

BŁĘDY SYSTEMATYCZNE POMIARU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH CIEKŁYCH
I ICH REDUKCJA Z POZIOMU STANDARDOWEGO DO POZIOMU GRUNTU

Jerzy Jakubiak

Instytut Melioracji i Gospodarki Wodnej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Akademia Rolnicza w Warszawie

WSTĘP

Określenie całkowitego przychodu wody z atmosfery do powierzchni gleby jest, jak dotychczas, zagadnieniem tylko częściowo rozwiązany. Stosowana w praktyce metoda oceny wielkości opadów atmosferycznych obarczona jest znacznymi błędami, a ilości wody z osadów nie określa się w ogóle, zakładając, iż wartość ta jest mało istotna. Dlatego też mierzona standardowo suma opadów atmosferycznych może być uważana jedynie za wskaźnik wartości rzeczywistych.

Rzeczywista wielkość opadu jest różnie pojmowana, a zatem dyskusyjna. W niniejszej pracy za opad rzeczywisty przyjmuje się wielkość zmierzona według obowiązującego w Polsce standardu przy jednoczesnym uwzględnieniu błędów systematycznych towarzyszących temu pomiarowi. Określenie wielkości opadu jest dość trudne z tego powodu, że w danym punkcie terenu pomiar jego ilości zależy od:

- rodzaju deszczomierza i sposobu jego ustawienia,
- wysokości umieszczenia deszczomierza nad powierzchnią gleby,
- warunków meteorologicznych (głównie prędkość wiatru).

Jeżeli więc poprawia się standardowo mierzone w Polsce wielkości ciekłych opadów atmosferycznych, aby otrzymać opad rzeczywisty, to należy brać pod uwagę następujące poprawki (zwane błędami systematycznymi):

- 1) błąd powodowany stratą opadów wskutek zakłócenia pola wiatru wokół deszczomierza,
- 2) błąd powodowany stratą opadów na zwilżanie (zwilżanie odbiornika oraz zbiorniczka deszczomierza),

3) błąd powodowany stratą opadów w wyniku ich parowania ze zbiorniczka deszczomierza.

Praca niniejsza ma na celu precyzyjne określenie wielkości wymienionych rodzajów błędów i wykorzystanie ich wartości do dokładniejszego ustalenia standardowo mierzonej sumy opadów.

Badania prowadzono w ciepłej porze roku w latach 1974-1976 i 1978-1979 na terenie Stacji Agrometeorologicznej w Wolicy, należącej do obecnego Instytutu Melioracji i Gospodarki Wodnej SGGW-AR w Warszawie. Ze względu na to, że badania dotyczą błędów metody pomiarowej, wielkości poszczególnych poprawek wyznaczono metodą wagową (a nie objętościową), co ma, naszym zdaniem, istotny wpływ na dokładność uzyskiwanych wyników.

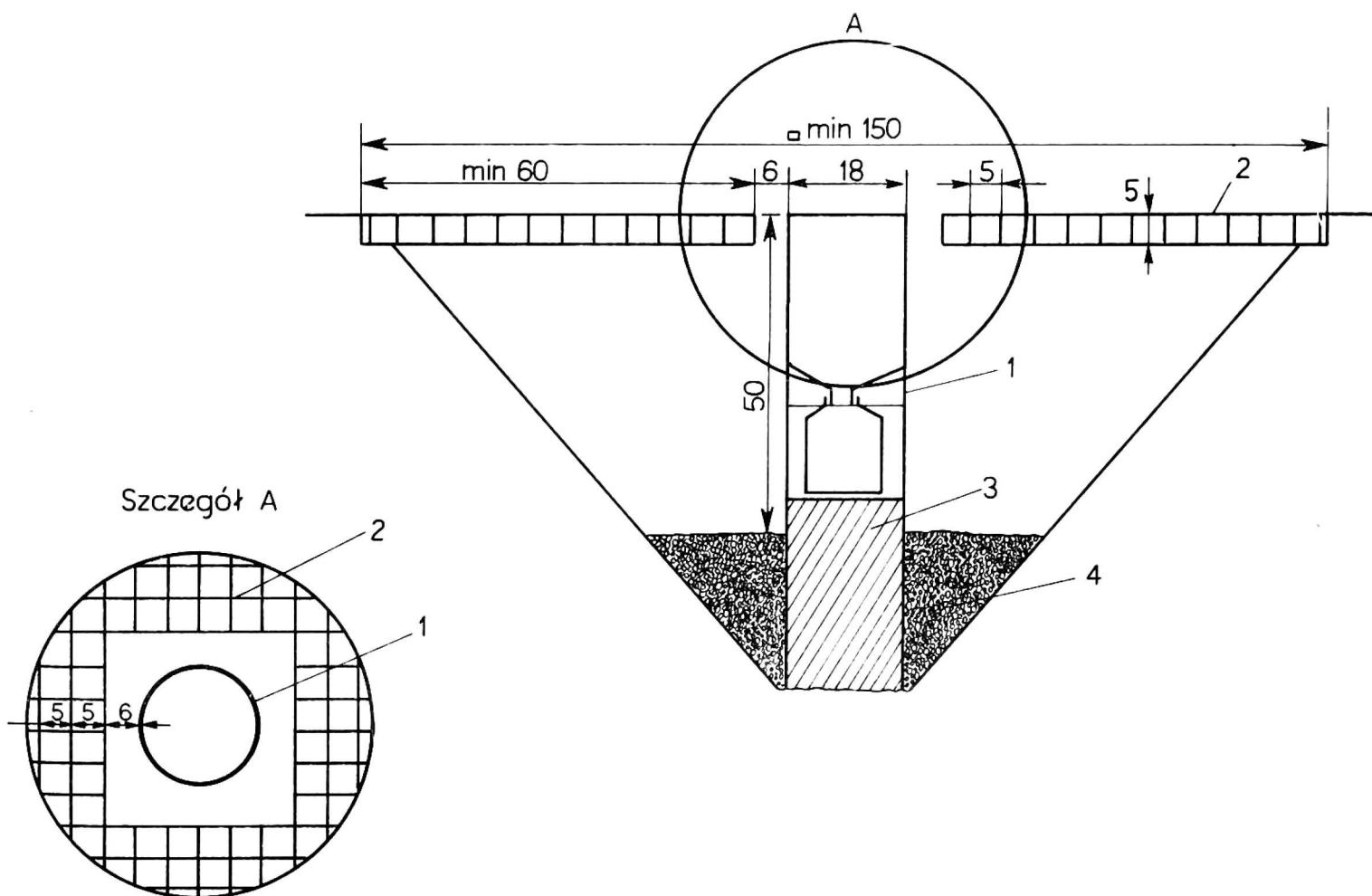
OKREŚLENIE WIELKOŚCI POSZCZEGÓLNYCH BŁĘDÓW

Błąd powodowany wiatrem

Opadające krople deszczu odchylają swój pionowy kierunek ruchu w zależności od prędkości wiatru i szybkości opadania. Drobne i bardzo drobne krople mogą zatem być przenoszone niemalże poziomo i wówczas znaczna ich część nie wpadnie do odbiornika deszczomierza. Ponadto nad deszczomierzem strumienie powietrza ulegają dodatkowemu zakłóceniu, co powoduje przenoszenie części kropeł deszczu ponad wlotem deszczomierza. Z tych przyczyn błąd wywołany wiatrem ma podstawowe znaczenie.

Metoda określania wielkości tego błędu polega na obliczaniu różnicy między wartościami mierzonymi na poziomie gleby a wartościami opadów mierzonymi na poziomie standardowym. Otrzymaną różnicę można następnie przedstawić w zależności od prędkości wiatru i mierzonej sumy opadów, ponieważ przy prędkości wiatru równej zeru powinno się uzyskać jednakowe ilości wody. W tym celu do deszczomierza zainstalowanego w gruncie nie mogą się dostawać krople wody z rozprysku i spływu powierzchniowego. Poza tym wokół deszczomierza należy zachować takie warunki pomiarowe, jakie występują w ogródku meteorologicznym. Sposób instalowania deszczomierza w gruncie jest w Polsce doskonale znany (rys. 1), zatem nie wymaga szerszego omówienia. Przy określaniu błędu powodowanego wiatrem rejestrowano jednocześnie jego prędkość na poziomie standardowym wiatromierzem Wilda; ma to istotne znaczenie praktyczne przy wy-

korzystaniu otrzymanych wyników do poprawiania sumy opadów w okresach dłuższych od jednej doby. Do analizy przyjęto średnie dobowe prędkości wiatru dla poszczególnych dni z opadem. Stanowi to znaczne uproszczenie, ponieważ prędkość wiatru podczas występowania opadów nie odpowiada w rzeczywistości średniej prędkości dobowej. Następnie przyjmowano jednakowe wartości strat na zwilżanie i parowanie dla obydwu porównywanych deszczomierzy. Naszym zadaniem, założenie to nie jest obarczone błędem mogącym mieć istotny wpływ na otrzymywane wyniki.



Rys. 1. Sposób instalowania deszczomierza w gruncie wg instrukcji WMO : 1 - deszczomierz, 2 - krata, 3 - podstawa, 4 - obsypka

Tak uzyskany materiał podstawowy analizowano dla następujących przedziałów średnich dobowych prędkości wiatru: 0-2, 2,1-4 oraz 4,1-7 i więcej m/s.

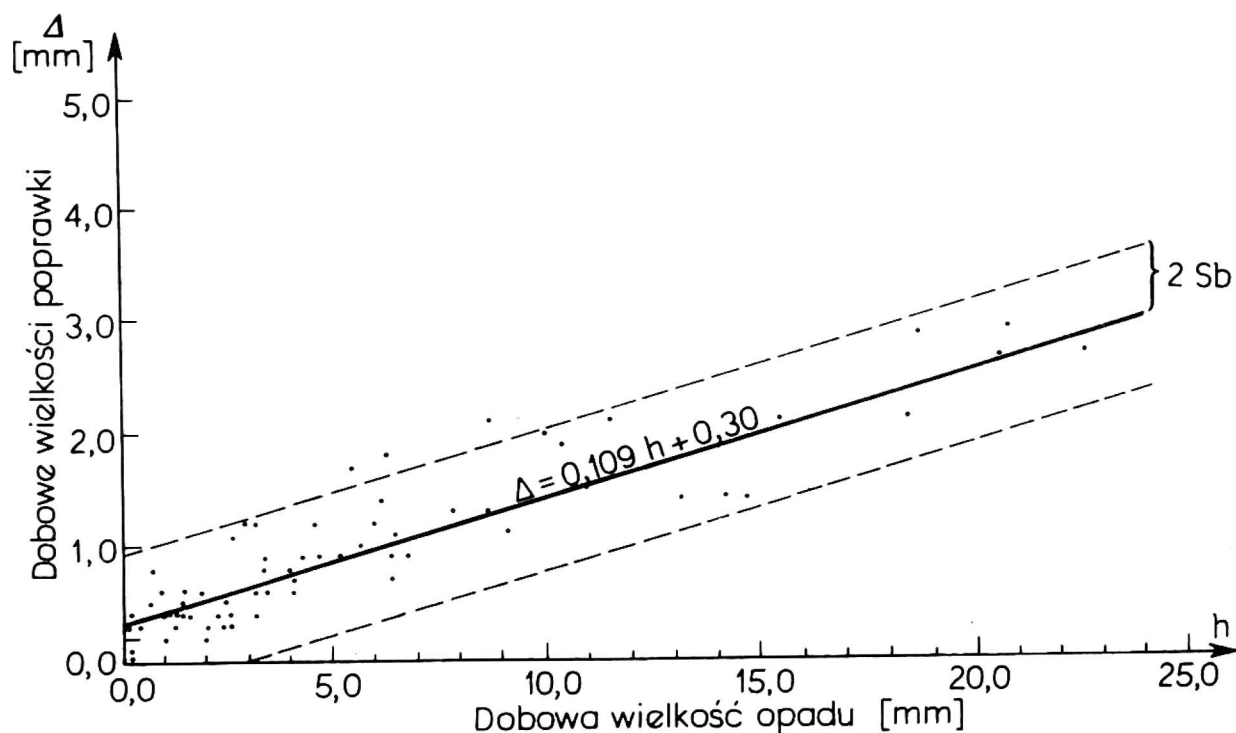
Dla podanych progów anemometrycznych, opierając się na metodzie korelacji i regresji, określono równania regresji i współczynniki korelacji oraz ich istotność między ilością opadów a wielkością poprawki, którą należy dodać do mierzonej standardowo sumy opadów. Otrzymane następująco zależności (tab. 1).

T a b e l a 1

Parametry analizy wariancji przy różnej prędkości wiatru

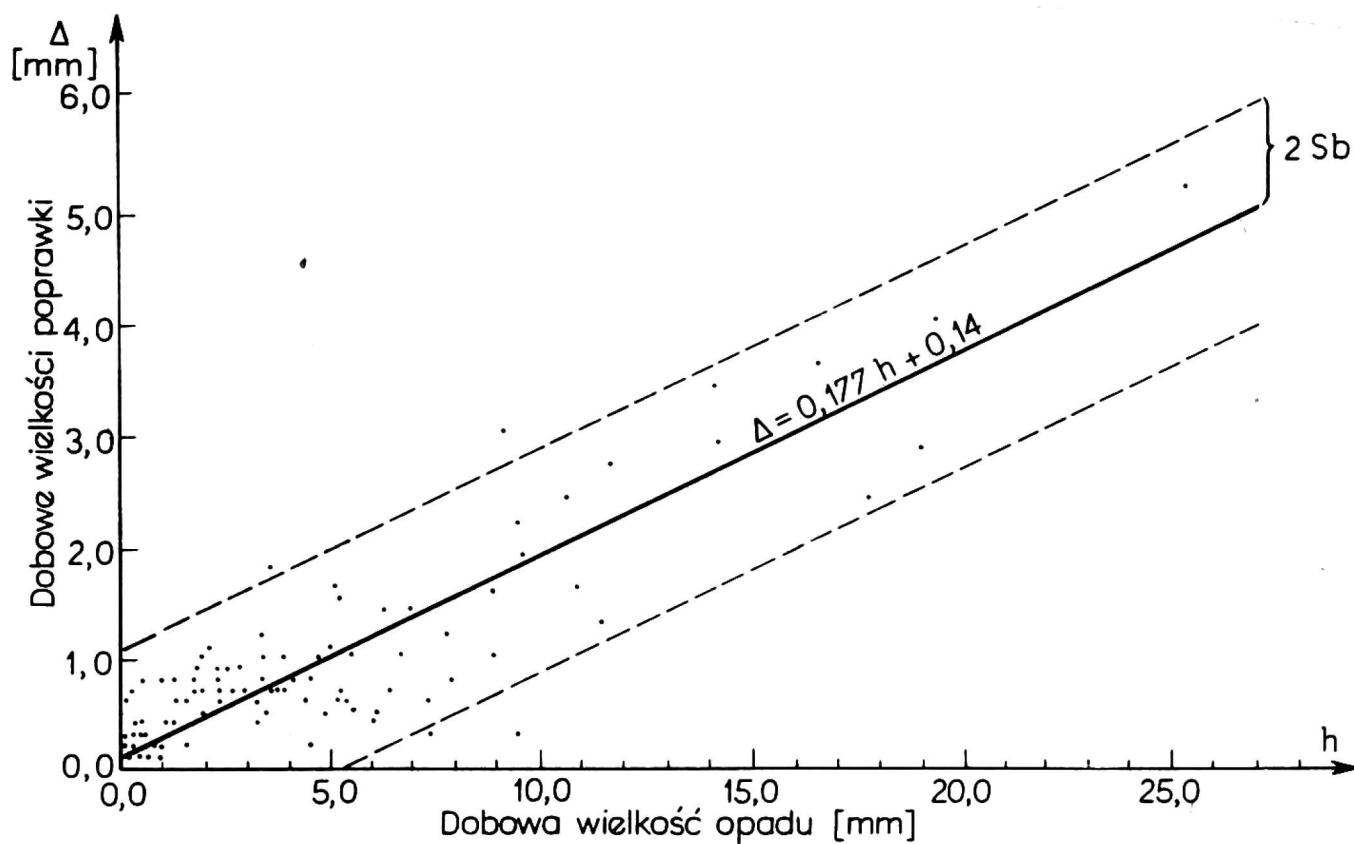
Prędkość wiatru [m/s]	n	Równanie regresji	Współ- czynnik korelacji	Poziom istot- ności [%]
0-2	83	$\Delta = 0,109h + 0,30$	0,90	0,1
2,1-4	107	$\Delta = 0,177h + 0,14$	0,89	0,1
4,1-7	89	$\Delta = 0,071h + 0,42$	0,50	0,1
i więcej				

Objaśnienia: n - liczba przypadków, Δ - dobowa wielkość błędu powodowanego wiatrem [mm], h - dobowo wielkość opadu mierzona na wysokości standardowej [mm].

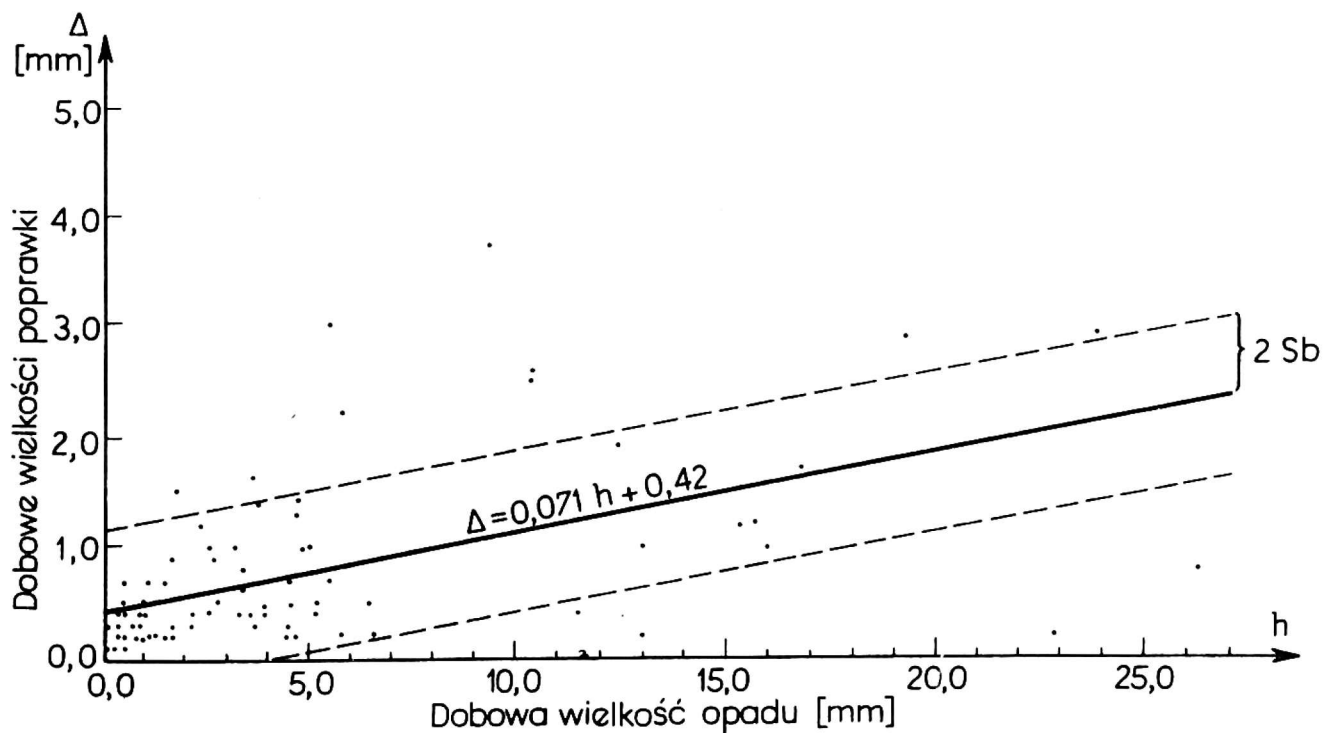


Rys. 2. Związek między wielkością błędu powodowanego wiatrem a wielkością opadów mierzonych przy prędkości wiatru 0-2 m/s, S_b - resztowe odchylenie standardowe

Obraz graficzny związków między wielkością błędu wywołanego wiatrem a ilością mierzonych opadów przedstawiono na rysunkach 2-4.



Rys. 3. Związek między wielkością błędu powodowanego wiatrem a wielkością opadów mierzonych przy prędkości wiatru $> 2-4$ m/s



Rys. 4. Związek między wielkością błędu powodowanego wiatrem a wielkością mierzonych przy prędkości wiatru $> 4-7$ m/s

Błąd wynikający ze straty opadów na zwilżanie zbiorniczka
deszczomierza

Błąd ten powstaje przy przelewaniu zgromadzonej w zbiorniczku deszczomierza wody opadowej do menzurki pomiarowej. Pozostające na wewnętrznych ścianach zbiorniczka ilości wody zależą od wielkości zwilżanej powierzchni, stanu technicznego zbiorniczka i jego czystości. Najdokładniej wartość tego błędu można określić, gdy zważy się suchy zbiorniczek i w odpowiednim stopniu zwilżony po przelaniu do menzurki zgromadzonej w nim wody. Z różnicy ciężarów można określić wielkość tego błędu w milimetrach wysokości opadu. Badaniami objęto trzy różne zbiorniczki deszczomierza i otrzymano następujące wyniki (tab. 2).

T a b e l a 2

Wielkość błędu spowodowana zwilżaniem
różnych zbiorniczków deszczomierza

Zbior- niczek nr	Liczba przy- padków	Wielkość błędu [mm]	Odchylenie standardowe
1	399	0,14	0,032
2	399	0,13	0,035
3	400	0,11	0,32

Ogółem dla 1138 badanych przypadków otrzymano średnią wartość błędu na zwilżanie równą 0,13 mm, niezależnie od ilości zebranych opadów. W praktyce należy zatem przyjąć, że błąd ten wynosi 0,10 mm. Wartość tę trzeba dodawać do mierzonej dobowej sumy opadów. Jednak należy się zastanowić, czy można przyjmować jednakową wielkość tego błędu (0,10 mm) bez względu na mierzoną wielkość opadu. Badania laboratoryjne przeprowadzone w tym celu dla niewielkiej próby (53 przypadki) potwierdzają przypuszczenie, iż można przyjmować jednakową wielkość tego błędu niezależnie od mierzonej wielkości opadu (tab. 3).

Biorąc pod uwagę, że średni dobowy opad w Polsce (z wyjątkiem gór i pogórza) wynosi 5,5 mm, wielkość błędu na zwilżanie zbiorniczka deszczomierza Hellmanna dla tej wartości wynosi 0,13 (tab. 3), a więc wyniki te są do siebie zbliżone.

T a b e l a 3

Średnie wielkości błędów [mm] na zwilżanie zbiorniczka deszczomierzy w przypadku różnych wielkości opadu (wg badań laboratoryjnych)

Zbiorniczek nr	Liczba przypadków	Różne wielkości opadu [mm]					
		1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0
1	21	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21
2	22	0,12	0,14	0,16	0,18	0,18	0,18
3	10	0,08	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14
Średnie		0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18

Błąd wynikający ze zwilżania odbiornika deszczomierza

Błąd ten wynika z pozostawienia części wody opadowej na ścianach wewnętrznych odbiornika deszczomierza i jej wyparowaniu. Wielkość błędu zależy od ilości zwilżeń oraz od stanu technicznego deszczomierza i stopnia czystości powierzchni wewnętrznej odbiornika. Metoda badania wielkości tego błędu jest taka sama, jak przy określaniu strat na zwilżanie zbiorniczka. Dla badanych trzech różnych odbiorników deszczomierzy Hellmanna uzyskano następujące wyniki (tab. 4).

T a b e l a 4

Wielkość błędu powodowana zwilżaniem odbiornika deszczomierza

Odbior- nik nr	Liczba przy- padków	Błąd średni [mm]	Odchylenie standardowe
1	399	0,57	0,350
2	399	0,48	0,282
3	229	0,74	0,262

Średnio dla 1027 badanych przypadków uzyskano wielkość strat na zwilżanie odbiornika równą 0,59 mm, co w praktyce oznacza 0,6 mm. Wartość tę należy dodać do zmierzonej dobowej sumy opadów.

Błąd wynikający ze strat opadów na parowanie ze zbiorniczka
deszczomierza

Konstrukcja deszczomierza Hellmanna zapobiega w zasadzie wyparowaniu wody opadowej zgromadzonej w zbiorniczku tego deszczomierza. Badania prowadzono w okresie pogody bezdeszczowej. Do zbiorniczka deszczomierza wlewano orientacyjnie zadaną objętość wody i ważono zbiorniczek z wodą. Po upływie okresu pomiaru (co 6 godzin) ważono ponownie zbiorniczek z wodą. W ten sposób określano wyparowaną ilość wody po 6 i więcej godzinach (np. po 12, 24 godzinach). Otrzymane wyniki z 844 badanych przypadków potwierdzają powyższe stwierdzenia. Okazało się, iż dla czterech badanych deszczomierzy strata na parowanie wynosi średnio 0,1 mm. Wartość tę należy dodać do mierzonej sumy opadów.

WYZNACZENIE POPRAWKI SUMARYCZNEJ

W celu określenia poprawionej wielkości opadu na poziomie gruntu, zwanego w niniejszej pracy opadem rzeczywistym, wyznaczone uprzednio zależności i poprawki w swej ostatecznej formie mają postać następującą:

- dla średnich dobowych prędkości wiatru 0-2 m/s

$$h_p = 1,109h + 1,10$$

- dla średnich dobowych prędkości wiatru 2,1-4 m/s

$$h_p = 1,177h + 0,94$$

- dla średnich dobowych prędkości wiatru 4,1-7 m/s i więcej

$$h_p = 1,071h + 1,22$$

gdzie: h_p - dobowe wartości opadu rzeczywistego [mm],

h - dobowe wartości opadu zmierzone na poziomie standardowym [mm].

Ежи Якубяк

СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ В ИЗМЕРЕНИЯХ ЖИДКИХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ИХ СВЕДЕНИЕ СО СТАНДАРТНОГО УРОВНЯ К УРОВНЮ ГРУНТА

Р е з ю м е

В труде рассматриваются результаты полевых и лабораторных исследований касающихся систематических погрешностей сопутствующих измерениям атмосферных осадков в Польше. Исследования проводились в теплые времена 1974–1976 гг. и 1978–1979 гг. Полученные данные позволили определить величину исследуемых погрешностей, что делает возможным исправление измеряемых в соответствии со стандартом сумм жидких атмосферных осадков. Испытывали три разных дождемера Гелльманна, причем определяли следующие погрешности: 1) вызываемые ветром, 2) вызываемые увлажнением, 3) вызываемые испарением.

Погрешность вызываемую ветром анализировали для следующих промежутков среднесуточных скоростей ветра: 0–2 метра, 2,1–4 метра, 4,1–7 метров и больше в секунду. По методу корреляции и регрессии определяли уравнения регрессии и корреляции, а также их существенность. Для тех же дождемеров исчисляли среднюю величину корректур на увлажнение и испарение, которые составляли: 0,1 мм на увлажнение бачка, 0,6 мм на увлажнение собирающего сосуда и 0,1 мм на испарение.

При учете всех видов исследуемых погрешностей были получены следующие зависимости:

для $0 \leq \bar{w} < 2$ м/сек

$$h_p = 1,109h + 1,10$$

для $2 \leq \bar{w} < 4$ м/сек

$$h_p = 1,177h + 0,94$$

для $\bar{w} \geq 4$ м/сек

$$h_p = 1,071h + 1,22$$

где: \bar{w} – среднесуточная скорость ветра по анемометру Вильда, [м/сек] h_p – суточная величина действительных осадков [мм], h – суточная величина осадков измеряемая в соответствии со стандартом [мм].

Jerzy Jakubiak

SYSTEMATIC ERRORS IN MEASUREMENTS OF LIQUID ATMOSPHERIC
PRECIPITATIONS AND THEIR REDUCTION FROM THE STANDARD TO
THE GROUND LEVEL

S u m m a r y

Results of field and laboratory investigations concerning systematic errors accompanying the atmospheric precipitation measurements in Poland are analyzed in the paper. The investigations were carried out in the warm season of the periods 1974-1976 and 1978-1979. The data obtained allowed to determine values of the errors investigated, what will render possible to correct the sums of liquid atmospheric precipitations measured in accordance with the standard. Three different Hellmann's raingauges were tested to determine the errors, caused: 1) by wind, 2) by wetting, 3) by evaporation.

The error caused by wind was analyzed for the following intervals of mean daily wind velocities: 0-2 m, 2.1-4 m, 4.1-7 m or more per second. Regression equations, correlation coefficients and their significance were determined by the correlation and regression methods. For the same raingauges mean values of correction for wetting and evaporation were calculated. They amounted: to 0.1 mm for wetting the container, to 0.6 mm for wetting the receiver and to 0.1 mm for evaporation.

While taking into consideration all kinds of the errors investigated the following relationships have been obtained:

$$\begin{array}{ll} \text{for } 0 \leq \bar{w} \leq 2 \text{ m/sec} & h_p = 1.109h + 1.10 \\ \text{for } 2 < \bar{w} \leq 4 \text{ m/sec} & h_p = 1.177h + 0.94 \\ \text{for } \bar{w} > 4 \text{ m/sec} & h_p = 1.071h + 1.22 \end{array}$$

where: \bar{w} - mean daily wind velocity according to the Wild's anemometre [m/sec], h_p - daily value of actual precipitations [mm], h - daily value of precipitations measured in accordance with the standard [mm].