

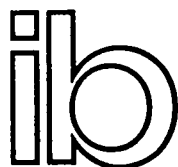
INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

NOTA 73

**FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN STEENWOL ALS SUBSTRAAT VOOR
PLANTENTEELT ZONDER AARDE**

door

M. VAN NOORDWIJK.



1979

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

NOTA 73

FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN STEENWOL ALS SUBSTRAAT VOOR
PLANTENTEELT ZONDER AARDE

door

M. VAN NOORDWIJK

Nota's van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid zijn in principe interne communicatiemiddelen en worden derhalve niet als officiële publikaties beschouwd. Zij zullen veelal resultaten van niet afgesloten onderzoek bevatten en/of als discussiestuk dienen. Eventuele conclusies mogen niet als definitief worden beschouwd. Deze nota's worden slechts in beperkte mate of in het geheel niet buiten het Instituut verspreid.

1979

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Het watervasthoudend vermogen	6
2.1. Inleiding	6
2.2. Uitwerking meetmethode	7
2.3. Vergelijking van de monsters	9
2.4. Discussie	11
3. De pH-buffering en uitwisseling van kationen	13
3.1. pH-bepaling	13
3.2. Resultaten	15
3.3. pH-buffering	16
3.3.1. Uiteenvallen van steenwol bij lage pH	16
3.3.2. pH-buffering door steenwol	17
3.4. Uitwisselings-eigenschappen van steenwol	19
4. Samenvatting en conclusies	22
5. Literatuur	23
Bijlage	24

1. INLEIDING

Bij de opkomst van steenwol als substraat voor plantenteelt zonder aarde in de tuinbouw, spelen verschillende factoren een rol. Naast het vermijden van bodemziekten en besparing op de grondverwarming, geldt de goede beschikbaarheid van het materiaal en de mogelijkheid tot groeiregulering via snelle aanpassing van het voedingsaanbod als belangrijk argument. Maar in de praktijk komen toch wel problemen voor met de watervasthoudendheid van steenwol.

Ook het handhaven van de pH in steenwol leverde in de praktijk soms moeilijkheden op (Voogt, 1978), zodat het materiaal kennelijk niet zo inert is als aanvankelijk werd gedacht. Dit leidde tot het verzoek van de Werkgroep Teeltsubstraten Naaldwijk-Aalsmeer aan het IB om meetmethoden te ontwikkelen om fysische en chemische kwaliteiten van steenwol te meten en zo mogelijk normen hiervoor op te stellen.

Bij het opstellen van normen moeten bepaalde absolute grenswaarden gesteld worden, bijvoorbeeld ten aanzien van de pH, maar er zullen nog striktere eisen moeten gelden voor homogeniteit binnen de in één kas te gebruiken partij. Het teeltsysteem is namelijk zo ingericht dat het regelen van watergiften en bijstellen van de voedingsoplossing gebeurt op basis van een mengmonster uit de gehele kas. Hoewel zowel op "natte" als op "droge" matten (zie onder voor een meer precieze omschrijving) te telen valt, geeft het grote problemen als beide typen door elkaar voorkomen in een kas. Hetzelfde geldt voor het pH-gedrag van het materiaal.

Naast deze verschillen tussen matten, kunnen in de loop van de teelt ook verschillen ontstaan in zoutgehalten en pH binnen de mat, afhankelijk van het gebruikte gietsysteem (van Noordwijk, 1978). Deze heterogeniteit bemoeilijkt het nemen van een goed mengmonster (van der Wees, 1978), maar is misschien ook medeoorzaak van de uit de praktijk gerapporteerde problemen. Als de oplossing hiervan,

zonder dat men zich geheel realiseert wat er gebeurt, gezocht wordt in een hoge doorspoelfrequentie leidt dit tot een zeer inefficiënt gebruik van meststoffen. In een nog te verschijnen IB-rapport zullen de stromingspatronen in de mat nader beschreven worden, resulterend in een advies voor het gietsysteem (van Noordwijk en Raats, 1979).

In deze nota wordt de ontwikkeling van meetmethoden beschreven. Hierbij is gebruik gemaakt van een serie monsters van verschillende herkomst (Tabel I), waarvan het produktiejaar helaas slechts geschat kan worden.

Tabel I. Herkomst van de steenwolmonsters met vermoedelijk produktiejaar. Op de laatste twee monsters na is al het materiaal Deens fabrikaat. Een deel van de monsters is verkregen via Ing. Sonneveld (S), een ander deel via Ing. Verwer (V).

code	omschrijving van de herkomst	bron	vermoedelijk produktiejaar
A	IMAG-proeven 1977	V	1976
B	Coremans-Vliet 1977	V	1976
C	chef 60 cm breed 1977	S	1977
D	chef 90x30 cm breed dec 1977	S	1977
E	A3-11 sla licht herfst 1977	S	1977
F	A3-11 sla donker herfst 1977	S	1977
G	proeftuin Eelde 083221 maart 1978		1977
H	proeftuin Eelde 083142 maart 1978		1977
I	proeftuin Eelde ----- maart 1978		1977
K	Brinkman voorjaar I 1978	S	1977
L	Brinkman voorjaar II 1978	S	1977
M	Voogt 1978	S	1977
N	proef produktie Roermond	S	1978
O	proef produktie Roermond	V	1978

De pF-curves in Figuur 2 werden bepaald door A. Pelgrum.

De andere metingen zijn verricht door G. Brouwer en de HLS stageairs M. Stallen en P. Scholte-Albers, die allen ook tot het uitwerken van de meetmethoden hebben bijgedragen.

2. HET WATERVASTHOUDEND VERMOGEN

2.1 Inleiding

Bij de toepassing van steenwol in de praktijk worden, wat men noemt, "natte" en "droge" matten gebruikt. Bij het toegepaste gietsysteem is het eerste type steeds tot boven toe vochtig, terwijl het tweede type slechts onderin vocht bergt. De kleinere, vochtvoorraad in de "droge" mat betekent dat met een hogere frequentie gedruppeld moet worden en dat de risico's van niet snel genoeg leveren bij hoge verdamping en bij technische storingen toenemen. Daarom is gezocht naar een meetmethode die gemakkelijk is uit te voeren met zeer eenvoudig en op een bedrijf beschikbaar materiaal en die zinvolle informatie geeft over de hoeveelheid vocht die de steenwol vast kan houden. Hiertoe is het vochtgehalte bij verzadiging gemeten, uitgaande van drainage aan de onderzijde van de mat (dus overeenkomend met de praktijksituatie met spleten onder in de zijkant van het omhullend plastic), en bij een drogere toestand. Deze drogere toestand is moeilijker te definiëren en geeft zeker niet de grens aan van wat voor de plant opneembaar is (zie onder). Gezocht is naar een methode die in ieder geval reproduceerbaar is. Met de handen uitknijpen van het materiaal bleek niet voldoende te standaardiseren te zijn, het met behulp van gewichten uitpersen wel, zodat we deze methode nader uitgewerkt hebben.

Een punt van overweging is de eenheid waarin het vochtgehalte moet worden uitgedrukt. Omdat de hoogte van mat tot mat varieert en de lengte en breedte in de praktijk wel constant is, is hier gekozen voor het vochtgehalte per oppervlakte-eenheid als maat, bij de aanwezige hoogte van het monster. Daarnaast is ook het vochtgehalte als volumepercentage (v/v) opgegeven.

2.2 *Uitwerking meetmethode*

De volgende methode bleek tot reproduceerbare resultaten te leiden bij meting van het verzadigd vochtgehalte:

1. neem een blok steenwol en weeg het luchtdroog
2. dompel het onder water en laat alle lucht ontsnappen
3. leg het op een waterpas staande zeef en laat het 3 minuten uitlekken
4. leg het blok direct vanaf de zeef op een schoteltje (bij scheef houden kan vocht verloren gaan) en weeg het.

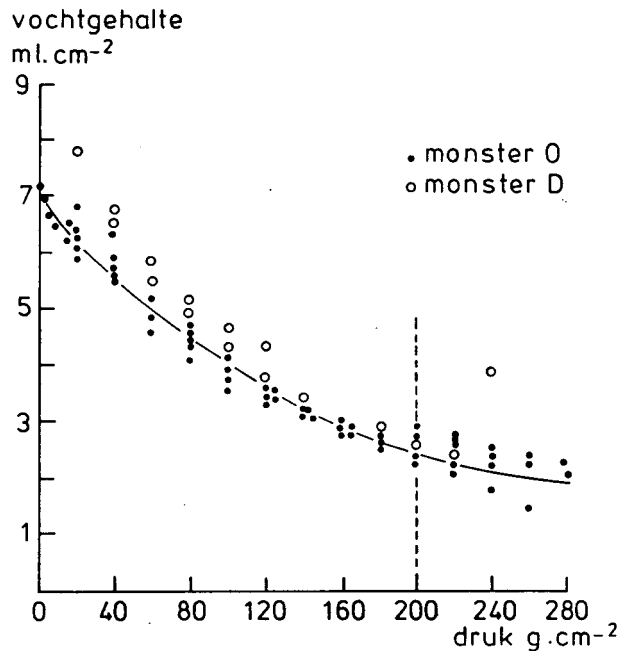
Van belang is dat het blok echt kletsnat op de zeef komt te liggen. Na 3 minuten druppelt het nog slechts langzaam na en kan het er, voorzichtig, afgepakt worden. Verdamping tijdens de meting speelt geen rol (bij een blok van $10 \times 10 \text{ cm}^2$ bij kamertemperatuur bedroeg de verdamping 0,6% van het verzadigd gewicht per uur), zodat afdekken van het blok niet nodig is als direct wordt gewogen.

Bij het uitwerken van de methode bleek dat de meting op zichzelf goed reproduceerbaar is, bij opnieuw in water dompelen na de meting, maar dat na knijpen in het materiaal of na aan de lucht laten uitdrogen het verzadigd vochtgehalte resp. ca. 9 en ca. 12% lager was. Bij herhaling of combinatie van deze handelingen, neemt het effect hiervan af, zonder dat een echt constante waarde wordt verkregen. Na twintig maal uitknijpen van een monster was het verzadigd vochtgehalte tot $2/3$ gereduceerd. Om deze effecten te vermijden is bij de verdere metingen steeds met nieuw, ongebruikt en luchtdroog bewaard materiaal gewerkt.

Om een gestandaardiseerde half-droge toestand te verkrijgen werd gekozen voor het met een gewicht eruit drukken van water.

Hiervoor werd gekozen op grond van praktische overwegingen: een pF-bak is niet gemakkelijk genoeg voor snelle controle-metingen in de praktijk, gezocht is naar een gewicht waarbij zo goed mogelijk onderscheid tussen de steenwol monsters mogelijk is.

Figuur 1 toont het effect van toenemend gewicht op het vochtgehalte, uitgezet als druk ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ boven het oppervlak).



Figuur 1. Verband tussen op steenwol uitgeoefende druk en het vochtgehalte voor twee monsters steenwol.

Het erop plaatsen van het gewicht dient zo te gebeuren dat dit direct recht naar beneden drukt. Als het gewicht enigszins scheef zakt, verdwijnt er uit de te sterk ingedrukte hoek teveel vocht en dit herstelt zich niet weer. Het scheefzakken is niet geheel te vermijden, zodat bij metingen waarbij herhaalde malen hetzelfde gewicht op de steenwol geplaatst is extra verliezen optreden (niet in de grafiek weergegeven). Metingen waarbij tussenliggende stappen overgeslagen zijn en ineens een groot gewicht is bijgeplaatst geven kleinere verliezen dan wanneer dit gewicht trapsgewijs werd bereikt (zoals het uitspringende punt van steenwol D bij $240 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Bij een druk van ca. $200 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ begint de lijn af te vlakken (het bijplaatsen van gewicht heeft minder effect) en nemen de praktische problemen van rechthouden toe. Dit is daarom als grenswaarde aangenomen. Het voorschrift luidt nu als volgt:

5. Leg het blok terug op de zeef, leg er een plaatje op even groot als het bovenvlak en plaats hierop een gewicht van $200 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ (inclusief het steunplaatje; bijvoorbeeld 5 kg op een blokje met een oppervlakte van $5 \times 5 \text{ cm}$). Zorg dat het gewicht rechtstandig naar beneden zakt en wacht 3 minuten.
6. als 4.
7. (eventueel) droog het blokje in een droogstoof (24 uur bij 70°C) ter controle op 1 en reken de gewichten bepaald bij 4 en 6 om tot het vochtgehalte in $\text{ml}\cdot\text{cm}^{-2}$.

2.3 vergelijking van de monsters

De resultaten van de metingen aan de diverse monsters zijn vermeld in Tabel II.

Een deel van de fout in de metingen komt voort uit afwijkingen in het volume door onnauwkeurigheden bij het snijden der blokjes: als deze groter genomen worden, wordt deze fout kleiner. Dit verklaart ook waarom het gewogen vochtgehalte bij verzadiging soms meer is dan het geschatte volume. Uit de duplo-bepalingen is de variatie coëfficiënt ($100\% \times$ standaard afwijking van de enkele waarnemingen, gemiddelde) geschat en deze is voor de 13 monsters gemiddeld. Het blijkt dat de relatieve afwijkingen groter zijn bij de meting na indrukken dan bij verzadiging, maar dat vooral de meting van het herstel bij opnieuw verzadigen een grote fout bevat.

Zoals uit de tabel blijkt is het verzadigd vochtgehalte van alle monsters bij de gebruikte procedure tussen de 90 en 100%, met als uitzondering het hoge (en slappe) monster C en ook F.

Door het indrukken is het vochtgehalte tot $1/3$ à $1/2$ van de uitgangswaarde teruggebracht, behalve bij monster I, waar slechts $1/4$ is verdwenen.

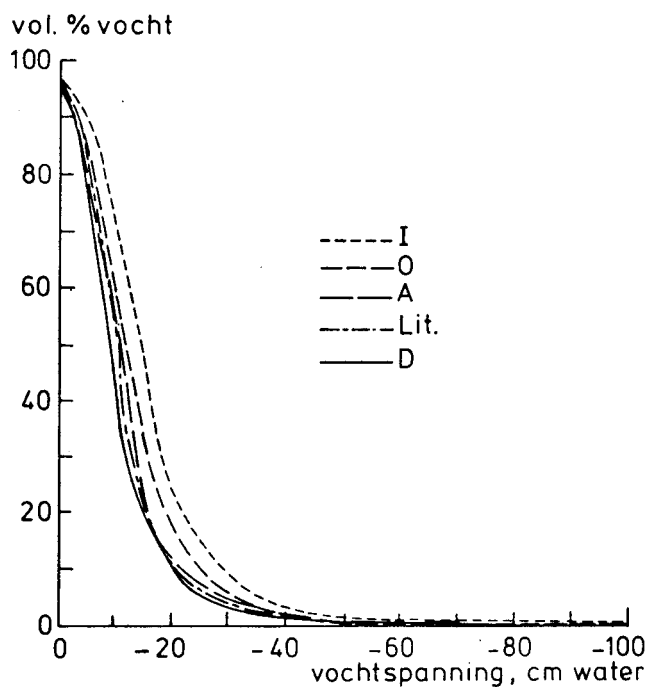
Tabel II. Watervasthoudend vermogen van de in Tabel I vermelde steenwol monsters (blokjes van 5 x 5 cm grondoppervlak, in duplo bepaald)

code	hoogte (cm)	verzadigd vochtgehalte		vochtgehalte na indrukken		verschil		herstel verzadigd vochtgehalte	
		ml/cm ²	% (v/v)	ml/cm ²	% (v/v)	ml/cm ²	% (v/v)	ml/cm ²	% (v/v)
B	7,5	7,6	101	4,2	56	3,4	45	6,8	91
C	10,5	8,1	77	3,3	31	4,8	46	7,0	67
D	10,0	10,3	103	4,4	44	5,9	59	8,9	89
E	7,5	6,8	91	2,9	39	3,9	52	6,2	83
F	8,0	6,4	80	2,7	34	3,7	46	5,8	73
G	7,5	7,1	95	3,4	45	3,7	50	6,4	85
H	7,5	7,0	93	2,9	39	4,1	54	6,2	83
I	7,5	7,3	97	5,3	71	2,0	26	6,6	88
K	7,5	6,9	92	3,2	43	3,7	49	6,3	84
L	7,5	6,8	91	2,8	37	4,0	54	6,3	84
M	9,0	8,9	99	4,0	44	4,9	55	8,0	89
N	7,5	7,9	105	3,8	51	4,1	54	7,1	95
O	7,5	7,2	96	3,1	41	4,1	55	6,3	84
gemid-									
delde	8,1	7,6	94	3,5	44	3,9	50	6,8	84
gem.var.									
coëff.enkele									
waarn.		6,9%		11,6%		5,9%		17,2%	

Maar met uitzondering van deze laatste "natte" steenwol die het vocht lang vasthoudt is de variatie in "gemakkelijk beschikbaar vocht" gering (45 tot 59 % (v/v)).

Om tot een nadere interpretatie van deze metingen te komen, zowel wat

betreft het absolute niveau van beschikbaarheid, als wat betreft de onderlinge verschillen is van een drietal monsters (D, I en O) een volledige vocht karakteristiek ("pF-curve") bepaald.



Figuur 2. Watervasthoudendheid van steenwol.

2.4 Discussie

Met de in 2.2 beschreven methode blijkt het mogelijk verschillen in watervasthoudend vermogen op te sporen die door de volledige vocht karakteristiek bevestigd worden. Dit is op zichzelf opmerkelijk omdat de hier gebruikte methode meer de elasticiteit van het materiaal (of de weerstand tegen indrukken) meet dan het werkelijk vochtvasthoudend vermogen. Slechts in materiaal zonder "star" contact tussen de vaste deeltjes is de externe druk gelijkwaardig aan de zuigspanning. Maar zowel de elasticiteit als vocht karakteristiek

zullen wel samenhang vertonen met de poriënstructuur, zodat een correlatie begrijpelijk is, zonder dat er een direct oorzakelijk verband bestaat.

Het is echter zeer de vraag of de hier gemeten grootheden relevant zijn voor de praktijk. De verschillen die gemeten worden kunnen niet veel betekenis hebben: bij vrije drainage na verzadiging blijken alle monsters van 7,5 cm hoogte meer dan 90 % (v/v) vocht vast te houden en ook bij steenwolmonster I dat het water het sterkst vasthoudt is 90% van het vocht beschikbaar tegen een zuigspanning van minder dan 30 cm = 0,03 bar (tegen 20 cm bij monster D). Hiervan is geen meetbaar effect op de plant te verwachten.

Maar de verzadigingstoestand wordt in de praktijk lang niet altijd bereikt, vooral het herbevochtigen van een gedeeltelijk uitgedroogde mat geeft problemen ten gevolge van geringe onverzadigde doorlatendheid. Als gevolg daarvan kunnen in de praktijk grote verschillen in vochtberging in het materiaal ontstaan, maar daarbij speelt het systeem van bevochtiging (aantal druppelpunten, druppelfrequentie en maximale uitdroging) zeker een even grote rol als variatie in het materiaal. Om toch op een simpele wijze de eigenschappen van het materiaal te meten is de capillaire opstijging in luchtdroge blokjes gemeten, vanaf een constante waterspiegel van 0,8 cm. Het vochtfront blijkt snel ca. 2 cm te stijgen maar stopt dan. Na 70 uur is het slechts ca. 10% hoger dan na 40 minuten. De bereikte opstijging bedroeg voor de meeste monsters ca. 20 mm (door weging gemeten en teruggerekend) behalve voor monster M (ca. 15 mm), L (ca. 25 mm) en N (ca. 30 mm). In de praktijk gaan verhalen als zouden de vochteigenschappen verbeteren als het materiaal eenmaal nat is geweest. Dit is in zoverre waar, dat de geleidbaarheid toeneemt bij bevochtiging. Maar als het materiaal later weer droog wordt getrokken (tijdens sterke verdamping bijvoorbeeld) neemt het weer even slecht vocht op als in het begin: de capillaire opstijging verandert namelijk niet, zoals bleek uit metingen aan weer uitgedroogd materiaal. Misschien is op deze meting van de capillaire opstijging meer te baseren dan op de vochtvasthoudendheid.

3. DE PH-BUFFERING EN UITWISSELING VAN KATIONEN;

3.1 pH-bepaling

Overeenkomstig de bepaling in grondmonsters is een meetmethode uitgewerkt voor pH-water (gedemineraliseerd water) en pH-KCl (in IN KCl). Het verschil tussen deze twee waardes zou een indicatie geven van het bufferend vermogen van het materiaal. Bij het uitwerken van de bepalingsmethode zijn de volgende factoren gevarieerd:

- a. extractiemethoden van vocht uit de steenwol
- b. inwerkingstijd
- c. menging tijdens de inwerkingstijd
- d. volume-verhouding steenwol : vocht.

Hierbij zijn steeds nieuwe blokjes steenwol van 5x5x7,5 cm van monster A gebruikt.

a. extractie-methode. Na 30 min. inwerken, bij volumeverhouding steenwol : vocht = 1 : 2 is het eerste vocht dat bij het samendrukken van het materiaal uitstroomt opgevangen ("zacht knijpen") en het laatste vocht dat met de handen uit hetzelfde materiaal te persen is ("hard knijpen", hierna voelt de steenwol droog aan).

Resultaat:

herhaling	pH-water				pH-KCl				verschil
	1	2	3	gem.	1	2	3	gem.	gem.
zacht knijpen	6,2	6,15	6,7	6,35	5,9	6,1	6,5	6,17	0,18
hard knijpen	5,7	6,0	6,5	6,07	5,8	5,7	6,3	5,93	0,14

Het maakt kennelijk wel uit welk vocht opgevangen wordt. Als standaardmethode is gekozen voor "hard knijpen" waarbij alle vocht opgevangen wordt en gemengd wordt voor de meting.

b. inwerkingstijd. Bij volumeverhouding 1 : 2 is het effect van de inwerkingstijd bekeken door hetzelfde blok na 5, 30, 60 min. en na 24 uur te meten (met "hard uitknijpen") Resultaat:

herhaling	pH-water			pH-KCl			verschil
	1	2	gem.	1	2	gem.	gem.
5 min.	6,3	6,0	6,15	6,2	5,7	5,95	0,2
30 min.	6,1	5,8	5,95	5,7	5,8	5,75	0,2
60 min.	5,6	6,6	6,1	5,9	5,9	5,9	0,2
24 uur	6,6	6,6	6,6	6,1	6,4	6,25	0,35

Aangezien een inwerkingstijd van 30 min. de laagste pH geeft is hiermee verder gewerkt. De verschillen tussen de herhalingen en het tijds-effect maken overigens een nauwkeurige pH-bepaling onwaarschijnlijk.

c. menging en d. volumeverhouding. Menging is te bereiken door de steenwol uit te knijpen, opnieuw vol te laten zuigen en weer uit te knijpen. Dit is gedaan bij een serie met verschillende volumeverhoudingen steenwol : vocht. Van dezelfde blokjes is na 1x en na 3x uitknijpen (totale inwerkingstijd 30 min.) de pH gemeten:

volumeverhouding steenwol : vocht	uitknijpen	pH-water			pH-KCl			verschil
		1	2	gem.	1	2	gem.	
1 : 1	1x	5,3	5,4	5,35	5,8	5,7	5,75	-0,4
	3x	6,2	5,8	6,0	5,8	5,7	5,75	0,25
1 : 2	1x	5,5	5,4	5,45	6,0	5,8	5,9	-0,45
	3x	6,0	5,7	5,85	5,8	5,7	5,75	0,10
1 : 5	1x	5,5	5,5	5,5				
	3x	5,7	5,5	5,6				

De volumeverhouding heeft niet zoveel invloed en is daarom op 1 : 2 gehouden bij de verdere metingen. Als standaardmethode is verder gekozen voor 1x uitknijpen.

Zo komen we dan tot het volgende voorschrift:

1. een blokje steenwol in een bekersglas wegzetten met 2x het volume aan gedemineraliseerd water of IN KCl.
2. na 30 min. bij kamertemperatuur, met de handen (handschoenen !) alle vocht uit het blokje persen, opvangen, mengen en de pH-water resp. pH-KCl meten.

3.2 Resultaten.

Met dit voorschrift is enkele malen met tussenpozen van enkele weken de serie monsters doorgemeten. (Tabel III).

Tabel III. Resultaten van de pH-bepaling aan de diverse steenwol monsters in drie meetseries.

code	I			II			III		
	pH-water	pH-KCl	verschil	pH-water	pH-KCl	verschil	pH-water	pH-KCl	verschil
B				7,0	6,7	0,3	8,1	6,2	1,9
C	6,35	6,0	0,35	6,7	6,4	0,3	8,0	6,2	1,8
D	5,8	5,7	0,1	6,4	6,3	0,1	7,9	5,9	2,0
E	6,95	6,1	0,85	7,3	6,2	1,1			
F	7,05	6,7	0,35	7,0	6,0	1,0			
G	6,5	6,1	0,40	6,7	6,4	0,3	7,6	5,6	2,0
H				6,6	6,3	0,3	7,0	6,4	0,6
I				6,6	6,3	0,3	7,6	6,1	1,5
K	6,25	5,7	0,55		6,2		7,7	5,9	1,8
L	6,1	5,7	0,40	7,0	6,4	0,6	7,1	6,1	1,0
M	6,55	5,9	0,65				7,9	5,9	2,0
N	6,35	6,0	0,35				8,0	6,2	1,8
O	6,85	5,8	1,05	6,6	6,3	0,3	8,2	5,9	2,3
gem.	6,5	6,0	0,5	6,8	6,3	0,5	7,7	6,0	1,7

Iedere meetserie bestond uit duplo's, bij de laatste serie is voorzover het materiaal dit toestond in viervoud gewerkt. Zoals uit de tabel blijkt zijn de verschillen tussen de meetseries onaanvaardbaar groot en veel groter dan de verschillen tussen de monsters (tussen de meetseries blijkt zelfs geen correlatie te bestaan). De variatie in pH-water is groter dan die in pH-KCl.

De conclusie hieruit moet zijn, dat er op deze wijze niets mee te beginnen is. Verklaringen hiervoor kunnen we zoeken in 1. fouten bij de meting zelf, 2. variabele omstandigheden tijdens de metingen, 3. variatie tussen de blokjes uit één monster. Ad. 1: de pH-meter is tijdens de metingen regelmatig geijkt en bleek geen verschuivingen te vertonen. Wel is de insteltijd (tijd tussen indompelen electrode en aflezing) van belang, maar deze is zo goed mogelijk gelijk genomen (30 sec.).

Ad. 2: te denken valt vooral aan CO_2 -effecten, met name bij pH-water. Zuiver water blootgesteld aan de CO_2 in de lucht krijgt een pH van ca. 5,7, maar bij aanwezigheid van calcium-carbonaat komt de pH hoger uit, tot boven pH 7. Daardoor is de pH meting in het traject 6-7 erg gevoelig voor menging met lucht, CO_2 -concentratie in de lucht en verontreinigingen (stof!).

Ad. 3: Niet geheel uitgesloten kan worden dat een deel van de verschillen tussen herhalingen reëel is en door heterogeniteit in de samenstelling van het materiaal komt. Steenwol bestaat naast draden uit een "gruis"-fractie van cokes-resten en zwarte bolletjes (ontstaan bij het verspuiten van de draden?) en deze "gruis"-fractie wisselt nogal van monster tot monster.

3.3 pH-buffering

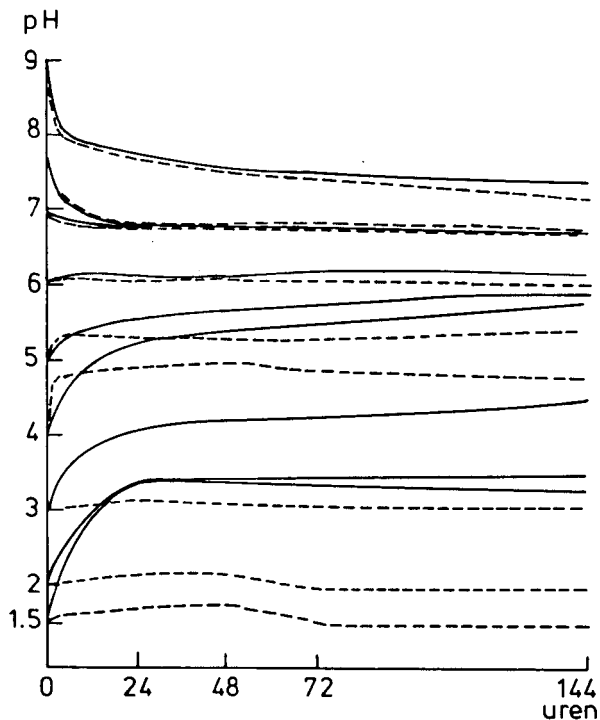
3.3.1 Viteenvallen van steenwol bij lage pH

Steenwol valt geheel uit elkaar bij een pH lager dan 1,5 (?). Zoals eerder beschreven (Brouwer en van Noordwijk, 1978), is van deze eigenschap gebruik te maken voor het vrijspoelen van wortels uit steenwol. Deze methode is in 1977 ontwikkeld met goede resultaten, maar bleek bij het verwerken van monsters uit 1978 niet meer zo goed te werken. Deze steenwol viel minder volledig uitelkaar, ook bij hogere zuurdoseringen. Op kleine schaal uitgetoet bleek de herkomst van de steenwol van invloed op het spoelresultaat na 18 uur in 1,8% HCl: de monsters B en C waren in 5 min. vrijwel volledig door een zeef (maaswijdte 0,35 mm.) te spoelen, de monster N en O in iets meer tijd ook, bij de monsters D t/m M was de automatisch roterende

spoeler niet afdoende en moest ook met de hand gespoeld worden. Kwantificeren van het spoelresultaat via het gewicht van de restfractie is moeilijk doordat vooral de altijd achterblijvende en in hoeveelheid wisselende "gruis"-fractie dit gewicht bepaalt. Al is deze waarneming niet van belang voor het normale gebruik van steenwol, het toont wel een verschil in gedrag t.o.v. de pH, afhankelijk van de herkomst.

3.3.2 pH-buffering door steenwol

Om de reactie van steenwol op voedingsoplossingen van verschillende pH te meten, is van monster 0 een serie blokjes in een 1 : 2 volumeverhouding (steenwol : vocht) weggezet in voedingsoplossing die via HNO_3 of KOH op een reeks pH-waarden was gebracht. Uit de resultaten (Figuur 3) blijkt dat steenwol lage pH-waarden omhoogtrekt. Bij hoge pH-waarden daalt de pH, maar dit geldt evenzeer voor monsters vloeistof zonder steenwol, blootgesteld aan lucht (CO_2 -buffer).



Figuur 3. pH-veranderingen van voedingsoplossing in contact met steenwol (—) en controle (blootgesteld aan lucht ----) Monster 0.

Aan deze pH-buffering van steenwol kunnen we 3 eigenschappen onderscheiden:

- a. de evenwichtswaarde waarheen gebufferd wordt, in dit geval kennelijk tussen 6,0 en 7,0 (vgl. bevestigingspunt van een veer).
- b. de sterkte van de buffering, d.w.z. de snelheid waarmee afwijkende uitgangswaarden in de richting van de evenwichtswaarde veranderen (vgl. sterkte van een veer).
- c. het volhouden van de buffering (vgl. lamworden van een veer).

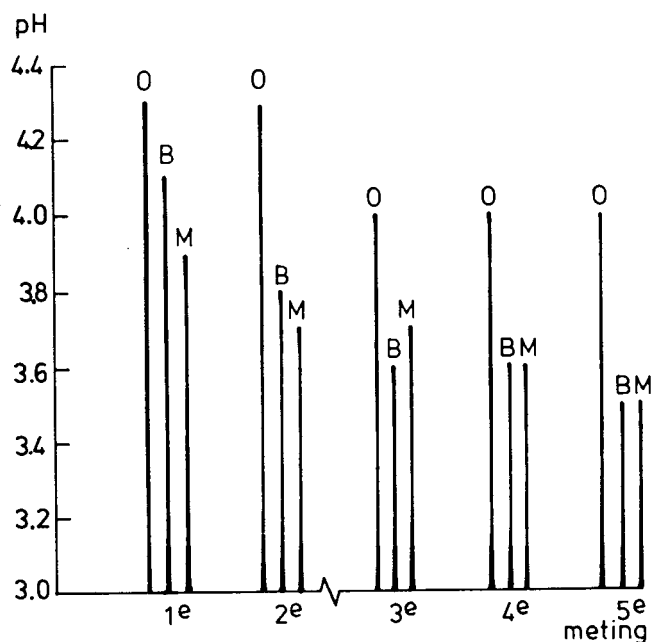
De evenwichtswaarde zou het beste bepaald kunnen worden als pH-water, maar zoals in 3.1 uiteengezet is geven de interacties met CO_2 problemen in het betreffende pH-traject. De pH-KCl, als alternatief, differentieert ook niet tussen de monsters.

Voor een meting van de aspecten b en c is een meetprocedure op te zetten op grond van deze resultaten. Gekozen is voor aanzuren tot pH = 3, 24 uur wachten, pH meten en de oplossing vervangen door een nieuwe met een pH = 3. Deze metingen zijn gedaan voor de monsters B, M, O in aangezuurde (HNO_3) IN KCl oplossingen.

Uit de resultaten in Figuur 4 blijkt dat de pH-stijging afneemt met het aantal malen dat de bepaling reeds gedaan is. De drie monsters verschillen wel in sterkte van buffering (d.w.z. O tegenover B en M), maar niet in het volhouden van de buffering (eigenschap c).

Het voorschrift voor een dergelijke bepaling van de pH-buffering, kan luiden

1. Voeg in een 1 : 2 volume-verhouding (steenwol : vocht) tot pH = 3 aangezuurde (HNO_3) IN KCl oplossing toe aan steenwol. Zet tevens controlemonster aan zonder steenwol
2. roer goed en laat 24 uur staan bij 20°C
3. roer weer goed en meet de pH van de oplossing
4. giet de oplossing af en laat de steenwol 3 min. op een zeef uitlekken (uitknijpen kan beschadiging geven), spoel met zure oplossing resten oude oplossing uit de steenwol.
5. de behandelingen 1-4 vijfmaal herhalen.



Figuur 4. pH-bufferend vermogen van steenwol bij herhaald (5x) contact met oplossing van pH = 3. Tussen de 2e en 3e meting zijn de monsters drie dagen vochtig bewaard.

3.4. *Uitwisselings-eigenschappen van steenwol*

De pH-buffering moet een gevolg zijn van het uitwisselen van ionen, bijvoorbeeld H^+ tegen Ca^{2+} . Om na te gaan in hoeverre steenwol de concentratie van kationen beïnvloedt is een meetserie opgezet waarin veranderingen in de concentratie van K, Mg en Ca werden gemeten t.o.v. verschillende uitgangssituaties. De totale kationen-concentratie is hierbij gehouden op ca. 20 meq/L zoals in voedingsoplossing voorkomt. Gewerkt werd met resp. 100% K, 100% Ca, 100% Mg en een mengsel met 35% K, 45% Ca en 20% Mg zoals in normale voedingsoplossingen voorkomt. Als anion is steeds Cl gebruikt. Met KOH zijn

alle oplossingen eerst op pH = 6 gebracht, daarna is een deel met HNO_3 op pH = 4 gebracht. Alle bepalingen zijn verricht in duplo aan de monsters B, M en O,

Uit de resultaten in tabel IV blijkt dat over het geheel genomen de samenstelling van de oplossing nauwelijks verandert bij contact met steenwol. Van K^+ komt een spoor vrij bij oplossingen zonder K en verdwijnt iets uit K-houdende oplossingen maar dit is steeds minder dan 3% van het gehalte in normale voedingsoplossing. Ook van Ca komt een spoor vrij bij oplossingen zonder Ca, maar hier verdwijnt ca. 7% uit Ca-houdende oplossingen. Mg komt eveneens in geringe hoeveelheden vrij bij oplossingen zonder Mg (minder dan 2% van gehalte in voedingsoplossing). Uit het mengsel verdwijnt ca. 5% Mg.

Bij een uitgangsooplossing met pH = 4 i.p.v. 6 is de balans (K) + (Ca) + (Mg) in het algemeen positiever, doordat er van de niet aanwezige ionen iets meer vrij komen en ook doordat er van de ruim aanwezige minder verdwijnen.

Daling van (H^+) (d.w.z. stijging van pH) is niet voldoende om de balans kloppend te krijgen, tussen pH = 4 en pH = 6 zit 0,10 meq H^+/L verschil. Kennelijk zijn ook andere kationen in de uitwisseling betrokken (Fe ?). Vooral de sterk negatieve balans bij CaCl_2 en het mengsel vraagt om verklaring (Ca-carbonaat ?). De verschillen tussen de steenwolmonsters zijn niet groot en niet constant.

Bij pogingen om steenwol te gebruiken als substraat voor het opwekken van gebreksverschijnselen aan mineralen, zijn enkele waarnemingen gedaan over naleveringen door steenwol die hier van belang zijn (een volledig verslag door mej. Jongman is in voorbereiding).

Bij tomaat zouden alle deficiënties opgeroepen worden behalve Fe-gebrek (planten hadden normaal drooggewicht en Fe-gehalte). K-, Ca- en Mg-gebrek waren zeer duidelijk (sterk achterblijvende groei en gehalten 10 à 15% van normaal). Bij een langzaam groeiende serie Gerbera's in de winter, bleven Ca- en vooral Mg-gebrek uit. Voor de veel geringere opname-behoeften was hier kennelijk de levering van Ca en Mg door de steenwol voldoende.

TABEL IV. Kationenuitwisseling door steenwolmonsters. Concentraties zijn opgegeven in meq/l.

	20 meq KCl				20 meq Ca Cl ₂				20 meq Mg Cl ₂				7 : 9 : 4 mengsel			
	M	O	B	gem	M	O	B	gem	M	O	B	gem	M	O	B	gem
(K) uitgangswaarde				20.13				.03				.03				7.04
Δ vanaf pH = 4	+0.03	-0.12	+0.03	-0.02	+0.09	+0.01	+0.03	+0.04	+0.02	+0.01	+0.01	+0.01	-0.07	-0.20	-0.25	-0.17
Δ vanaf pH = 6	-0.12	-0.12	+0.03	-0.07	+0.02	+0.01	+0.01	+0.01	+0.05	0.00	+0.01	+0.02	-0.14	-0.21	+0.10	-0.08
(Ca) uitgangswaarde				.01				23.67				.02				10.65
Δ vanaf pH = 4	+0.08	+0.04	+0.18	+0.10	-0.28	-1.68	-2.07	-1.34	+0.10	+0.06	+0.19	+0.12	-0.65	-0.75	-0.95	-0.78
Δ vanaf pH = 6	+0.03	+0.03	+0.16	+0.07	-1.64	-1.78	-1.48	-1.63	+0.07	+0.02	+0.23	+0.10	-0.85	-0.65	-0.65	-0.72
(Mg) uitgangswaarde				.01								21.57				4.31
Δ vanaf pH = 4	+0.06	+0.04	+0.08	+0.06	+0.06	+0.03	+0.08	+0.06	-0.66	+0.02	-0.17	-0.27	-0.22	-0.21	-0.16	-0.20
Δ vanaf pH = 6	+0.03	+0.01	+0.06	+0.03	+0.02	+0.01	+0.06	+0.03	-0.66	-0.66	-0.33	-0.55	-0.21	-0.27	-0.21	-0.23
(K) + (Ca) + (Mg)																
Δ vanaf pH = 4	+0.17	-0.04	+0.29	+0.14	-0.13	-1.64	-1.96	-1.24	-0.54	+0.09	+0.03	-0.14	-0.94	-1.16	-1.36	-1.15
Δ vanaf pH = 6	-0.06	-0.08	+0.25	+0.04	-1.60	-1.76	-1.41	-1.59	-0.54	-0.64	-0.09	-0.42	-1.20	-1.13	-0.76	-1.03
pH blanco	4.0 → 4.1				6.0 → 5.1				4.0 → 4.1				6.0 → 5.9			
vanaf pH = 4	5.4	5.2	5.6	5.4	5.5	5.1	5.3	5.3	4.7	4.4	4.4	4.5	4.6	4.5	4.6	4.6
vanaf pH = 6	6.3	6.3	6.7	6.4	5.4	5.9	5.7	5.7	5.6	5.6	5.0	5.4	5.9	6.2	6.0	6.0

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES.

Metingen van watervasthoudendheid -met eenvoudige middelen- en pH-gedrag van steenwol zijn gedaan in een poging om meetmethoden te vinden waarmee kwaliteitsnormen door de praktijk op te stellen zijn. Voor de watervasthoudendheid blijkt een simpele meting beschreven in 2.2 resultaten te geven die met een vollediger meting overeenkomen. De absolute grootte van de gevonden verschillen geeft geen aanleiding grote problemen voor de praktijk te verwachten van de aanwezige variatie. Voor het pH-gedrag bleek het niet goed mogelijk met een enkele pH-meting de evenwichtswaarde van het materiaal vast te stellen. Wel konden verschillen in mate van pH-buffering worden vastgesteld.

Voorstellen voor kwaliteitsnormen voor de praktijk zijn op dit moment niet mogelijk doordat de praktische betekenis van de hier gemeten verschillen niet beoordeeld kan worden. Dit vraagt nader onderzoek in de praktijk.

5. LITERATUUR

- Brouwer, G. en M. van Noordwijk, 1978. Het met zoutzuur vrijspoelen van wortels uit steenwol en het effect daarvan op het wortelgewicht. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-78.
- van Noordwijk, M, 1978. Zoutophoping en beworteling bij de teelt van tomaten op steenwol. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-78.
- van Noordwijk, M. en P.A.C. Raats, 1979. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. ----- (in voorbereiding).
- Voogt, S.J., 1978. Voedingsoplossingen voor teelt in steenwol verder verfijnd. Tuinderij 18, no. 25, 60-63.
- van der Wees, A, 1978. Onderzoek naar de bemonsteringstechniek in steenwolmatten (komkommerteelt). Proefstn. Naaldwijk, intern verslag no. 6/1978.
- Willemsen, J., 1972. Water retention, water movement and oxygen diffusion in inert root media. Tidsskr. Planteavl 76: 570-80.

BIJLAGE

ONDERZOEK STEENWOL

Bepaling pF-curve

Monsters genomen met roestvrij stalen ringen (vol. 100 ml) uit steenwolmat. De snijrand van de ringen moet vlijmscherp zijn. De monsters worden op een zandbak geplaatst en volledig met water verzadigd, waarna de gewenste vochtspanning kan worden ingesteld. Voor de betreffende pF-curve (Figuur 2) is tot een vochtspanning van 45 cm het vochtgehalte per 5 cm bepaald. Boven 45 cm werd volstaan met een vochtbepaling bij 65 cm en bij 100 cm vochtspanning.

Bepaling verzadigde waterdoorlatendheid

Bemonstering en bemonsteringsmateriaal gelijk aan die voor bepaling pF-curve. Bij deze bepaling wordt de hoeveelheid water gemeten die in een bepaalde tijd en bij een bepaald drukverschil bij een monster in verzadigde toestand wordt doorgelaten. Door steenwol werd een tijd van 10 min. en een drukverschil van 3 mm. aangehouden. Uit de doorgelaten hoeveelheid water wordt de K-waarde (m/etm.) berekend met de formule $Q = K \times \frac{h}{l} \times F$ waarin

Q = hoeveelheid doorgelaten water
K = doorlaatfactor
h = drukhoogteverschil
l = hoogte van het monster
F = doorsnede (oppervl.) van het monster.

In bijgaande tabel zijn van een aantal metingen de K-waarden voor steenwol gegeven.

Verzadigde waterdoorlatendheid van steenwol

Ring nummers	doorgelaten hoeveelheid water in ml					Gem/etm	K (m/etm)	
	I	II	III	IV	Gem.			
81	97	97	99	100	98,25	14148	118	} verticaal
82	95	96	96	96	95,75	13788	115	
83	94	94	95	94	94,25	13572	113	
84	110	111	111	112	111,00	15984	133	
85	144	146	146	147	145,75	20988	175	
86	155	157	158	157	156,75	22572	183	} horizontaal
87	137	139	139	139	138,50	19944	166	
88	167	168	169	170	168,50	24264	202	
89	133	135	136	136	135,00	19440	162	
90	175	175	176	176	175,50	25272	211	

Om afvloeing van water tussen monster en ringwand tegen te gaan is met uitzondering van de ringnummers 85 en 90 de binnenwand van de ring ingesmeerd met kraanvet.