

IN31545.0622

NOTA 622

28 mei 1971

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

EEN APPARAAT VOOR HET REGISTREREN VAN DE
VERDAMPING VAN EEN VRIJ WATEROPPERVLAK

G.W. Bloemen

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de
conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog
niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking



CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS

0000 0672 6604

11 FEB. 1998

157763

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. BEREKENING EN METING VAN OPEN WATERVERDAMPING	1
3. EEN NIEUW INSTRUMENT VOOR HET REGISTREREN VAN DE OPEN WATERVERDAMPING	2
4. BELANGRIJKSTE BIJZONDERHEDEN VAN DE EVAPORIGRAAF	3
5. DE HANDHAVING VAN HET PEIL IN DE VERDAMPINGSPAN	4
6. ENIGE VOORBEELDEN VAN REGISTRATIES	5
7. DE INVLOED VAN DE WATERDIEPTE OP DE PANVERDAMPING	5
8. OPEN WATERVERDAMPING TIJDENS REGENVAL	6
9. HET AFSCHERMEN VAN DE VERDAMPINGSPAN TEGEN REGEN	7
10. AANBEVELING	9
LITERATUUR	11
SUMMARY	12

1. INLEIDING

In een tijd, waarin de behoefte aan bruikbaar water steeds dringender wordt, neemt het belang van een nauwkeurige kennis van de waterhuishouding van ons land steeds toe. Een onderdeel hiervan is de kennis van de grootte van de verliezen aan water, die ontstaan door verdamping van vrije wateroppervlakten of van de grond en het gewas. De verdamping van een vrij wateroppervlak wordt beschouwd als een maximum van de natuurlijke verdamping. Die van de grond en van het gewas kan gedurende een groter of kleiner deel van het jaar uit de maximale natuurlijke verdamping worden berekend met reductiefactoren, die door gericht onderzoek steeds beter bekend worden. Hierbij is de dagelijkse open waterverdamping een basisgegeven van dezelfde betekenis als de dagregenva. Een betrouwbare en eenvoudige meting ervan is in modern waterhuishoudkundig onderzoek onmisbaar.

2. BEREKENING EN METING VAN OPEN WATERVERDAMPING

In tegenstelling tot het meten van neerslag is het meten van de open waterverdamping nog niet erg in de belangstelling geweest. Wel zijn verschillende technieken ontwikkeld om de open waterverdamping uit klimatologische gegevens te berekenen. De bekendste hiervan is wel die van Penman (PENMAN, 1948). Deze methode heeft voor routine toepassing twee in het oog lopende nadelen. In de eerste plaats dient men continue-metingen te verrichten van vier klimatologische grootheden. Daarna volgt een ingewikkelde berekening. Technisch en organisatorisch is dit kwetsbaar en kostbaar. In de tweede plaats wordt een berekening voor korte tijdvakken onvoldoende nauwkeurig geacht.

Gezien het bovenstaande ligt het toch weer voor de hand om aan directe dagelijkse metingen van de open waterverdamping de voorkeur te geven. Inderdaad worden deze op kleine schaal verricht. De hiervoor

gebruikte verdampingspannen met microschoef leveren echter weinig bevredigende gegevens op.

Aan de afleesmethode is een vrij grote onnauwkeurigheid eigen, terwijl de wisselende waterstand in de pan, die nu en dan bijgevuld wordt en ook regen opvangt, een eigen invloed heeft (BONYTHON, 1950). Een groot nadeel is verder, dat de waarnemingen een onduidelijke betekenis hebben als er regen van enig belang is gevallen. Toch zal de noodzaak om iedere ochtend de meting te doen wel de oorzaak zijn, dat de toepassing voornamelijk tot proeftuinen en dergelijke beperkt is gebleven.

Verschillende onderzoekers hebben getracht om directe metingen van de open waterverdamping te verkrijgen zonder de nadelen van de pan met microschoef. Het beste daarin geslaagd is vermoedelijk een installatie, die het waterpeil in een verdampingspan constant houdt en de hoeveelheden water registreert, die daarvoor toegevoerd moeten worden (VAN 'T WOUT, 1963). De hoeveelheden water, die uit de pan worden geloosd om bij regenval het waterpeil constant te houden worden niet geregistreerd, maar wel gemeten.

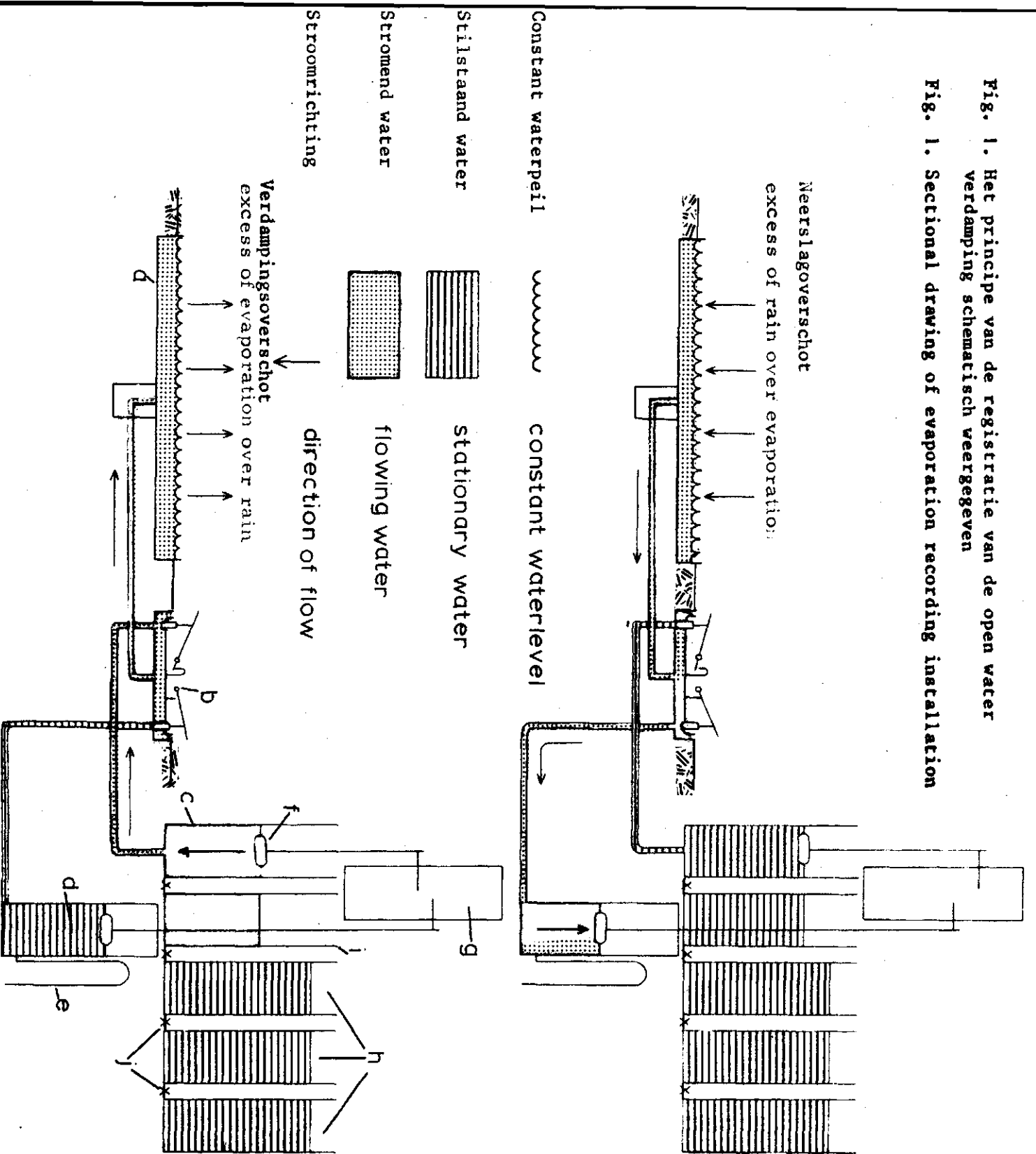
3. EEN NIEUW INSTRUMENT VOOR HET REGISTREREN VAN DE OPEN WATERVERDAMPING

Om metingen van voldoende nauwkeurigheid te krijgen zal een installatie, zoals door Van 't Woudt wordt beschreven, aan enige voorwaarden moeten voldoen, namelijk:

- a. de regeling van de toevoer van water, die nodig is om een constant peil in de verdampingspan te handhaven, moet zo scherp mogelijk reageren op het begin van peilveranderingen in de pan;
- b. het verschil tussen het oppervlak van de verdampingspan en dat van de reservoirs voor toe te voeren of geloosd water moet zo groot zijn, dat kleine hoeveelheden verdamping of neerslag worden omgezet in peilverschillen in de reservoirs, die nauwkeurig gemeten kunnen worden;
- c. behalve de toegevoerde hoeveelheden water moeten ook de geloosde hoeveelheden worden geregistreerd.

Een installatie, die aan deze eisen voldoet, is in de laatste jaren op het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding ontwikkeld. Er worden nu routine-metingen mee verricht. Daarvoor werden er gegevens

Fig. 1. Het principe van de registratie van de open water
 verdamping schematisch weergegeven
 Fig. 1. Sectional drawing of evaporation recording installation



- 4. Verdampingspan
Evaporation tank
- b. Vlotterbak
Float tank
- c. Voorraadvat
Supply reservoir
- d. Ovangvat
Receptacle
- e. Hevel
Syphon
- f. Vlotter
Float
- g. Trommel met papier
Drum with chart
- h. Extra reservoirs, niet in
verbindend met c
Additional reservoirs, not
communicating with c
- i. Extra reservoir, verbonden
met c
Additional reservoir,
communicating with c
- j. Kranen
Cocks

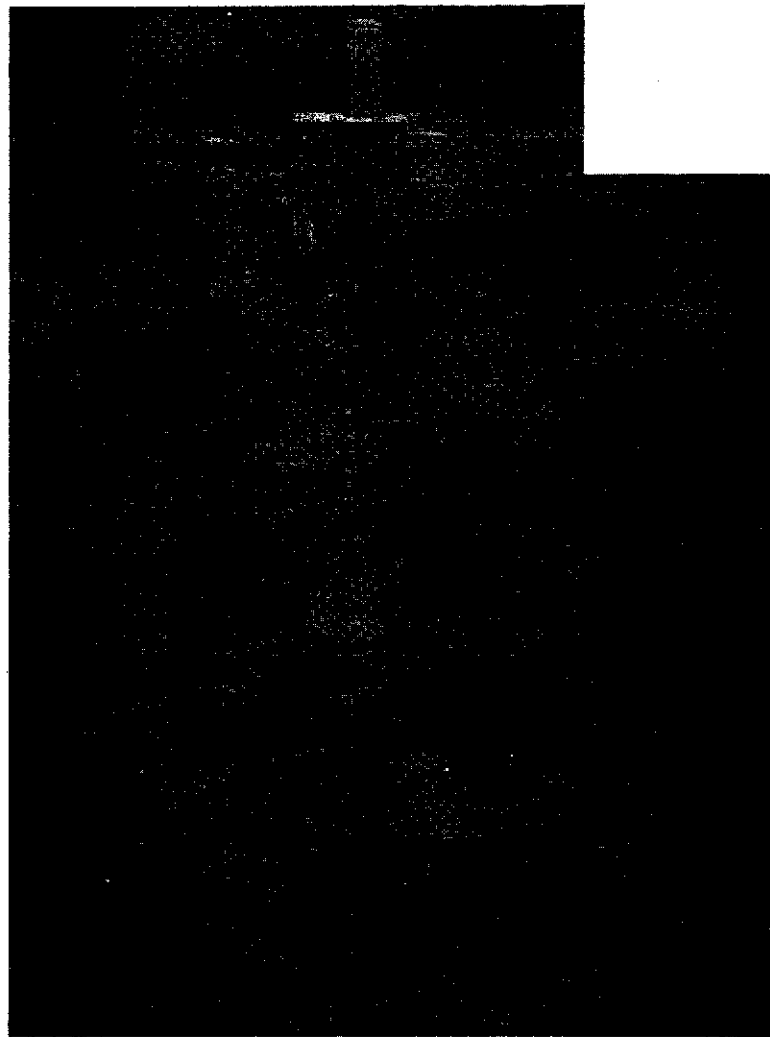


Fig. 2. Opstelling van het apparaat voor de registratie van de
open water verdamping
Disposition of evaporation recorder

mee verzameld op grond waarvan kan worden vastgesteld dat de waterdiepte in een verdampingspan en de warmtehuishouding ervan tijdens regenval aspecten van de meting zijn die intensievere studie rechtvaardigen dan tot nu toe is verricht.

4. BELANGRIJKSTE BIJZONDERHEDEN VAN DE EVAPORIGRAAF

De installatie bestaat uit een soort vlotterbak, die het waterpeil in een verdampingspan constant houdt. De vlotterbak laat water naar de pan toestromen of eruit afvloeien als reactie op de geringst mogelijke daling respectievelijk stijging van het waterpeil in de pan. Toegevoerd water komt uit reservoirs, waarin het peil wordt geregistreerd. Afgevoerd water wordt opgevangen in een reservoir, waarin eveneens het peil wordt geregistreerd. In fig. 1 is het principe van de installatie schematisch weergegeven. De pan is ingegraven op voldoende afstand van thermostatisch verwarmde kast met geïsoleerde wand waarin de vlotterbak en de reservoirs zijn opgeborgen en waarop een dubbelwerkende peilschrijver is geplaatst. Deze opstelling is in fig. 2 getoond.

Het oppervlak van de pan, die een doorsnede heeft van 62,5 centimeter is 25 maal zo groot als dat van één reservoir. Een hoeveelheid water, overeenkomend met één millimeter waterschijf, levert dus een peilverandering in één reservoir van 25 millimeter. Om de afmetingen van de installatie te beperken werd een maximum uitslag van het geregistreerde peilverschil in de reservoirs van 25 centimeter gekozen. Na 10 millimeter verdamping is één reservoir dan leeg en zou bijgevuld moeten worden. Dit kan organisatorisch moeilijk zijn als er een sterke verdamping is. Daarom is het reservoir, dat direct op de vlotterbak is aangesloten en waarin de vlotter van de peilschrijver hangt, communicerend aangesloten aan vier gelijke reservoirs, die echter afzonderlijk kunnen worden afgesloten. In overeenstemming met de verwachte grootte van de verdamping kan nu de verhouding tussen één millimeter verdamping en het daarmee overeenkomend peilverschil in de reservoirs met vier schaalverhoudingen worden weergegeven en gereduceerd van 1:25 tot 1:5. De peilschrijver heeft een 1:1 overbrenging en 25 centimeter schrijfhoopte, zodat maximaal 50 millimeter verdamping kan worden geregistreerd zonder onderbreking.

Voor uit de pan geloosd water is er slechts één reservoir. Dit is echter voorzien van een tantalus-hevel, die het water in het reservoir een schommeling van 25 centimeter toestaat. Neerslagoverschotten worden dus altijd in de verhouding 1:25 geregistreerd.

5. DE HANDHAVING VAN HET PEIL IN DE VERDAMPINGSPAN

Het belangrijkste onderdeel van de installatie is de vlotterbak, omdat deze op zo klein mogelijke peilveranderingen in de verdampingspan moet reageren. Dit is verwezenlijkt door naaldafsluiters te ontwerpen, waarvan de naald wordt opgehangen aan het lange eind van een hefboom, die aan het korte eind wordt bediend door de vlotter. De verhouding tussen lang en kort eind van de hefboom is 10:1. Bovendien is aan de korte zijde nog een verstelbaar contragewicht aangebracht. Eén en ander is zichtbaar in fig. 3.

De verbinding tussen vlotter en hefboom is zodanig dat, als het waterpeil zakt, de naaldafsluiter wordt geopend, die de toevoer afsluit en het peil wordt hersteld. De andere afsluiter blijft gesloten. Als het waterpeil echter stijgt, dan wordt de afsluiter geopend die afvoer toelaat en de andere blijft gesloten. Deze constructie is zeer gevoelig voor een juiste afstelling. Aan de ene kant bestaat de mogelijkheid, dat beide afsluiters tegelijk open blijven; aan de andere kant kan een te ruime afstelling tot gevolg hebben, dat een peilschommeling in de pan niet gecorrigeerd wordt. Maten en gewichten van vlotter, hefbomen, afsluitnaalden en contragewichten zijn zo gekozen, dat bij een juiste afstelling het waterpeil geen grotere schommelingen dan van enige honderdsten van een millimeter vertoont.

Van groot belang is ook dat in de verbinding tussen de vlotterbak en de verdampingspan zo weinig mogelijk drukverlies optreedt, zodat tussen beide waterpeilen zo weinig mogelijk verschil optreedt. Bij een lengte van de verbinding van 3 meter levert een diameter van 2 centimeter door de uiterst geringe stroomsnelheid een drukverlies op, dat geen praktische betekenis meer heeft.

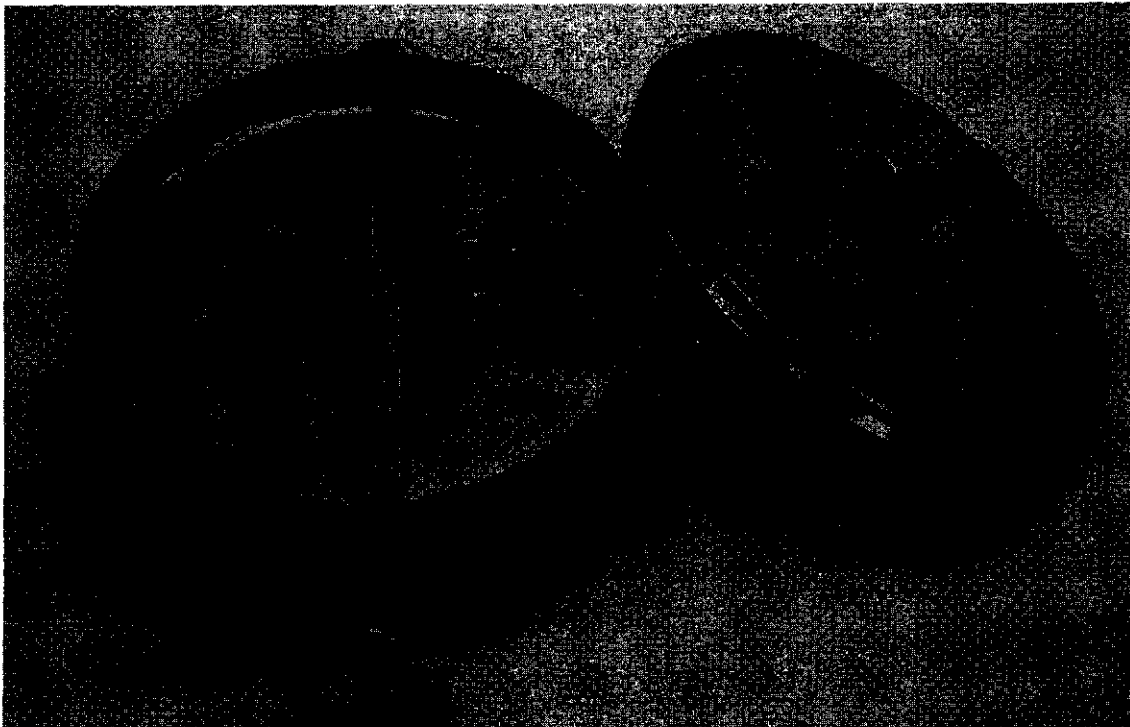


Fig. 3. Vlotterbak voor peilhandhaving in de verdampingspan
Cistern with float controlling the water level in the
evaporation pan

ihw

Zeitmaßstab: 1 Teilstrich = 1 St

Meetpunt

Sindviken

Opname vt

Höhenmaßstab:

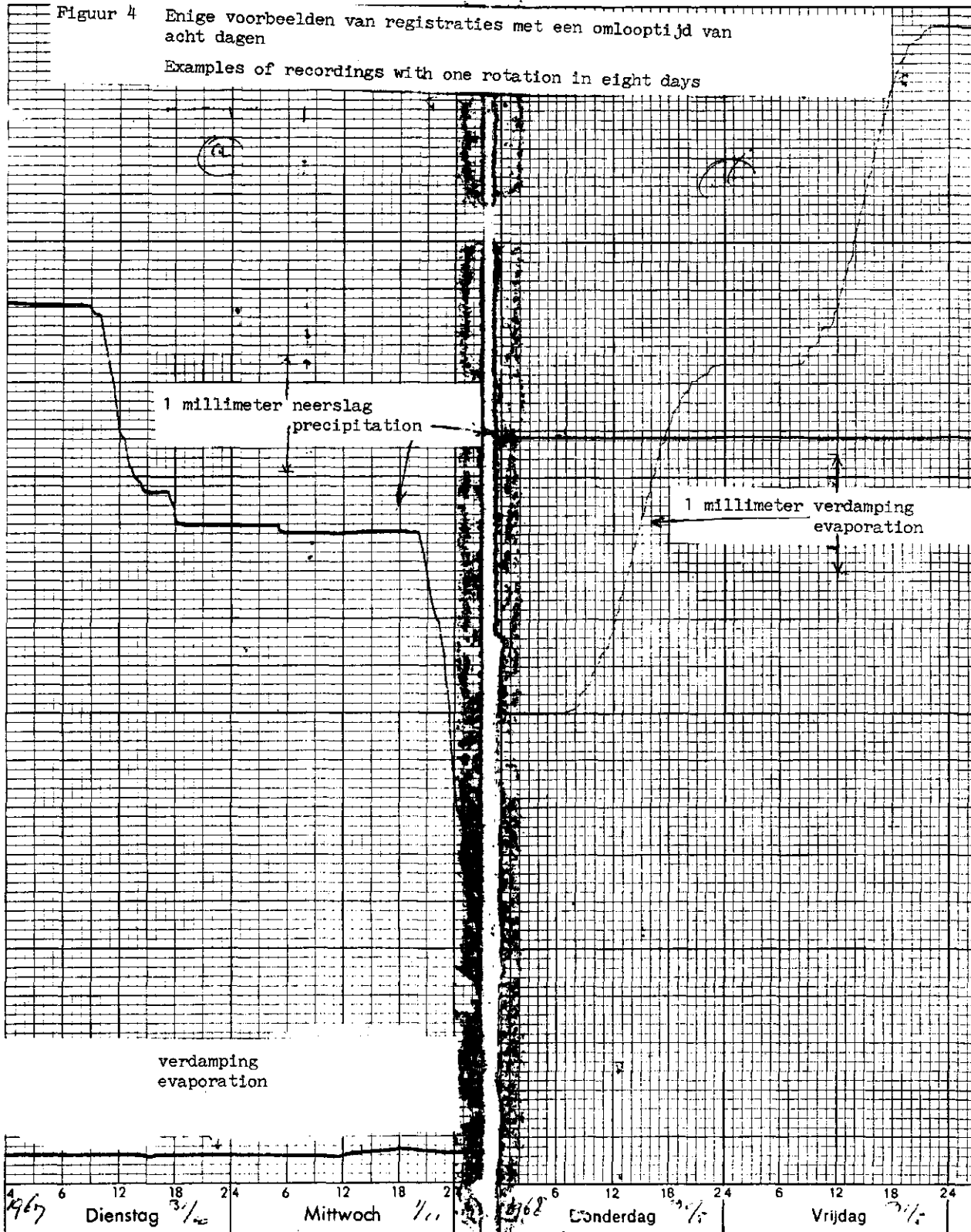
opnemer

E. P.

Figuur 4

Enige voorbeelden van registraties met een omlooptijd van acht dagen

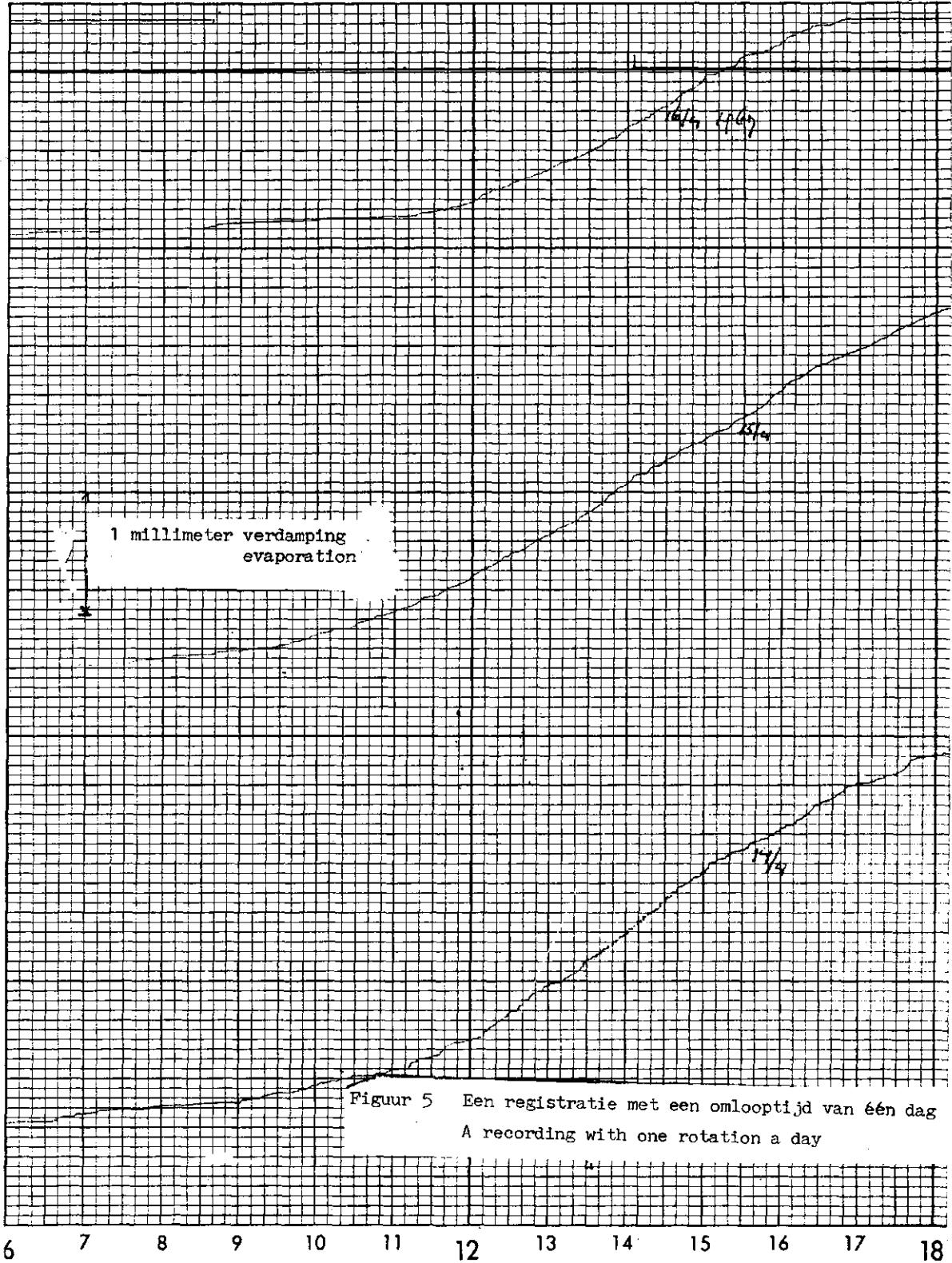
Examples of recordings with one rotation in eight days



3stab: 1 Teilstrich = 10 Min. (1 Tag Umlauf)

maßstab:

Höhenmaßstab: 1:20 = 1 Teilstrich Δ 4 cm Wasserschwankung
Höhenmaßstab: 1:10 = 1 Teilstrich Δ 3 cm Wasserschwankung
Höhenmaßstab: 1:10 = 1 Teilstrich Δ 2 cm Wasserschwankung
Höhenmaßstab: 1:5 = 1 Teilstrich Δ 1 cm Wasserschwankung



6. ENIGE VOORBEELDEN VAN REGISTRATIES

In fig. 4 zijn enige voorbeelden gegeven van registraties die bij opstelling in grasland zijn verkregen met een omlooptijd van 8 dagen. De waterdiepte in de pan was 4 centimeter. In fig. 4a zijn twee regenachtige dagen weergegeven, waarin verdamping van geen betekenis was. Afzonderlijke buien werden scherp genoteerd. In fig. 4b zijn twee regenloze dagen weergegeven met een grote verdamping volgens nederlandse maatstaven. Er waren twee reservoirs in gebruik en in deze twee dagen bedroeg de verdamping ongeveer 6 mm. etm^{-1} . Volgens visuele waarnemingen kunnen de onregelmatigheden in de lijn heel goed het gevolg zijn van schommelingen in ontvangen stralingsenergie als gevolg van overdrijvende wolkenvelden.

Fig. 5 toont een registratie met een omlooptijd van één etmaal. Voor zover het de verdamping betreft staan daardoor opeenvolgende dagen boven elkaar. Er viel geen regen. Door de 'grote' papiersnelheid is de lijn niet vloeiend maar bestaat uit afwisselende verticale en horizontale stukjes. Deze geven het afwisselend openen en sluiten van de afsluiter naald weer. De verticale stukjes hebben een lengte van gemiddeld 0,75 millimeter. Aangezien één reservoir werd gebruikt, was de vergroting 1:25. Daaruit volgt dat toevoer van water naar de pan optrad met tussenpozen die overeenkwamen met een daling van het waterpeil van 0,03 millimeter.

7. DE INVLOED VAN DE WATERDIEPTE OP DE PANVERDAMPING

Verschillende onderzoekers bevelen ondiepe verdampingspannen aan. In het algemeen met het oog op het beperken van de warmteberging in de pan (RIJTEMA, 1965) en voor pannen met gecontroleerd peil met het oog op het beperken van peilschommelingen als gevolg van temperatuurverschillen (VAN 'T WOUDT, 1963). Met de nauwkeurige apparatuur, die werd beschreven, werd een eerste indruk verkregen van de invloed van de diepte van de pan op de verdamping.

De verdampingssnelheid van twee pannen met een waterdiepte van 4 en van 24 centimeter gedurende 2 opeenvolgende dagen werd gemeten aan de helling van de registratiecurve en in fig. 6e uitgezet tegen de tijd.

Oppervlak en opstelling van de pannen waren geheel gelijk en het water stond in beide pannen één centimeter onder de rand.

Op de eerste dag zijn het totaal en de grootste verdampingssnelheid van de ondiepe pan hoger dan van de diepe. Op de tweede dag heeft de diepe pan het grootste totaal en de grootste verdampingssnelheid. Op beide dagen valt de grootste verdampingssnelheid van de diepe pan op een later tijdstip, terwijl de verdamping niet tot stilstand komt. Bij de ondiepe pan is dit wel het geval. In fig. 6b is getoond dat een pan met een waterdiepte van 69 centimeter op de betreffende dag een hoogste verdampingssnelheid had van 63 % van die van de pan met een waterdiepte van 4 centimeter.

De top valt bovendien 5 uur later. Deze voorbeelden tonen duidelijk aan dat verdamping van een diepe pan naijlt op die van een ondiepe. Dit is een gevolg van een grotere warmteberging in de diepe pan en een grotere warmte-uitwisseling met de grond.

In tabel 1 zijn een aantal cijfers gegeven, die betrekking hebben op de correlatie $y = ax + b$, wanneer y de panverdamping in mm is en x de stralingsenergie, gemeten met een solariemeter en per etmaal gesommeerd met een Kipp's integrator. De gegevens hebben betrekking op de regenloze dagen uit twee aaneengesloten perioden. Een waterdiepte van 4 centimeter werd vergeleken met 2 centimeter en met 24 centimeter. De straling werd in de onmiddellijke nabijheid van de verdamping gemeten. Het water stond steeds op één centimeter van de rand.

Tabel 1. Vergelijking tussen verschillende waterdiepten in verdampingspannen

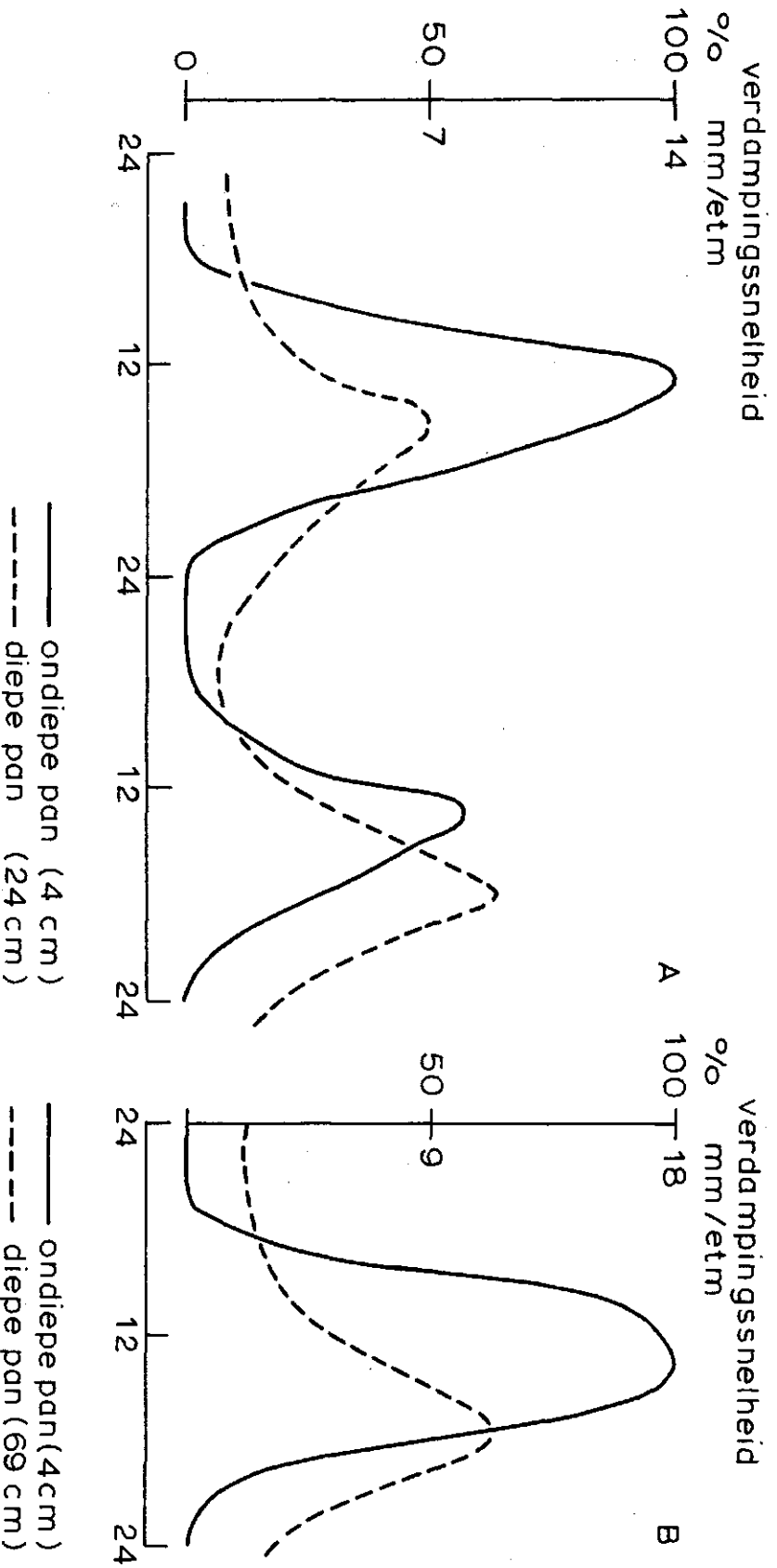
d	\bar{x}	\bar{y}	a	Sa	b	Sb	r	Syx	n
4	357	3,46	0,0093	0,00077	0,130	0,29	0,925	0,53	27
24	357	3,47	0,0088	0,00149	0,324	0,57	0,762	1,03	27
2	349	2,67	0,0074	0,00118	0,082	0,47	0,889	0,62	17
4	349	2,75	0,0077	0,00132	0,062	0,63	0,860	0,68	17

d = waterdiepte in centimeters

\bar{x} = gemiddelde dagelijks ontvangen straling in cal.cm²⁻¹

Fig. 6. De verdampingsnelheid van pannen met een verschillende waterdiepte uitgezet tegen de tijd

Fig. 6. The rate of evaporation of tanks with a different waterdepth plotted against time



\bar{y} = gemiddelde dagelijkse panverdamping in millimeter.etm.⁻¹
 a = hellingscoëfficiënt van de regressielijn
 S_a = spreiding van a
 b = intercept in millimeters verdamping per etmaal
 S_b = spreiding van b
 r = correlatiecoëfficiënt
 S_{yx} = spreiding van y bij regressie op x
 n = aantal waarnemingen

Uit tabel 1 blijkt, dat de waterdiepte in de pan geen invloed van betekenis heeft op de totale verdamping over langere perioden. Bij de diepste pan is de samenhang tussen verdamping en straling minder duidelijk dan bij de andere pannen. Bovendien blijkt uit de waarden van a en b , dat de diepste pan de neiging heeft om de variatie in de straling wat gedempt in de verdamping te reproduceren. Dit is een typisch gevolg van de warmteberging in de diepste pan en van de daaruit voortvloeiende naijling. Dat het verschijnsel in de regressie niet duidelijker tot uiting komt is een gevolg van het feit, dat natuurlijk niet voortdurend de afwisseling, die in fig. 6a werd getoond, optreedt.

Bij twee centimeter waterdiepte wijkt de regressielijn nauwelijks af van die bij vier centimeter waterdiepte. Hieruit blijkt, dat bij een waterdiepte van vier centimeter de dagsommen van de verdamping niet méér worden beïnvloed door de atmosferische voorwaarden op voorafgaande dagen dan bij een waterdiepte van twee centimeter. Dat sluit echter niet uit, dat binnen het verloop van een dag toch naijling optreedt, bijvoorbeeld op het beloop van de stralingsintensiteit. Doordat gegevens hierover ontbreken, kon dit niet worden vastgesteld.

8. OPEN WATERVERDAMPING TIJDENS REGENVAL.

Met de in par. 2 bedoelde verdampingspan heeft men de ervaring opgedaan dat na regenval van enige betekenis onwaarschijnlijk hoge waarden voor de dagverdamping worden gemeten. Aan dit verschijnsel werd geen aandacht geschonken en de betreffende cijfers werden niet gebruikt. Metingen elders wezen uit dat tijdens regen een sterke verdamping uit een open wateroppervlak kan optreden, die niet in overeenstemming kan zijn met de beschikbare stralingsenergie, die tijdens regen zeer gering is (BULTOT en DUPRIEZ, 1968). De oorzaak hiervan is het gemakkelijk transport van warmte, die in de pan aanwezig is, naar het oppervlak dat door de regen wordt afgekoeld. Hierdoor blijft aan het

wateroppervlak een dampspanningsgradiënt bestaan. Dit is niet het geval bij andere verdampende oppervlakten, waar het warmtetransport ontbreekt of veel langzamer is en de verdamping houdt dan geheel of grotendeels op (GEIGER, 1961).

Door de nauwkeurige meting, die de beschreven apparatuur mogelijk maakt werd bovenbedoeld verschijnsel bevestigd. Een voorbeeld geven fig. 7 en 8. In fig. 7 zijn de tijdens regendagen in juli 1970 uit de pan geloosde waterhoeveelheden vergeleken met de gemiddelde opbrengsten van twee vlakbij gelegen grondregenmeters. De verschillen kunnen beschouwd worden als de verdamping van het open water tijdens deze regendagen. Spatverliezen kunnen geen rol hebben gespeeld, omdat de pan was omgeven met een met water gevulde spatrand van 15 centimeter breed. Op fig. 2 is dit te zien.

In fig. 8 is de verdamping volgens fig. 7 uitgezet tegen de op de betreffende dagen ontvangen straling. Er is geen enkele schijn van de samenhang, waarvan in tabel 1 voor 4 centimeter waterdiepte de regressie werd beschreven (vgl. $n=23$) en die op de regenloze dagen uit dezelfde periode betrekking heeft. De spreiding langs de abscis in fig. 8 wordt veroorzaakt doordat het niet op alle dagen even lang heeft geregend, zodat vaak ook nog vrij veel straling is ontvangen. De spreiding langs de ordinaat wordt veroorzaakt door de hoeveelheid warmte, die in de pan is opgeslagen en door het verschil tussen de temperatuur van het water en die van de regen. Als geen latente warmte aanwezig is en de temperatuur van het water en van de regen zijn gelijk dan zal tijdens de regen geen verdamping uit de pan optreden. Dit zal alleen 's nachts of 's winters wel eens het geval zijn, en een dergelijke samenloop van omstandigheden is daarom van weinig belang.

9. HET AFSCHERMEN VAN DE VERDAMPINGSPAN TEGEN REGEN

Uit par. 8 kan de gevolgtrekking worden gemaakt, dat de maximale natuurlijke verdamping moet worden onderscheiden in de verdamping, die uitsluitend door meteorologische voorwaarden wordt bepaald en de feitelijke open waterverdamping, waarbij ook nog andere factoren van invloed zijn.

De feitelijke open waterverdamping kan men leren kennen met de hiervoor beschreven apparatuur, in combinatie met een gewone pluviometer.

Fig. 7. Vergelijking vanuit de pan tijdens regen geloosde waterhoeveelheden en de opbrengst van regenmeters

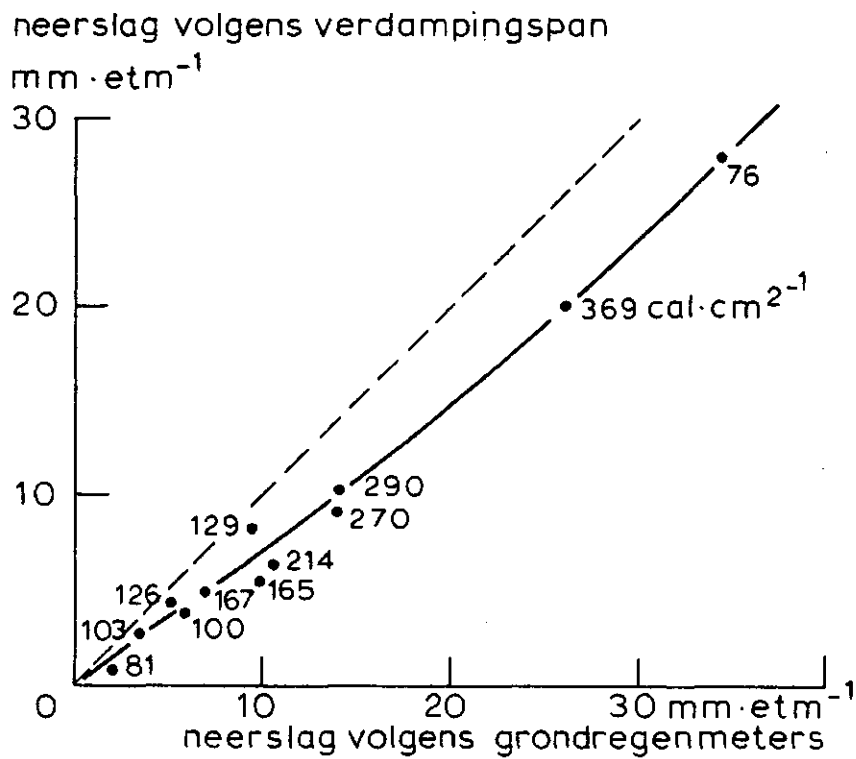


Fig. 7. Amounts of water discharged from the tank during rainfall compared with the catch of raingauges

Fig. 8. De verdamping uit de pan tijdens regendagen uitgezet tegen de ontvangen straling. Ter vergelijking is de regressielijn voor een waterdiepte van 4 cm en $n = 23$ uit tabel 1 getekend met de 95 % betrouwbaarheidsintervallen

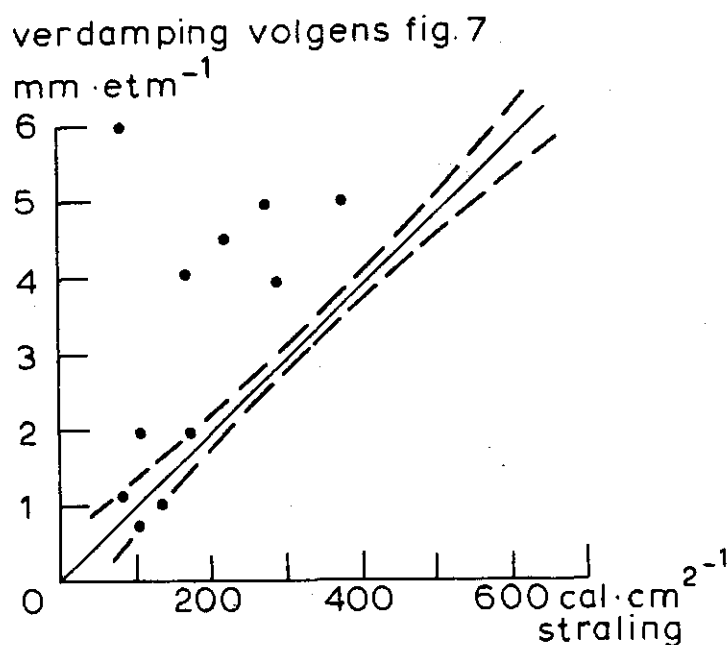


Fig. 8. Tank evaporation during rainy days plotted against incoming radiation. The regression line for a waterdepth of 4 cm and $n = 23$ in table 1 is given with 95 % confidence limits

700135.4/3

graaf. De pan moet dan wel diep genoeg zijn om dezelfde mogelijkheden voor warmte-uitwisseling te hebben als open water van gemiddelde diepte.

De maximale natuurlijke verdamping, zoals die door atmosferische voorwaarden wordt bepaald, kan alleen direct aan een open wateroppervlak worden gemeten wanneer dit tegen de regen is afgeschermd. Dat deze afscherming geen grote nadelen voor de meting behoeft te hebben is voorlopig aannemelijk gemaakt door twee gelijke verdampingspannen met een waterdiepte van 4 centimeter op slechts enige meters van elkaar in te graven. Boven één van deze pannen was echter een doorzichtige plastic koepel geplaatst op drie dunnen steunen. De hoogte boven de pan was 25 centimeter. De diameter van de koepel is 110 centimeter. In tabel 2 zijn dagsommen van de verdamping op regenloze dagen van beide pannen vergeleken met de dagelijks ontvangen straling.

Tabel 2. Vergelijking tussen open en afgeschermd verdampingspan

Pan	\bar{x}	\bar{y}	a	Sa	b	Sb	r	Syx	n
Open	399	417	0,0104	0,0023	- 0,006	0,954	0,771	0,958	16
Afgeschermd	399	417	0,0106	0,0019	- 0,072	0,785	0,831	0,788	16

De betekenis van de symbolen is dezelfde als die in tabel 1.

Er bestaat tussen beide regressies geen significant verschil. Toch heeft de afscherming wel invloed. Volgens niet kwantitatieve waarneming bleef bij rustig helder weer de afgeschermd pan wat achter bij de andere, bij winderig weer waren de rollen omgekeerd. Blijkbaar vermindert de kap de daaronder ontvangen straling maar vergroot bij het windeffect. Deze verschillen zijn echter gering en bovendien zullen beide effecten elkaar gedeeltelijk neutraliseren.

De correlatiecoëfficiënt van de samenhang tussen de verdamping uit de open pan en die uit de afgeschermd is dan ook hoog namelijk $r = 0,94$. Tegen de afscherming van de pan lijkt daarom weinig bezwaar te bestaan als het alleen routine-meting van de open waterverdamping betreft.

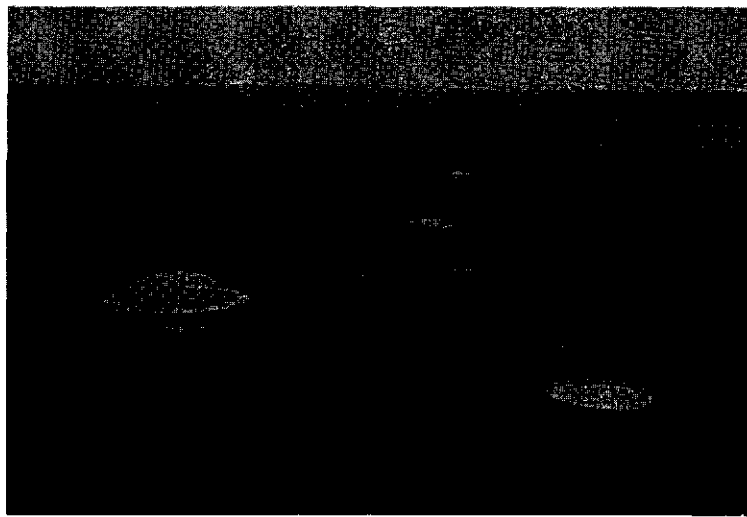


Fig. 9. Opstelling met afgeschermd verdampingspan en
opvangtrechter voor regen
Disposition with shielded tank and funnel for
raingauging

Bij afscherming van de verdampingspan tegen regen is het reservoir voor uit de pan geloosd water feitelijk overbodig geworden. Weliswaar zal de voor deze lozing dienende afsluiter niet gemist kunnen worden, omdat de mogelijkheid bestaat dat bij harde wind regen onder de kap in de pan slaat. De grootte van deze hoeveelheden, die zo klein mogelijk moeten worden gehouden door de grootte van de kap en de hoogte ervan boven de pan, is echter niet van belang zolang ze maar geloosd worden.

Men vraagt zich nu af of het niet aanbeveling verdient om de installatie uit te breiden tot een combinatie van evaporigraaf en pluviograaf. Dit kan eenvoudig door een opvangtrechter met het overbodig geworden reservoir te verbinden. Voor de registratie van het waterniveau hierin is alles aanwezig.

Het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding heeft deze stap gedaan. Op haar meteorologisch waarnemingsveld is de op fig. 2 getoonde opstelling na afscherming van de verdampingspan, waarvan ook de spatrand kan vervallen, uitgebreid met een opvangtrechter voor de regen. Deze heeft dezelfde diameter als de verdampingspan en is eveneens ingegraven. In fig. 9 wordt deze opstelling getoond. Er worden nu continue-metingen mee verricht. Op grond van par. 7 wordt hiervoor een pan met een waterdiepte van 4 centimeter gebruikt. Of een geringere diepte voordelen oplevert die opwegen tegen het nadeel van een snellere vervuiling, zal moeten worden nagegaan.

10. AANBEVELING

Van verschillende kanten is er op aangedrongen om op een groter aantal plaatsen dan tot nu toe grondregenmetingen te gaan doen (DE ZEEUW, 1963; COLENBRANDER en VERSTRAATE, 1967). Inmiddels wordt daar op beperkte schaal in het kader van regionaal onderzoek gehoor aan gegeven. Gezien het feit dat algemeen toegankelijke dagcijfers voor de maximale natuurlijke verdamping tot nu toe ontbreken lijkt het voor de hand te liggen om te overwegen ook verdampingsmetingen in een plan voor waarnemingspunten op te nemen. Met de in par. 9 bedoelde combinatie van evaporigraaf en pluviograaf beschikt men over een instrument dat hiervoor bij uitstek geschikt lijkt.

Men mag aannemen dat het in par. 8 gesignaleerde verschijnsel zich ook in spaarbekkens, meren en dergelijke zal voordoen. Het zal van

belang zijn om te weten of de feitelijke open waterverdamping grotere totalen over langere perioden oplevert of een andere verdeling over de tijd heeft dan de verdamping die alleen voor meteorologische voorwaarden wordt bepaald. Het zal daarom aanbeveling verdienen om verdampingsmetingen in ons land uit te breiden tot de feitelijke verdamping van het open water. De evaporigraaf met een niet afgeschermd pan in combinatie met een afzonderlijke pluviograaf zou hiervoor geschikt zijn. Aan drijvende opstelling in open water zou misschien de voorkeur moeten worden gegeven.

Tenslotte kan worden vastgesteld, dat de beschreven apparatuur, onder andere door de mogelijkheid er over zeer korte tijdvakken de verdampingssnelheid mee te bepalen, een goed hulpmiddel kan zijn bij fundamenteel onderzoek naar het verschijnsel van de verdamping. De in par. 7, 8 en 9 aangeroeerde onderwerpen kunnen voldoende aanleiding zijn tot een vollediger kwantitatieve studie dan tot nu toe is verricht.

LITERATUUR

- BONYTON, C.W. Evaporation studies using some South Australisan data.
Trans. Roy. Soc. South Austr. 73: 198-219, 1950.
- BULTOT, F. et G.L. DUPRIEZ. Le bac evaporatoire en usage dans le
réseau hydroleteorologique Belge.
Bulletin de l'Association Internationale d'Hydrologie
Scientifique XIII Annee no. 2, 1968.
- COLENBRANDER, H.J. en J.M.I. VERSTRAATE, 1967. Een registrerende grond-
regenmeter, waarvan de gegevens automatisch kunnen worden ver-
werkt. Cultuurtechnisch tijdschrift 6, nr 3.
- GEIGER, R. Das Klima der bodennahen Luftschicht.
Der Wissenschaft Band 78 Braunschweig 1961.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass.
Proc. Roy. Soc. London H 193: 120-145, 1948.
- RIJTEMA, P.E. An analysis of actual evatranspiration.
Verslagen landbouwkundig onderzoek 659, Wageningen 1965.
- WOUDT, B.B. VAN 'T. A pan evaporimeter for rainy areas.
Techn. Bull. no. 57 Hawaii Agricult. Exp. Station, University
of Hawaii, 1963.

S U M M A R Y

AN INSTRUMENT FOR THE RECORDING OF EVAPORATION OF A FREE WATER SURFACE

In modern research on evaporation the daily amounts of evaporation of a free water surface are basic data of equal importance as daily amounts of precipitation. Direct measurement of open water evaporation is preferred to calculation methods, but current evaporation pans with a micro gauge lack accuracy and are considered to be unreliable and unusable when precipitation occurs. To obtain better direct measurements of evaporation of a free water surface those investigators were followed who use a pan in which the water is kept at a constant level, while the amounts of water which for this purpose are supplied to or discharged from the pan are measured. An instrument was manufactured which features a float tank controlling supply to or discharge of water from the pan as a response to changes of water level in the pan. The sensitivity of this float tank is very high. It requires a change of water level in the pan of only 0.03 millimeter to operate the float tank and the course of excess of evaporation of the pan over rainfall in it, or the reverse, is recorded with high accuracy.

The properties of the instrument make it very well suited for investigation into some aspects of pan evaporation. It was shown that evaporation of a deeper pan lags on that of a shallow pan. Though totals over longer periods are the same in successive days pans with different water depth show differences in totals and in daily course of evaporation which are caused by the lag. When evaporation is correlated with radiation energy it appears that there is no significant difference between a water depth of 2 and of 4 centimeter. So a pan with a water depth of 4 centimeter was selected for the present to be used for routine measurements. The diameter is $62\frac{1}{2}$ centimeter and the water is 1 centimeter below the rim.

Storage of heat in the pan was also considered to be the cause of evaporation which is not in accordance with atmospheric conditions of the moment. Easy transport of heat in the water to the surface which is cooled off by rain maintains evaporation, even when no radiation

energy is available. For that reason an evaporation pan is not suitable for the purpose of raingauges nor a proper instrument for the measurement of the evaporative capacity of the atmosphere when it is raining. However, it was shown provisionally that shielding the pan from rain with a plastic dome put up at some height over it did not affect evaporation from the pan noticeably. For that reason the routine-measurements were started with the pan shielded from rain with a plastic dome over it at a height of 25 centimeter. The diameter of the dome is 105 centimeter. The recording facilities in the receptacle fall vacant because no discharge from the shielded pan has to be recorded. Therefore the installation is made to record simultaneously evaporation and rainfall by connecting to the receptacle a groundlevel raingauge of the same diameter as the pan. This combination is recommended for use on a larger scale.