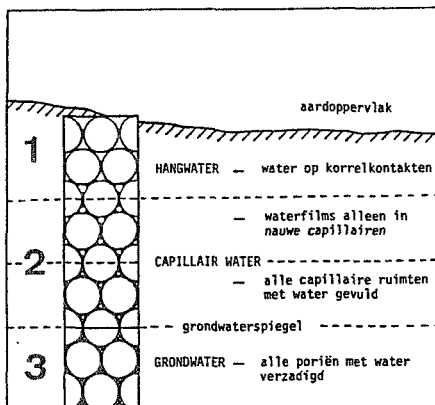


Het fysisch-geografisch practicum op school (5)

In landbouwgebieden wordt iedere mogelijkheid benut om de grondwaterspiegel door een veelheid aan cultuurtechnische maatregelen op de gewenste diepte te brengen. Deze optimale diepte hangt nauw samen met de vochtlevering vanuit het grondwater aan hoger gelegen bodemlagen. Onder gunstige voorwaarden kunnen zo water tekorten in de bovengrond aangevuld worden. Men spreekt in dit verband van *capillaire opstijging*. De stijghoogte en de stijgsnelheid verschillen sterk per grondsoort. In dit artikel gaat het om meting van de capillaire werking van verschillende grondsoorten in relatie met de tijd. Alvorens op de eigenlijke proeven in te gaan eerst enkele achtergronden die in een aardrijkskundeles aan de orde kunnen komen.

Water in de grond

Onder natuurlijke omstandigheden bevat grond altijd water. Soms zijn alle open ruimten er mee gevuld en spreken we van *grondwater*. Om dit te laten zien moet een gat in de grond geboord worden tot een zodanige diepte dat een grondwaterspiegel in het boorgat gevormd wordt. Boven het grondwater komt water in een tweetal vormen in de bodemlagen voor: *capillair water* en *hangwater*¹ (zie figuur 1).



Figuur 1. Waterzones in de grond.

Hoewel niet direct zichtbaar is de aanwezigheid van capillair water en hangwater in meer opzichten van belang. Zonder dat water zou na een regenbui een snelle doorstroming naar het grondwater plaatsvinden; de samenhang van de bovengrond zou verminderen met als gevolg een sterke erosie. Plantengroei zou in een dergelijke situatie alleen mogelijk zijn bij veelvuldige regenbuien, door sterke irrigatie of nabij het grondwater.

Gesteld kan worden dat de watervoorziening van planten met name plaatsvindt in deze onverzadigde zone boven het grondwater. Kennelijk is de grond in staat het water te binden. Voor ons doel zijn de belangrijkste bindingskrachten:

1. Adsorptiekrachten

Hierbij gaat het om een binding tussen het oppervlak van het gronddeeltje en de watermoleculen. Werken deze krachten over een zeer korte afstand dan worden ze *adhesiekrachten* genoemd. Ze veroorzaken een uiterst dunne maar sterk gebonden waterfilm om de gronddeeltjes. Door de kleine hoeveelheid en de sterke binding is dit water voor planten van weinig belang. De achtergrond van deze waterbinding is dat bodemdeeltjes veelal elektrisch geladen zijn waardoor watermoleculen worden aangetrokken. Bij kleine deeltjes met een groot

Dit is deel 5 in de artikelenreeks 'Het fysisch-geografisch practicum op school'. Voorgaande afleveringen zijn verschenen in de Geografenkrant van april 1982 ('Onderzoek van verschillende soorten zand'), mei 1982 ('Het poriënvolume van grond proefondervindelijk vaststellen'), oktober 1982 ('Transport van warmte') en januari 1983 ('De waterhuishouding in de bodem: een kwetsbaar evenwicht').

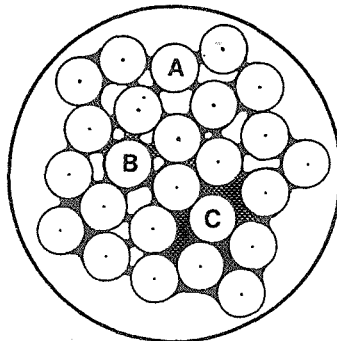
oppervlak (klei) kan zo veel water geadsorbeerd worden. Wordt het water in de bodemdeeltjes opgenomen dan is sprake van *zwellwater*.

2. Capillaire krachten

Hierbij is van belang te bedenken dat watermoleculen elkaar onderling aantrekken (*cohesie*). Een wateroppervlak krijgt hierdoor een oppervlaktespanning; deze spanning kan aangetoond worden doordat een naald in het water zinkt maar op het wateroppervlak blijft drijven. Naast deze kracht bestaan er adhesiekrachten tussen het water en het gronddeeltje of de glaswand. Door een combinatie van deze krachten en de zwaartekracht ontstaat bij water een vloeistofspiegel (*meniscus*) met een holle vorm. Bevindt het water zich nu in een wijde buis dan verandert de waterspiegel bij de wand van vorm. Gaat het om een nauwe buis dan zien we dat de wanden samenwerken en het water omhoog getrokken wordt. In dit geval is sprake van capillaire opstijging ten gevolge van een naar boven gerichte zuigkracht. Over dit verschijnsel gaan de proeven, achtereenvolgens uitgewerkt met knikkers, glazen buisjes en grondmonsters.²

Proef 1: knikkers

Beschrijving. In een 'petri-schaaltje' worden glazen knikkers gedaan, het geheel wordt op de overhead-projector geplaatst en op het



Figuur 2. Petrischaaltje met knikkers en water (zwart).

wandscherm geprojecteerd. Vervolgens wordt voorzichtig met een spuitfles water op de knikkers gespoten en het resultaat op het scherm bekeken (figuur 2).

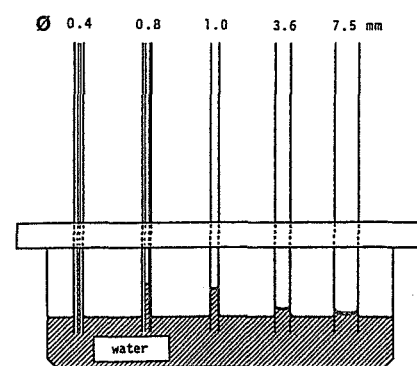
Interpretatie. De situatie zoals in figuur 1 en in bovenstaande tekst voor grond is beschreven is hier op vereenvoudigde wijze zichtbaar gemaakt. Voor een vergelijking zijn de volgende aspecten van belang:

- Op een aantal plaatsen bevindt het water zich uitsluitend op de raakvlakken tussen de knikkers, maar worden de knikkers niet volledig door dit water omgeven (zie punt A). Deze situatie is te vergelijken met het hangwater. De oppervlaktespanning kan hier goed gedemonstreerd worden door de knikkers voorzichtig te verplaatsen, waardoor het water een langere brug gaat vormen die bij verdere verplaatsing zal breken.
- Rondom punt B sluiten de waterfilms bij elkaar aan, terwijl in de grotere tussenruimten nog lucht aanwezig blijft. Het water vormt een holle meniscus. Deze toestand is te vergelijken met water in de capillaire zone.
- Rondom punt C zijn alle ruimten met water gevuld; deze situatie is te vergelijken met die van het grondwater.

Proef 2: Glazen buisjes

Beschrijving. In een bakje met gedestilleerd water worden glazen buisjes geplaatst met verschillende diameter (figuur 3). We zien het water in de buisjes op stijgen en meten met een lineaal de stijghoogte. Het resultaat is in figuur 4 en tabel 1 weergegeven.

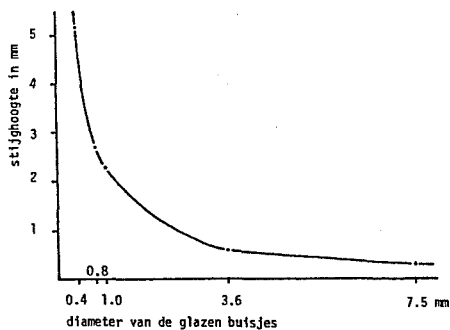
Interpretatie. In de nauwe buisjes is de opstijging het grootst. Er blijkt hierbij een bepaalde



Figuur 3. Capillaire opstijging in buisjes met verschillende diameter.

Tabel 1. Relatie tussen capillaire opstijging en de doorsnede van de buisjes.

doorsnede buisje in cm	gemeten stijghoogte in cm	stijghoogte x doorsnede
0,4	5,2	20,8
0,8	2,7	21,6
1,0	2,3	23,0
3,6	0,6	21,6
7,5	0,3	22,5



Figuur 4. Grafische weergave van tabel 1.

wetmatigheid te bestaan, namelijk dat het produkt van doorsnede en stijghoogte min of meer constant is. Het klopt niet helemaal maar als we van een gemiddelde waarde uitgaan dan wordt als formule afgeleid:

$$\text{stijghoogte} = \frac{21,9}{\text{doorsnede}} \text{ of meer algemeen:}$$

$$\text{stijghoogte} = \frac{\text{constante}}{\text{doorsnede}}$$

Dit betekent in theorie dat als de grootte van de poriën in de grond bekend is de capillaire stijghoogte berekend kan worden. Zo kan theoretisch de stijghoogte in kleigrond met zijn kleine poriën vele meters bedragen.

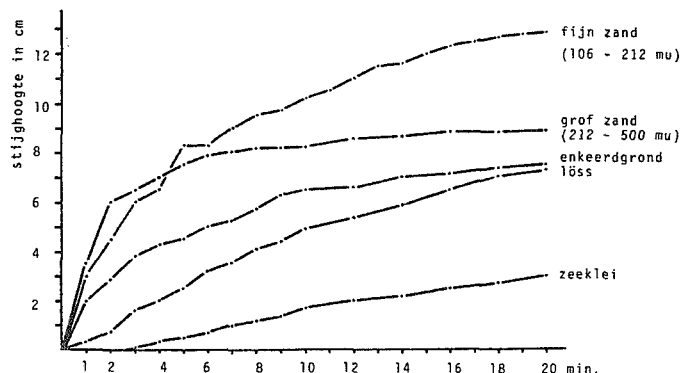
Proef 3: grond

Beschrijving. Het doel van de proef is om een indruk te krijgen van de capillaire stijghoogte en de stijgsnelheid van verschillende grondmonsters. Het gaat om de verschillen tussen zand, klei, löss en een bemeste bodem: de enk-eerdgrond. Hiertoe worden in een beker-glas met water glazen buizen met grond geplaatst. De doorsnede van de buizen is 1½ cm, de lengte ongeveer 100 cm. Aan de onderzijde zijn de buizen met een katoenen lapje afgesloten. Onder voorzichtig stoten zijn de buizen met grond gevuld en tot 2 cm diepte in het water geplaatst. Het geheel wordt met statief-materiaal vastgezet, zie figuur 5.

De stijghoogte boven het vrije wateroppervlak wordt vervolgens in centimeters afgelezen. Voor de gekozen tijdseenheden zijn de eerste twintig minuten van belang om een idee te krijgen omtrent de stijgsnelheid en een groot aantal uren om de maximale stijghoogte te bepalen. Het resultaat van de proeven is in twee grafieken afgebeeld (figuur 6 en 7).

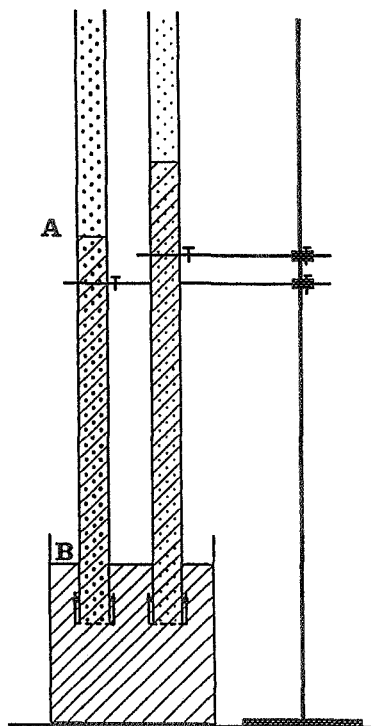
Interpretatie en conclusies. Naar aanleiding van de grafieken kan het volgende worden opgemerkt:

- het water stijgt in de grond des te langzamer naarmate het hoger gestegen is. De opstijging wordt kennelijk beperkt door het gewicht van de waterkolom die mee omhoog 'getrokken' moet worden.



Figuur 6. Relatie tussen stijghoogte en tijd (eerste 20 minuten) voor verschillende grondsoorten.

Capillaire opstijging van water in de bodem



Figuur 5. Proefopstelling capillaire werking van grondsoorten.

- de stijgsnelheid is in zand in eerste instantie het grootst; als oorzaak hiervoor moet vooral gedacht worden aan de relatief geringe wrijving die vergeleken bij klei- en lössgronden wordt ondervonden.
- de uiteindelijke stijghoogte is in löss en klei veel groter dan in zandgronden, dit is het gevolg van een grotere capillaire zuigkracht en een veel kleinere waterkolom die omhoog getrokken moet worden.
- de lössgrond heeft de grootste stijghoogte gedurende de meetperiode. Kennelijk is hier een gunstige verhouding tussen enerzijds de capillaire zuigkracht en anderzijds de wrijving van de bodemdeeltjes en de zwaartekracht.

- bij de zand- en enkeerdgronden werd de maximale stijghoogte bereikt, wat te zien is aan het horizontale verloop van de lijnen. De gevonden waarde klopt redelijk met de theoretische stijghoogte. Bij de klei- en lössgronden ligt het maximum hoger: na 14 dagen was het water in de klei tot 90 cm gestegen. Door de sterke wrijving is deze werkelijke stijghoogte veel geringer dan de theoretische waarden.
- de enkeerdgrond kan gezien worden als een oorspronkelijke zandgrond die met organische mest vermengd en opgehoogd is. Dit bemestingsstelsel dateert uit de Middeleeuwen en is tot aan het eind van de 19e eeuw toegepast. Uit de grafieken is af te leiden dat de capillaire werking van de grond er door versterkt werd, wat voor de landbouwmogelijkheden op de zandgronden van grote betekenis is geweest.

Uit deze en vorige proeven is gebleken dat de bodem een warmte-, water- en luchthuishouding kent waarbij transport en opslag een centrale rol spelen. De opbouw van de grond blijkt hierbij van belang te zijn in de zin van korrelgrootte, poriënvolume etc. Deze fysische aspecten kunnen direct in verband gebracht worden met de mogelijkheden voor plantengroei of optimale gewasopbrengst. In dit geheel is de capillaire werking een belangrijk onderdeel in de watervoorziening van planten.

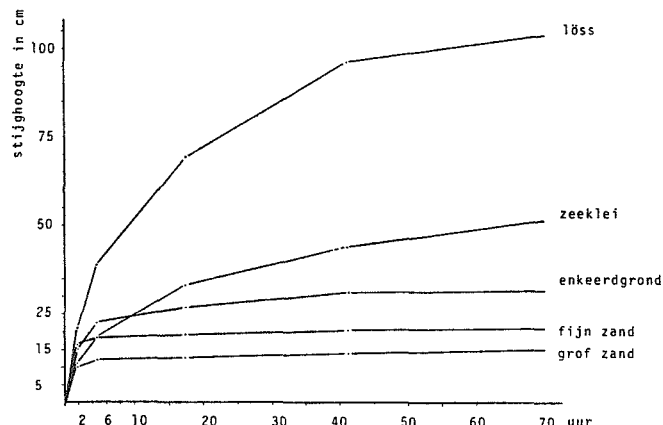
Joop Rutgers

Noten

1. *Hangwater* is water dat na infiltratie van bovenaf in de bovengrond achterblijft. Dit water heeft geen direct contact met de capillaire zone of met het grondwater. Het kan wel capillair water bevatten wat dan door afzakking van water ontstaan is en boven de eigenlijke capillaire zone zweeft. *Water in de capillaire zone* staat in contact met het grondwater en is door opstijging hieruit ontstaan. Dit water zweeft niet maar vormt waterfilms die verbonden zijn met het grondwater. De grootte van de open ruimten neemt naar boven toe. *Grondwater:* hier zijn in tegenstelling tot het eerder genoemde ondergrondse water alle poriën en holten met water gevuld, het bevindt zich in de 'verzadigde zone'.
2. Met dank aan de studenten Dennis Blok en Rob Hulsbergen voor uitvoering van de proeven in het kader van een practicum aan de VL-VU, en collega Age Miedema voor zijn adviezen. Voor het glaswerk wordt verwezen naar de scheikundeleraar of naar de firma's Tamson (Zoetermeer) en Mavi (Beverwijk).

Literatuur

- Engelhardt, J.H. - *Kennis van de grond*. Groningen 1957.
 Goedvolk, A. - *Leerplan voor natuuronderwijs aan 12-16 jarigen in de maak*. In: De Nieuwe Geografenkrant jrg. 7 nr. 2 (februari 1983) p. 22.
 Pannekoek, A.J. (red.) - *Algemene geologie*. Groningen 1973.



Figuur 7. Relatie tussen stijghoogte en tijd (vele uren) voor verschillende grondsoorten.