

De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend regenmeteronderzoek

Inleiding

Het meten van neerslag en de fouten die daarmee gepaard gaan hebben al veel pennen in beweging gebracht. Dit is niet te verwonderen. Immers het grillige beeld van de neerslag met somtijds plaatselijke tekorten of overschotten is de oorzaak van veel hydrologische problemen. Ook drukt de neerslag in al haar vormen van voorkomen een belangrijk stempel op leef- en werkomstandigheden en is daardoor in het maatschappelijk verkeer wel de meest bekende grootheid van de hydrologische kringloop.



I.R. P. M. M. WARMERDAM
Landbouw Hogeschool
Wageningen

Het meten van de hoeveelheid neerslag die het aardoppervlak bereikt is geen gemakkelijke opgave. Het is gebruikelijk dat de neerslag wordt gemeten door vast te stellen welke hoeveelheid de ronde opening van een op het maaiveld geplaatst vat passeert. De aldus gemeten neerslagen vormen hoogstens een benadering van de werkelijk gevallen hoeveelheid, welke vrijwel altijd aan de lage kant is [De Zeeuw 1963]. Hoewel de onvolkomenheden van de meetmethode al lang zijn onderkend, hebben er zich vrijwel geen instrumentele ontwikkelingen voorgedaan die de nauwkeurigheid van meten hebben vergroot [Rodda 1971]. De meteoroloog bestudeert doorgaans processen die zich in de atmosfeer afspelen en die zich maar zeer benaderend laten kwantificeren. Zijn eigenlijke interesse gaat daarom in sterkere mate uit naar de vorm van de neerslagverdeling dan naar een nauwkeurige kwantificering daarvan. De hydroloog die zich met de waterbalans bezighoudt heeft groot belang bij precieze neerslagmetingen, maar heeft merkwaardig genoeg de gewoonte om de uitvoering van die metingen aan de meteoroloog over te laten. Aldus dreigt de nauwkeurige neerslagmeting tussen wal en schip te geraken en men behoeft zich er nauwelijks over te verwonderen dat de op gestandaardiseerde wijze verzamelde gegevens met een variabele systematische fout zijn behept.

De grootste bron van fouten bij het meten van neerslag is de verstoring van het windveld door het waarnemingsinstrument. Deze fout is voor sneeuw aanzienlijk groter dan voor regen. In dit artikel wordt aan de hand van regenmetingen in het Hupselse Beekgebied een inzicht gegeven in de fout waarmee regenwaarnemingen met enkele

Nederlandse regenmeters behept kunnen zijn als gevolg van dit windeffect.

Enkele historische kanttekeningen

Al ver voor onze jaartelling werden regenwaarnemingen verricht. De oudste opgetekende metingen komen uit India [Biswas 1967], waar rond 400 jaar v. Chr. metingen werden gedaan op grond waarvan de waarde van grond voor landbouwkundig gebruik werd vastgesteld. De eerste gegevens van het noordelijk halfrond zijn pas enkele eeuwen oud. De vroegste komen uit Frankrijk en Engeland. Vooral in Engeland heeft het meten van de neerslag steeds grote belangstelling ondervonden. Hoewel bekend is dat de hoeveelheid regen, evenals nu, werd gemeten aan de hand van de in een vat opgevangen hoeveelheid water, is van de opstelling van het instrument lange tijd niets vermeld geworden en het is juist deze opstelling die voor de nauwkeurigheid van de meting van zo grote betekenis is. Mariotte (1678) was de eerste die vermeldde dat zijn regenmeter aan een huis was bevestigd en pas in de 18e eeuw groeide langzaam het idee dat de opstelling de vangst van de regen beïnvloedde. Heberden (1769) opperde de gedachte dat de hoeveelheid opgevangen regen van de opstellingshoogte van de regenmeter afhankelijk was. Later toonde Jevons (1861) aan, dat de wind van invloed was op de vangst. Na het bekend worden van het windeffect, ook wel Jevonseffect geheten, werden proeven gedaan met windschermen. Alhoewel windschermen een gunstige uitwerking op het windveld kunnen hebben is het niet mogelijk het windeffect geheel uit te sluiten [Weiss en Wilson 1958]. De Engelse opstelling, een regenmeter voorzien van een aarden wal, werd in Engeland al in 1863 aanbevolen voor metingen in open terrein. In deze eeuw hebben vooral Koschmieder (1934), Braak (1945) en Rodda (1967) een belangrijke bijdrage geleverd aan het onderzoek naar het windeffect op het meten van regen.

De windfout

Het gedeelte van de werkelijke neerslag dat met een regenmeter kan worden bepaald hangt af van de meteorologische omstandigheden, het instrument, de omgeving van het meetstation en de aard van de neerslag. Door Kúrtyka (1953), tabel I, is een schatting gemaakt van de systematische fouten die bij het meten van regen kunnen optreden:

TABEL I

Verdamping — 1 %	Bevochtiging — 1 %	Kleur — ½ %	Inspatting 1 %	Opstelling en Wind — 5 à — 80 %
---------------------	-----------------------	----------------	-------------------	------------------------------------

Hoewel de fout door inspatten positief is, zijn alle andere fouten negatief. De fout ten gevolge van de opstelling en wind is verreweg de grootste. Ook andere studies aan regenmeters [Struzer 1965a, Sevruk 1974, Larson 1971] komen tot overeenkomstige resultaten alhoewel de uitkomsten van het windeffect, zoals Kúrtyka al aangeeft, grote verschillen te zien geven als gevolg van verschillen in de opstellingshoogte en in blootstelling aan de wind. De fout neemt toe met de windsnelheid en is groter voor sneeuw [Sandsborg 1972, Struzer 1965b, Larson and Peck 1974] en mist [Dekker 1979] dan voor regen [Neff 1977, Aldridge 1976].

Een algemeen aanvaarde theorie [Rodda 1971] is, dat de regenmeter een storing in de luchtstroming teweegbrengt, waardoor de turbulentie en windsnelheid in de omgeving van de opvangopening toeneemt. Een deel van de regen dat anders in de opvangtrechter zou zijn gekomen blijft langer zwevende en slaat voorbij de regenmeter neer. Het bepalen van de tekorten aan vangst door de verstoring van de luchtstroom stuit al direct op het probleem dat de werkelijke hoeveelheid neerslag die het aardoppervlak bereikt bij afwezigheid van de regenmeter niet bekend is. Koschmieder (1934) verrichtte metingen aan een regenmeter waarvan de opvangtrechter gelijk aan het niveau van het maaiveld was opgesteld. In zijn rapport schrijft Koschmieder: 'I undertook to construct a raingage which through its aerodynamic form 'a priori' proves that the air movement in its surroundings remains definite that is, that the air movement parallel to the earth's surface is not noticeably disturbed by the raingage. The task was solved in a simple way by sinking the whole raingage in the ground in such a manner that the receiving surface is level with the earth.'

Algemeen is aanvaard dat het meten van de hoeveelheid regen met een regenmeter opgesteld op maaiveldsniveau, de zgn. grondregenmeter, de werkelijke hoeveelheid regen het best benadert.

Door Braak (1945) zijn in het begin van de veertiger jaren op een aantal stations de vangsten vergeleken tussen de 4 dm² regenmeter op de toenmalige standaardhoogte van 1.50 m boven maaiveld, op 40 cm boven maaiveld en als grondregenmeter. Braak vond een vrijwel lineair verband tussen de verschillen in vangst met de windsnelheid. Tussen de stations traden evenwel grote verschillen op van de regenmeter op 1.50 m hoogte, welke door Braak werden toegeschreven aan verschillen in beschutting

van de opstellingsplaats. De verschillen tussen de regenmeters op 40 cm en de grondregenmeters waren kleiner, terwijl ook tussen de stations geen grote afwijkingen optraden.

Op grond van de resultaten van Braak werd in 1946 door het KNMI besloten de opstellingshoogte van 1.50 m naar 40 cm boven het maaiveld te verlagen.

Vergelijking van regenvangsten met de 4 dm² op standaardhoogte, de pluviograaf en de 4 dm² grondregenmeter

Op het tamelijk onbeschutte meteostation Assink, in het stroomgebied van de Hupselse Beek in Oost Gelderland, zijn vanaf 1963 tot 1976 dagelijkse regenmetingen verricht aan de 4 dm² regenmeter in de standaardopstelling en de 4 dm² grondregenmeter, omgeven door een anti-spat rooster. Ook bevond zich op hetzelfde station een pluviograaf (afb. 1).

De op dit station waargenomen hoeveelheid regen met de 4 dm² regenmeter op 40 cm hoogte (A 4) bedraagt gemiddeld over de periode 1966-1976, 93 % van de hoeveelheid welke is opgevangen met de 4 dm² op grondniveau (G 4) (tabel II). De verschillen in vangst zijn over het jaar niet gelijk. In de zomerperiode, april tot oktober, is de verhouding tussen de A 4 en G 4 regenmeter 96 %. In de winter, oktober tot april, 90 %.

De hier opgestelde pluviograaf (P 4) registreert een hoeveelheid die nog aanzienlijk kleiner is dan de hoeveelheid opgevangen door de 4 dm² op standaardhoogte.

Afb. 1 - Meteostation Assink met in het midden op de foto de pluviograaf (P 4) en rechts de 4 dm² regenmeter (A 4). Links op de foto een 2 dm² regenmeter (A 2).

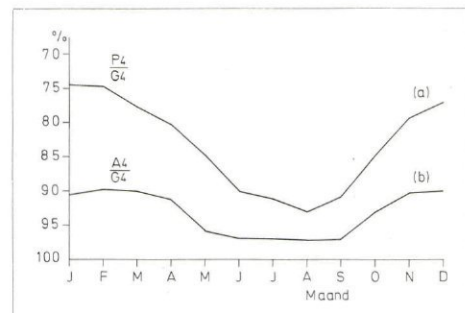


TABEL II - De procentuele verhoudingen tussen regenwaarnemingen met de 4 dm² regenmeter op 40 cm hoogte (A 4) en op grondniveau (G 4) en de pluviograaf (P 4). Periode 1966 - 1976.

Verhouding	Jaar	Winterperiode	Zomerperiode
A 4 — G 4	93 %	90 %	96 %
P 4 — A 4	90 %	87 %	93 %
P 4 — G 4	84 %	78 %	89 %

Eveneens gerekend over de periode van

1966 tot 1976 bedraagt de verhouding $\frac{P 4}{A 4}$ op jaarbasis 90 %. In het zomer- en winterseizoen komt deze verhouding gemiddeld op 93 respectievelijk 87 %. In vergelijking met de grondregenmeter, die volgens de aanname nog de beste schatting van de werkelijke hoeveelheid regen oplevert, registreert de pluviograaf in de winterperiode gemiddeld ca. 22 % minder regen. Het verloop van het gemiddelde procentuele tekort over de seizoenen is in afb. 2 gegeven. In deze afb. stelt curve (a) de verhouding voor van de maandelijkse regenhoeveelheden van de pluviograaf en 4 dm² grondregenmeter. In dezelfde afb., curve (b), is ook de verhouding tussen de 4 dm² op 40 cm hoogte en de 4 dm² grondregenmeter gegeven. Beide curven hebben betrekking op de periode 1966-1976 en laten een duidelijke seizoensinvloed zien van het windeffect. Enerzijds kan dit het gevolg zijn van de lagere windsnelheid in de zomer



Afb. 2 - Procentuele verhouding van maandelijkse regenhoeveelheden van de pluviograaf (a), resp. 4 dm² op 40 cm (b) en de 4 dm² grondregenmeter. Periode 1966 - 1976.

(afb. 4, curve (c)), terwijl anderzijds de doorgaans grotere regendruppels van de zomerse buien wellicht minder windgevoelig zijn.

De hier berekende verhoudingen tussen de A 4 en G 4 regenmeters komen goed overeen met die, welke in vergelijkbare studies van onder andere Colenbrander en Stol (1970), Rodda (1967) en Aldridge (1976) zijn gevonden. Van de pluviograaf en de elders in gebruik zijnde vergelijkbare registrerende regenmeters zijn minder gegevens gepubliceerd. Colenbrander en Stol (1970) berekenden aan de hand van metingen op 3 stations gemiddelde percentages die 3 à 4 % hoger zijn dan die welke in de onderhavige studie aan de pluviograaf zijn gevonden.

Vergelijking van regenvangsten met de 2 dm² en 4 dm² op standaardhoogte en de grondregenmeter

In 1972 is ook de door het KNMI [Deij 1968] geïntroduceerde nieuwe standaardregenmeter in de meetcampagne van de Hupselse Beek opgenomen (afb. 1 en 3). Deze regenmeter met een opvangopening van 2 dm² werd opgesteld op 40 cm boven maaiveld (A 2) en een op gelijk niveau met het maaiveld (G 2). Deze grondregenmeter bevindt zich in een goed gedraineerde kuil met afmetingen 130 x 130 x 30 cm en is op maaiveldhoogte omgeven door een metalen anti-spat rooster. Daarnaast zijn er ook metingen verricht aan eenzelfde type van regenmeter, echter nu geplaatst in een cirkelvormige kuil met een diameter van 40 cm. De bovenrand van de opvangtrechter is eveneens op gelijk niveau met het maaiveld. Deze eenvoudige opstelling staat bekend als de Salland-opstelling (S 2) [De Bruin 1977].

In tabel III is een aantal verhoudingen van regenvangsten met de 2 dm² regenmeters samengevat. Over een periode van 6 jaar (1972-1978) is de procentuele verhouding van de vangst met de A 2 en G 2: 96 %. Dekker (1979) vond voor Sleen en



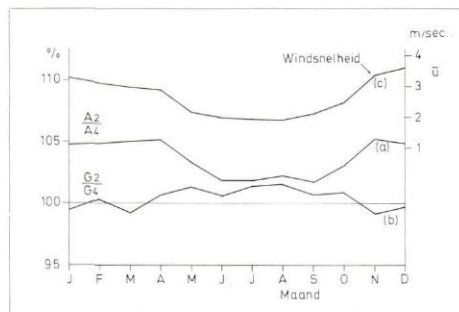
Afb. 3 - Grondregenmeters opgesteld op station Assink. Rechts de 2 dm² in een gedraineerde kuil (G 2) en op de voorgrond de Salland (S 2) regenmeter.

De Bilt waarden van 97 %, resp. 95 %. In de winterperiode bedraagt bij Assink de verhouding 95 %, in de zomerperiode 97 %. Met de Salland-opstelling wordt 1.5 % meer regen gemeten dan met de grondregenmeter in standaardopstelling, zowel gedurende de winter als gedurende de zomer. De hogere vangst kan mogelijk worden toegeschreven aan inspatting, die bij deze opstelling niet onwaarschijnlijk is.

In afb. 4 is voor de periode 1972-1976 de verhouding van de 2 dm² (A 2) en de 4 dm² (A 4), beide op de standaardhoogte, weergegeven voor de verschillende maanden, curve (a). Van deze periode is voor regendagen de gemiddelde windsnelheid op 1.50 m hoogte bepaald. De hieruit berekende gemiddelde windsnelheid per maand is eveneens in afb. 4, curve (c), ingetekend. De afb. laat zien dat met toene-

TABEL III - De procentuele verhoudingen van regenwaarnemingen met de nieuwe standaard regenmeter 2 dm² op 40 cm hoogte (A 2), de 2 dm² grondregenmeter (G 2) en de Salland-opstelling (S 2). Periode 1972 - 1978.

Verhouding	Jaar	Winterperiode	Zomerperiode
A 2			
—	96 %	95 %	97 %
G 2			
A 2			
—	95 %	94 %	96 %
S 2			
G 2			
—	98.4 %	98.3 %	98.5 %
S 2			
G 2			
—	100.5 %	99.7 %	101.2 %
G 4			



Afb. 4 - Procentuele verhouding van maandelijkse regenhoeveelheden van de 2 dm² en 4 dm² op 40 cm (a) en van de 2 dm² en 4 dm² grondregenmeter (b). Curve (c) geeft de gemiddelde windsnelheid weer. Periode 1972 - 1976.

mende windsnelheden in de winter de tekorten van opgevangen regenhoeveelheden met de 4 dm² toenemen. Ook de 4 en 2 dm² grondregenmeters zijn op hun vangst vergeleken. Over de periode van 6 jaar is de verhouding tussen G 2 en G 4, 100.5 %. In

TABEL IV - Regressie parameters en standaardfouten van de lineaire relatie tussen regenhoeveelheden opgevangen met de 2 dm² (y_i) en 4 dm² (x_i) regenmeter op standaardhoogte.

Data	Gemiddelde van y mm	x mm	α	β mm	Standaardfout regressie mm	α	gegevens Aantal
juni-okt. '58							
Levert. 3 x daags	2.17	2.14	1.016	-0.002			120
juni-okt. 1972-1975							
dagsommen	5.45	5.35	1.019	-0.001	0.209	0.002	278
1972-1976							
dagsommen	4.02	3.89	1.023	0.038	0.334	0.002	737
1972-1976 winter	3.48	3.35	1.027	0.038	0.406	0.005	389
1972-1976 zomer	4.62	4.50	1.021	0.028	0.228	0.002	348
1972 t/m 1975							
maandsommen	62.60	60.64	1.037	-0.323	2.034	0.009	45

de winterperiode, curve (b) in afb. 4, blijkt er gemiddeld geen verschil tussen beide regenmeters te zijn. In het zomerseizoen wordt er door de 2 dm² gemiddeld 1 % meer opgevangen. Een verklaring hiervan kan mogelijk worden gezocht in de spitsere inwendige kegelvorm van de 2 dm², waardoor uitspatten van de relatief grotere regendruppels van de zomerse buien niet of in geringere mate optreedt dan van de 4 dm² met een vrijwel platte kegelvorm van de opvangtrechter. Een windeffect op de metingen met de grondregenmeters kan uitgesloten worden geacht.

Uit tabel II en tabel III volgt dat de afname van het vangsttekort van de 2 dm² regenmeter (zie A 2/G 2) t.o.v. de 4 dm² (zie A 4/G 4) met gemiddeld 50 % op een aanzienlijk geringer windeffect van de nieuwe standaard regenmeter duidt.

Onderzoek naar lineair verband tussen de 2 dm² en 4 dm² regenmeter op standaardhoogte

Door Levert (1959) is eveneens een vergelijkend onderzoek tussen de 4 dm² en 2 dm² op standaardhoogte uitgevoerd. Het betrof in dit geval gegevens van 3 x daagse waarnemingen over de periode juni tot en met oktober 1958 op het KNMI station te De Bilt. Uit de berekening van het beste lineaire verband tussen beide waarnemingsreeksen van elk 120 gegevens met

$$y_i = \alpha x_i + \beta,$$

waarin y_i de hoeveelheid opgevangen neerslag met de 2 dm² en x_i die met de 4 dm² (A 4) weergeeft, volgde een waarde voor $\alpha = 1.016$. Deze waarde van α zou, [Levert 1959], een aanwijzing kunnen zijn dat de nieuwe standaard regenmeter meer opvangt dan de oude 4 dm², alhoewel het gegeven materiaal te weinig is om van een bewijs te spreken. Een lineaire regressie berekening van 278 dagsommen van het station Assink van de maanden juni tot en met oktober van 1972 tot 1976 leidt tot een waarde voor $\alpha = 1.019$ (tabel IV),

welke waarde goed met die van Levert overeenkomt. Het intercept β is klein en negatief, zodat er kleine hoeveelheden zijn die wel met de 4 dm² en niet met de 2 dm² worden gemeten. Bij de regressie analyse van al de beschikbare gegevens van de 4 dm² en 2 dm² regenmeters, waarvan in tabel IV een samenvatting is gegeven, is het intercept positief.

Uit de regressie parameters blijkt dat de dagsommen van de 4 dm² regenmeter in de zomerperiode, van april tot oktober, gemiddeld met 2.7 % en in de winter met 3.8 % verhoogd moeten worden om een regenhoeveelheid gelijk aan die met de nieuwe standaard vast te stellen.

Verband tussen vangsttekort en de windsnelheid

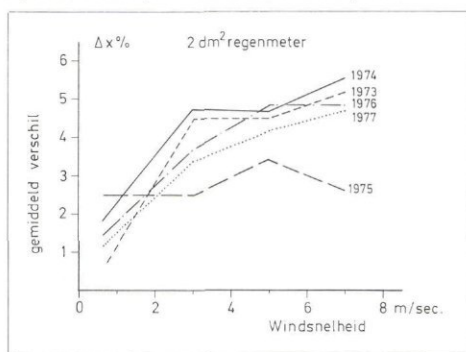
Het windeffect op de regenvangst van de 4 dm² en 2 dm² regenmeter opgesteld op 40 cm boven maaiveld is nader onderzocht. Hiertoe zijn de daggemiddelden van de windsnelheid op regenachtige dagen verdeeld in de klassen 0 - 2 m/sec., 2.1 - 4 m/sec., 4.1 - 6 m/sec. en 6.1 - 8 m/sec. en zijn de tot deze klassen behorende dagsommen van de 4 dm² en 2 dm² regenmeters verzameld van de periode 1972-1976. Voor elk van de windklassen karakteriseert het procentuele verschil Δx tussen de totale regenhoeveelheden gemeten in de standaard en grondregenmeter het gemiddelde vangsttekort van de standaardregenmeter. Als de gemeten hoeveelheden in grond- en standaardregenmeter worden voorgesteld door x_g respectievelijk x_s dan is het procentuele tekort:

$$\Delta x = \frac{x_g - x_s}{x_g} \times 100 \%$$

In afb. 5 is dit verschil van de 2 dm² regenmeter per windklasse weergegeven voor een aantal jaren.

In tabel V en afb. 6 zijn de over de gehele periode gemiddelde verschillen tussen de

Afb. 5 - Verband tussen het gemiddeld verschil van regenhoeveelheden, gemeten met de 2 dm² op 40 cm en de grondregenmeter, en de windsnelheid op 1.50 m hoogte voor verschillende jaren.

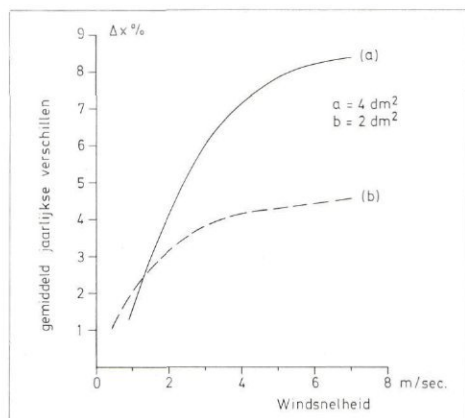


4 dm² op 40 cm hoogte en die op maaiveldsniveau, alsmede die van de 2 dm² weergegeven.

TABEL V - De gemiddelde procentuele verschillen tussen de 4 dm² op 40 cm en op maaiveldsniveau en de gemiddelde procentuele verschillen tussen de 2 dm² op 40 cm en op maaiveldsniveau voor de verschillende windklassen.

Wind-klasse	0 - 2	2.1 - 4	4.1 - 6	6.1 - 8	m/sec.
4 dm ²	2.1	6.6	8.6	8.9	%
2 dm ²	1.9	3.7	4.3	4.6	%

Beschouwt men de meting met de grondregenmeter als juist, dan laat afb. 6 zien dat de windfout van de 4 dm² regenmeter tot een gemiddelde windsnelheid van 4 à 5 m/sec. vrijwel lineair met de windsnelheid toeneemt. Bij hogere windsnelheden is de verdere toename minder dan lineair. Het verloop van de curven bij hogere windsnelheden is weliswaar door een geringer aantal gegevens minder betrouwbaar, doch

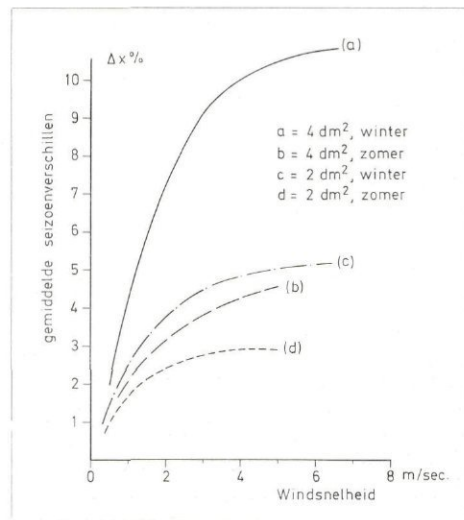


Afb. 6 - Verband tussen het gemiddeld verschil van regenhoeveelheden en de windsnelheid over de periode 1972 - 1976: curve (a) het verschil tussen de 4 dm² op 40 cm en die op maaiveldsniveau, curve (b) idem voor de 2 dm² regenmeter.

deze geringere toename van de fout werd ook door Larson en Peck (1974) en Bogdanova (1965) gevonden. Doordat uitgegaan is van dagneerslagen en daggemiddelden van de windsnelheid en niet van gelijktijdig gemeten grootheden, was al een aanzienlijke spreiding (afb. 5) te verwachten. Deze blijkt echter voor de 2 dm² regenmeter geringer te zijn dan voor de 4 dm².

De resultaten van bewerking van de reeksen naar winter- en zomerperiode zijn in afb. 7 weergegeven. Hieruit komt, met name in de winter, duidelijk de grotere gevoeligheid van de 4 dm² regenmeter voor windstoringen tot uitdrukking.

De tekorten aan vangst in boven het maaiveld opgestelde regenmeters worden echter niet alleen bepaald door de windsnelheid. In najaar en winter is weliswaar de wind-



Afb. 7 - Als afb. 6, opgesplitst in winter- en zomerperiode.

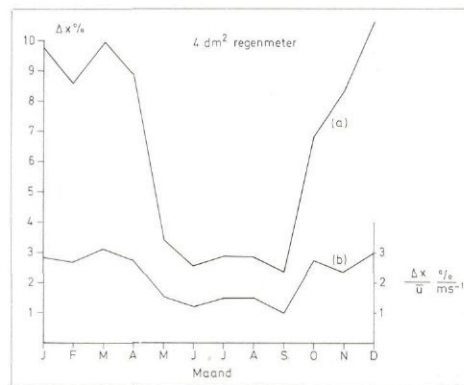
snelheid hoger dan in de zomer, maar ook zijn in deze jaargetijden de regendruppels kleiner dan in de zomer. De kleinere druppels zullen [Dekker 1979] ten gevolge van de windverstoring door de regenmeter gemakkelijker van hun baan afwijken dan de gemiddeld grotere druppels in de zomer, zodat de vangstverschillen per eenheid van windsnelheid zal variëren tussen winter- en zomerseizoen.

Het effect van de druppelgrootte is in afb. 8 weergegeven. Curve (a) geeft de maandelijkse tekorten aan van de 4 dm² regenmeter en curve (b) de verhouding van de tekorten en het maandgemiddelde van de windsnelheid op regenachtige dagen. Het verschil in druppelgrootte blijkt in de winter een fout op te leveren die ca. 2½ maal per meter per seconde windsnelheid groter is dan in de zomer. Voor de 2 dm² regenmeter is dit getal aanzienlijk kleiner.

Slotbeschouwing

Braak (1945) heeft deels op grond van zijn

Afb. 8 - Procentueel verschil tussen de 4 dm² op 40 cm en die op maaiveldsniveau voor de verschillende maanden (a), en het verschil per eenheid van gemiddelde windsnelheid (b).



studie aan de 4 dm² regenmeter op 1.50 m hoogte en deels op ervaring correcties voor het windeffect toegepast op de jaarsommen van de neerslag over 1891-1930. De correctie varieerde van 3 tot 10 %, afhankelijk van de ligging aan zee of in het binnenland en de mate van beschutting van het station. Lacy en Shellard (1962) hebben van Engeland een kaart samengesteld waarop een index is aangegeven waarmee jaarsommen kunnen worden gecorrigeerd op de windfout.

In de USSR is op uitgebreide schaal onderzoek gedaan naar het windeffect van de standaardregenmeter op 2 meter hoogte. Aan de hand van onderzoeken op 180 stations zijn correctiemethoden opgesteld waarmee jaar-, seizoen- en maandsommen worden gecorrigeerd [Struzer 1965, Golubev 1979].

De vraag dringt zich direct op, wat met de resultaten van Braak en van de onderhavige studie in praktijk kan worden aangevangen in de Nederlandse situatie. Met Deij (1968) kan worden vastgesteld dat betrouwbare correcties niet zijn aan te brengen omdat daarvoor de benodigde gegevens ontbreken. Onomstotelijk staat wel vast dat er in werkelijkheid meer regen valt dan er wordt gemeten. Gemiddeld wordt er door de windinvloed een fout van 5 à 10 % gevonden in metingen met standaardregometers. Afhankelijk van de beschutting en windsnelheid kan deze fout oplopen tot 80 %. De 4 dm² regenmeter heeft, althans in Hupsel, een fout van 7 % en de nieuwe standaard van 3.5 %.

Het besluit van het KNMI in de jaren zestig om de 4 dm² regenmeter te vervangen door de 2 dm² regenmeter, die minder onderhoud vergde en eenvoudiger te hanteren is, heeft waarschijnlijk dus, vermoedelijk onverwacht, ook geleid tot een aanzienlijke verbetering van de meetnauwkeurigheid van de regenmeter, althans voor wat betreft het effect van de wind op de meting.

De gebruiker van regencijfers zal ook met fouten van andere aard rekening moeten houden. De fout door de invloed van de wind is weliswaar de belangrijkste, doch Prak (1979) schatte de verliezen door de bevochtiging van de standaardregenmeter op ca. 3 %. Door het ontbreken van een absolute maat waarmee regenmetingen kunnen worden geïjkt, is het ongebreidelde vertrouwen dat vaak in regencijfers wordt gesteld niet terecht.

Bij het samenstellen van het manuscript werden waardevolle suggesties gekregen van prof. ir. D. A. Kraijenhoff van de Leur, drs. H. A. R. de Bruin, dr. ir. T. A. Buis-hand en ir. H. J. Colenbrander. Veel dank is verschuldigd aan J. W. Kole voor hulp

bij het vele rekenwerk en aan Rijkswaterstaat, Dienst voor de Waterhuishouding voor het verzamelen van de gegevens.

Literatuur

- Aldridge, R. *The measurement of rainfall at groundlevel*. Journal of Hydrology (NZ) 15(1), 1976.
- Bogdanova, E. G. *Relationship of readings of the Tretyakov precipitation gauge to windspeed*. Gos Gidrol. Inst. Trudy, 1965.
- Braak, C. *Invloed van de wind op regenwaarnemingen*. KNMI Mededelingen en Verhandelingen 48, 1945.
- Bruin, H. A. R. de. *The accuracy of measuring areal precipitation with a raingauge network*. Verslagen en mededelingen No. 23, CHO TNO, 1977.
- Colenbrander, H. J. en Stol, Ph. Th. *Neerslag en neerslagverdeling naar plaats en tijd*. Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied, Provincie Gelderland, 1970.
- Dekker, C. G. *Een onderzoek naar de grootte van de systematische windfout van de standaardregenmeter*. KNMI Verslagen V-317, 1979.
- Deij, L. J. L. *Enige opmerkingen over de neerslagmeting en de neerslagverdeling naar tijd en plaats in ons land*. Verslagen en mededelingen No. 14, CHO TNO, 1968.
- Golubev, V. S. *Correction of point precipitation measurements (USSR experience)*. WMO Techn. Note, 1979.
- Heberden, W. *Of the different quantities of rain which appear to fall at different heights over the same spot of ground*. Philos. Transl., 59, 1769.
- Jevons, W. S. *On the deficiency of rain in an elevated rain gage, as caused by wind*. Edinburgh Philos. Mag., 1861.
- Koschmeider, H. *Methods and results of definite rain measurements*. Monthly Weather Rev., January 1934.
- Kurtyka, J. C. *Precipitation measurement study*. Rept. of Investigation 20, State Water Survey Illinois, 1953.
- Lacy, R. E. and Shellard, H. C. *An index of driving rain*. Met. Mag. 91, 1962.
- Larson, L. W. *Precipitation and its measurement, a state of the art*. Water Resour. Ser. 24, Univ. of Wyo., Laramie, 1971.
- Larson, L. W. and Peck, E. L. *Accuracy of precipitation measurements for hydrologic modeling*. Water Resources Research 10(4), 1974.
- Levert, C. *Vergelijking der metingen uitgevoerd met de standaardregenmeter (400 cm²) en met een nieuw type (200 cm²)*. KNMI, Verslagen V-44, 1959.
- Neff, E. L. *How much rain does a rain gage*. Journal of Hydrology 35, 1977.
- Prak, H. *Die Bestimmung der Haftwasserverluste beim Niederländischen Regenschirm*. Praktikumbericht ETH-Zürich, 1979.
- Rodda, J. C. *The systematic error in rainfall measurement*. Journal Institution of Water Engineers, 1967.
- Rodda, J. C. *The precipitation measurement paradox - the instrument accuracy problem*. WMO No. 316, 1971.
- Sandsborg, J. *Precipitation measurements with various gauge installations*. Nordic Hydrology 3, 1972.
- Sevruck, B. *Correction for the wetting loss of a Hellmann precipitation gauge*. Hydr. Sciences Bulletin XIX, 4, 1974.
- Struzer, L. R. *Principal shortcomings of methods*

of measurement atmospheric precipitation and means of improving them. Glav. Geofiz. Obs. Trudy, 1965a.

Struzer, L. R. et al. *Systematic errors of measurement of atmospheric precipitation*. Meteorology and Hydrology 10, 1965b.

Weiss, L. L. and Wilson, W. T. *Precipitation gage shields*. Int. Ass. Sci. Hydrol. 43, 1958.

Zeeuw, J. W. de. *Over de werkelijkheidsbenadering van gemeten neerslagen*. Landbouwkundig Tijdschrift, 14, 1963.



Tweede rapport CUWVO-VI eutrofiëringsproblematiek oppervlaktewater

Onder auspiciën van Werkgroep VI van de Coördinatiecommissie voor Uitvoering van de WVO heeft het RIZA een tweetal enquêtes ingesteld onder waterkwaliteitsbeheerders in Nederland, gericht op de eutrofiëringsproblematiek van het oppervlaktewater.

De eerste enquête vond plaats in 1975, droeg een oriënterend karakter en betrof alle waterkwaliteitsbeheerders.

In 1976 zijn de resultaten gepubliceerd. Thans is verschenen de tweede enquête die in 1977 is ingesteld onder een tiental beheerders van eutrofiëringsgevoelige wateren. Het doel van dit onderzoek was gericht op het verkrijgen van een meer kwantitatief beeld van de relaties tussen diverse milieufactoren en de algengroei en hiermee samenhangende verschijnselen. De resultaten die in het rapport worden gepresenteerd kunnen met name een bijdrage leveren aan het verkrijgen van inzicht in het verband tussen nutriëntengehalten en algenbiomassa en kunnen bijvoorbeeld worden gehanteerd voor een eerste beoordeling van de mogelijke effecten van een gereduceerd fosfaatgehalte.

