaal 24 uur. Tijdens herbevochtigen van de blokjes zijn dezelfde zuigspanningen aangelegd, beginnende bij 15 cm en eindigend bij 0 cm water. Iedere zuigspanning ook gedurende minimaal 24 uur.

De bepaling is uitgevoerd in tweevoud per mat en in tweevoud per fabriek, gebruik makend van twee pF-bakken. Naast het volumepercentage water is voor de beoordeling van de kwaliteit van steenwolmatten ook het volumepercentage lucht van belang. Het volumepercentage lucht is berekend uit het volumepercentage water en het poriënvolume, waarbij het poriënvolume rechtstreeks uit de waarnemingen is berekend.

Berekening:

volumepercentage water bij zuigspanning x cm water: wordt uitgedrukt in volumepercenten.

volgens:  $\frac{B - A}{V} \times 100\%$



poriënvolume: wordt uitgedrukt in volumeprocenten.

volgens:  $\frac{V - A/s.m.}{V} \times 100\%$

volumepercentage lucht bij zuigspanning x cm water: wordt uitgedrukt in volumeprocenten.

volgens: poriënvolume - volumepercentage water.

waarin:

A = gewicht blokje steenwol luchtdroog (g)

B = gewicht blokje steenwol bij zuigspanningen x cm water (g)

V = volume blokje steenwol (cm<sup>3</sup>)

s.m. = soortelijke massa steenwol, vastgesteld op 2,65 g/cm<sup>3</sup>. (Van Dijk, 1975)

Resultaten:

In bijlagen 6, 7, 8, 9 zijn de resultaten vermeld van de duplo-bepaling per mat bij de verschillende aangelegde zuigspanningen. In deze bijlagen zijn ook de resultaten van de berekening van het poriënvolume, en van het volume percentage lucht bij de verschillende aangelegde zuigspanningen vermeld. De gemiddelde resultaten per fabriekaart, zijnde de gemiddelden van vier bepalingen in twee matten, bij de verschillende aangelegde zuigspanningen, zijn vermeld in tabel 4 en grafisch weergegeven in de figuren 2 t/m 6. In tabel 4 is ook het gemiddelde poriënvolume per fabriekaart vermeld.

tabel 4: Gemiddelde volumepercentage water en poriënvolume van de steenwolmatten bij de aangelegde zuigspanningen.

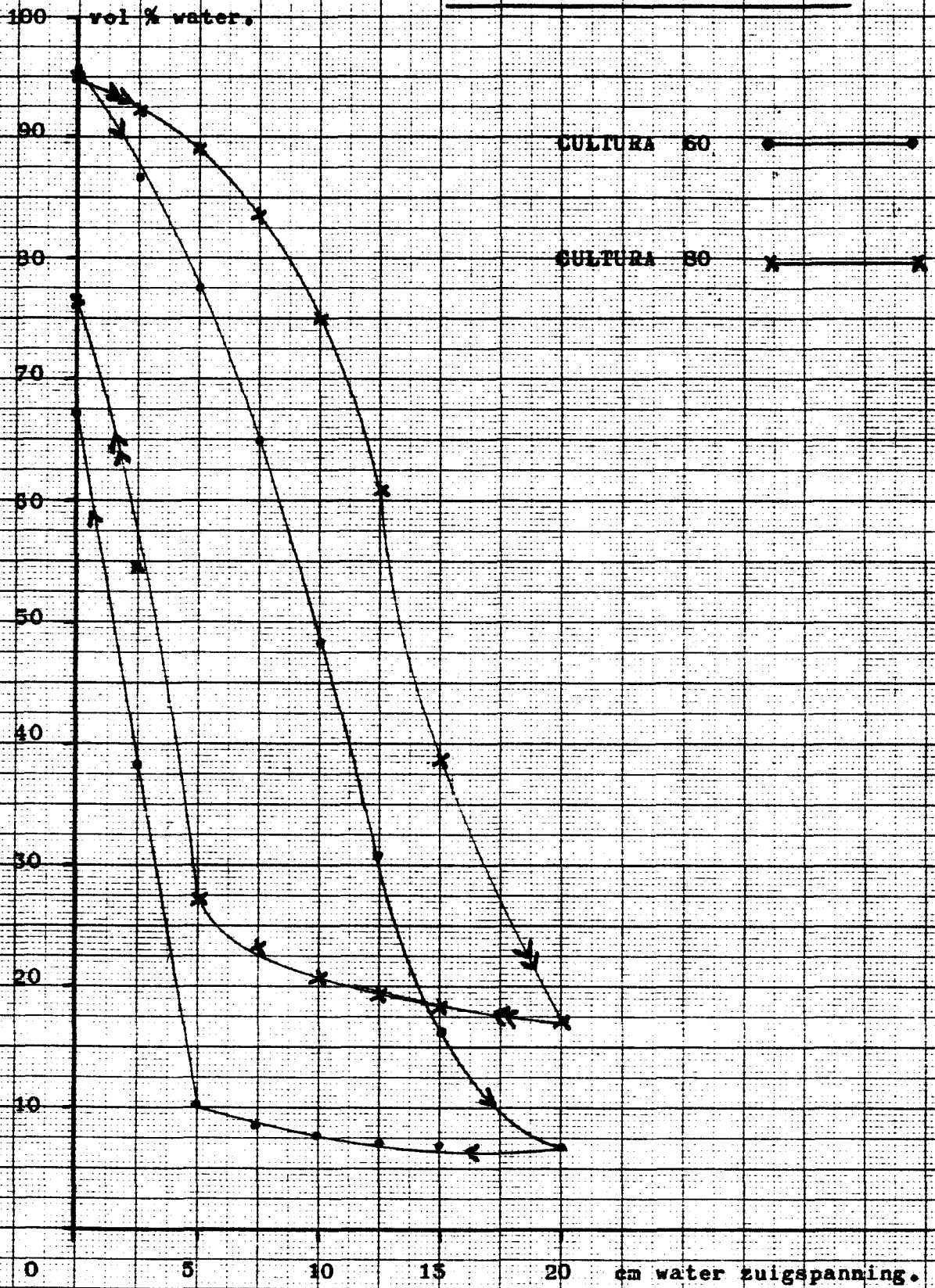
analyse nummer	zuigspanning (cm water) merknaam	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,
84 S1	Cultura 60	95,7	86,8	77,6	64,9	48,3	30,9	16,1	6,
84 S2	Cultura 80	94,8	92,2	89,0	83,6	74,9	60,8	38,6	17,
84 S3	Cultilene	94,6	89,4	84,1	75,6	61,9	43,6	24,0	8,
84 S4	Capogrow eenjarig	97,6	90,0	77,1	66,7	45,5	24,7	11,4	4,
84 S5	Capogrow meerjarig	97,4	96,4	93,1	89,2	81,9	72,1	53,0	20,
84 S6	Basalan BPN 50	89,1	77,0	55,6	28,7	14,3	7,8	4,2	2,
84 S7	Basalan BPN 70	90,8	78,4	59,8	34,5	16,5	8,2	4,0	2,
84 S8	Basalan BPN 90	95,2	88,6	74,1	53,2	32,8	20,2	10,9	6,
84 S9	Grodan WPS	96,3	86,4	77,0	62,7	45,6	30,8	19,4	11,
84 S10	Grodan PL	96,8	96,2	93,3	84,3	70,9	56,9	43,2	27,

vervolg tabel 4:

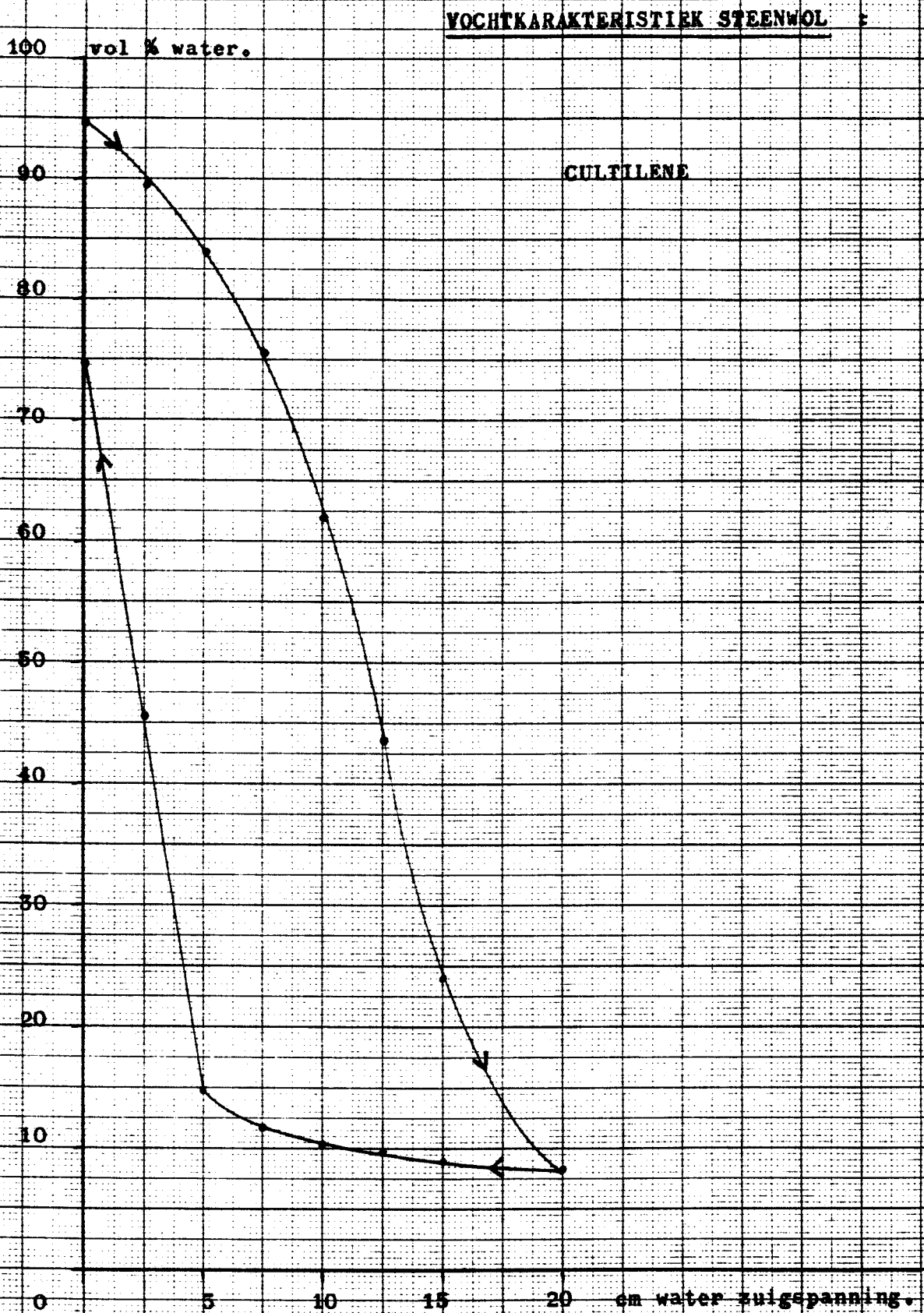
analyse nummer	zuigspanning (cm water) merknaam	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	0	poriën volume (%)
84 S1	Cultura 60	6,9	7,1	7,6	8,5	10,2	38,3	67,2	98,0
84 S2	Cultura 80	18,3	19,3	20,6	23,1	27,2	54,6	76,3	97,0
84 S3	Cultilene	9,0	9,6	10,2	11,7	14,8	45,6	74,6	96,6
84 S4	Capogrow eenjarig	4,8	4,9	5,1	5,5	6,2	33,4	65,1	98,0
84 S5	Capogrow meerjarig	22,7	24,5	26,9	31,2	37,4	67,4	88,3	96,6
84 S6	Basalan BPN 50	2,6	2,5	2,4	2,4	2,6	28,7	67,2	97,5
84 S7	Basalan BPN 70	2,4	2,3	2,2	2,0	2,2	29,2	67,4	97,4
84 S8	Basalan BPN 90	7,0	7,5	8,2	9,7	12,1	34,1	70,7	96,4
84 S9	Grodan WPS	16,3	21,0	27,0	36,2	42,4	68,9	81,6	98,1
84 S10	Grodan PL	35,8	44,8	55,0	67,8	73,2	85,8	87,6	97,2

FIGUUR 2

VOCHTKARAKTERISTIEK STEENWOL :

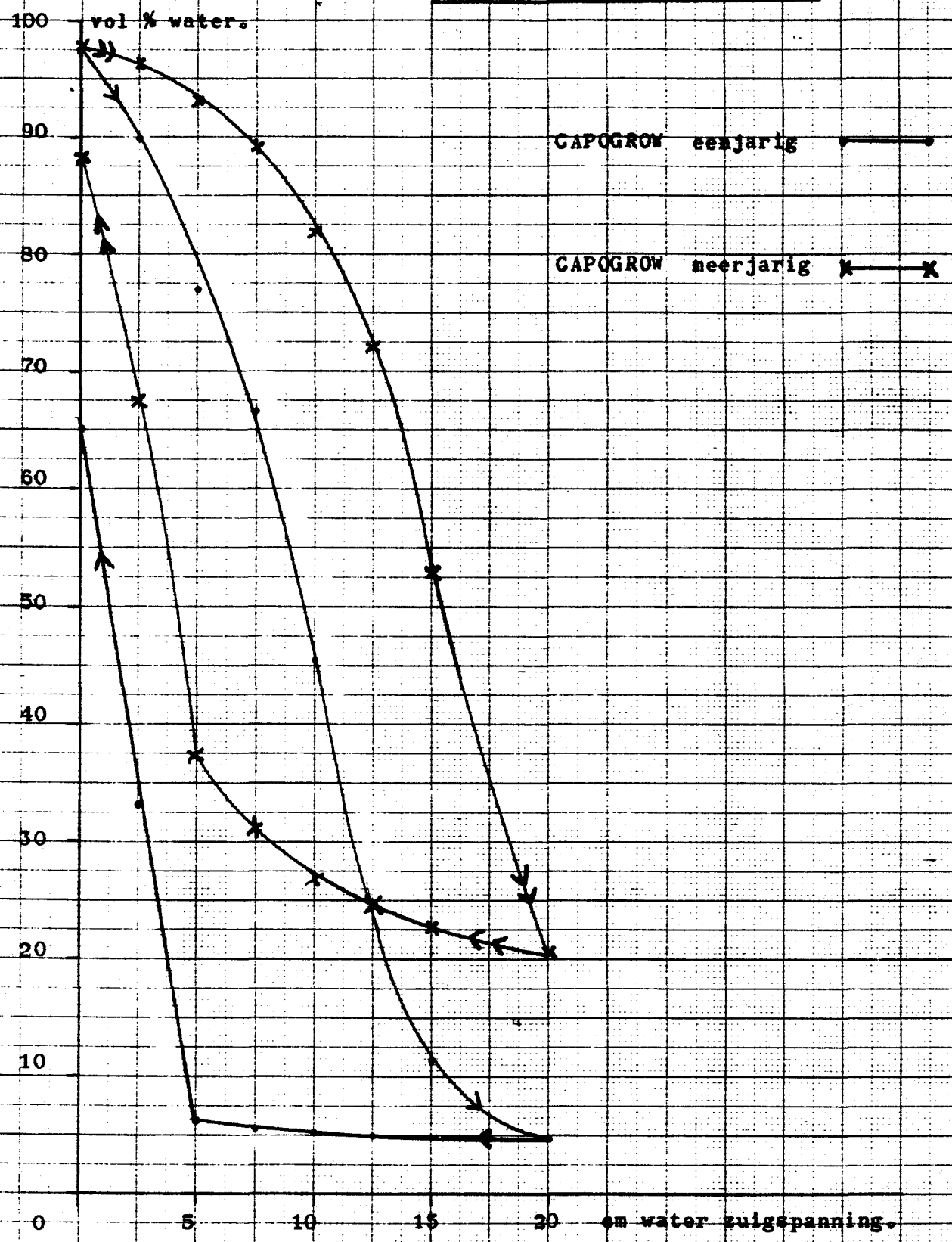


FIGUUR 3



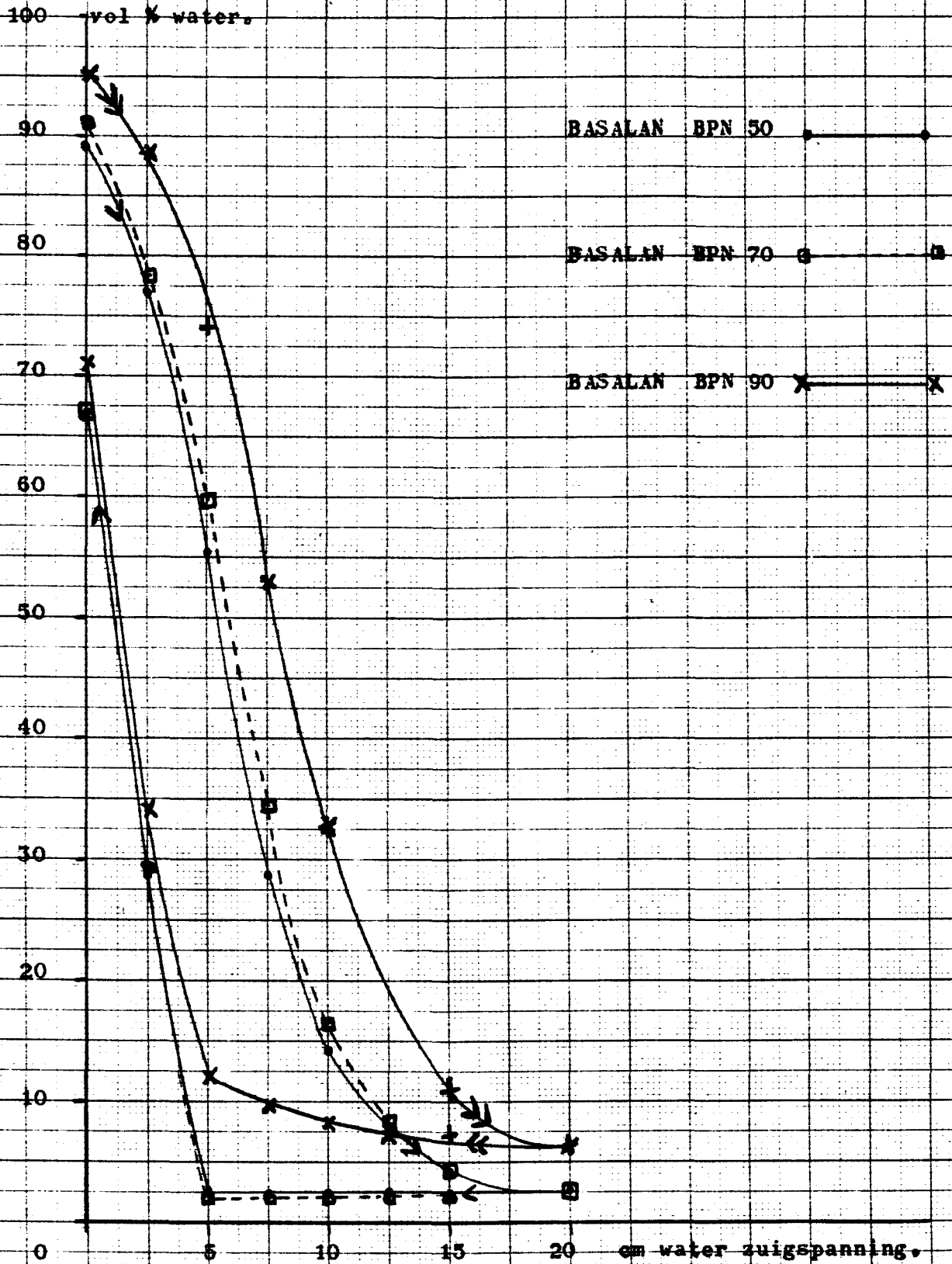
FIGUUR 4

VOCHTKARAKTERISTIEK STEENWOL

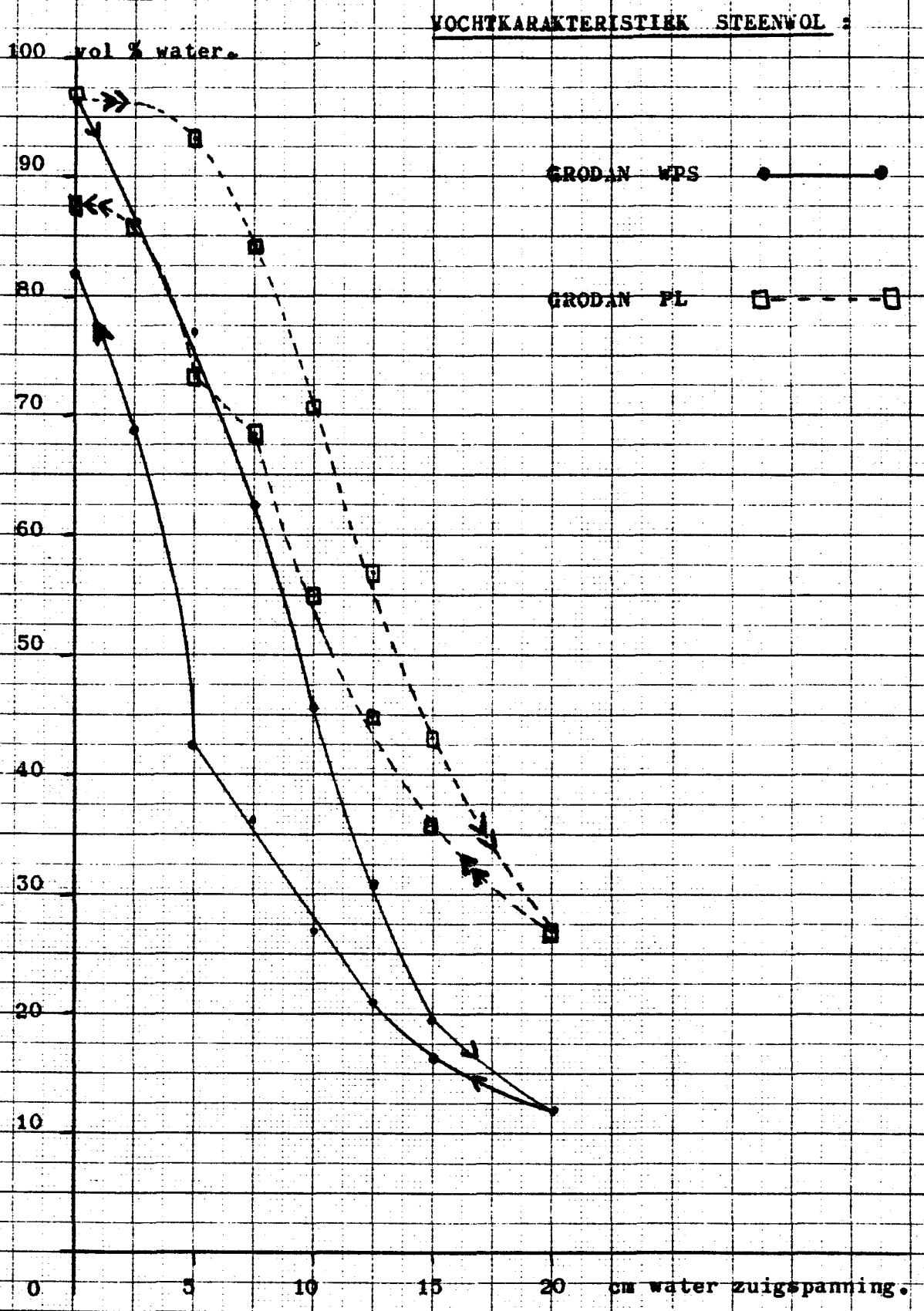


FIGUUR 5

VOCHTKARAKTERISTIEK STEENWOL :



FIGUUR 6



Nauwkeurigheid van de bepaling:

Uit de resultaten van de tien fabrikaten zijn het gemiddelde ( $\bar{m}$ ), de standaardafwijking (s) en de variatiecoëfficiënt (v.c.) berekend bij de aangelegde zuigspanningen. De standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt zijn berekend voor de duplo-bepaling per mat (s,v.c. binnen matten) en voor de bepaling in de twee matten (s, v.c. tussen matten). Het resultaat van de berekeningen is vermeld in tabel 5.

Tabel 5: Gemiddelde, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt van het volumepercentage water bij diverse zuigspanningen, van de steenwolmatten.

zuigspanning (cm water)	$\bar{m}$	binnen matten		tussen matten	
		S	v.c.(%)	S	v.c.(%)
0	94,8	2,51	2,6	1,36	1,4
2,5	88,1	2,25	2,6	1,51	1,7
5,0	78,1	2,71	3,5	1,71	2,2
7,5	64,3	2,94	4,6	1,65	2,6
10,0	49,3	3,03	6,2	3,11	6,3
12,5	35,6	3,57	10,0	3,85	10,8
15,0	22,5	3,35	14,9	3,45	15,4
20,0	10,8	1,70	15,8	1,98	18,4
15,0	12,6	1,78	14,2	2,26	18,0
12,5	14,4	1,97	13,7	2,45	17,1
10,0	16,5	2,60	15,7	2,72	16,5
7,5	19,8	3,89	19,6	1,11	5,6
5,0	22,8	6,85	30,0	4,76	20,8
2,5	48,6	8,38	17,2	2,33	4,8
0	74,6	3,25	4,4	1,91	2,6

Uit tabel 5 blijkt dat na verzadigen de standaardafwijking constant is en aanvankelijk ook constant blijft tijdens herbevochtigen. Echter bij zuigspanningen van 7,5 tot 0 cm water tijdens hervochtigen zijn een aantal uitschieters te zien. De variatiecoëfficiënt neemt na verzadigen toe en, op een aantal uitschieters na, weer af tijdens herbevochtigen waarbij het niveau echter hoger blijft dan na verzadigen. Uit tabel 5 blijkt ook dat er geen betrouwbaar verschil is tussen de spreiding in de duplo-bepaling per mat en de spreiding in de gemiddelde resultaten van de twee matten. En dat de verschillende aangelegde zuigspanningen geen invloed hebben op de spreidingen binnen of tussen de onderzochte matten. Ten aanzien van de interpretatie van de analyseresultaten zijn een aantal waarden vastgesteld, die minimale verschillen tussen de gemiddelden van twee fabrikaten aangeven bij de aangelegde zuigspanningen. Deze zijn vermeld in tabel 6.

Tabel 6: De ten aanzien van de interpretatie gevonden minimale verschillen tussen de gemiddelde volumepercentages water van steenwolmatten bij diverse zuigspanningen.

zuigspanning (cm water) →	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	0
min. verschil (P=0,05)	5,3	4,9	5,9	6,2	7,4	8,9	8,2	4,3	4,7	5,2	6,4	9,1	15,0	19,5	6
min. verschil (P=0,01)	6,3	5,9	7,0	7,4	8,8	10,6	9,7	5,2	5,6	6,2	7,6	10,9	17,9	23,2	8



Uit het tabel 6 blijkt dat de vastgestelde waarden voor het minimale verschil tussen de gemiddelden van twee fabrikaten uitschieters vertonen bij aangelegde zuigspanningen van 5,0 en 2,5 cm tijdens herbevochtigen.

#### Opmerkingen:

Voor de bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen zijn de blokjes steenwol zo gekozen dat de verschillen in de hoogte minimaal zijn. De hoogte van de blokjes varieert van 7,0 tot 7,5 cm; het gemiddelde ( $\bar{x}$ ) is 7,30 cm, de standaardafwijking (s) is 0,13 en de variatiecoëfficiënt (v.c.) is 1,8%. Ter vergelijking zijn uit de resultaten van de meting van de hoogte van veertig a-select gekozen blokjes steenwol ook  $\bar{x}$ , s en v.c. berekend. De volgende waarden zijn hiervoor gevonden:  $\bar{x} = 7,31$  cm, s = 0,24 en v.c. = 3,3%. Hieruit blijkt dat de blokjes steenwol ook voor de bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen, a-select gekozen kunnen worden.

Het verschil in hoogte heeft invloed op de aangelegde zuigspanning. Bij het aanleggen van de verschillende zuigspanningen, waarbij uitgegaan is van een nul-niveau van de pf-bak dat overeenkomt met de gemiddelde halve hoogte van de blokjes steenwol, is het maximale verschil in zuigspanning ten opzichte van de bovenkant van de blokjes 0,5 cm.

De uitvoering van de bepaling van het volumepercentage water in steenwolmatten met behulp van blokjes steenwolafkomstig van de matten heeft een aantal nadelen. Tijdens de uitvoering treden vervormingen op aan de blokjes en sommigen breken zelfs. Door knijpen in de blokjes tijdens transport van en naar de balans is er kans op vochtverlies. En mogelijk is het contact van het blokje steenwol met het zandoppervlak in de pf-bak onvoldoende en ook moeilijk te herstellen waardoor de steenwol belemmerd wordt in de opname en afgifte van water. Bovendien vertonen de analyseresultaten een aantal uitschieters. In een volgend onderzoek zal voor de subbemonstering van de steenwolmatten gebruik worden gemaakt van metalen cilindres; waardoor mogelijk de nadelen van het werken met blokjes steenwol opgeheven worden en uitschieters niet meer voorkomen.

De vocht karakteristieken van de onderzochte fabrikaten vertonen een scherpe knik omhoog bij een zuigspanning van 5,0 cm water tijdens herbevochtigen. Om een duidelijker beeld van het verloop van de curve te krijgen in het gebied van 5,0 tot 0 cm zuigspanning tijdens herbevochtigen zal in een volgend onderzoek een extra stap in dit gebied ingebouwd worden.

### 3.6. De bepaling van het pH-bufferend vermogen.

#### Principe:

Steenwol, in contact gebracht met een 1 M Kaliumchloride-oplossing die op pH=3 gebracht is met verdund salpeterzuur, oefent invloed uit op de pH van deze contactvloeistof. Het vaststellen van deze invloed op de pH van de contactvloeistof geeft informatie over het pH-bufferend vermogen van steenwol.

#### Methode:

Een 1 M Kaliumchloride-oplossing is op pH=3 gebracht met verdund salpeterzuur; dit is de zogenaamde contactvloeistof. Het blokje steenwol is verzadigd met de contactvloeistof. Aan het verzadigde blokje steenwol is contactvloeistof toegevoegd in een volumeverhouding steenwol: vocht van 1:2, in een zodanig bekerglas dat de steenwol zich geheel onder het vloeistofniveau bevindt. Na goed roeren en 24 uur laten staan bij kamertemperatuur is de pH van de contactvloeistof gemeten. Vervolgens is de contactvloeistof afgegoten en is het blokje steenwol op een zeef (maaswijdte 5,0 mm) gelegd. Na uitlekken op de zeef is de gebruikte contactvloeistof uit de steenwol gespoeld met ongebruikte contactvloeistof. Het blokje steenwol is terug in het bekerglas gebracht en hieraan is weer contactvloeistof toege-

voegd in bovengenoemde volumeverhouding. Op dezelfde wijze als hierboven beschreven is de pH van de contactvloeistof gemeten en is de gebruikte contactvloeistof uit het blokje steenwol gespoeld. In totaal is de procedure minimaal vier maal uitgevoerd. De bepaling is uitgevoerd met gehalveerde blokjes steenwol in enkelvoud per mat en in tweevoud per fabriekaat.

Resultaat:

In bijlage 10 is het resultaat van de bepaling per mat vermeld. Het gemiddelde resultaat per fabriekaat, zijnde het gemiddelde van twee bepalingen in twee matten, is weergegeven in tabel 7.

tabel 7: Gemiddeld pH-bufferend vermogen van de steenwolmatten

analyse nummer	merknaam	pH na 24 uur	pH na 48 uur	pH na 72 uur	pH na 96 uur	pH na 120 uur
84 S1	Cultura 60	4,0	3,7	3,7	3,6	
S2	Cultura 80	4,1	3,9	3,9	3,8	
S3	Cultilene	4,9	3,8	3,6	3,3	3,2
S4	Capogrow eenjarig	3,3	3,3	3,3	3,3	
S5	Capogrow meerjarig	3,5	3,4	3,4	3,4	
S6	Basalan BPN 50	4,2	4,1	4,0	3,9	
S7	Basalan BPN 70	4,1	3,8	3,6	3,6	3,6
S8	Basalan BPN 90	4,2	4,0	3,9	3,8	
S9	Grodan WPS	4,2	4,0	4,1	4,0	
S10	Grodan PL	4,6	4,4	4,4	4,3	

Opmerkingen:

De bepaling is in enkelvoud uitgevoerd met gehalveerde blokjes steenwol om zo het benodigde aantal liters aangezuurde kaliumchloride-oplossing enigszins te beperken. Beschreven als hierboven duurt te uitvoering van de bepaling vijf dagen. Naast langdurig is de bepaling ook omslachtig en geeft meer informatie over het pH-bufferend vermogen van steenwol ten opzichte van een zure kaliumchloride-oplossing dan ten opzichte van een gemiddelde voedingsoplossing. Een voorstel voor een andere methode zou een titratie kunnen zijn waarbij steenwol getitreerd wordt met een verdunde loogoplossing tot een bepaalde pH. Of steenwol bevochtigen met een gestandaardiseerde voedingsoplossing, schudden, pH meten, en opnieuw bevochtigen met de voedingsoplossing.

4. Samenvatting

Ten behoeve van het onderzoek naar de fysische eigenschappen van steenwol zijn tien monsters, zijnde 10 fabrikaten, verzameld van vijf verschillende steenwol-fabrikanten. De volgende bepalingen zijn hierin uitgevoerd: het volume, het gewicht en het volumegewicht; het verzadigd vochtgehalte, de capillaire opstijging, het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen en het pH-bufferend vermogen. De bepaling van het verzadigd vochtgehalte, de capillaire opstijging en de pH-buffering zijn uitgevoerd volgend voorschriften opgesteld door Van Noordwijk (1979) en zie bijlage 1. De analyseresultaten zijn statistisch verwerkt waarbij de bepalingfout, de variatie binnen één fabriekaat en de verschillen tussen de diverse fabrikaten zijn vastgesteld.

Tijdens het onderzoek is de nadruk gelegd op methode-ontwikkeling hetgeen tot de volgende resultaten heeft geleid. Bij de uitvoering van de bepaling van het volumegewicht kan worden volstaan met het vaststellen van de afmetingen van de steenwolmat in enkelvoud. Voor de bepaling van de capillaire opstijging is op basis van de analyseresultaten van de onderzochte fabrikaten steenwol vastgesteld

dat er geen betrouwbaar verschil is tussen de capillaire opstijging horizontaal en verticaal. Bij de bepaling van het volumepercentage water bij verschillende zuigspanningen zijn een aantal uitschieters in de analyseresultaten vastgesteld, hetgeen mogelijk een gevolg is van het werken met blokjes steenwol. Ter vergelijking zal in een volgend onderzoek de subbemonstering uitgevoerd worden met behulp van metalen cilindres. Ook zal in een volgend onderzoek een extra stap in het gebied tussen 0 en 5 cm zuigspanning tijdens herbevochtigen ingebouwd worden om een duidelijker beeld van het verloop van de vocht karakteristiek tijdens herbevochtigen te krijgen, daar deze voor alle onderzochte fabrikaten een scherpe knik vertoont bij een zuigspanning van 5,0 cm. De bepaling van het pH-bufferend vermogen van steenwol geeft onvoldoende informatie over het pH-bufferend vermogen ten opzichte van een gemiddelde voedingsoplossing doordat bij de uitvoering van de bepaling gebruik wordt gemaakt van een aangezuurde kaliumchloride-oplossing. Een voorstel voor een andere methode zou kunnen zijn: bevochtigen van de steenwol met een gestandaardiseerde voedingsoplossing, schudden, pH meten en opnieuw bevochtigen met de voedingsoplossing of een titratie van steenwol met een verdunde loogoplossing tot een bepaalde pH. Ten aanzien van de interpretatie van de analyseresultaten van de onderzochte fabrikaten steenwol is voor iedere bepaling de minimale waarde vastgesteld waaraan verschillen tussen de gemiddelden van twee fabrikaten moeten voldoen, bij toepassing van de in dit verslag beschreven methoden. Deze waarden zijn in tabel 8 vermeld.

tabel 8 De ten aanzien van de interpretatie gevonden minimale verschillen tussen de gemiddelde analyseresultaten van een vijftal fysische bepalingen in steenwolmatten.

bepaling → minimale verschil	volume- gewicht (g/dm <sup>3</sup> )	verzadigd vocht- gehalte (%)	capillaire opstijging hor. (cm)	capillaire opstijging vert. (cm)												
					P=0,05	6,7	4,0	0,3	0,4							
P=0,01	8,0	4,8	0,4	0,5												
bepaling → minimale verschil	volume % water bij verschillende zuigspanningen (cm water)															
	0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	0	
P=0,05	5,3	4,9	5,9	6,2	7,4	8,9	8,2	4,3	4,7	5,2	6,4	9,1	15,0	19,5	6,7	
P=0,01	6,3	5,9	7,0	7,4	8,8	10,6	9,7	5,2	5,6	6,2	7,6	10,9	17,9	23,2	8,2	

Voor het doen van uitspraken over de kwaliteit en bruikbaarheid van de onderzochte fabrikaten steenwol wordt verwezen naar de subafdeling "Teeltsubstraten en Opkweek-media".

#### 5. Conclusie

Uit de statistische verwerking van de analyseresultaten is gebleken dat er geen verschil is tussen de spreiding in de duplo-bepaling per mat en de spreiding in de gemiddelde resultaten van de twee matten. Voor de bepaling van de capillaire opstijging is op basis van de analyseresultaten vastgesteld dat er geen betrouwbaar verschil is tussen de capillaire opstijging horizontaal en verticaal. De verschillen tussen de onderzochte fabrikaten gingen in diverse gevallen de op basis van de analyseresultaten vastgestelde minimale verschillen te boven, waaraan de gemiddelden van twee fabrikaten moeten voldoen bij toepassing van de in dit verslag beschreven methoden.

#### 6. Literatuur

Noordwijk, M. van, 1979. Fysische en chemische eigenschappen van steenwol als substraat voor plantenteelt zonder aarde.  
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in Haren (Groningen). Nota 73.

A. Meting capillaire opstijging

1. Neem een blok steenwol (plantblokje of rechthoekig stuk van een mat gesneden) en weeg het luchtdroog.
2. Meet lengte, breedte en hoogte van het blok en bereken het volume.
3. Leg het blok in een bak met 5 mm water die waterpas staat, met de gelaagdheid of horizontaal of verticaal.
4. Plaats een lineaal voor het blok (recht van voren aflezen) en vul voorzichtig water bij in de bak om het waterniveau op 5 mm te handhaven. Herhaal dit zondig enkele malen tijdens de 30 minuten dat het blok in de bak blijft staan.
5. Neem het blok voorzichtig uit de bak (NB niet knijpen!) leg het op een schotel en weeg het.
6. De capillaire stijghoogte in cm is nu:

$$\frac{100 (\text{gewicht vochtig blok (g)} - \text{gewicht droog blok (g)})}{96 \text{ grondoppervlak blok (cm}^2)} - 0,5$$

dit is gebaseerd op 96% porienvolume en 0,5 cm waterhoogte.

B. Meting verzadigd vochtgehalte

1. Dompel het blok geheel onder water en laat alle lucht ontsnappen door enkele malen het blok onder water te wentelen ( $\frac{1}{2}$  uur).
2. Haal het blok uit het water (zonder te knijpen of scheef te houden) en leg het op een zeef die goed vlak is en waterpas staat (maaswijdte ca. 1 mm), Laat het 3 minuten uitlekken.
3. Zie A5.
4. Het verzadigd vochtgehalte (%) is nu:

$$\frac{\text{gewicht nat blok (g)} - \text{gewicht droog blok (g)}}{\text{volume blok (cm}^3)} \times 100\%$$

C. Meting pH-buffering

1. Zuur een 1 N KCL oplossing met  $\text{HNO}_3$  aan tot een pH=3
2. Voeg per volume steenwol 2 volumedelen zuur toe in een zodanig bekeerglas dat de steenwol zich geheel onder het vloeistofniveau bevindt.
3. Schud en laat 24 uur staan bij circa  $20^\circ\text{C}$
4. Schud weer en meet de pH van de oplossing.
5. Giet de oplossing af. laat de steenwol op een zeef uitlekken en spoel met zure oplossing resten oude oplossing uit de steenwol.
6. Herhaal de handelingen 2-5 viermaal

bijlage 2

Merknamen van de fabrikaten

analyse nummer	fabrikant	merknaam
84 S1	Cultura	Cultura 60
S2		Cultura 80
S3	Cultilene	Cultilene
S4	Capogrow	Capogrow eenmalig
S5		Capogrow meermalig
S6	Basalan	Basalan BPN 50
S7		Basalan BPN 70
S8		Basalan BPN 90
S9	Grodan	Grodan WPS
S10		Grodan PL

Afmetingen, volume, gewicht en volumegewicht van de steenwolmatten

analyse nummer	l (cm)	b (cm)	h (cm)	volume (dm <sup>3</sup> )	gewicht (g)	volumegewicht (g/dm <sup>3</sup> )	analyse nummer	l (cm)	b (cm)	h (cm)	volume (dm <sup>3</sup> )	gewicht (g)	volumegewicht (g/dm <sup>3</sup> )
84 S1-1	101	15	7,0	10,6	561	53	S6-1	99,5	15	6,8	10,1	606	60
1-2	99	15	7,4	11,0	640	58	6-2	100	15	6,9	10,4	615	59
1-3	99	15	7,1	10,5	581	55	6-3	100	15	6,8	10,2	593	58
1-4	99	15	7,2	10,7	571	53	6-4	101	15	6,9	10,5	606	58
S2-1	100,5	15	7,2	10,9	858	79	S7-1	101	15	7,4	11,2	804	72
2-2	99	15	7,2	10,7	883	83	7-2	100	15	7,7	11,6	791	68
2-3	99	15	7,3	10,8	887	82	7-3	100,5	15	7,6	11,5	786	69
2-4	99	15	7,3	10,8	841	78	7-4	100,5	15	7,6	11,5	792	69
S3-1	99,5	14,5	7,3	10,5	1034	98	S8-1	100,5	15	7,6	11,5	1007	88
3-2	99,5	15	7,3	10,9	919	84	8-2	100	15	7,4	11,1	1023	92
3-3	100	15	7,6	11,4	989	87	8-3	100	15	7,3	11,0	997	91
3-4	99,5	15	7,4	11,0	998	90	8-4	100	15	7,6	11,4	998	88
S4-1	99	15	7,0	10,4	588	57	S9-1	100	15	7,4	11,1	569	51
4-2	99,5	15	7,2	10,7	602	56	9-2	100	15	7,4	11,1	533	48
4-3	99	15	6,6	9,8	491	50	9-3	100	15	7,4	11,1	512	46
4-4	99,5	15	6,8	10,1	513	51	9-4	100	15	7,4	11,1	526	47
S5-1	90	15,5	7,4	10,3	931	90	S10-1	100,5	15	7,7	11,6	812	70
5-2	90	15	7,4	10,0	897	90	10-2	100,5	15	7,7	11,6	821	71
5-3	90	15	7,2	9,7	843	87	10-3	100,5	15,5	7,6	11,8	840	71
5-4	90	15,5	7,4	10,3	909	88	10-4	100,5	15	7,6	11,5	789	69

Het verzadigd vochtgehalte van de steenwolmatten

analyse nummer	verzadigd vochtgehalte (%)	analyse nummer	verzadigd vochtgehalte (%)
84 S1-3 <sup>e</sup>	94,8	S6-2 <sup>e</sup>	66,7
S1-3 <sup>d</sup>	91,1	S6-2 <sup>d</sup>	65,6
S1-4 <sup>e</sup>	89,8	S6-4 <sup>e</sup>	66,8
S1-4 <sup>d</sup>	90,8	S6-4 <sup>d</sup>	61,8
S2-3 <sup>e</sup>	94,6	S7-1 <sup>e</sup>	74,3
S2-3 <sup>d</sup>	96,6	S7-1 <sup>d</sup>	72,0
S2-4 <sup>e</sup>	96,2	S7-4 <sup>e</sup>	74,0
S2-4 <sup>d</sup>	96,0	S7-4 <sup>d</sup>	73,6
S3-1 <sup>e</sup>	92,4	S8-2 <sup>e</sup>	78,4
S3-1 <sup>d</sup>	93,4	S8-2 <sup>d</sup>	80,0
S3-4 <sup>e</sup>	88,8	S8-3 <sup>e</sup>	81,0
S3-4 <sup>d</sup>	91,4	S8-3 <sup>d</sup>	81,9
S4-1 <sup>e</sup>	92,6	S9-2 <sup>e</sup>	95,1
S4-1 <sup>d</sup>	91,9	S9-2 <sup>d</sup>	92,7
S4-2 <sup>e</sup>	90,7	S9-4 <sup>e</sup>	98,6
S4-2 <sup>d</sup>	93,6	S9-4 <sup>d</sup>	96,1
S5-2 <sup>e</sup>	96,2	S10-3 <sup>e</sup>	97,8
S5-2 <sup>d</sup>	94,6	S10-3 <sup>d</sup>	99,7
S5-3 <sup>e</sup>	96,9	S10-4 <sup>e</sup>	97,5
S5-3 <sup>d</sup>	96,2	S10-4 <sup>d</sup>	99,5



bijlage 5

De capillaire opstijging horizontaal en verticaal van de steenwolmatten

analyse nummer	cap. opstijging horizontaal stijghoogte (cm)	cap opstijging verticaal stijghoogte (cm)	analyse nummer	cap.opstijging horizontaal stijghoogte (cm)	cap.opstijg verticaal stijghoogte
04 S1-3 <sup>e</sup>	1,1	1,1	S6-2 <sup>e</sup>	1,0	0,8
S1-3 <sup>d</sup>	1,0	1,0	S6-2 <sup>d</sup>	0,9	0,8
S1-4 <sup>e</sup>	1,2	1,2	S6-4 <sup>e</sup>	0,9	0,8
S1-4 <sup>d</sup>	1,0	0,9	S6-4 <sup>d</sup>	1,1	1,0
S2-3 <sup>e</sup>	1,9	2,0	S7-1 <sup>e</sup>	1,1	0,8
S2-3 <sup>d</sup>	1,6	1,9	S7-1 <sup>d</sup>	1,0	1,2
S2-4 <sup>e</sup>	1,4	1,8	S7-4 <sup>e</sup>	1,0	1,1
S2-4 <sup>d</sup>	1,9	1,6	S7-4 <sup>d</sup>	1,3	1,2
S3-1 <sup>e</sup>	1,7	1,8	S8-2 <sup>e</sup>	1,2	1,6
S3-1 <sup>d</sup>	1,6	1,8	S8-2 <sup>d</sup>	1,4	1,3
S3-4 <sup>e</sup>	1,8	2,0	S8-3 <sup>e</sup>	1,5	1,6
S3-4 <sup>d</sup>	1,5	1,3	S8-3 <sup>d</sup>	1,4	1,6
S4-1 <sup>e</sup>	0,9	1,1	S9-2 <sup>e</sup>	1,5	1,3
S4-1 <sup>d</sup>	1,1	1,2	S9-2 <sup>d</sup>	1,3	1,4
S4-2 <sup>e</sup>	0,9	1,0	S9-4 <sup>e</sup>	1,2	1,1
S4-2 <sup>d</sup>	0,9	0,9	S9-4 <sup>d</sup>	1,2	1,0
S5-2 <sup>e</sup>	2,0	2,2	S10-3 <sup>e</sup>	2,2	2,3
S5-2 <sup>d</sup>	1,9	2,3	S10-3 <sup>d</sup>	2,4	2,3
S5-3 <sup>e</sup>	1,8	2,3	S10-4 <sup>e</sup>	2,1	2,5
S5-3 <sup>d</sup>	1,8	2,0	S10-4 <sup>d</sup>	2,3	2,3

Portiervolume; volumepercentage water en lucht van de steenwolmatten bij zuigspanningen van 0-2,5-5,0-7,5-10,0-12,5-15,0 en 20,0 cm water

analyse nummer	po-riën vo-lume	zuigspanning 0 cm water		zuigspanning 2,5 cm water		zuigspanning 5,0 cm water		zuigspanning 7,5 cm water		zuigspanning 10,0 cm water		zuigspanning 12,5 cm water		zuigspanning 15,0 cm water		zuigspanning 20,0 cm water		vol-lucl
		vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	
84 S1-3 <sup>e</sup>	98,0	95,2	2,8	88,1	9,9	78,5	19,5	65,6	32,4	50,8	47,2	32,7	65,3	18,2	79,8	7,5	90	
S1-3 <sup>d</sup>	98,1	94,9	3,2	84,6	13,5	75,4	22,7	63,1	35,0	46,5	51,6	29,1	69,0	13,8	84,3	5,5	92	
S1-4 <sup>e</sup>	97,8	94,7	3,1	87,0	10,8	78,2	19,6	63,4	34,4	42,6	55,2	26,2	71,6	14,3	83,5	6,3	91	
S1-4 <sup>d</sup>	97,9	97,9	0,0	87,7	10,2	78,5	19,4	67,5	30,4	53,2	44,7	35,6	62,3	18,0	79,9	6,9	91	
S2-3 <sup>e</sup>	97,0	92,8	4,2	90,6	6,4	87,5	9,5	82,3	14,7	73,3	23,7	58,8	38,2	38,8	58,2	17,7	79	
S2-3 <sup>d</sup>	96,9	94,9	2,0	92,8	4,1	89,8	7,1	85,8	11,1	79,3	17,6	67,4	29,5	43,6	53,3	19,7	77	
S2-4 <sup>e</sup>	97,1	94,5	2,6	91,5	5,6	88,0	9,1	82,0	15,1	71,5	25,6	55,2	41,9	32,9	64,2	14,2	82	
S2-4 <sup>d</sup>	97,1	97,2	0	93,9	3,2	90,9	6,2	84,5	12,6	75,5	21,6	61,9	35,2	38,9	58,2	16,9	80	
S3-1 <sup>e</sup>	96,3	91,7	4,6	88,8	7,5	85,2	11,1	78,0	18,3	65,2	31,1	47,7	48,6	28,1	68,2	10,0	86	
S3-1 <sup>d</sup>	96,8	95,9	0,9	88,6	8,2	81,6	15,2	74,8	22,0	62,6	34,2	44,5	52,3	24,4	72,4	8,6	88	
S3-4 <sup>e</sup>	96,6	94,3	2,3	89,9	6,7	85,7	10,9	76,1	20,5	59,7	36,9	39,8	56,8	21,0	75,6	7,2	89	
S3-4 <sup>d</sup>	96,9	96,3	0,6	90,4	6,5	84,0	12,9	73,6	23,3	60,2	36,7	42,4	54,5	22,4	74,5	7,3	89	
S4-1 <sup>e</sup>	97,9	95,2	2,7	89,2	8,7	79,4	18,5	69,3	28,6	48,9	49,0	23,3	74,6	8,9	89,0	4,0	93	
S4-1 <sup>d</sup>	98,0	98,2	0	90,6	7,4	76,4	21,6	66,1	31,9	43,8	54,2	26,0	72,0	12,3	85,7	4,8	93	
S4-2 <sup>e</sup>	98,0	97,0	1,0	86,1	11,9	71,0	27,0	59,6	38,4	43,6	54,4	26,4	71,6	12,2	85,8	5,1	92	
S4-2 <sup>d</sup>	97,9	100,1	0	94,1	3,8	81,7	16,2	71,8	26,1	45,6	52,3	23,2	74,7	12,2	85,7	5,2	92	
S5-2 <sup>e</sup>	96,5	97,9	0	96,8	0	93,6	2,9	89,9	6,6	83,8	12,7	71,7	24,8	52,4	44,1	23,9	72	
S5-2 <sup>d</sup>	96,7	97,6	0	96,6	0,1	93,1	3,6	89,6	7,1	83,5	13,2	71,8	24,9	51,4	45,3	18,4	78	
S5-3 <sup>e</sup>	96,5	96,1	0,4	95,6	0,9	92,9	3,6	89,8	6,7	83,7	12,8	72,8	23,7	55,1	41,4	21,9	74	
S5-3 <sup>d</sup>	96,8	97,9	0	96,8	0	92,8	4,0	87,6	9,2	76,7	20,1	57,7	39,1	39,9	56,9	18,4	78	

analyse nummer	po- riën vo- lume	zuigspanning 0 cm water		zuigspanning 2,5 cm water		zuigspanning 5,0 cm water		zuigspanning 7,5 cm water		zuigspanning 10,0 cm water		zuigspanning 12,5 cm water		zuigspanning 15,0 cm water		zuigspanning 20,0 cm water		
		vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	
S6-2 <sup>e</sup>		97,6	85,0	12,6	74,4	23,2	52,9	44,7	25,6	72,0	13,1	84,5	8,5	89,1	4,8	92,8	2,9	94
S6-2 <sup>d</sup>		97,5	91,5	6,0	76,5	21,0	56,2	41,3	28,7	68,8	12,5	85,0	6,4	91,1	3,1	94,4	2,4	95
S6-4 <sup>e</sup>		97,6	85,0	12,6	75,0	22,6	52,7	44,9	27,2	70,4	14,2	83,4	8,7	88,9	4,8	92,8	2,7	94
S6-4 <sup>d</sup>		97,3	94,8	2,5	81,9	15,4	60,6	36,7	33,3	64,0	17,3	80,0	7,4	89,9	3,9	93,4	2,7	94
S7-1 <sup>e</sup>		97,6	89,3	8,3	76,5	21,1	60,1	37,5	36,4	61,2	18,0	79,6	8,4	89,2	3,9	93,7	2,6	95
S7-1 <sup>d</sup>		97,4	92,2	5,2	77,8	19,6	56,7	40,7	32,9	64,5	18,1	79,3	9,0	88,4	4,8	92,6	2,9	94
S7-4 <sup>e</sup>		97,4	90,7	6,7	78,4	19,0	59,9	37,5	34,6	62,8	13,9	83,5	7,3	90,1	3,7	93,7	2,5	94
S7-4 <sup>d</sup>		97,4	90,9	6,5	80,8	16,6	62,3	35,1	34,0	63,4	15,9	81,5	8,3	89,1	3,4	94,0	1,9	95
S8-2 <sup>e</sup>		96,4	94,2	2,2	89,7	6,7	78,3	18,1	57,9	38,5	32,3	64,1	19,3	77,1	9,5	86,9	5,1	91
S8-2 <sup>d</sup>		96,3	94,2	2,1	85,8	10,5	73,1	23,2	50,7	45,6	29,7	66,6	17,1	79,2	7,3	89,0	4,0	92
S8-3 <sup>e</sup>		96,4	95,3	1,1	90,6	5,8	72,0	24,4	51,2	45,2	30,8	65,6	21,3	75,1	13,6	82,8	8,8	87
S8-3 <sup>d</sup>		96,6	96,9	0	88,2	8,4	73,1	23,5	52,9	43,7	38,5	58,1	23,0	73,6	13,2	83,4	7,6	89
S9-2 <sup>e</sup>		98,3	94,1	4,2	84,4	13,9	77,4	20,9	63,5	34,8	46,2	52,1	34,6	63,7	25,2	73,1	15,5	82
S9-2 <sup>d</sup>		98,0	97,9	0,1	87,7	10,3	77,0	21,0	63,5	34,5	50,0	48,0	33,4	64,6	17,8	80,2	11,0	87
S9-4 <sup>e</sup>		98,0	95,6	2,4	85,5	12,5	77,0	21,0	61,4	36,6	42,5	55,5	29,0	69,0	19,9	78,1	12,1	85
S9-4 <sup>d</sup>		98,1	97,5	0,6	88,0	10,1	76,7	21,4	62,4	35,7	43,6	54,5	26,2	71,9	14,7	83,4	8,8	89
S10-3 <sup>e</sup>		97,1	96,6	0,5	96,6	0,5	94,6	2,5	85,3	11,8	71,3	25,8	56,0	41,1	42,8	54,3	27,7	69
S10-3 <sup>d</sup>		97,3	96,9	0,4	96,2	1,1	92,4	4,9	82,6	14,7	70,5	26,8	56,1	41,2	41,4	55,9	24,9	72
S10-4 <sup>e</sup>		97,2	94,6	2,6	94,0	3,2	91,8	5,4	85,1	12,1	71,8	25,4	58,5	38,7	45,2	52,0	29,5	67
S10-4 <sup>d</sup>		97,3	98,9	0	97,8	0	94,4	2,9	84,1	13,2	70,1	27,2	57,0	40,3	43,4	53,9	25,9	71

analyse nummer	po-riën volume	zuigspanning 15,0 cm water		zuigspanning 12,5cm water		zuigspanning 10,0cm water		zuigspanning 7,5 cm water		zuigspanning 5,0 cm water		zuigspanning 2,5 cm water		zuigspanning 0 cm water	
		vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht
84 S1-3 <sup>e</sup>	98,0	7,7	90,3	8,1	89,9	8,7	89,3	10,1	87,9	13,8	84,2	40,9	57,1	68,1	29,9
S1-3 <sup>o</sup>	98,1	5,8	92,3	5,9	92,2	6,3	91,8	6,7	91,4	7,1	91,0	34,9	63,2	64,5	33,6
S1-4 <sup>e</sup>	97,8	6,6	91,2	6,8	91,0	7,4	90,4	8,4	89,4	10,7	87,1	38,1	59,7	67,9	29,9
S1-4 <sup>o</sup>	97,9	7,4	90,5	7,7	90,2	8,2	89,7	8,9	89,0	9,4	88,5	39,2	58,7	68,1	29,8
S2-3 <sup>e</sup>	97,0	19,0	78,0	20,1	76,9	21,6	75,4	25,2	71,8	32,3	64,7	54,4	42,6	74,9	22,1
S2-3 <sup>o</sup>	96,9	20,9	76,0	22,0	74,9	23,3	73,6	25,1	71,8	26,4	70,5	57,4	39,5	77,9	19,0
S2-4 <sup>e</sup>	97,1	15,4	81,7	16,3	80,8	17,6	79,5	20,5	76,6	27,8	69,3	52,4	44,7	75,9	21,2
S2-4 <sup>o</sup>	97,1	17,9	79,2	18,8	78,3	19,9	77,2	21,5	75,6	22,5	74,6	54,4	42,7	76,5	20,6
S3-1 <sup>e</sup>	96,3	10,9	85,4	11,5	84,8	12,4	83,9	14,8	81,5	22,1	74,2	48,6	47,7	76,3	20,0
S3-1 <sup>o</sup>	96,8	9,3	87,5	9,9	86,9	10,5	86,3	11,6	85,2	12,4	84,4	44,0	52,8	73,9	22,9
S3-4 <sup>e</sup>	96,6	7,9	88,7	8,4	88,2	9,0	87,6	10,4	86,2	14,4	82,2	45,5	51,1	74,0	22,6
S3-4 <sup>o</sup>	96,9	7,9	89,0	8,5	88,4	9,0	87,9	9,9	87,0	10,5	86,4	44,1	52,8	74,2	22,7
S4-1 <sup>e</sup>	97,9	4,0	93,9	3,9	94,0	4,0	93,9	4,2	93,7	4,7	93,2	31,2	66,7	64,0	33,9
S4-1 <sup>o</sup>	98,0	4,8	93,2	4,9	93,1	5,0	93,0	5,2	92,8	5,4	92,6	33,1	64,9	64,4	33,6
S4-2 <sup>e</sup>	98,0	5,1	92,9	5,2	92,8	5,4	92,6	6,0	92,0	8,1	89,9	32,0	66,0	62,6	35,4
S4-2 <sup>o</sup>	97,9	5,4	92,5	5,7	92,2	6,1	91,8	6,6	91,3	6,8	91,1	37,2	60,7	69,5	28,4
S5-2 <sup>e</sup>	96,5	26,3	70,2	28,5	68,0	31,6	64,9	37,9	58,6	46,7	49,8	68,5	28,0	88,9	7,6
S5-2 <sup>o</sup>	96,7	19,9	76,8	21,4	75,3	22,9	73,8	25,0	71,7	26,3	70,4	67,0	29,7	91,3	5,4
S5-3 <sup>e</sup>	96,5	24,0	72,5	25,8	70,7	28,6	67,9	34,4	62,1	47,2	49,3	70,4	26,1	91,2	5,3
S5-3 <sup>o</sup>	96,8	20,6	76,2	22,4	74,4	24,5	72,3	27,5	69,3	29,3	67,5	63,6	33,2	81,8	15,0

analyse nummer	po-riën vo-lume	zuigspanning 15,0 cm water		zuigspanning 12,5 cm water		zuigspanning 10,0 cm water		zuigspanning 7,5 cm water		zuigspanning 5,0 cm water		zuigspanning 2,5 cm water		zuigspanning 0 cm water					
		vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht	vol % water	vol % lucht				
S6-2 <sup>e</sup>	97,6	2,8	94,8	2,7	94,9	2,6	95,0	2,6	95,0	2,6	94,7	2,6	94,7	2,6	94,6	33,4	63,9	69,8	27,5
S6-2 <sup>d</sup>	97,5	2,3	95,2	2,2	95,3	2,1	96,4	2,0	95,5	2,0	95,5	2,0	95,5	36,7	60,8	72,4	25,1		
S6-4 <sup>e</sup>	97,6	2,6	95,0	2,5	95,1	2,4	95,2	2,4	95,2	2,4	95,2	2,7	94,9	21,8	75,8	63,8	33,8		
S6-4 <sup>d</sup>	97,3	2,6	94,7	2,6	94,7	2,6	94,7	2,6	94,7	2,7	94,6	33,4	63,9	69,8	27,5				
S7-1 <sup>e</sup>	97,6	2,5	95,1	2,4	95,2	2,4	95,2	2,4	95,2	2,8	94,8	12,5	85,1						
S7-1 <sup>d</sup>	97,4	2,8	94,6	2,7	94,7	2,6	94,8	2,3	95,1	2,1	95,3	56,2	41,2	71,0	26,4				
S7-4 <sup>e</sup>	97,4	2,3	95,1	2,1	95,3	1,9	95,5	1,8	95,6	2,1	95,3	16,3	81,1	60,3	37,1				
S7-4 <sup>d</sup>	97,4	1,9	95,5	1,9	95,5	1,9	95,5	1,7	95,7	1,6	95,8	31,7	65,7	70,9	26,5				
S8-2 <sup>e</sup>	96,4	5,0	91,4	4,9	91,5	4,9	91,5	5,0	91,4	6,3	90,1	17,9	78,5						
S8-2 <sup>d</sup>	96,3	4,1	92,2	4,3	92,0	4,5	91,8	4,9	91,4	5,0	91,3	30,5	65,8	71,0	25,3				
S8-3 <sup>e</sup>	96,4	9,8	86,6	10,6	85,8	12,0	84,4	15,3	81,1	22,5	73,9	44,3	52,1	70,4	26,0				
S8-3 <sup>d</sup>	96,6	9,0	87,6	10,1	86,5	11,3	85,3	13,5	83,1	14,6	82,0	43,8	52,8	70,8	25,8				
S9-2 <sup>e</sup>	98,3	20,4	77,9	25,7	72,6	32,4	65,9	41,8	56,5	49,4	48,9	64,5	33,8	77,5	20,8				
S9-2 <sup>d</sup>	98,0	15,2	82,8	19,1	78,9	23,3	74,7	29,8	68,2	32,6	65,4	68,6	29,4	83,0	15,0				
S9-4 <sup>e</sup>	98,0	16,6	81,4	22,0	76,0	30,1	67,9	43,5	54,5	54,6	43,4	71,2	26,8	81,8	16,2				
S9-4 <sup>d</sup>	98,1	13,0	85,1	17,3	80,8	22,4	75,7	29,9	68,2	33,0	65,1	71,2	26,9	84,3	13,8				
S10-3 <sup>e</sup>	97,1	36,7	60,4	45,9	51,2	57,4	39,7	71,6	25,5	78,4	18,7	86,1	11,0	87,7	9,4				
S10-3 <sup>d</sup>	97,3	33,9	63,4	43,4	53,9	53,5	43,8	65,8	31,5	69,4	27,9	85,4	11,9	86,8	10,5				
S10-4 <sup>e</sup>	97,2	37,7	59,5	45,4	51,8	54,7	42,5	67,1	30,1	74,9	22,3	84,6	12,6	86,8	10,4				
S10-4 <sup>d</sup>	97,3	35,1	62,2	44,6	52,7	54,6	42,7	66,5	30,8	70,2	27,1	87,3	10,0	88,9	8,4				

Bijlage 10pH-bufferend vermogen van de steenwolmatten

Analyse nummer	pH na 24 uur	pH na 48 uur	pH na 72 uur	pH na 96 uur	pH na 120 uur
84 S1-3	3,92	3,71	3,74	3,64	
S1-4	3,98	3,73	3,69	3,64	
S2-3	4,18	3,93	3,91	3,82	
S2-4	4,11	3,85	3,85	3,84	
S3-1	5,03	3,95	3,66	3,32	3,24
S3-4	4,73	3,68	3,55	3,22	3,16
S4-1	3,25	3,24	3,25	3,26	
S4-2	3,37	3,36	3,43	3,38	
S5-2	3,48	3,36	3,44	3,39	
S5-3	3,45	3,36	3,41	3,38	
S6-2	4,28	4,11	3,99	3,93	
S6-4	4,19	4,09	3,92	3,90	
S7-1	3,98	3,75	3,50	3,54	
S7-4	4,16	3,85	3,71	3,59	3,61
S8-2	4,37	4,06	3,94	3,83	
S8-3	4,12	3,93	3,78	3,80	
S9-2	4,11	4,02	4,05	4,04	
S9-4	4,19	4,09	4,08	4,06	
S10-3	4,60	4,44	4,38	4,32	
S10-4	4,58	4,38	4,32	4,31	