

KOREKCJA WYSOKOŚCI OPADÓW NA POTRZEBY SZACOWANIA ŁADUNKÓW ZANIECZYSZCZEŃ WNOSZONYCH DO PODŁOŻA Z OPADEM ATMOSFERYCZNYM

Anna Degórska, Tomasz Śnieżek

Degórska A., Śnieżek T., 2006: Korekcja wysokości opadów na potrzeby szacowania ładunków zanieczyszczeń wnoszonych do podłoża z opadem atmosferycznym (*Precipitation amount correction for the purpose of atmospheric pollutants loads calculation*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego* nr 7, s. 23-31, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce

Zarys treści: W artykule przedstawiono wyniki pomiarów sum opadów na różnych wysokościach nad poziomem ziemi, które służą opracowaniu współczynników korekcji ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych do podłoża z opadami.

Słowa kluczowe: ozon, monitoring, położenie geograficzne, cykl dobowy, porównanie, grupowanie.

Anna Degórska, Tomasz Śnieżek, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, e-mail: bn@ios.edu.pl

1. Wstęp

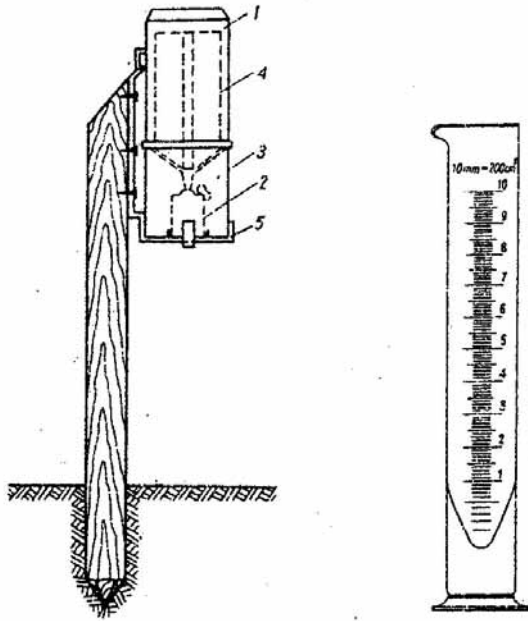
W ramach badań przepływu zanieczyszczeń w ekosystemie prowadzone są pomiary ilości opadów i stężeń składników zawartych w tych opadach. Wyniki tych pomiarów służą do oceny wielkości ładunków substancji zanieczyszczających, jakie dopływają z opadem mokrym bądź całkowitym do powierzchni ziemi. Przyjmuje się, że jest to ładunek docierający do powierzchni ziemi.

Pomiar wysokości warstwy wody spadającej na powierzchnię ziemi (wysokości opadu) wykonywany jest za pomocą standardowego deszczomierza Hellmanna (ryc. 1). Przyrząd ten ma powierzchnię odbiorczą 200 cm² umieszczoną na wysokości 1m nad poziomem ziemi (n.p.z.). Wielkość zebranej próbki wody opadowej podawana jest w milimetrach słupa wody dostającej się na powierzchnię ziemi. Jeden

milimetr słupa wody odpowiada objętości 1 dm³ wody dostarczonej na powierzchnię 1 m² gruntu.

Próbki opadów atmosferycznych do oznaczania zanieczyszczeń zbierane są do kolektorów: całkowitego albo mokrego opadu (ryc. 2 i 3), których powierzchnie odbiorcze umieszczone są, zgodnie z wymogami sieci bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, na wysokości 1,5 m nad poziomem ziemi (Kostrzewski i in., 1995).

Do określania wielkości ładunku substancji zanieczyszczających wykorzystywane są wyniki analiz opadów pobieranych tymi kolektorami i wysokość opadów mierzona przy użyciu standardowego deszczomierza Hellmanna, którego powierzchnia odbiorcza umieszczona jest na wysokości 1 m nad poziomem ziemi. Uzyskane wyniki traktuje się, jak ładunki wnoszone z opadami do podłoża (czyli na wysokości 0 m n.p.z.).



Ryc. 1. Deszczomierz Hellmanna.
Fig. 1. Hellmann's rain gauge.



Ryc. 2. Kolektor opadu całkowitego.
Fig. 2. Bulk collector.



Ryc. 3. Kolektor opadu mokrego.
Fig. 3. Wet-only collector.

Ładunek i -tej substancji zanieczyszczającej jest opisywany wzorem (1):

$$L_{i0m} = C_{i1,5m} \cdot h_{1m} \quad (1)$$

gdzie:

L_{i0m} – ładunek i -tej substancji wniesiony z opadami do powierzchni ziemi (0m n.p.z.),

$C_{i1,5m}$ – stężenie i -tej substancji zanieczyszczającej oznaczone w próbce pobranej na wysokości 1,5 m n.p.z.,

h_{1m} – wysokość opadu zmierzona deszczomierzem Hellmanna na wysokości 1 m n.p.z.

Na wyniki pomiarów wysokości opadu mają wpływ (Rózdżyński, 1995):

- charakterystyka przyrządu (wymiary geometryczne, materiały, wiek i in.);
- wysokość ustawienia deszczomierza nad powierzchnią ziemi;
- warunki meteorologiczne w miejscu pomiaru (promieniowanie słoneczne, temperatura powietrza, wilgotność, wiatr);
- czas (częstość występowania opadów, czas trwania opadów, suma opadów);
- procesy fizyczne (znoszenie kropeł deszczu przez wiatr, rozpryskiwanie kropeł, struktura opadu, parowanie wody ze zbiornika i in.).

W artykule przedstawiono wyniki pierwszego etapu badań zmienności opadu na trzech wysokościach nad poziomem ziemi: 0 m, 1 m i 1,5 m oraz wskazania korekcji ładunku zanieczyszczeń docierającego do powierzchni ziemi w stosunku do ładunku obliczanego na podstawie pomiarów wysokości opadu wykonywanych standardowym deszczomierzem Hellmanna, którego powierzchnia odbiorcza umieszczona jest na wysokości 1,0 m n.p.z. i stężenie substancji w opadzie pobieranym za pomocą kolektora opadu mokrego, którego powierzchnia odbiorcza umieszczona jest na wysokości 1,5 m n.p.z.. Współczynnik kompensujący charakterystyczny jest dla miejsca lokalizacji przyrządu.

2. Metoda badań

Eksperyment badawczy prowadzono na terenie ogródka meteorologicznego Stacji Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka Instytutu Ochrony Środowiska w Diablej Górze od 15 lipca 2005. Do dalszych analiz wykorzystano wyniki pomiarów zebrane do dnia 14 lipca 2006 roku.

Poza standardowym deszczomierzem Hellmanna, którego powierzchnia odbiorcza usytuowana jest na wysokości 1 m n.p.z. (ryc. 4, po prawej stronie) zainstalowano drugi, mający powierzchnię odbiorczą na wysokości 1,5 m n.p.z. (ryc. 4, po lewej stronie) czyli na wysokości powierzchni odbiorczych kolektorów przeznaczonych do pobierania próbek opadu do oznaczania substancji zanieczyszczających. Na trzecim stanowisku umieszczono deszczomierz, którego powierzchnia odbiorcza usytuowana jest na poziomie ziemi (ryc. 5). Deszczomierz ten, zwany jamowym,

zainstalowany jest na słupku w odpowiednio głęboko wykopanej jamie. Jama przykryta jest kratą stalową, by ograniczyć zawirowania wiatru w jej obrębie, a także by ułatwić obserwatorowi obsługę przyrządu.



Ryc.4. Deszczomierze Hellmanna. Po lewej stronie zdjęcia 1,5m n.p.z.; po prawej stronie 1m n.p.z..

Fig. 4. Rain gauges: left 1,5 m a.g.l., right 1 m a.g.l.

W czasie trwania eksperymentu dokonywane są pomiary dobowej wysokości opadów, równoległe na trzech poziomach : 1,5 m, 1 m i 0 m n.p.z.



Ryc.5. Deszczomierz Hellmanna jamowy.

Fig.5. Rain gauge at ground level (0 m a.g.l.).

3. Wyniki eksperymentu

Ponieważ okres badań obejmował czas od połowy 2005 r. do połowy 2006 r. więc nie można go porównywać z danymi opadowymi, dotyczącymi przyjmimo-

wanego za bazowy w meteorologii, okresu roku kalendarzowego (1 stycznia – 31 grudnia). Okres objęty sprawozdaniem charakteryzował się mniejszą niż przeciętna w wieloleciu liczbą dni z opadami i przeciętną sumą opadów. W okresie tym miał miejsce opad o rekordowej w historii pomiarów na Stacji dobowej wysokości, wynoszącej 86,4 mm (na 1 m n.p.z.). Został on jednak pominięty, podobnie jak 17 przypadków wysokości opadu zmierzonych w grudniu 2005, styczniu, lutym i marcu 2006 (śnieg). Stwierdzono, że wyniki uzyskane na poziomie ziemi w okresie zimowym są efektem wtórnego nawiania do deszczomierza śniegu, który spadł wcześniej i tworzył pokrywę śnieżną na terenie ogródka meteorologicznego.

Tab. 1. Liczba dni z opadami i miesięczne sumy opadów w okresie 15.VII.2005 - 14.VII.2006.

Tab. 1. Number of days with precipitation and monthly precipitation amounts for the period 15.VII.2005 - 14.VII.2006.

Miesiąc	Liczba dni z opadem	Wysokość opadu na 1 m n.p.z.	Wysokość opadu na 1,5m n.p.z.	Wysokość opadu na 0 m n.p.z.
		[mm]	[mm]	[mm]
VII*	15	90.4	90.2	93.2
VIII	8	36.5	35.5	37.5
IX	8	30.9	30.9	32.2
X	10	30.8	30.6	32.7
XI	18	31.7	31.7	35.1
XII	19	55.7	54.4	67.8
I	5	11.2	98	14.2
II	7	12.5	12.1	18.1
III	7	9.2	83	12.1
IV	11	20.8	20.3	21.5
V	16	56.1	56.1	60.4
VI	9	40.7	40.7	42.3
VII.2005-VI.2006	133	4265	420.6	467.1

*) II połowa lipca 2005 i I połowa lipca 2006

Najwięcej opadów wystąpiło w grudniu (19 dni), a najmniej w styczniu (5 dni). W tabeli 1 przedstawiono liczby dni z opadami w poszczególnych miesiącach oraz miesięczne sumy opadów na poszczególnych wysokościach nad poziomem ziemi (po wykluczeniu wspomnianych wyżej przypadków).

Przyjęto trzy klasy dla rodzaju opadu dobowego:

D – deszcz o różnych przedziałach wysokości (90 przypadków);

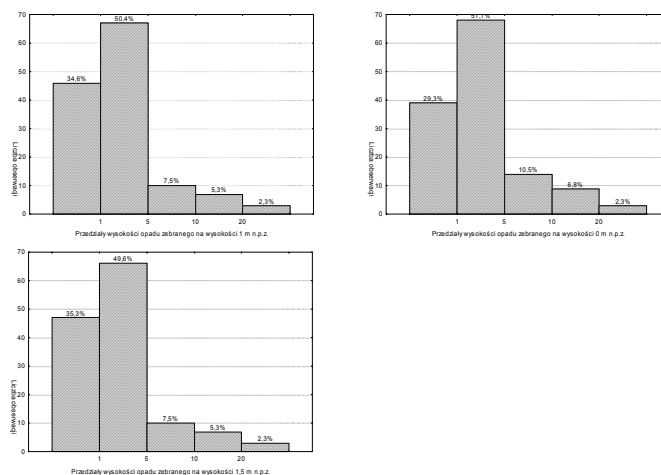
SzD – śnieg z deszczem (15 przypadków);

S – śnieg (28 przypadków).

Pomiędzy wysokościami opadów zmierzonymi deszczomierzami umieszczonymi na różnych wysoko-

ściach nad poziomem ziemi – szczególnie w przypadkach opadów o znikomej sumie dobowej – wystąpiły pewne różnice (ryc. 6). Są one małe w przypadku deszczomierzy umieszczonych na wysokości 1 m i 1,5 m n.p.z. i dotyczą przedziałów 0–1 mm i 1–5 mm. Natomiast wyraźne są różnice pomiędzy tymi dwoma deszczomierzami a deszczomierzem z powierzchnią odbiorczą na poziomie ziemi.

Najwięcej opadów miało dobowe sumy w przedziale 1–5 mm (na 1 m n.p.z. – 50,4% a na 1,5 m 49,6%). Najbardziej znaczące różnice liczby przypadków wystąpienia opadu miały miejsce dla małych opadów, o dobowych sumach poniżej 1 mm. Przypadki te stanowiły 29,3% wyników uzyskanych deszczomierzem na poziomie 0 m a 34,6% i 35,3% wyników uzyskanych odpowiednio deszczomierzem na 1 m n.p.z. i 1,5 m n.p.z..



Ryc. 6. Udział procentowy wysokości opadów w poszczególnych przedziałach dla różnych stanowisk pomiarowych.

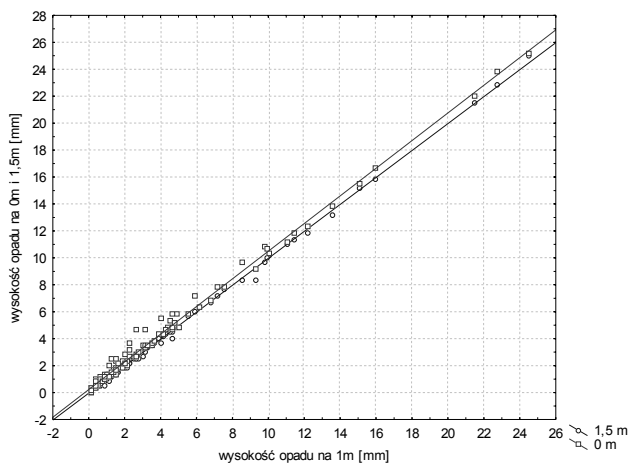
Fig. 6. Histogram for precipitation amounts at different sites.

Wynikło to z faktu, że na powierzchni ziemi mierzone na ogół większe wysokości opadu niż na pozostałych stanowiskach i wyniki trafiały do następnego przedziału wysokości opadu. Spotykane tu były także przypadki, gdy w jednym deszczomierzu zebrano próbkę opadu i zmierzono jej wielkość, a w drugim opadu nie było. Dotyczyło to szczególnie opadów o wysokości 0,1 – 0,2 mm.

Wyniki pomiarów wysokości opadów pochodzące ze stanowisk na 1 m i 1,5 m n.p.z. są do siebie bardzo zbliżone. Wyniki pochodzące ze stanowiska na poziomie 0 m n.p.z., szczególnie dla małych wysokości opadu, bardziej od nich odbiegają (ryc. 7).

W celu skwantyfikowania różnic pomiędzy wynikami pochodzącymi ze stanowisk na różnych wysoko-

ściach nad poziomem ziemi posłużono się „względna różnicą wysokości” pomiędzy ilością opadu zmierzoną na 1,5 m n.p.z. i 0 m n.p.z. a ilością opadu zmierzoną na 1 m n.p.z.. Stanowisko z deszczomierzem mającym powierzchnię odbiorczą na wysokości 1 m n.p.z. zostało uznane za stanowisko odniesienia, gdyż jest to wysokość standardowa przyjęta przez WMO i IMiGW. Tak obliczone względne różnice wysokości (WR) przyjęto jako pierwsze przybliżenie współczynnika korekcyjnego K, który powinien być stosowany przy wyznaczaniu wielkości ładunku zanieczyszczeń wniesionych do podłoża z opadami, gdy wykorzystywane są w obliczeniach wyniki pochodzące z deszczomierzy i kolektorów umieszczonych na różnej wysokości nad poziomem ziemi.



Ryc. 7. Rozrzut wyników pomiarów wysokości na 1,5 i 0 m n.p.z. w stosunku do wyników z 1 m n.p.z..

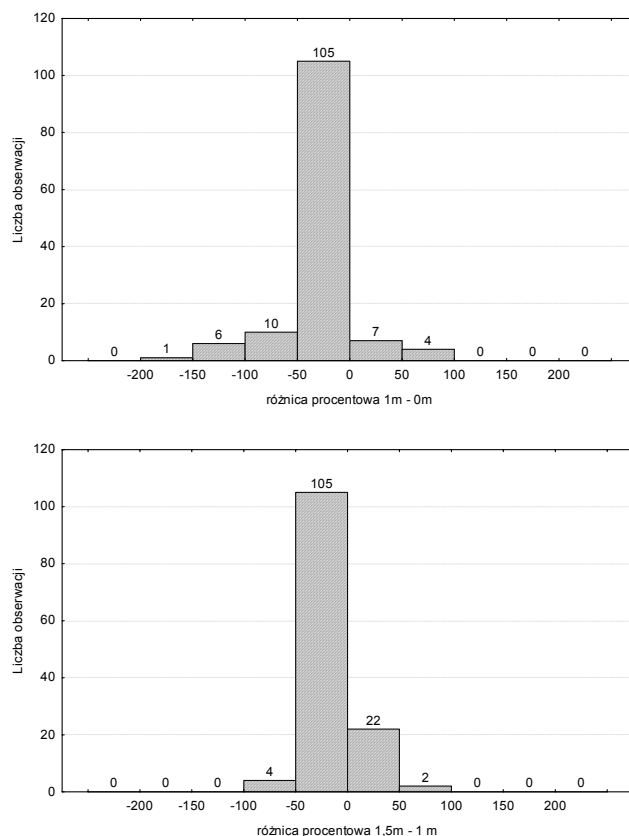
Fig. 7. Scatter-plot for the results from 1,5 and 0 m a.g.l. vs. results from 1 m a.g.l.

$$WR_{(1,5-1)m} = \frac{h_{1,5m} - h_{1m}}{h_{1m}} \cdot 100\%$$

$$WR_{(0-1)m} = \frac{h_{1m} - h_{0m}}{h_{1m}} \cdot 100\%$$

Na stanowisku umieszczonym na wysokości 0 m n.p.z. oraz 1,5 m n.p.z. najczęściej względnych różnic wysokości opadów odniesionych do 1 m n.p.z. przypada na przedział od -50% do 0% (105 przypadków). Duża rozpiętość liczby względnych różnic wysokości opadu na tych stanowiskach wystąpiła w przedziale 0 - 50% (7 przypadków dla 0 m n.p.z. i 22 przypadki dla 1,5m n.p.z., ryc. 8). Na stanowisku 0 m n.p.z. zanotowano więcej przypadków, gdy opad jest wyższy

niż na stanowisku 1 m n.p.z. (122 przypadki) niż na stanowisku 1,5 m n.p.z. (109 przypadków). Również różnice wysokości dla poziomu 1,5m n.p.z. sięgnęły -100% natomiast na stanowisku 0 m n.p.z. -200%. Oznacza to, że w stosunku do wysokości referencyjnej – mierzonej na 1 m n.p.z. – na stanowisku umieszczonym na wysokości 1,5 m n.p.z. uzyskiwane były na ogół mniejsze sumy wysokości opadu niż na stanowisku na poziomie ziemi.



Ryc. 8. Względne różnice wysokości opadów na poszczególnych stanowiskach.

Fig. 8. Relative differences of precipitation amount at different sites.

Przedstawione histogramy uwzględniają przypadki, gdy na jednym stanowisku zanotowano opad o mierzalnej wysokości, a na drugim nie udało się zebrać opadu.

Dalszej analizie poddano relacje pomiędzy względnymi różnicami wysokości opadów z poszczególnych stanowisk a rodzajem opadu i przedziałami wysokości opadu.

W trakcie trwania eksperymentu zanotowano najczęściej opadów o dobowych sumach z przedziału pomiędzy 1 do 5 mm. Największe względne różnice pomiędzy wysokością opadu mierzoną na poziomie

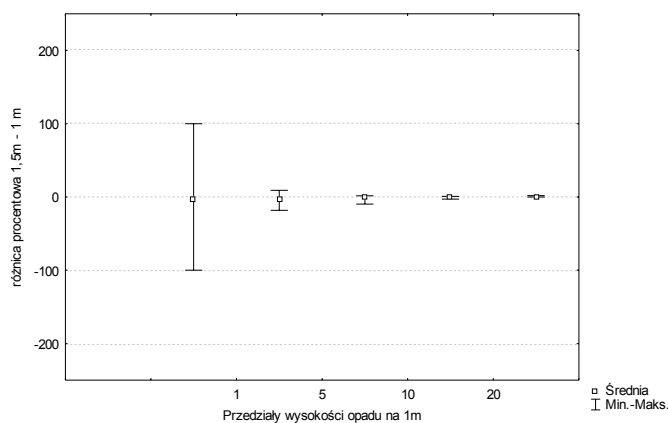
1,5 m n.p.z. w stosunku do mierzonej na poziomie 1 m n.p.z. (tab. 2) obserwowano przy opadach o najmniejszych sumach dobowych – poniżej 1 mm.

Tab. 2 Względne różnice sum opadów na poziomie 1,5 m i 1 m n.p.z. dla przedziałów wysokości opadu.

Tab. 2. *Relative differences of precipitation amount at 1,5 and 1 m a.g.l. for precipitation ranges.*

Przedział wysokości	N	Średnia mean	Mediana Me	Minimum min	Maksimum max	Odch. Std. St. dev.
h<=1mm	46	-3,0	0,0	-100,0	100,0	31,3
1mm<h<=5mm	61	-2,8	0,0	-18,2	9,1	5,4
5mm<h<=10mm	10	-0,7	0,5	-9,7	1,8	3,5
10mm<h<=20mm	7	-1,0	-0,9	-2,9	1,0	1,4
h>20mm	3	0,8	0,4	0,0	2,0	1,1
cała populacja	133	-2,6	0,0	-100,0	100,0	18,7

Dla największych opadów zakres różnic jest najmniejszy (ryc. 9). Największy zakres względnych różnic związany jest z opadami o najmniejszych sumach dobowych – poniżej 1 mm. Tymczasem bezwzględna wartość średniej różnicy wysokości najbliższa 0% występuje dla opadów z przedziału 1–5 mm oraz dla opadów większych niż 20 mm.



Ryc. 9. Względne różnice sum opadów na poziomie 1 m i 0 m n.p.z. dla przedziałów wysokości opadu.

Fig. 9. *Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for precipitation ranges.*

Generalnie można stwierdzić, że im mniejsza suma dobowych opadów tym wartość bezwzględna średniej różnicy wysokości na 1,5 m i 1 m n.p.z. jest większa i tym większy zakres jej zmienności. Dla opadów

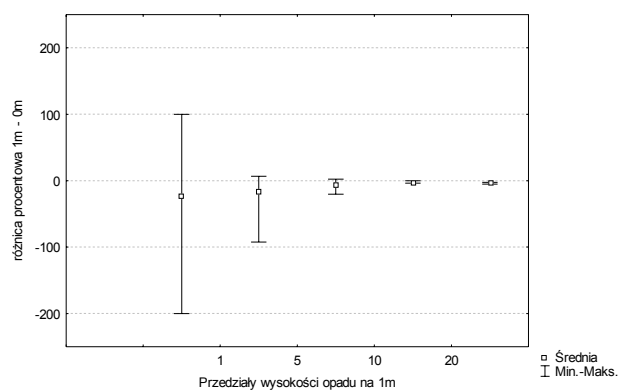
większych maleje zakres zmienności i maleje wartość średnia różnicy wysokości. Natomiast im mniejsza dobową wysokość opadu tym niedomiar tej wysokości na poziomie 1,5 m n.p.z. w stosunku do poziomu 1,0 m n.p.z. jest większy.

Natomiast w przypadku względnych różnic wysokości opadów na poziomie ziemi (0 m n.p.z.) i 1 m n.p.z. im mniejsza suma dobowych opadów tym większa bezwzględna wartość średniej różnicy i tym większy zakres zmienności (tab. 3 i ryc. 10). Ujemny znak średniej różnicy wskazuje na niedomiar sum dobowych opadów obserwowanych na poziomie 1m n.p.z. w stosunku do sum dobowych obserwowanych na poziomie 0 m n.p.z..

Tab. 3. Względne różnice sum opadów na poziomie 1 m i 0 m n.p.z. dla przedziałów wysokości opadu.

Tab. 3. *Relative differences of precipitation amount at 1 m and 0 m a.g.l. for precipitation ranges.*

Przedział wysokości	N	Średnia mean	Mediana Me	Minimum min	Maksimum max	Odch. Std. St. dev.
h<=1mm	46	-23,4	-21,1	-200	100	59,5
1mm<h<=5mm	67	-16,9	-9,7	-92,3	6,7	20,3
5mm<h<=10mm	10	-7,2	-6,2	-20,3	2,2	6,6
10mm<h<=20mm	7	-2,1	-2,0	-3,8	0,0	1,3
h>20mm	3	-3,5	-2,9	-5,3	-2,33	1,6
cała populacja	133	-17,3	-9,7	-200,0	100,0	38,1



Ryc.10. Względne różnice sum opadów na poziomie 1 m i 0 m n.p.z. dla przedziałów wysokości opadu.

Fig. 10. *Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for precipitation ranges.*

Do analizy względnych różnic wysokości opadów w zależności od rodzaju opadu włączono tylko przypadki, gdy na obydwu stanowiskach zmierzono wysokość opadu i przypisano mu rodzaj. Największe różni-

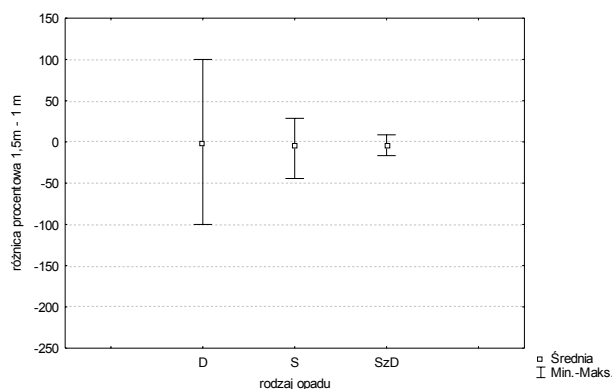
ce wysokości opadów (zakres pomiędzy minimalną i maksymalną różnicą) mierzonych na stanowisku na 1,5 m i 1 m n.p.z. miały miejsce podczas opadów deszczu a najmniejsze śniegu z deszczem (tab. 4 i ryc. 11).

Tab. 4. Względne różnice sum opadów na poziomie 1,5 m i 1 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów opadu.

Tab. 4. *Relative differences of precipitation amount at 1,5 and 1 m a.g.l. for precipitation types.*

Rodzaj opadu	N	Średnia mean	Mediana Me	Minimum min	Maksimum max	Odch. Std. St. dev.
deszcz	90	-1,4	0,0	-100,0	100,0	21,2
śnieg z deszczem	15	-3,3	0,0	-16,7	8,7	7,3
śnieg	28	-5,7	-4,3	-44,4	28,6	13,5
cała populacja	133	-2,6	0,0	-100,0	100,0	18,7

Podobnie różnice wysokości opadów na poziomie 0 m i na 1 m n.p.z. uzależniono od rodzaju opadu (tab.5 i ryc.12). Dla tych stanowisk obserwowano większe różnice niż dla omówionych wcześniej.



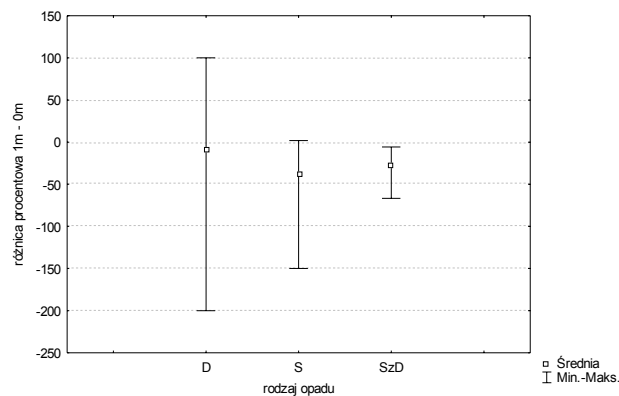
Ryc. 11. Względne różnice sum opadów na poziomie 1,5 m i 1 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów opadu.

Fig. 11. *Relative differences of precipitation amount at 1,5 and 1 m a.g.l. for precipitation types.*

Tabela 5. Względne różnice sum opadów na poziomie 1 m i 0 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów opadu.

Table 5. *Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for precipitation types.*

Rodzaj opadu	N	Średnia mean	Mediana Me	Minimum min	Maksimum max	Odch. Std. St. dev.
deszcz	90	-9,6	-5,7	-200,0	100,0	38,7
śnieg z deszczem	15	-26,7	-16,7	-66,7	-5,7	20,7
śnieg	28	-37,1	-26,8	-150,0	2,0	36,0
cała populacja	133	-17,3	-9,7	-200,0	100,0	38,1



Ryc. 12. Względne różnice sum opadów na poziomie 1 m i 0 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów opadu.

Fig. 12. *Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for precipitation types.*

Różnice wysokości opadów na poziomie 0 m i na 1 m n.p.z. są bardziej widoczne dla wszystkich rodzajów opadu niż w przypadku różnic 1,5 m – 1 m n.p.z.. We wszystkich przypadkach są to różnice ujemne, świadczące o tym, że na poziomie gruntu zmierzono większe sumy dobowe opadów niż na 1 m n.p.z.. Najmniejsze średnie wartości różnic miały miejsce w przypadku opadów śniegu; następne śniegu z deszczem a wreszcie deszczu.

Różnice dobowych sum opadów na 1,5 m i 1 m n.p.z. oraz na 0 m i 1 m n.p.z. uzależniono jednocześnie od rodzaju opadu i przedziału wysokości. Największy zakres zmienności względnych różnic wysokości obserwowano pomiędzy 1,5 m a 1 m n.p.z. dla opadów deszczu oraz śniegu o dobowych sumach mniejszych od 1 mm (ryc.13).

Również duży zakres zmienności różnic wysokości opadów na 0 m i 1 m n.p.z. jest charakterystyczny dla opadów deszczu oraz śniegu dających dobową sumę mniejszą od 1 mm. Zmienność opadów śniegu z deszczem oraz śniegu jest również znaczna w drugim przedziale wysokości opadu: pomiędzy 1 a 5 mm (ryc.14).

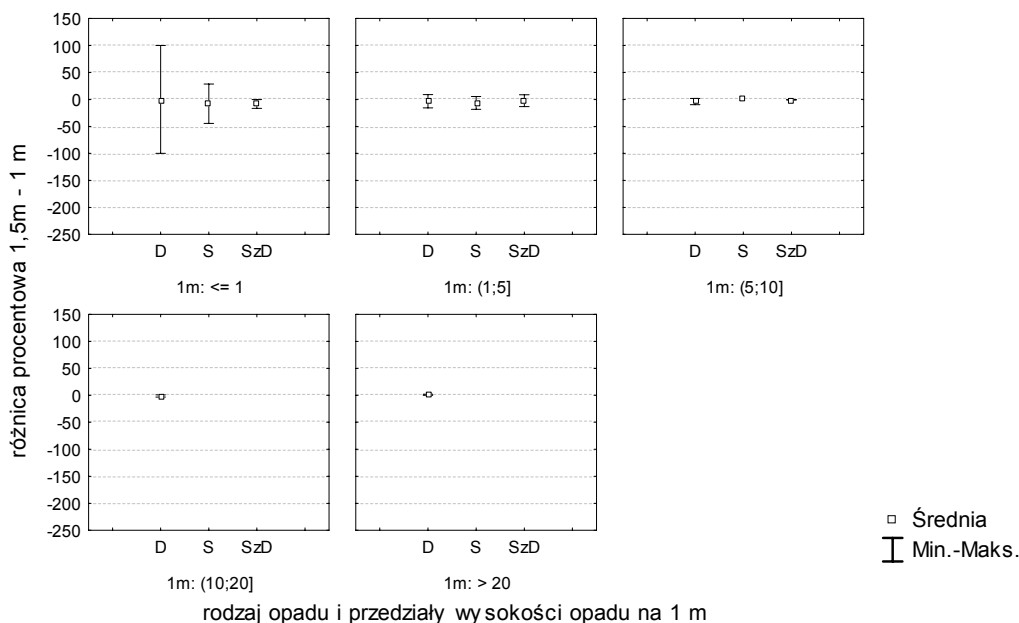
4. Wnioski

Wyniki eksperymentu wykazały, że sumy opadów na poziomie ziemi i na wysokości 1 m n.p.z. różnią się między sobą znacząco. Zatem właściwe wyznaczenie ładunku i-tej substancji zanieczyszczającej powinno być opisane zależnością (2):

$$L_{i0m} = K \cdot C_{i1,5m} \cdot h_{1m} \quad (2)$$

gdzie:

K – współczynnik korekcyjny wysokości opadu.

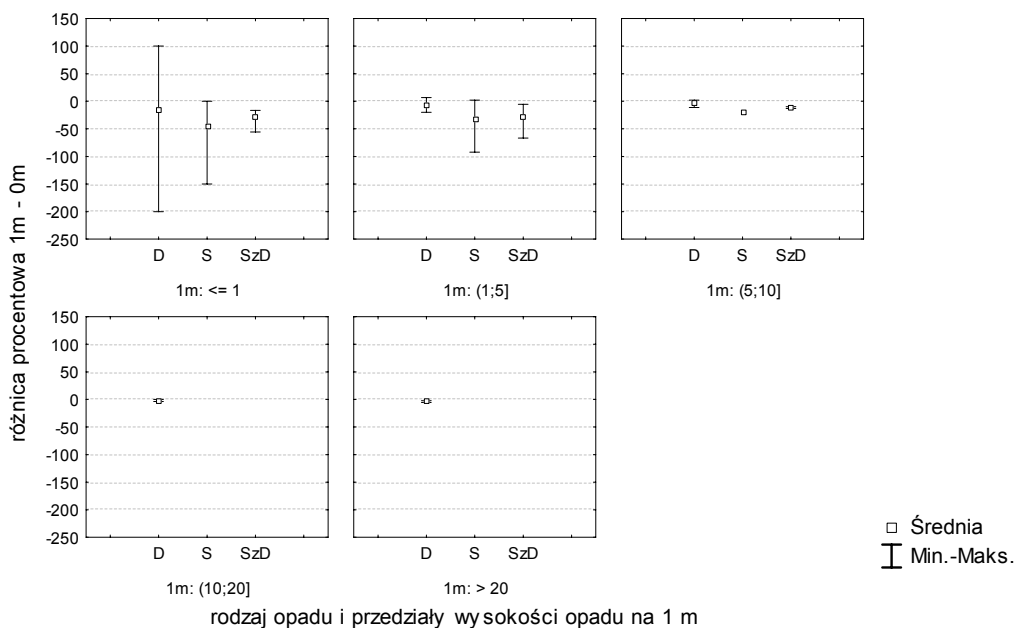


Ryc. 13. Względne różnice sum opadów na poziomie 1,5 m i 1 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów i przedziałów wysokości opadu.
 Fig. 13. Relative differences of precipitation amount at 1,5m and 1 m a.g.l. for precipitation types and ranges.

W prezentacji wyników pomiarów chemizmu opadów atmosferycznych i wielkości ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych z opadami do podłoża operujemy na ogół wartościami miesięcznymi, sezonowymi, rocznymi. Wobec tego na podstawie wyników pomiarów wysokości opadu uzyskanych z trzech deszczomierzy Hellmanna, których powierzchnie odbiorcze umieszczone były na trzech wysokościach nad poziomem ziemi: 0 m, 1 m i 1,5 m, uzyskanych w

trakcie eksperymentu, obliczono średnie miesięczne wartości względnych różnic sum wysokości opadów na poziomie 1,5 m n.p.z. i 0 m n.p.z. w stosunku do poziomu 1 m n.p.z. (tab. 6 i 7).

W przypadku różnic pomiędzy sumami opadów na 1,5 m i 1 m n.p.z. największą wartość średnią notowano w styczniu, a największy zakres różnic obserwowano w październiku, gdy zdarzały się przypadki śladowych opadów tylko na jednym stanowisku.



Ryc. 14. Względne różnice sum opadów na poziomie 1m i 0 m n.p.z. dla poszczególnych rodzajów i przedziałów wysokości opadu.
 Fig. 14. Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for precipitation types and ranges.

Tab. 6. Względne różnice sum opadów na wysokości 1,5 m i 1 m n.p.z. w poszczególnych miesiącach.

Tab. 6. Relative differences of precipitation amount at 1,5m and 1 m a.g.l. for particular months.

	N	Średnia <i>mean</i>	Mediana <i>Me</i>	Minimum <i>min</i>	Maksimum <i>max</i>	Odch. Std. <i>St. dev.</i>
VII	15	-0,9	0,0	-6,7	2,0	2,4
VIII	8	-0,9	-0,5	-9,7	9,1	5,6
IX	8	11,6	0,0	-8,3	100,0	35,9
X	10	0,7	0,0	-100,0	100,0	47,7
XI	18	-2,0	0,0	-50,0	28,6	14,8
XII	19	-5,6	-2,0	-44,4	5,3	11,0
I	5	-16,8	-13,0	-25,0	-10,0	7,6
II	7	0,1	0,0	-7,7	20,0	9,4
III	7	-9,4	-7,7	-18,2	0,0	6,5
IV	11	-8,3	0,0	-50,0	4,8	16,4
V	16	-2,2	0,0	-50,0	25,0	14,5
VI	9	-0,2	0,0	-2,7	1,3	1,1
VII-VI	133	-2,6	0,0	-100,0	100,0	18,7

Inaczej w przypadku różnic pomiędzy sumami opadów na 0 m i 1 m n.p.z. – największa wartość średniej różnicy związana była z opadami styczniowymi zaś największy zakres różnic wystąpił dla opadów zebranych w listopadzie. Różnice były większe, gdy występowały opady śniegu i śniegu z deszczem. Najmniejsze różnice miały miejsce, gdy występowały opady deszczu – w kwietniu i lipcu zaś najmniejszy zakres różnic wystąpił w sierpniu.

Tab. 7. Względne różnice sum opadów na wysokości 1 m i 0 m n.p.z. w poszczególnych miesiącach.

Tab. 7. Relative differences of precipitation amount at 1m and 0 m a.g.l. for particular months.

	N	Średnia <i>mean</i>	Mediana <i>Me</i>	Minimum <i>min</i>	Maksimum <i>max</i>	Odch. Std. <i>St. dev.</i>
VII	15	-5,8	-4,0	-33,3	0,0	8,0
VIII	8	-6,1	-6,5	-12,5	2,2	5,8
IX	2	18,1	-3,5	-20,0	100,0	51,0
X	10	-16,0	-5,6	-100,0	50,0	41,8
XI	18	-28,4	-13,7	-200,0	100,0	58,0
XII	19	-27,7	-20,0	-66,7	-5,7	20,3
I	5	-60,4	-28,3	-150,0	-7,1	62,0
II	7	-40,7	-37,5	-92,3	0,0	33,4
III	7	-26,2	-27,3	-66,7	0,0	23,7
IV	11	0,1	0,0	-14,3	25,0	10,8
V	16	-16,4	-7,1	-100,0	100,0	44,9
VI	9	-9,6	-4,8	-25,0	0,0	9,3
VII-VI	133	-17,3	-9,7	-200,0	100,0	38,1

Obliczona dla Stacji KMS Puszcz Borecka wartość średnia roczna różnic względnych wysokości opadu na poziomie 0 m i 1 m n.p.z. wyniosła -17,3%.

Porównując wartości różnic w tabelach 6 i 7 widać, iż istotna dla procesu szacowania ładunku docie-

rającego do podłoża jest różnica wyników pomiarów wysokości opadu na poziomie 1 m n.p.z. i na poziomie 0 m n.p.z. podczas gdy różnica między poziomami 1,5 m n.p.z. a 1,0 m n.p.z. jest pomijalnie mała.

Średnie miesięczne różnice procentowe pomiędzy wysokością opadu zmierzoną na poziomie ziemi i na 1 m n.p.z. mogą stanowić wstępne przybliżenie współczynników korekcyjnych stosowanych przy obliczaniu miesięcznych ładunków zanieczyszczeń wnoszonych do podłoża z opadami. Należy jednak być bardzo ostrożnym, gdyż zaprezentowane wcześniej analizy dowiodły, iż zarówno rodzaj opadu, jak i jego wysokość mają istotny wpływ na wysokości opadów na poszczególnych poziomach i w związku z tym współczynniki te mogą być różne w różnych latach. W badaniach nie uwzględniono wpływu zmienności wiatru na zmiany mierzonej wysokości opadu. Czynniki te będą uwzględniane w dalszych badaniach porównawczych, prowadzonych na Stacji KMS Puszcz Borecka.

5. Literatura

Kostrzewski A., Mazurek M., Stach A., 1995: *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań.* PIOŚ, Warszawa.

Róźdzynski K., 1995: *Miernictwo meteorologiczne (T1,2),* IMGW, Warszawa

PRECIPITATION AMOUNT CORRECTION FOR THE PURPOSE OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS LOADS CALCULATION

Summary

The experiment of parallel precipitation amount measurements at different levels above ground has been conducted at Puszcz Borecka Integrated Monitoring Station during one year. Three sites have been established: 1,5 m a.g.l. (collecting surface of precipitation collector for chemical analysis), 1 m a.g.l. (collecting surface of standard rain gauge) and 0 m a.g.l. (for which pollutants load delivered to the ground is calculated). Relative differences of precipitation amounts for these levels have been calculated for particular seasons as well as for type and amount of precipitation. Due to the importance of these differences the authors have proposed correction factors for the calculation of pollutants loads delivered to the ground with precipitation.