

INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ  
CENTRUM MONITORINGU KLIMATU POLSKI

WYKONYWANIE POMIARÓW W SIECI  
WCZESNEGO WYKRYWANIA  
SKAŻEŃ  
PROMIENIOTWÓRCZYCH  
W LATACH 2008 - 2010

ETAP VI  
RAPORT ROCZNY ZA ROK 2009



Praca wykonana na podstawie  
umowy z GIOŚ nr 13/2009/F, finansowanej  
ze środków NFOŚiGW na podstawie  
umowy nr:167/2009/Wn50/MN-PO/BD/D  
o dofinansowanie państwowej jednostki  
budżetowej w formie przekazania środków na  
cele nieinwestycyjne

Mgr Franciszek Łukasiewicz  
Mgr Andrzej Czuryłowski  
Dr Tamara Zalewska  
Mgr inż. Hubert Karpiński  
Jadwiga Dżumak  
Zbigniew Dmitruk

WARSZAWA 2010

Spis treści:

1. Wprowadzenie.
2. Analiza skażeń promieniotwórczych zmierzonych w placówkach IMGW w 2009 roku.
  - 2.1 Moc dawki promieniowania gamma – krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.
  - 2.2 Radioaktywność aerozoli powietrza – krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.
  - 2.3 Radioaktywność opadu całkowitego i opadów atmosferycznych – krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.
  - 2.4 Wyniki pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych zbiorczych próbek miesięcznego opadu całkowitego – krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.
3. Dodatek A. Krótka analiza korelacji pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma, a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu.
4. Dodatek B. Krótka analiza korelacji pomiędzy wartościami promieniowania alfa, a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu.
5. Wykresy przedstawiające wartości mocy dawki promieniowania gamma na tle wysokości opadu deszczu oraz grubości warstwy śniegu.
6. Rysunki przedstawiające rozkłady wartości mocy dawki promieniowania gamma.
7. Wykresy przedstawiające wartości mocy dawki promieniowania gamma na tle wysokości opadu deszczu oraz grubości warstwy śniegu.
8. Rysunki przedstawiające rozkłady wartości promieniowania alfa.
9. Podsumowanie.
10. Wnioski.
11. Spis rysunków.
12. Spis tabel.
13. Rozmieszczenie i współrzędne stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych.

Zestawienia i wykresy średnich dobowych wartości: mocy dawki promieniowania gamma, aktywności próbek opadu całkowitego i opadów atmosferycznych oraz stężeń aktywności sztucznych emiterów beta i alfa promieniotwórczych aerozoli znajdują się w dokumencie pt. „Raport za rok 2009”

## 1. Wprowadzenie.

Historia uczestnictwa IMGW w pomiarach skażeń promieniotwórczych atmosfery sięga lat 1957 – 58, kiedy to szybko zwiększająca się liczba doświadczalnych wybuchów jądrowych przeprowadzanych w atmosferze wskazywała na potrzebę zorganizowania stałej kontroli stopnia skażenia atmosfery w Polsce. Do powołanej w 1961 roku uchwałą RM Służby Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych zostało włączonych 8 stacji tworzących sieć pomiarową, których zadaniem było wykrywanie nagłego wzrostu skażeń promieniotwórczych atmosfery w przyziemnej warstwie atmosfery i alarmowania o zagrożeniu radiacyjnym. Obecnie sieć wchodzi w skład podsystemu monitoringu skażeń promieniotwórczych Państwowego Monitoringu Środowiska i działa na podstawie opublikowanego Rozporządzenia RM z dnia 17 grudnia 2002 r. (Dziennik Ustaw RP Nr 239, poz. 2030) w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych, które weszło w życie z dniem 1 stycznia 2003 roku. Rozporządzenie wprowadza podział stacji na podstawowe i wspomagające. Do stacji podstawowych zaliczono stacje działające w CLOR, PAA oraz w jednostkach ministra właściwego do spraw środowiska, gdzie w wykazie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych podano spis 9 działających stacji IMGW.

Program pomiarowy realizowany przez stacje jest potwierdzony przez prezesa PAA (Pismo dot. akceptacji metodyk pomiarowych P-PAA Nr 660/2899.2004 z dnia 6 października 2004 r. oraz zgodnie z wyżej podanym Rozporządzeniem R.M). Codziennie wyniki pomiarów skażeń promieniotwórczych otrzymywane przez sieć stacji są przekazywane w formie zestawienia wyników pomiarów za poprzednie 24 godziny licząc od godz 6 UTC z sieci stacji do Centrum Zdarzeń Radiacyjnych „CEZAR” Państwowej Agencji Atomistyki.

Zgodnie z Umową z Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska na wykonywanie pomiarów w 2009 roku placówki IMGW realizowały program pomiarowy obejmujący: całodobowe pomiary mocy dawki rozproszonego promieniowania gamma, aktywności naturalnych i sztucznych radioizotopów alfa i beta promieniotwórczych aerozoli powietrza oraz pomiary aktywności dobowych i miesięcznych próbek opadu całkowitego, a także spektrometryczne pomiary aktywności wybranych radioizotopów gamma promieniotwórczych sztucznych i naturalnych oraz radiochemiczne oznaczanie Sr-90 i jego aktywności w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego.

Program ten był realizowany w ciągu całego roku (365 dni, wszystkie dni tygodnia, łącznie z dniami wolnymi). Stacje codziennie w godzinach 6<sup>10</sup> – 8<sup>00</sup> UTC sporządzają i wysyłają do serwera centralnego w Warszawie depezę z wynikami pomiarów otrzymanych za ubiegłą dobę: mocy dawki, koncentracji aktywności aerozoli powietrza alfa i beta promieniotwórczych i aktywności próbki opadu całkowitego, zmierzonej po 5 dniach od zakończenia jej ekspozycji.

Wszelkie braki w pomiarach mocy dawki i aktywnościach aerozoli powietrza, w niektórych placówkach, spowodowane były awariami sondy FHZ 621 G-L, aparatury typu FHT59Si lub zestawów komputerowych współpracujących z aparaturą pomiarową. Wszystkie

przerwy w pomiarach poszczególnych wielkości zostały wykazane w uwagach załączonych zestawień miesięcznych.

Zbiornicze zestawienie wyników pomiarów radioaktywności atmosfery za ubiegłą dobę z sieci 9 stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych IMGW przekazywano codziennie w godzinach 8<sup>30</sup> – 9<sup>30</sup> UTC do Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych – “CEZAR” PAA.

## **2. Analiza skażeń promieniotwórczych zarejestrowanych w placówkach IMGW w 2009 r.**

Dla wszystkich placówek przeprowadzono analizę wyników pomiarów otrzymanych w 2009 roku w stacjach wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych w przyziemnej warstwie atmosfery i wyznaczono szereg charakterystycznych wartości, jak:

średnią roczną mocy dawki promieniowania gamma, aktywność globalną rocznego opadu całkowitego i inne. Wyniki analizy wykazały, że w ciągu całego 2009 roku nie wystąpiły zmiany poziomu skażeń promieniotwórczych, które mogłyby wskazywać na sytuację awaryjną oraz zarejestrowane aktywności aerozoli i opadu całkowitego pochodzą przede wszystkim od naturalnych izotopów promieniotwórczych, pochodnych radonu i toronu.

### **2.1 Moc dawki promieniowania gamma- krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.**

Pomiary mocy dawki promieniowania gamma prowadzi się w sposób ciągły we wszystkich 9 placówkach za pomocą sondy FHZ621G-L współpracującej z komputerem, jak i sondy EPP sprzężonej z aparaturą SAPOS.

Rejestrowane wartości mocy dawki odzwierciedlają sumaryczny efekt promieniowania elektromagnetycznego w jednostce masy powietrza, na który składają się źródła naturalne i sztuczne, znajdujące się w środowisku, a także promieniowanie kosmiczne. Wynik pomiaru zależy od lokalizacji punktu pomiarowego (wysokości nad poziomem morza, budowy geologicznej terenu) oraz koncentracji naturalnych izotopów promieniotwórczych w atmosferze i opadzie całkowitym. Te ostatnie czynniki zależą od panujących warunków meteorologicznych i mogą się znacznie zmieniać. Tak więc mierzona wartość mocy dawki charakteryzuje się naturalną zmiennością.

Wyniki pomiarów średnich dobowych wartości mocy dawki (nGy/h) zostały podane w „Raportie za 2009” gdzie znajdują się zestawienia oraz rysunki obejmujące wyniki z I i II półrocza 2009 r. Warto dodać informację, że jednostki mocy dawki pochłoniętej dla promieniowania gamma wyrażone w nGy/h są w naszym wypadku (czyli działaniu w próżni) równoważne jednostkom mocy dawki skutecznej wyrażonym w nSv/h.

Na rysunkach tych oś czasowa opisana jest w ten sposób, że naniesione liczby oznaczają dzień miesiąca i miesiąc i odpowiadają pionowym przerywanym liniom na wykresie. Jeśli chodzi o skalę osi rzędnych, to jest ona ustalana w stosunku do maksymalnej wartości zbioru liczb, przedstawianych na wykresie. Opis taki spowodowany jest automatyczną optymalizacją rozmiarów rysunku przez komputer.

### Streszczenie średnich wyników:

W tabeli 1 zestawiono średnie roczne oraz zakresy średnich godzinnych i średnich dobowych wartości mocy dawki promieniowania gamma, zmierzonych w 2009 roku dla stosowanych dwóch różnych typów sond: FHZ i EPP która jest sondą rezerwową, ale z racji małej czułości nie możemy jej traktować jako zastępstwa sondy FHZ.

Jak wynika z tabeli 1, średnia roczna wartość mocy dawki w 2009 r. dla sieci stacji waha się w granicach: od 72 nGy/h w Włodawie do 119 nGy/h w Zakopanem, zaś średnia dla sieci stacji za rok 2009 wynosi 93 nGy/h.

Wartość powyższa mieści się w zakresie zmierzonych wartości w poprzednich latach i nie przekracza poziomu tła.

**Tabela 1.** Moc dawki promieniowania gamma nGy/h w stacjach wykrywania skażeń, 2009 r.

Placówka	Sonda FHZ621G-L			Sonda EPP		
	Zakres średnich		Średnia roczna	Zakres średnich		Średnia roczna
	godzinnych	dobowych		godzinnych	dobowych	
Warszawa	72 - 139	79 - 88	83	43 - 113	61 - 87	83
Gdynia	76 - 108	81 - 86	83	70 - 78	70 - 87	79
Mikołajki	93 - 165	101 - 113	108	70 - 96	78 - 87	80
Gorzów Poznań	81 - 143	89 - 95	92	61 - 78	70 - 78	77
Świnoujście	85 - 152	90 - 94	91	70 - 71	70 - 70	70
Legnica	92 - 152	104 - 113	108	70 - 96	70 - 87	78
Włodawa	64 - 128	70 - 75	72	70 - 87	78 - 87	78
Zakopane	93 - 176	104 - 126	119	70 - 104	87 - 96	92
Lesko	68 - 132	77 - 85	79	87 - 104	87 - 96	94
Średnia			93			81

## 2.2 Radioaktywność aerozoli powietrza - krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.

Masy powietrza przenoszą skażenia promieniotwórcze, przedostając się do atmosfery w miejscu awarii urządzeń jądrowych na obszary, nad którymi masy te się przemieszczają. Z tego powodu do najszybszych metod wykrywania skażeń należą pomiary radioaktywności aerozoli powietrza. Obecność w powietrzu radionuklidów naturalnych poważnie utrudnia wykrywanie radionuklidów pochodzenia sztucznego, gdyż ich stężenia w powietrzu są często mniejsze od zmian stężeń radionuklidów naturalnych zależnych od warunków pogodowych.

Pomiary radioaktywności aerozoli powietrza począwszy od stycznia 2000 r wykonywane są za pomocą zestawów aparatury typu FHT59Si, prowadzących pomiary w sposób ciągły w trybie "on line". Urządzenia te zostały zainstalowane w siedmiu stacjach IMGW, nie otrzymały je stacje w Warszawie i Gdyni. W tych dwóch miejscowościach CLOR w latach dziewięćdziesiątych rozpoczął pomiary aktywności aerozoli powietrza za pomocą stacji ASS-500, wyposażone w przystawki do wczesnego ostrzegania o skażeniu promieniotwórczym powietrza. Urządzenia typu FHT59Si mierzą w sposób ciągły koncentrację aktywności radioizotopów naturalnych alfa promieniotwórczych oraz radioizotopów sztucznych alfa i beta promieniotwórczych. Zasada pomiaru radioaktywności w tego typu urządzeniach polega na zasysaniu przez filtr taśmowy aerozoli powietrza i jednoczesnym pomiarze detektorem umieszczonym nad taśmą filtracyjną aktywności radionuklidów alfa i beta promieniotwórczych. Powierzchnia osadzania aerozoli na taśmie ma kształt koła o średnicy 50 mm, przez którą w ciągu 30 min. zasysane jest powietrze, po czym następuje kilkusekundowa przerwa w zasysaniu i przesuw taśmy o 1/10 średnicy powierzchni zbierania aerozoli. Taki częściowy przesuw powierzchni osadzania aerozoli służy do utrzymania równowagi rozpadu naturalnych radionuklidów na filtrze. Pomiary szybkości zliczeń promieniowania alfa i beta realizowane są w procedurze dyskryminacji amplitudy. Do obliczania aktywności całkowitej stosuje się specjalny algorytm pomiaru aerozoli. Aktywność alfa i beta sztucznych radionuklidów wyznaczana jest jako różnica między aktywnością całkowitą danego promieniowania, a jego aktywnością naturalną. Uwzględniając objętość przepompowanego powietrza przez filtr możliwe jest wyznaczenie koncentracji aktywności danego promieniowania.

Urządzenie FHT59Si składa się z następujących elementów:

- zespołu poboru powietrza z pompą próżniową ( $8 \text{ m}^3/\text{h}$ ) i systemem pomiaru przepływu powietrza przez filtr taśmowy;
- mechanizmu przesuwu filtru taśmowego sterowanego procesorem;
- detektora krzemowego typu PIPS z osłoną ołowianą;
- komputerowego modułu pomiarowego FHT8000 z interfejsem szeregowym do transmisji wyników.

Moduł FHT 8000 jako podzespół urządzenia aerozolowego FHT59Si podłączony jest do komputera PC, który za pomocą programu NetView zbiera wyniki mierzonych wielkości w oddzielnych plikach, pozwala na ich wizualizację oraz porównuje zbierane wartości z zadanymi progami alarmowymi, sygnalizując w przypadku ich przekroczenia wyświetleniem odpowiednich napisów i włączeniem sygnału dźwiękowego. Jest to sygnalizacja przewidziana

dla personelu stacji. Natomiast do automatycznego sporządzania depeszy alarmowej i wysłania jej do komputera telekomunikacyjnego w Warszawie służy program Monitor, który obsługuje również sondę inteligentną. Program ten po zakończeniu pełnej godziny odczytuje z pamięci urządzenia aerozolowego wyniki pomiarów dwóch ostatnich półgodzinnych pomiarów poszczególnych wielkości, uśrednia je, a otrzymane wyniki przypisuje godzinie rozpoczęcia pobierania tych półgodzinnych próbek. Tak więc np. wartość przypisana godzinie 6<sup>00</sup> jest średnią z dwóch pomiarów prowadzonych od 6<sup>00</sup> do 7<sup>00</sup>, przy czym wszystkie godziny podawane są w czasie UTC. Doba pomiarowa próbki aerozolowej trwa od godziny 6<sup>00</sup> do 5<sup>00</sup> następnego dnia i liczona jest jako średnia z godzinnych wartości. W ten sposób otrzymuje się średnią aktywność promieniowania alfa naturalnych nuklidów oraz aktywności promieniowania alfa i beta sztucznych radionuklidów. Aktywności tych ostatnich otrzymywane jako wynik odejmowania aktywności naturalnej od całkowitej obarczone są pewnym błędem, którego wielkość uzależniona jest od doboru wprowadzanych współczynników kompensacyjnych w równaniach algorytmu pomiarów aerozolowych. Bezwzględność wyników mierzonych wielkości uzyskuje się za pomocą procedury kalibracyjnej, w czasie której wykonuje się 3-minutowe pomiary tła dla promieniowania alfa i beta oraz kolejno liczbę zliczeń wzorców: Am-241 i Sr-90. Wyniki koncentracji aktywności podawane są w Bq/m<sup>3</sup>. Dla promieniowania alfa i beta sztucznych radionuklidów próg alarmu koncentracji aktywności przyjęto na poziomie 1 Bq/m<sup>3</sup>.

#### **Streszczenie średnich wyników:**

Wyniki pomiarów średniej dobowej aktywności promieniowania alfa naturalnych radionuklidów w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2009 r. wahały się w przedziale 1,5 - 43,9 Bq/m<sup>3</sup>, natomiast podobne wyniki promieniowania alfa i beta dla sztucznych radionuklidów wyniosły: 0,0 - 0,3 Bq/m<sup>3</sup> dla promieniowania alfa oraz 0,0 - 0,3 Bq/m<sup>3</sup> dla promieniowania beta.

**Wartości powyższe mieszczą się w zakresie wartości zmierzonych w poprzednich latach i nieodbiegają od przyjętego poziomu tła.**

#### **2.3 Radioaktywność opadu całkowitego i opadów atmosferycznych - krótki metody pomiaru i streszczenie wyników**

Stacje pomiarowe systematycznie zbierają dobowe próbki opadu całkowitego do plastikowych naczyń, zaopatrzonych w osłony chroniące przed wywiewaniem zbieranych zanieczyszczeń. Globalna aktywność beta próbki mierzona jest po 5 dobach od zakończenia jej ekspozycji. W ciągu całego 2009 roku zmierzone w placówkach aktywności dobowych próbek opadu całkowitego leżą w granicach 0 - 10 Bq/m<sup>2</sup>.

Próbka dobowego opadu całkowitego o aktywności przekraczającej 5 Bq/m<sup>2</sup> jest dodatkowo mierzona po 15, 25 i 35 dniach od zakończenia jej ekspozycji. Na podstawie zaniku aktywności próbki można ocenić czy zwiększona aktywność pochodzi od krótko, czy też długożyciowych radioizotopów. Próbka, której aktywność po 35 dniach nadal jest większa od 5

Bq/m<sup>2</sup>, wskazuje na obecność dłużej żyjących radioizotopów i jest poddawana pomiarom spektrometrycznym, w celu sprawdzenia obecności Cs-137.

W 2009 roku tylko stacja w Włodawie zarejestrowała w czerwcu aktywność próbki dobowego opadu całkowitego równą 10 Bq/m<sup>2</sup>. Aktywność ta po 35 dniach spadła do poziomu wartości codziennych próbek falloutu (opadu całkowitego). W pozostałych stacjach nie zanotowano próbek opadu całkowitego, których aktywność po 5 dniach przekraczałaby 5 Bq/m<sup>2</sup> co oznacza że nie stwierdzono przekroczeń poziomu tła.

W warunkach normalnych, to znaczy bez świeżych produktów rozszczepienia jądrowego w atmosferze, aktywność próbki pochodzi od pochodnych radonu i śladowych ilości sztucznych izotopów (Cs-137 i Sr-90), opadających wraz z aerozolami lub opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi. Dla oszacowania wielkości skażenia powierzchni terenu, opadającymi z atmosfery izotopami promieniotwórczymi, policzono roczne sumy aktywności dobowych próbek opadu całkowitego dla poszczególnych stacji.

### **Streszczenie średnich wyników:**

Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 2, gdzie podano również zakresy zmierzonych aktywności. Jak wynika z tej tabeli, sumaryczna aktywność rocznego opadu całkowitego jest najniższa w Świnoujściu (0,12 kBq/m<sup>2</sup>rok), 4 razy niższa niż w Zakopanem (0,50 kBq/m<sup>2</sup> rok). Średnia roczna aktywność beta opadu całkowitego w 2009 roku wynosi 0,33 kBq/m<sup>2</sup>rok.

### **Wartość ta nie przekracza poziomu tła i jest mieści się w zakresie do notowanych w latach 2000 – 2009 (tabela 3).**

W stacjach wykrywania skażeń promieniotwórczych IMGW systematycznie zbierany jest również miesięczny opad całkowity, który w zasadzie służy do oznaczania śladowych ilości sztucznych izotopów, jednak oznacza się w nim także niektóre izotopy naturalne i wykonuje pomiary globalnej aktywności beta. Pomiar globalnej aktywności beta takiej próbki przeprowadza się po 10 dniach od zakończenia jej ekspozycji.

Obliczona roczna suma aktywności beta próbek opadu miesięcznego okazała się około 4 razy niższa niż miesięczna suma aktywności beta próbek opadów dobowych. Różnica ta wynika z faktu, że do czasu pomiaru aktywności (10 dnia po zakończeniu ekspozycji) rozpadowi ulega większa część naturalnych izotopów w próbkach miesięcznych niż w dobowych, których aktywność mierzona jest po 5 dniach od zakończenia ich ekspozycji.

Opady atmosferyczne są nieciągłym zjawiskiem atmosferycznym. Ich występowanie - wskutek wymywania substancji promieniotwórczych z powietrza wpływa zarówno na aktywność aerozoli (zmniejszając ją), jak i opadu całkowitego (zwiększając ją). Zgodnie z przyjętą metodyką wyznaczania aktywności wody opadowej dobowego opadu atmosferycznego oblicza się na podstawie pomiarów aktywności dobowych próbek opadu całkowitego w dniach, dla których dobową wysokość opadu atmosferycznego jest równa lub większa od 1 mm. Czas ekspozycji próbki jak i wysokość opadu atmosferycznego są liczone od 6<sup>00</sup> do 6<sup>00</sup> UTC następnego dnia.



**Streszczenie średnich wyników:**

Średnie miesięczne i roczne aktywności opadów atmosferycznych otrzymane dla poszczególnych stacji w 2009 r. przedstawia tabela 4. Jak wynika z tej tabeli, średnia roczna aktywność opadu atmosferycznego dla sieci stacji wynosi 353 mBq/l. **Powyższa wartość nie przekracza poziomu tła i jest na poziomie wartości otrzymanych w latach 2000 - 2009 (vide tab. 5) leżących w przedziale od 335 do 383 mBq/l .**

**Tabela 2.** Aktywność beta rocznego opadu całkowitego i zakres aktywności opadu dobowego, 2009 r.

Placówka	Opad roczny kBq/m <sup>2</sup> rok	Zakres aktywności opadu dobowego, Bq/m <sup>2</sup> dobę
Warszawa	0,28	0 - 4
Gdynia	0,25	0 - 3
Mikołajki	0,38	0 - 4
Poznań	0,28	0 - 2
Świnoujście	0,12	0 - 2
Legnica	0,42	0 - 5
Włodawa	0,38	0 - 10
Zakopane	0,50	0 - 4
Lesko	0,35	0 - 4
Średnia	0,33	

**Tabela 3.** Aktywność beta średniego rocznego opadu całkowitego dla sieci 9 stacji w latach 2000 - 2009, kBq/m<sup>2</sup>rok.

Rok	Aktywność beta
2000	0,33
2001	0,34
2002	0,34
2003	0,32
2004	0,34
2005	0,32
2006	0,31
2007	0,31
2008	0,30
2009	0,33

Przedstawione w tabeli 4 roczne sumy opadów atmosferycznych wskazują, że średnia roczna aktywność opadów atmosferycznych nie zależy od wielkości tych sum. Proces wymywania substancji promieniotwórczych z powietrza jest skomplikowany, gdyż zależy od rodzaju opadu, jego intensywności, rodzaju chmury opadowej i innych czynników nierejestrowanych w naszych pomiarach.

#### **2.4 Wyniki pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych zbiorczych próbek opadu całkowitego - krótki metody pomiaru i streszczenie wyników.**

W 2009 roku kontynuowano oznaczanie izotopów i ich aktywności w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego. Metodą spektrometrii gamma oznaczano izotopy cezu 134 i 137, a także niektóre izotopy naturalne, jak: Ra-226, Ac-228, Be-7 i K-40 oraz metodą radiochemiczną - Sr-90.

Próbki miesięcznego opadu całkowitego były zbierane do trzech stojących obok siebie kuwet fotograficznych o powierzchni 0,15 m<sup>2</sup> każda, łączna więc powierzchnia zbierająca dla tej próbki wynosi 0,45 m<sup>2</sup>.

Zbiorcze próbki miesięcznego opadu w miesiącach roku 2009 rok mierzono w Warszawie i w Gdyni na spektrometrze w przyjętej geometrii po przeprowadzeniu kalibracji, przy pomocy specjalnie przygotowanych wzorców. Kalibracja ta, pozwoliła na wyznaczenie

współczynników wydajności detektora dla fotonów o energiach obejmujących zakres od 60 keV do 1,8 MeV.

Przygotowanie zbiorczej próbki do pomiarów spektrometrycznych polega na dokładnym wymieszaniu popiołu, otrzymanego w poszczególnych stacjach po spopieleniu próbki miesięcznego opadu całkowitego i przeniesieniu go do pojemnika pomiarowego. Powierzchnia zbierająca dla zbiorczej próbki z 9 stacji wynosi  $9 \times 0,45 \text{ m}^2 = 4,05 \text{ m}^2$ .

Aktywności Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, zebranych w stacjach wykrywania skażeń IMGW, przedstawiono w tabeli 7. Wyniki te również zostały podane w odpowiednich zestawieniach oraz przedstawione na załączonych rysunkach.

#### **Streszczenie średnich wyników:**

W tabeli 6 widać, że średnia miesięczna aktywność Cs-137 waha się w ciągu roku w granicach od 0,013 do 0,107 Bq/m<sup>2</sup>mies., a jej suma roczna wynosi 0,499 Bq/m<sup>2</sup>rok/ Natomiast dla Sr-90 wielkości te wynoszą odpowiednio: 0,006 - 0,013 Bq/m<sup>2</sup>mies., a dla sumy rocznej - 0,112 Bq/m<sup>2</sup>rok. Wyliczony względny błąd pomiaru aktywności tych izotopów (vide tabela 6) zawiera się w granicach: 7% - 53% dla Cs-137 i 15%– 50 % dla Sr-90.

**Powyższe wartości nie przekraczają poziomu tła i są na poziomie wartości otrzymanych w latach 2000 - 2009**

Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym przedstawiono w tabeli 7, gdzie gwiazdką (\*) oznaczono te wartości dla Ra-226 i Ra-228, które zostały zastąpione dolnym limitem detekcji. Takie wartości często występują przy pomiarze aktywności tych dwóch izotopów, co jest spowodowane ich małą koncentracją w powietrzu. Po zmianie geometrii pomiaru próbek i zwiększeniu powierzchni zbierającej opad całkowity dokładność tych pomiarów nieznacznie się zwiększyła.

**Tabela 4.** Średnia miesięczna aktywność i roczna suma opadu atmosferycznego, 2009 r.

Placówka	Aktywność, mBq/l													Roczna suma opadów atm. (w mm)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Średn.	
Warszawa	491	386	394	286	213	294	204	235	442	331	277	269	319	643,7
Gdynia	449	424	292	667	234	212	330	316	286	353	345	416	360	571,6
Mikołajki	860	463	472	286	430	416	362	521	513	464	690	411	491	512,8
Poznań	439	350	327	399	226	215	238	365	305	166	501	565	341	618,4
Świnoujście	191	0	67	0	157	28	155	173	57	105	37	182	96	568,5
Legnica	372	486	425	477	365	379	400	332	540	397	619	359	429	651,8
Włodawa	340	380	289	393	418	360	516	579	260	273	309	165	357	738,4
Zakopane	670	623	398	663	408	206	272	251	356	416	504	406	431	1264,8
Lesko	515	399	445	354	350	305	209	291	365	264	346	442	357	924,5
Średnia	481	390	345	392	311	268	298	340	347	308	403	357	<b>353</b>	721,6

**Tabela 5.** Średnia roczna aktywność beta opadów atmosferycznych w latach 2000 - 2009, mBq/l.

Placówka	Lata									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Warszawa	374	324	340	340	369	329	382	291	302	319
Gdynia	301	288	180	220	215	293	309	223	249	360
Mikołajki	442	514	598	502	535	455	449	421	431	491
Poznań	406	471	457	512	452	398	368	290	301	341
Świnoujście	155	106	127	151	164	147	62	94	64	96
Legnica	512	530	420	497	439	424	467	487	450	429
Włodawa	281	384	417	356	366	359	367	427	418	357
Zakopane	391	490	345	447	453	419	511	470	518	431
Lesko	335	320	393	421	401	398	359	362	366	357
Sieć placówek	335	381	364	383	377	358	364	340	344	353

Z przedstawionych w tabeli 7 danych wynika, że aktywność Be-7 waha się w ciągu roku w przedziale od 30,557 do 255,446 Bq/m<sup>2</sup>mies., a aktywność K-40 w granicach 0,574 - 2,631 Bq/m<sup>2</sup>mies. Błąd względny pomiaru aktywności izotopu Be-7 wynosi około 2 %, a dla K-40 leży w granicach 4 – 19 %. Jeśli chodzi o otrzymane aktywności dla izotopów radu, to można przyjąć, że średnia miesięczna aktywność dla Ra-226 jest mniejsza od 0,118 Bq/m<sup>2</sup>mies. a dla AC-228 - od 0,056 Bq/m<sup>2</sup>mies.

**Tabela 6.** Aktywność Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym w 2009 Bq/m<sup>2</sup>mies.

Miesiąc	Izotop			
	Cs – 137		Sr – 90	
	Aktywność	Błąd bezwzględny	Aktywność	Błąd bezwzględny
01	0,076	0,011	0,008	0,003
02	0,022	0,003	0,006	0,003
03	0,019	0,002	0,008	0,002
04	0,068	0,010	0,011	0,002
05	0,107	0,009	0,011	0,003
06	0,065	0,016	0,008	0,003
07	0,027	0,002	0,013	0,002
08	0,025	0,002	0,011	0,003
09	0,034	0,018	0,009	0,003
10	0,028	0,003	0,007	0,003
11	0,015	0,002	0,011	0,003
12	0,013	0,002	0,009	0,003
Suma	0, 499		0,112	

**Tabela 7.** Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2009, Bq/m<sup>2</sup>mies.

Miesiąc	Izotop			
	Ra-226	Ac-228	Be-7	K-40
01	*0,102	0,051	45,232	1,019
02	*0,071	0,138	35,906	1,238
03	*0,068	0,093	71,285	0,545
04	0,274	0,050	35,538	1,961
05	0,154	0,012	160,350	2,631
06	*0,132	0,059	255,446	2,204
07	*0,068	*0,018	125,262	1,035
08	*0,102	0,070	83,095	0,815
09	0,079	0,070	68,553	1,291
10	0,117	0,013	30,557	1,638
11	*0,072	0,074	53,819	0,741
12	0,175	0,028	64,853	0,574
Suma	<1,414	<0,676	1029,896	15,692
Średnia	<0,118	<0,056	85,825	1,308

\* dolna granica oznaczalności w danym pomiarze

**Uwzględniając, że w 2009 roku nie nastąpiło nowe skażenie atmosfery można przyjąć za wartości charakterystyczne dla sieci 9 stacji aktywności:**

- sumarycznego opadu całkowitego - 0,33 kBq/m<sup>2</sup>rok;
  - opadów atmosferycznych - 353 mBq/l dla średniej rocznego opadu;
  - izotopu Cs-137 osadzonego na powierzchni ziemi - 0,499 Bq/m<sup>2</sup>rok;
  - izotopu Sr-90 osadzonego na powierzchni ziemi - 0,112 Bq/m<sup>2</sup>rok
- oraz średnią roczną wielkość mocy dawki promieniowania gamma - 93 nGy/h (tabela 1).

**Podsumowując powyższe wartości leżą w zakresie tła i nie przekraczają poziomu zmierzonego w poprzednich latach.**

### **3. Dodatek A. Krótka analiza korelacji pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma, a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu.**

Analizując związki między zmierzonymi wartościami mocy dawki promieniowania gamma, a wartościami wysokości opadu deszczu można przyjąć hipotezę o istnieniu takich korelacji. Można to tym uzasadnić, iż zanieczyszczenia wszelkiego rodzaju (m.in. zanieczyszczenia radioaktywne) przenoszone są przez ośrodek, który można sparametryzować poprzez wielkości takie, jak wysokość i rodzaj opadu, temperatura, prędkość wiatru itp. Patrząc na to od strony fizycznej, w powietrzu, w jego wszystkich warstwach znajdują się pewne promieniotwórcze substancje w różnych stanach skupienia (najczęściej aerozoli). Mierzony przez sondy poziom radioaktywności jest uzależniony od warunków fizycznych atmosfery.

Przyjmijmy założenie, iż zjawiska meteorologiczne w postaci deszczu powinny przyczyniać się do zwiększania wartości wielkość mocy dawki mierzonej przez sondę pomiarową. Jest to spowodowane tym, iż deszcz wymywa do gleby, z wyższych warstw atmosfery (troposfery) tę część radioaktywnej materii, której promieniowanie – przy braku czynnika umożliwiającego opadanie – nie byłoby wykrycia aparaturą pomiarową. I odwrotnie, w wyniku opadu śniegu, przy sprzyjających warunkach, na powierzchni gleby tworzy się pokrywa śnieżna, która naturalnie ekranuje glebę czy nawet warstwy śniegu położone głębiej, i zmniejsza poziom mocy dawki promieniowania gamma wykrywany przez sondę. W niniejszej pracy badamy związki z wielkościami mocy dawki mierzonymi na sieci stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych w latach 2000 - 2009.

Jako że w obecnej pracy posiadamy możliwość wykorzystania danych z ostatnich 10 lat przedstawiona została analiza korelacji dla wszystkich 9 stacji sieci. Zostały też sporządzone wykresy pokazujące zależności pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma, a opadem deszczu oraz grubością pokrywy śnieżnej. Przy analizowaniu wszystkich wykresów trzeba zwracać uwagę na skalę, została ona wybrana tak, aby uzyskać najlepszą przejrzystość wykresów i w związku z tym użyto skali czasowej od 2002 do 2009 roku.

Chcąc zweryfikować założenie o związkach między wartościami mocy dawki, a wysokością opadu deszczu (dobową) obliczone zostały współczynniki korelacji liniowej. Wartości korelacji zamieszczone są w tabelach 8a i 8b.

W ww. tabelach pomiędzy badanymi przez nas wielkościami istnieją niezerowe korelacje. Co więcej, przyglądając się dokładniej współczynnikowi korelacji można zauważyć, że nie ma on charakteru chaotycznego tylko oscyluje on w okolicach wartości 0,26. Dowodzi to po raz kolejny tezy, że opad deszczu pociąga jednoznacznie i wyraźnie za sobą wzrost mocy dawki promieniowania gamma w poziomie określonym przez nas współczynnikiem korelacji.

W przypadku pokrywy śnieżnej obserwujemy również istnienie niezerowych korelacji. Wartość ujemna wynika z wspomnianego już ekranowania promieniowania gamma przez warstwę śniegu. Obliczona wartość średnia pokazuje, że również w tym wypadku współczynnik nie jest przypadkowy tylko również jednoznacznie i wyraźnie wiąże osłabienie mocy dawki przy



pojawieniu się pokrywy śnieżnej.

Tabela 8a. Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621, a dobową sumą opadu atmosferycznego w okresie 2000-2009.

Nr stacji	Stacja	Współ Korelacji
1	Wawa	<b>0,374</b>
2	Gdynia	<b>0,103</b>
4	Mikołajki	<b>0,153</b>
6	Gorzów	<b>0,343</b>
7	Świnoujście	<b>0,291</b>
8	Legnica	<b>0,258</b>
151	Włodawa	<b>0,263</b>
165	Zakopane	<b>0,340</b>
166	Lesko	<b>0,211</b>
	<b>średnia</b>	<b>0,259</b>

Tabela 8b. Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621, a grubością warstwy śniegu w okresie 2000 – 2009.

Nr stacji	Stacja	Współ Korelacji
1	Wawa	<b>-0,615</b>
2	Gdynia	<b>-0,094</b>
4	Mikołajki	<b>-0,785</b>
6	Gorzów	<b>-0,305</b>
7	Świnoujście	<b>-0,523</b>
8	Legnica	<b>-0,354</b>
151	Włodawa	<b>-0,355</b>
165	Zakopane	<b>-0,757</b>
166	Lesko	<b>-0,531</b>
	<b>średnia</b>	<b>-0,480</b>

Na rysunkach (19-27) pokazane zostały również rozkłady (histogramy) wartości mocy dawki sondy FHZ, mierzone na wszystkich stacjach w latach 2002-2009. W warunkach standardowych (brak awarii elektrowni czy prób jądrowych) rozkład taki powinien być zbliżony do rozkładu normalnego, z jednym wyraźnie zaznaczonym maksimum. Jednak na niektórych rysunkach (20, 21, 24, 26, 27) widać wyraźną asymetrię (długi „ogon” przy niskich wartościach) oraz podwójne maksima. Ten efekt jest wynikiem zmian mierzonych wartości mocy dawki spowodowanych opadem deszczu. Użycie do analizy długiego okresu czasowego i przyjrzenie się nałożonym na siebie przebiegom rocznym wartości mocy dawki oraz opadu deszczu i śniegu, potwierdza fakt występowania ww. zjawisk.

Pokrywa śnieżna powoduje obniżenie mierzonych wartości mocy dawki i na odwrót, jej zanik (wiosna) daje w rezultacie raptowny skok wartości mierzonych i, co za tym idzie, efekt drugiego maksimum w histogramie wartości.

Jeśli chodzi o opady, to ich duża wysokość przekłada się na raptowny wzrost mocy dawki mierzonej na stacjach. Jeśli taki opad nie ma charakteru trwałego, to zaraz potem następuje spadek wartości mocy dawki.

Otrzymane niezerowe wartości współczynników korelacji liniowej przekonują o

słuszności wyprowadzonych relacji między wartościami mocy dawki a wybranymi zjawiskami meteorologicznymi i to zarówno w przypadku dodatnich korelacji mocy dawki – z wysokością opadu, jak i ujemnych – z grubością pokrywy śnieżnej.

#### **4. Dodatek B. Krótka analiza korelacji pomiędzy wartościami promieniowania alfa, a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu.**

Podobnie jak w przypadku mocy dawki promieniowania gamma można zakładać, że istnieją pewne zależności między mierzonymi wartościami promieniowania alfa pochodzącego z rozpadu występującego naturalnie w przyrodzie radonu i toronu, a wartościami elementów meteorologicznych. Również jak w przypadku mocy dawki takie założenie jest uzasadnione tym, iż zanieczyszczenia (w tym zanieczyszczenia promieniotwórcze) transportowane są przez ośrodek, który można scharakteryzować między innymi poprzez takie parametry, jak wysokość i rodzaj opadu, temperatura, prędkość wiatru itp., a zatem, od strony fizycznej, w atmosferze znajdują się pewne promieniotwórcze substancje w różnych stanach skupienia (od gazów do ciał stałych) i poziomie promieniowania, który zależy od stanu atmosfery, a zatem również od wielkości różnych parametrów meteorologicznych np. temperatura, deszcz, śnieg, wiatr itp.

Jednakże, odwrotnie niż w przypadku mocy dawki, można postawić tezę, że opad w postaci śniegu lub deszczu powinien zmniejszyć wartości naturalnego promieniowania alfa aerozoli, gdyż w zasadzie w sposób nieodwracalny wymywa on do gleby część aerozoli przenoszonych w powietrzu, która to część jest źródłem promieniowania, zwykle wykrywanego przez urządzenia pomiarowe.

Jako zakres czasowy badań przyjęto lata 2000-2009. Dla tego okresu te dwa elementy meteorologiczne – opad atmosferyczny w postaci wody oraz w postaci śniegu – zostały dokładniej zbadane pod kątem ewentualnych związków z wielkościami naturalnego promieniowania alfa mierzonymi na następujących stacjach sieci pomiaru skażeń: Mikołajki, Świnoujście, Zakopane i Lesko.

Zbadano przede wszystkim rozkłady wartości promieniowania mierzone na tych stacjach. Stwierdza się zasadniczo różny charakter rozkładów w porównaniu do mocy dawki – długi „ogon” rozkładu skierowany był w stronę wysokich wartości, natomiast od strony zera rozkład był raptownie odcięty.

Jeśli przyjrzeć się nałożonym na siebie przebiegom rocznym wartości promieniowania alfa oraz poszczególnych elementów meteorologicznych, to efekt ten staje się zrozumiały, a teza o relacjach między tymi mierzonymi wartościami promieniowania, a elementami meteorologicznymi wydaje się być właściwa.

Duża wysokość opadu powoduje silne wymywanie i mokrą depozycję do gruntu aerozoli, a co za tym idzie, zmniejszenie wartości promieniowania alfa aerozoli.

Jeśli taki opad nie ma charakteru długotrwałego, to zaraz potem następuje wzrost wartości.

Dla statystycznej weryfikacji hipotez o relacjach między wartościami promieniowania alfa aerozoli, a poszczególnymi elementami meteorologicznymi obliczone zostały współczynniki korelacji. Wartości korelacji zamieszczone są w tabelach 9a i 9b.

Poddając analizie poniższe tabele widzimy niezerowe korelacje, ale także, że są one mniejsze niż w przypadku mocy dawki. Wnioskujemy stąd, że mierzone wartości promieniowania alfa są mniej czułe na opady atmosferyczne niż moc dawki. Wartości ujemne współczynnika wynikają z faktu, przypomnijmy jeszcze raz, że deszcz usuwa z powietrza pierwiastki alfa promieniotwórcze, i co za tym idzie nie zostaną one zmierzone na aparaturze pomiarowej typu FHT59Si.

**Tabela 9a.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a sumą dobową opadu w okresie 2000 – 2009.

Nr stacji	Stacja	Współ Korelacji
4	Mikołajki	<b>-0,067</b>
7	Świnoujście	<b>-0,070</b>
8	Legnica	<b>-0,092</b>
151	Włodawa	<b>-0,079</b>
165	Zakopane	<b>-0,201</b>
166	Lesko	<b>-0,128</b>
	średnia	<b>-0,106</b>

**Tabela 9b.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a grubością pokrywy śnieżnej w okresie 2000 – 2009.

Nr stacji	Stacja	Współ Korelacji
4	Mikołajki	<b>0,060</b>
7	Świnoujście	<b>-0,038</b>
8	Legnica	<b>-0,034</b>
151	Włodawa	<b>0,158</b>
165	Zakopane	<b>-0,048</b>
166	Lesko	<b>0,024</b>
	średnia	<b>0,020</b>

Podobnie jak w przypadku opadu atmosferycznego, śnieg usuwa z powietrza pierwiastki alfa radioaktywne. Opad śniegu w znacznie mniejszym stopniu wpływa jednak na osłabienie promieniowania alfa niż na osłabienie mocy dawki. Ponadto wpływ mają dodatkowe warunki związane z ruchem mas powietrza oraz wynikające z położenia geologicznego.

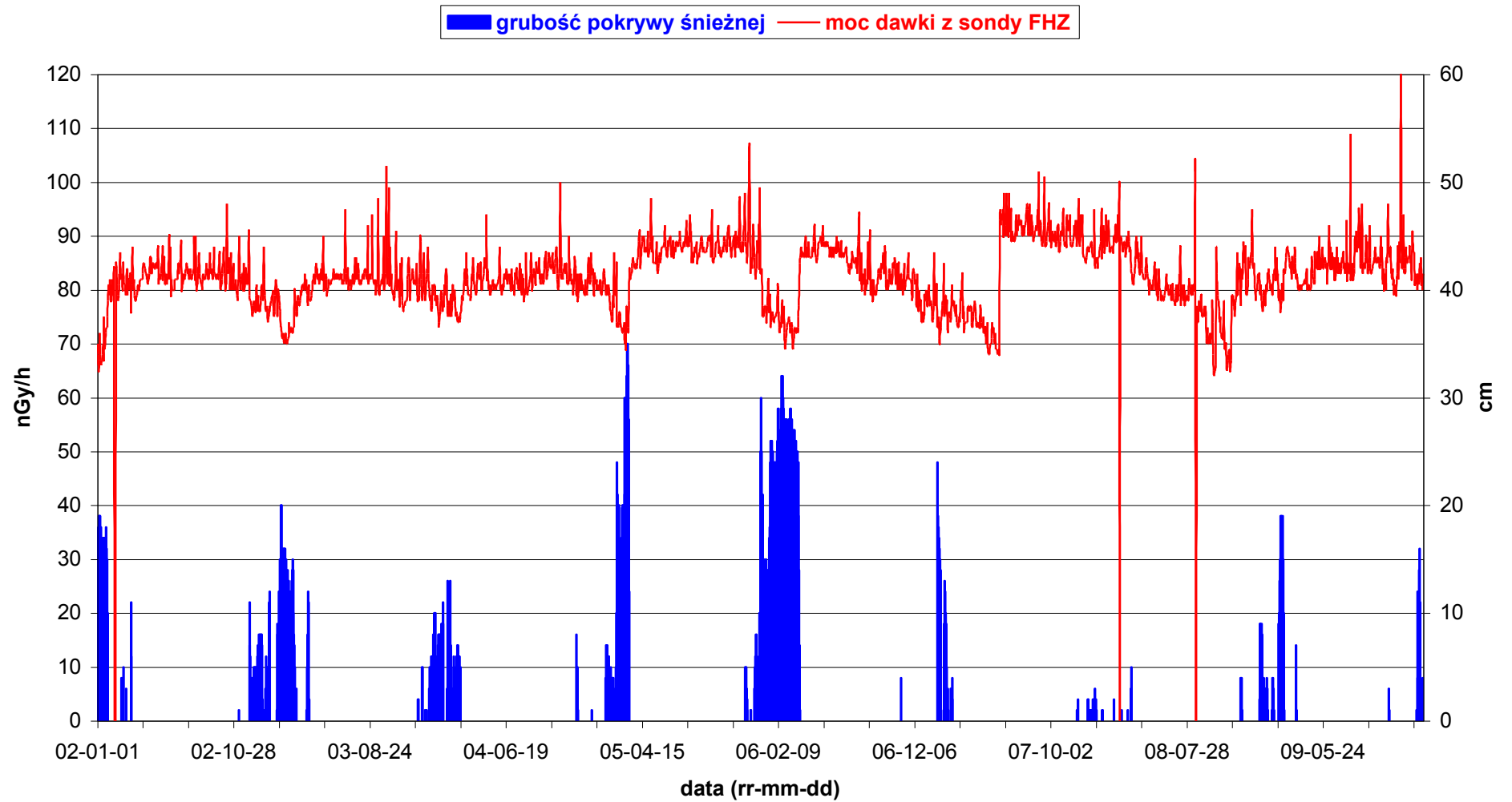
5. Wykresy przedstawiające wartości mocy dawki promieniowania gamma na tle wysokości opadu deszczu oraz grubości warstwy śniegu.

6. Rysunki przedstawiające rozkłady wartości mocy dawki promieniowania gamma.

7. Wykresy przedstawiające wartości mocy dawki promieniowania gamma na tle wysokości opadu deszczu oraz grubości warstwy śniegu.

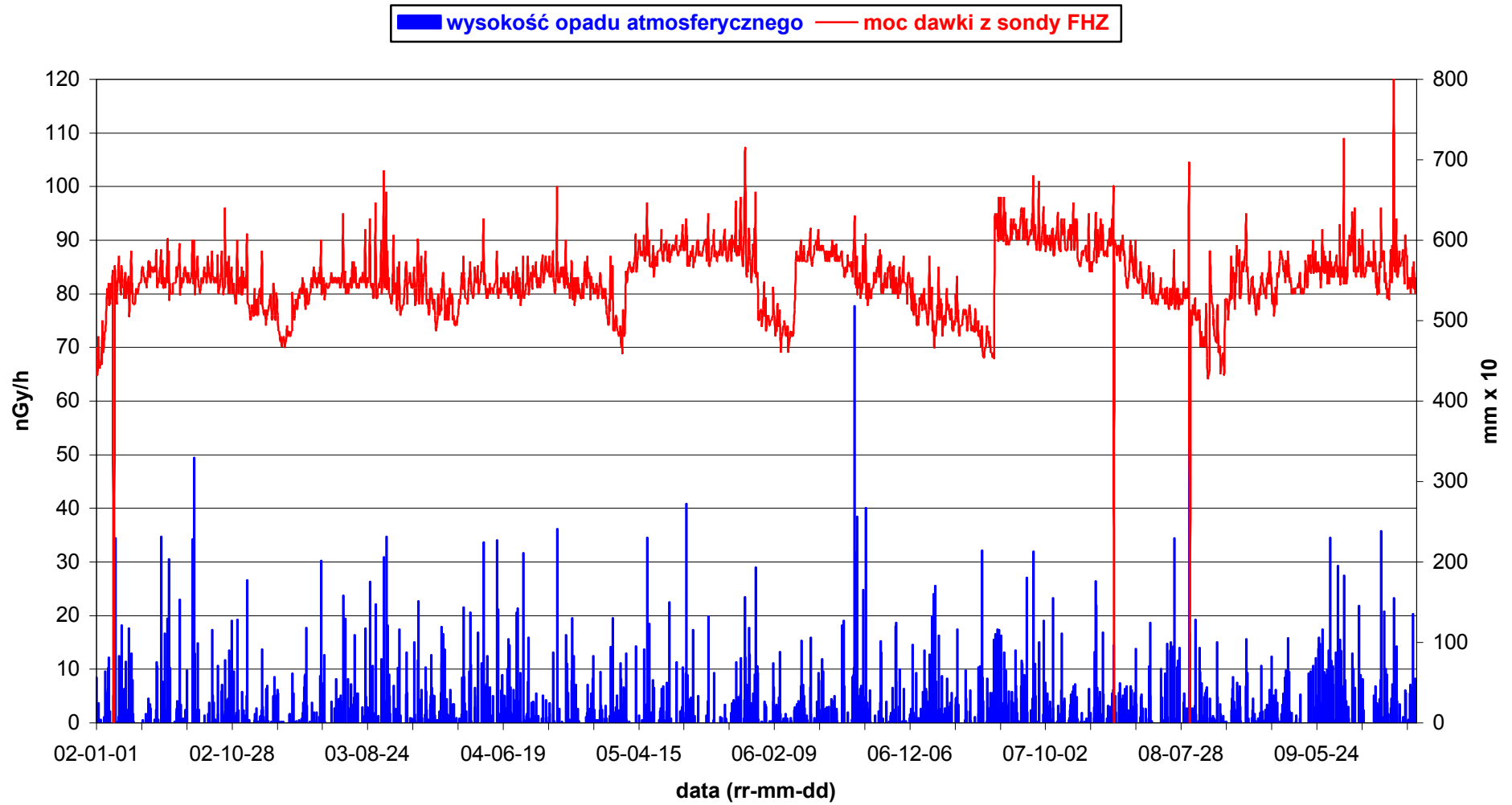
8. Rysunki przedstawiające rozkłady wartości promieniowania alfa.

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Warszawa



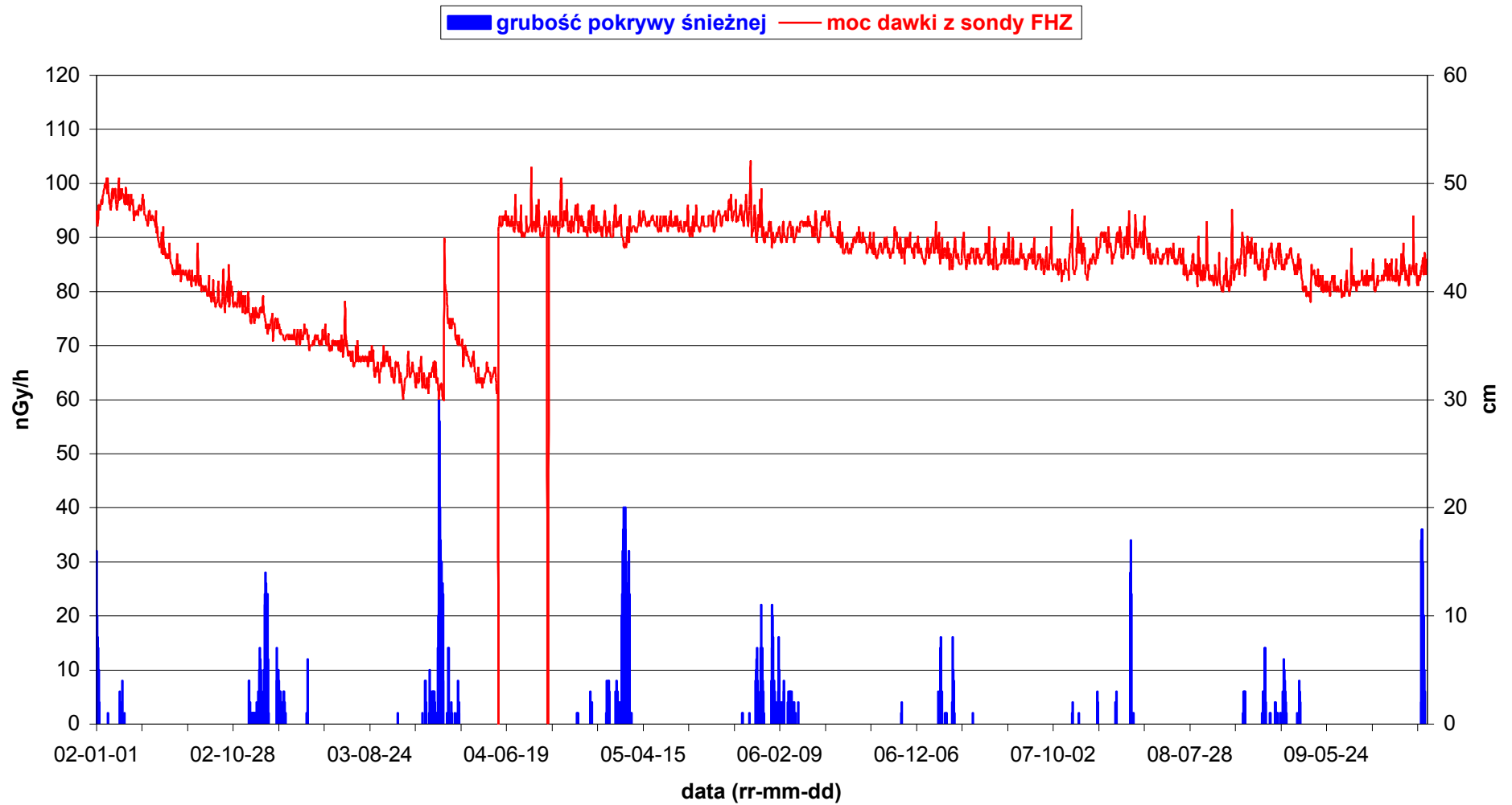
Rys. 1

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Warszawa



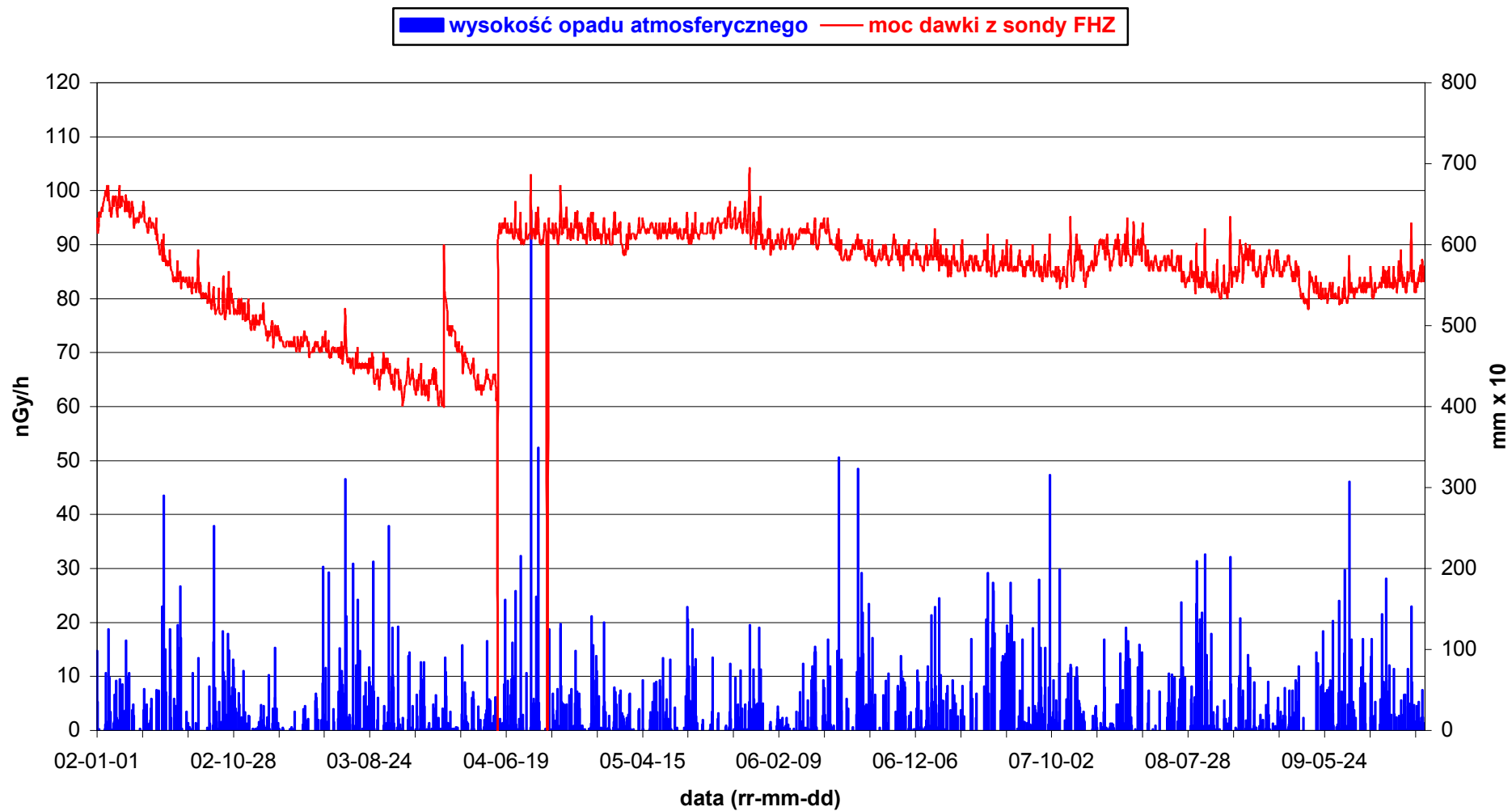
Rys. 2

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Gdynia



Rys. 3

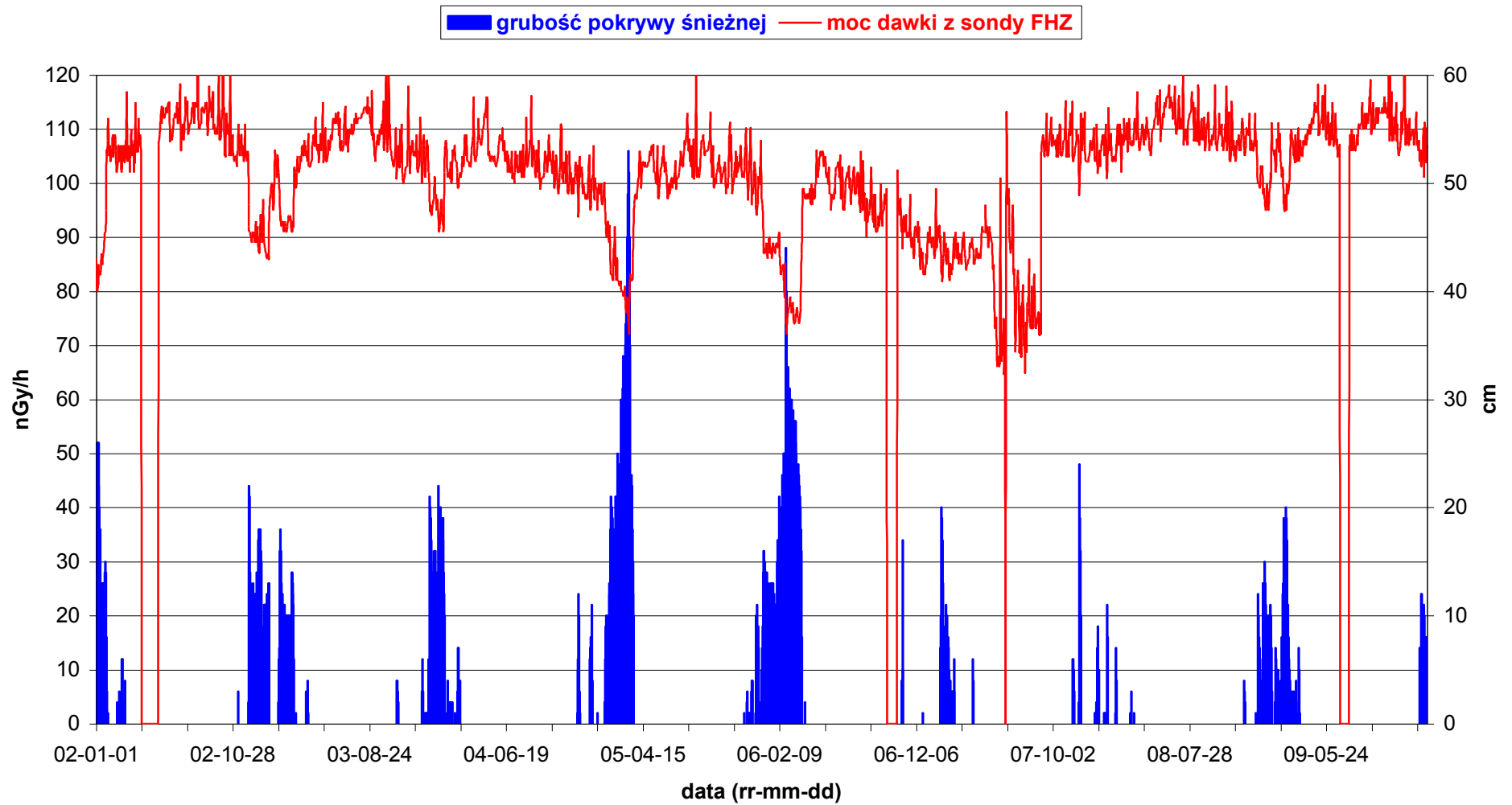
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Gdynia



Rys. 4

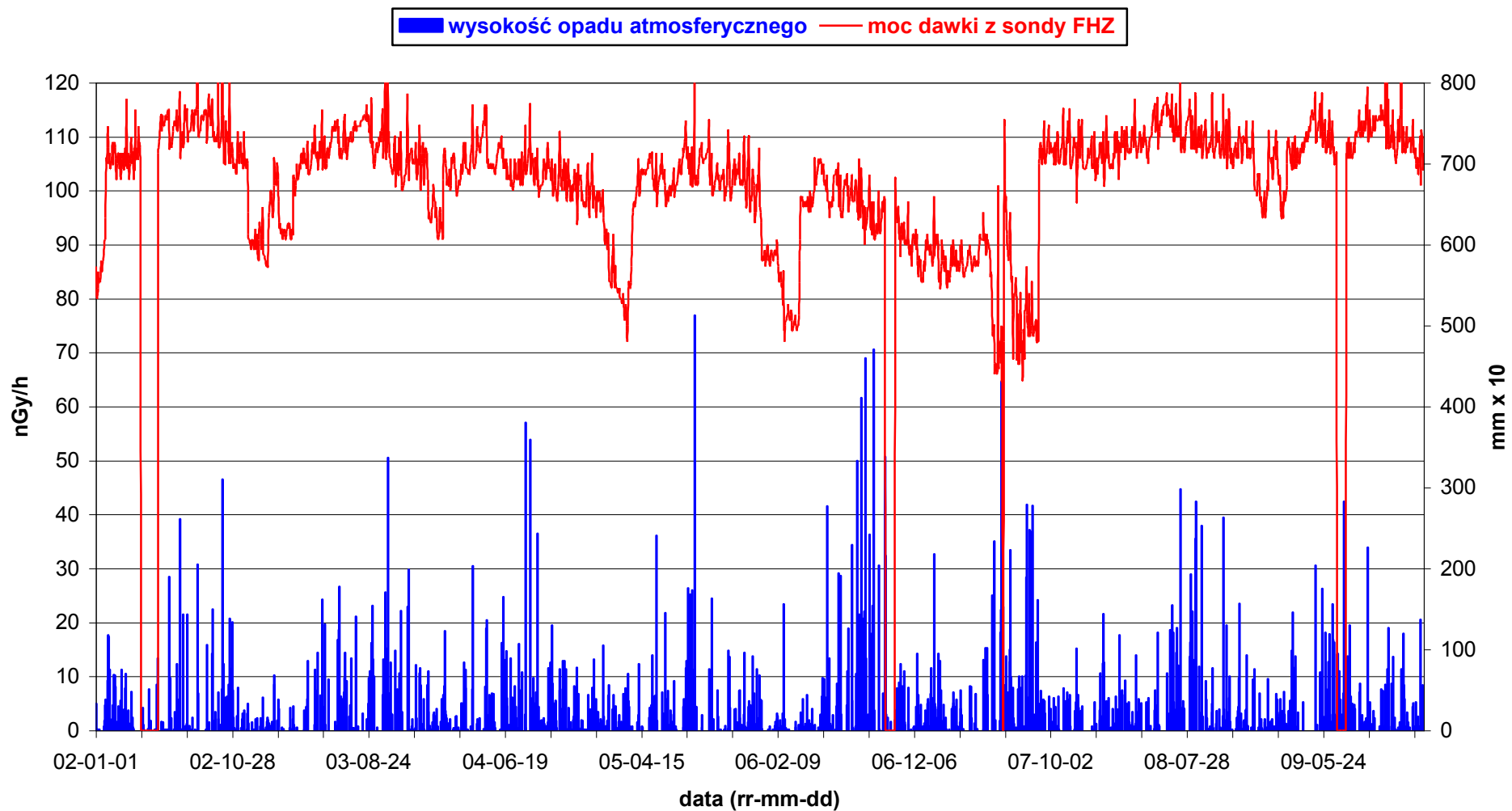


Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki

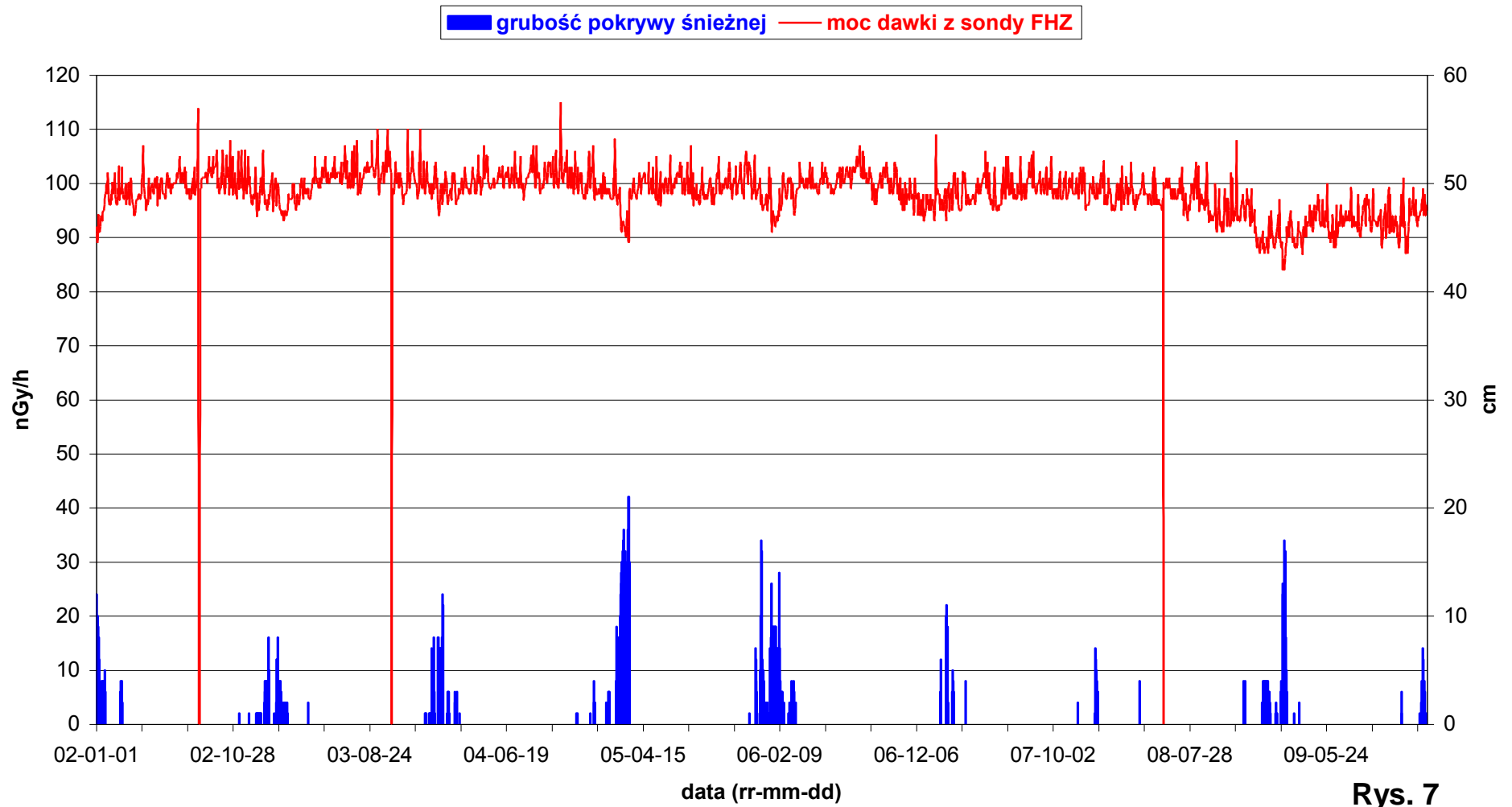


Rys. 5

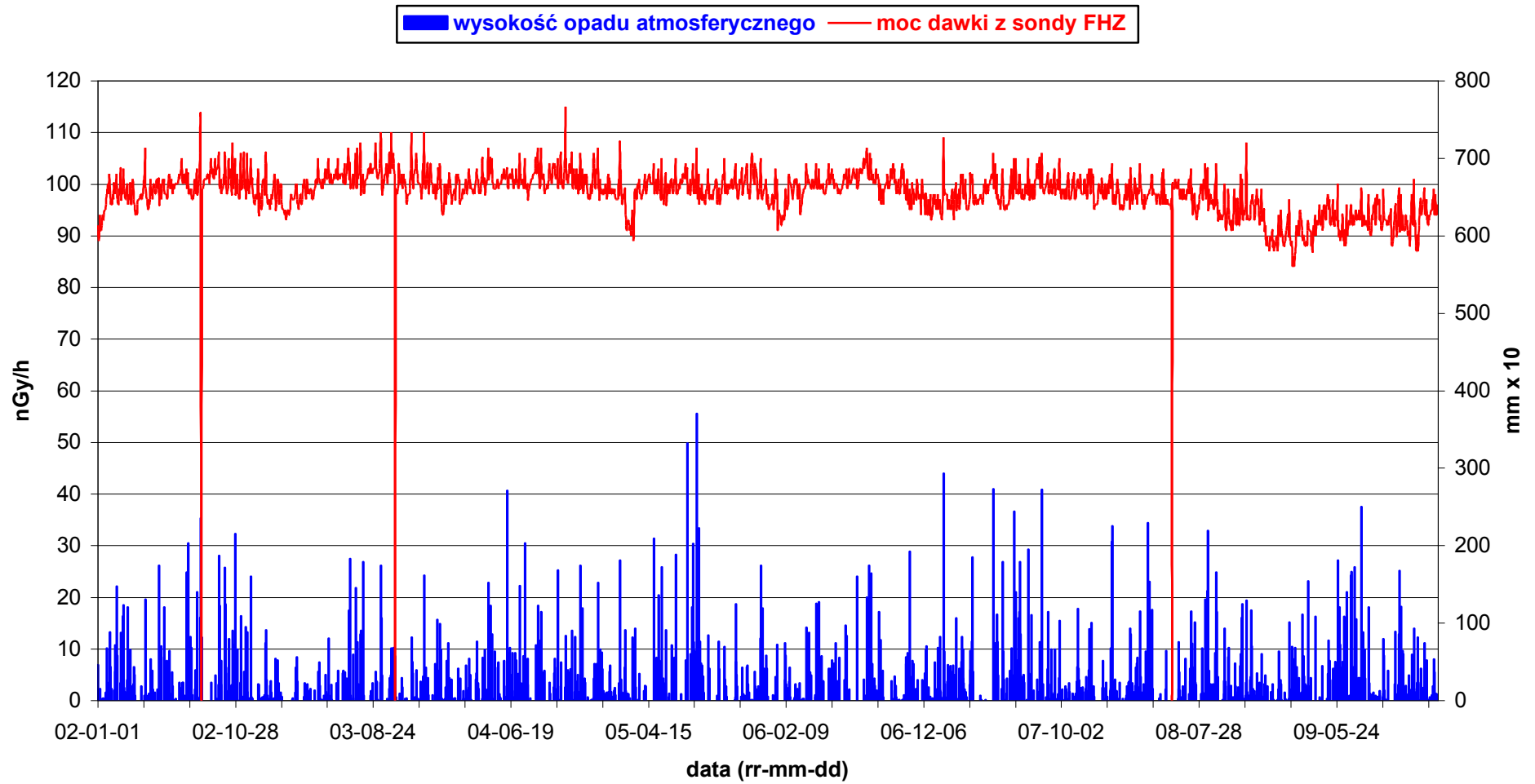
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki



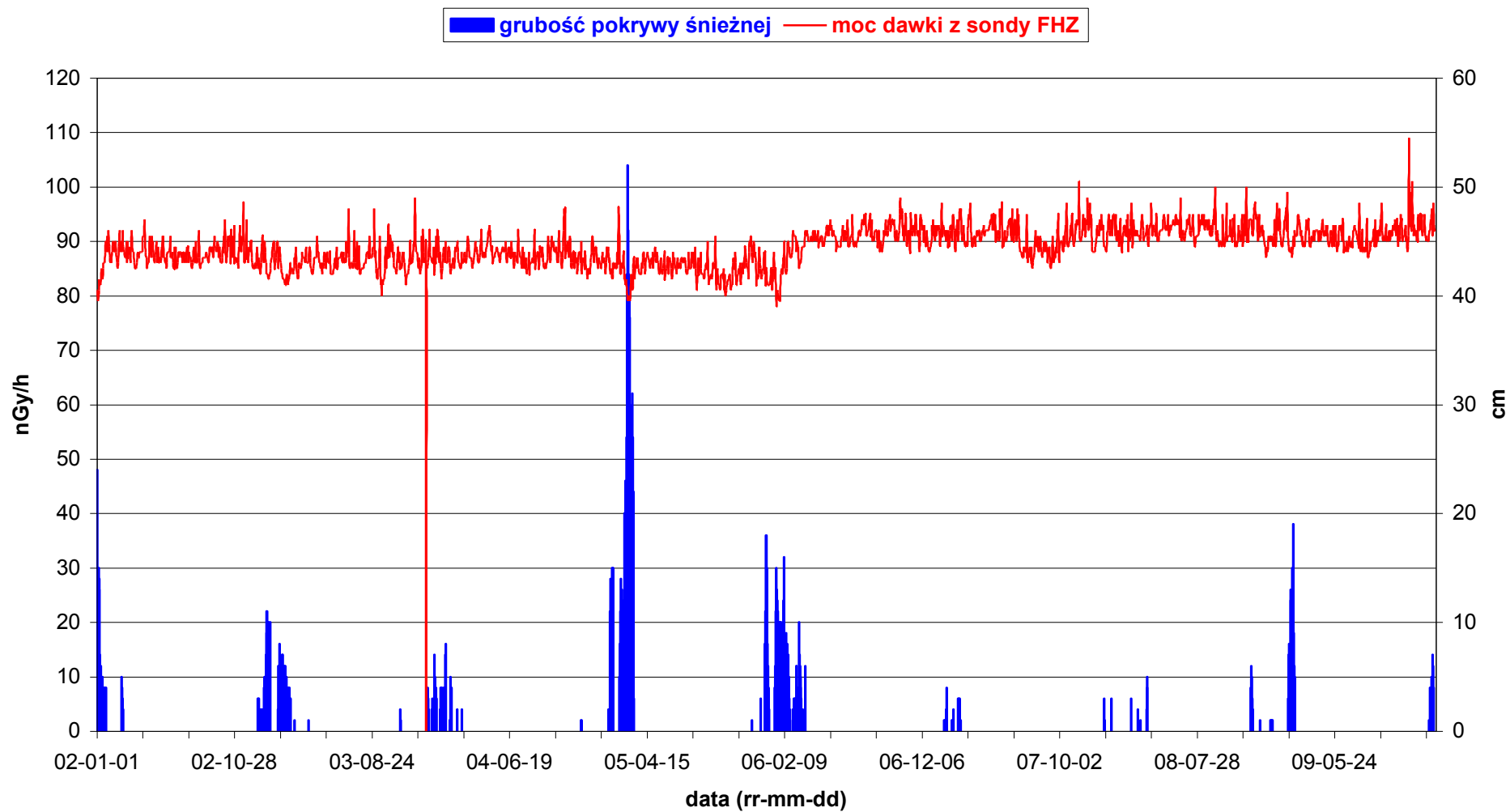
Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Gorzów Wlkp



Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Gorzów Wlkp

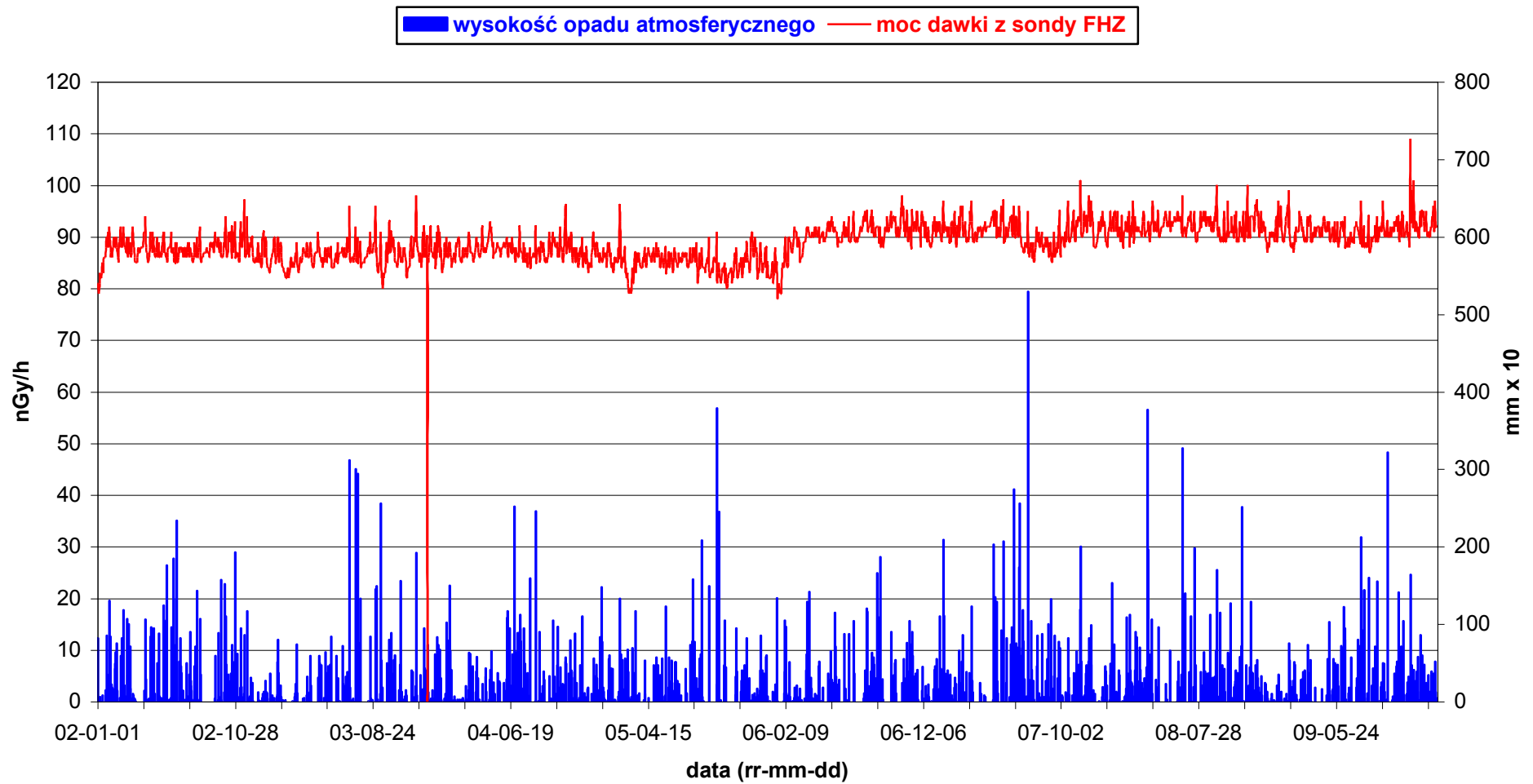


Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście



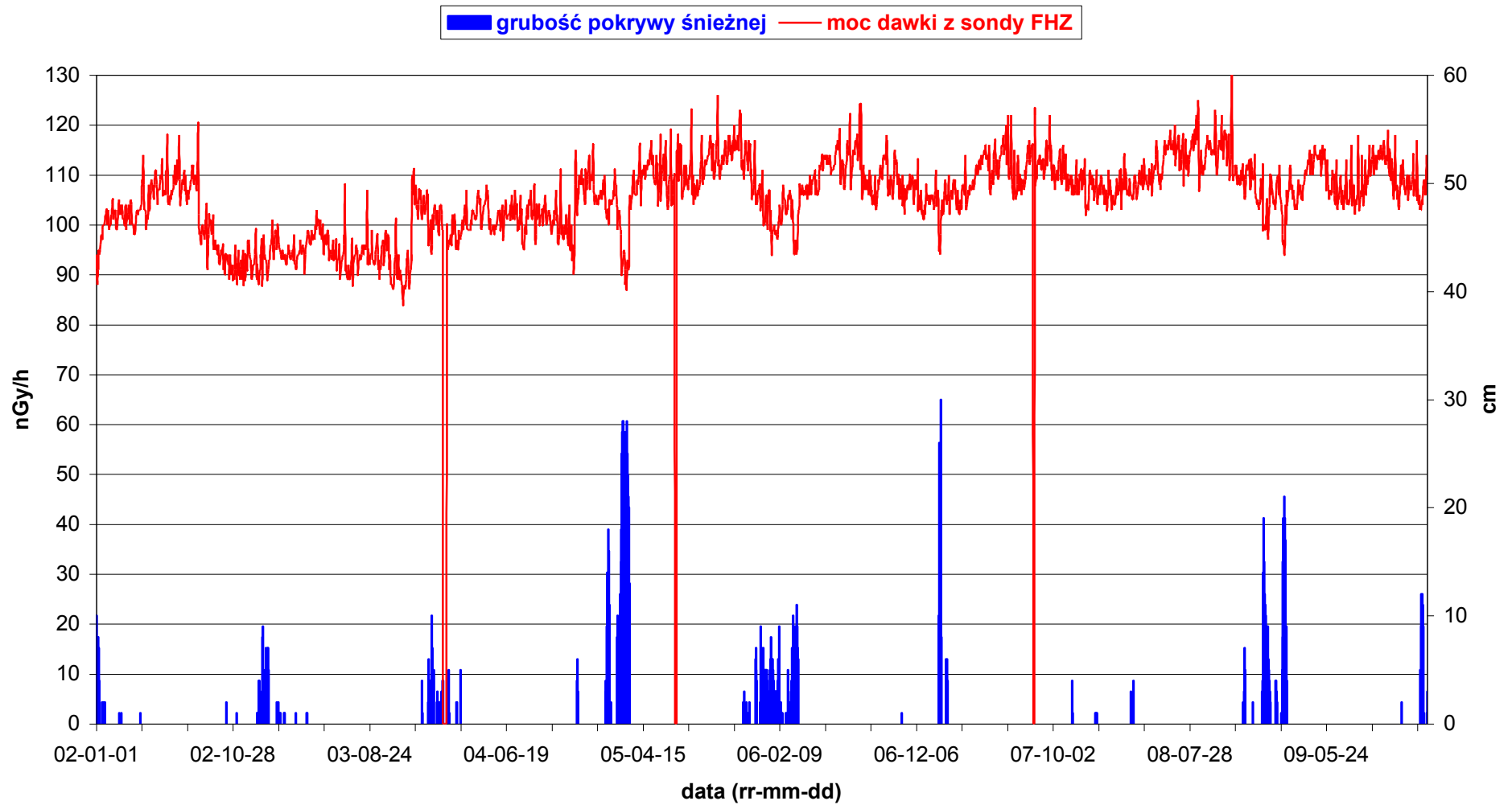
Rys. 9

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście



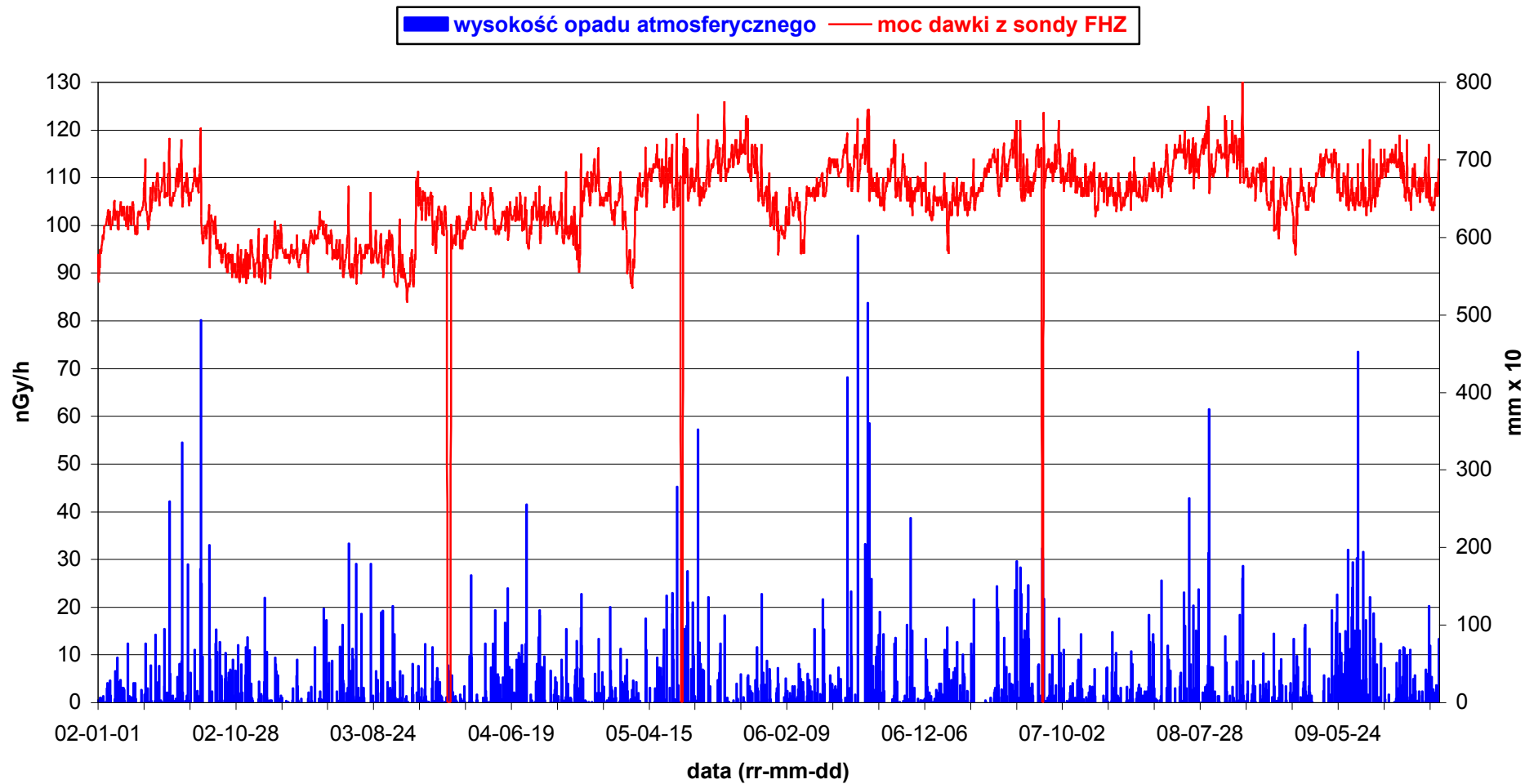
Rys. 10

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Legnica



Rys. 11

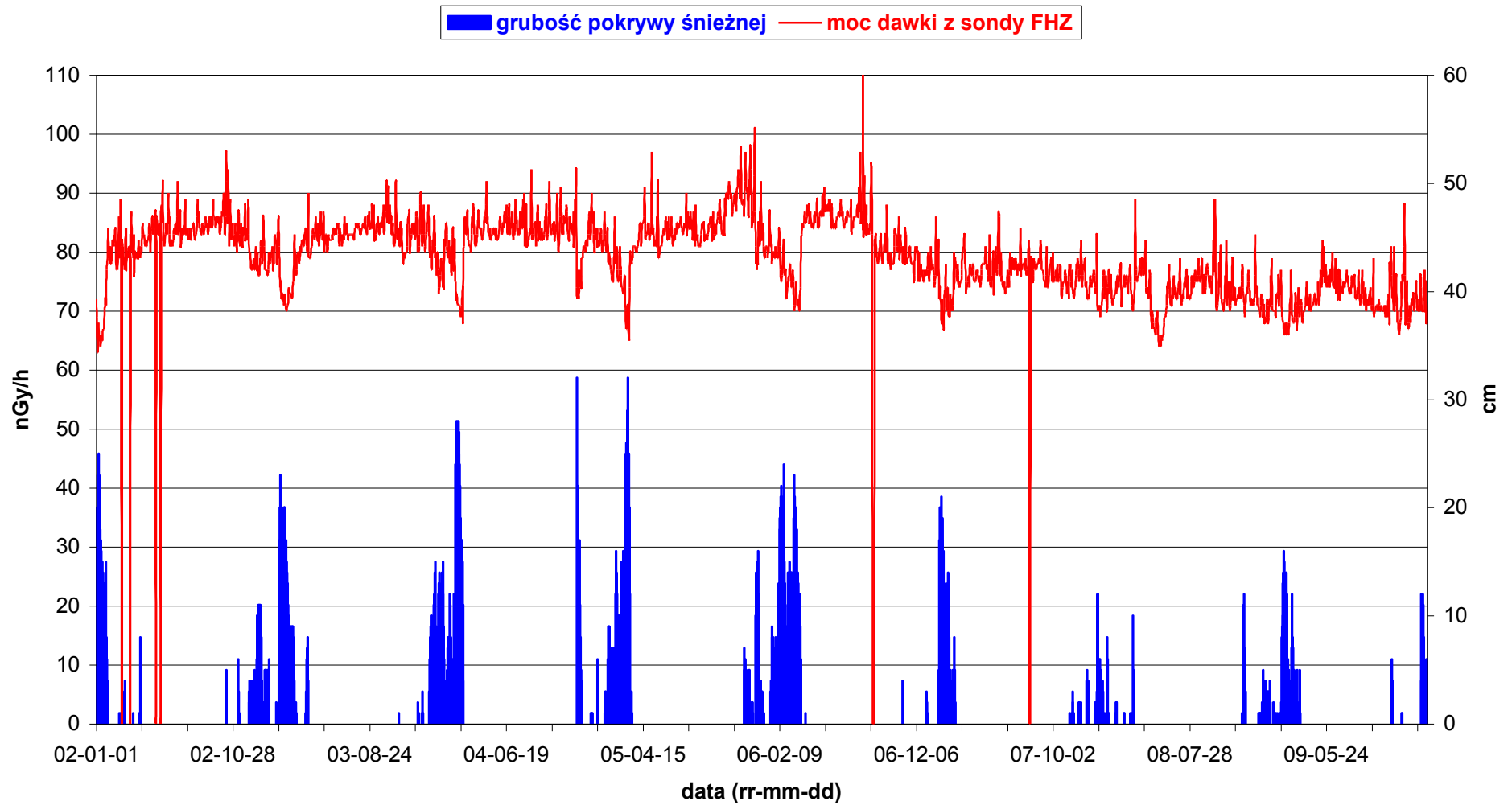
Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Legnica



Rys. 12

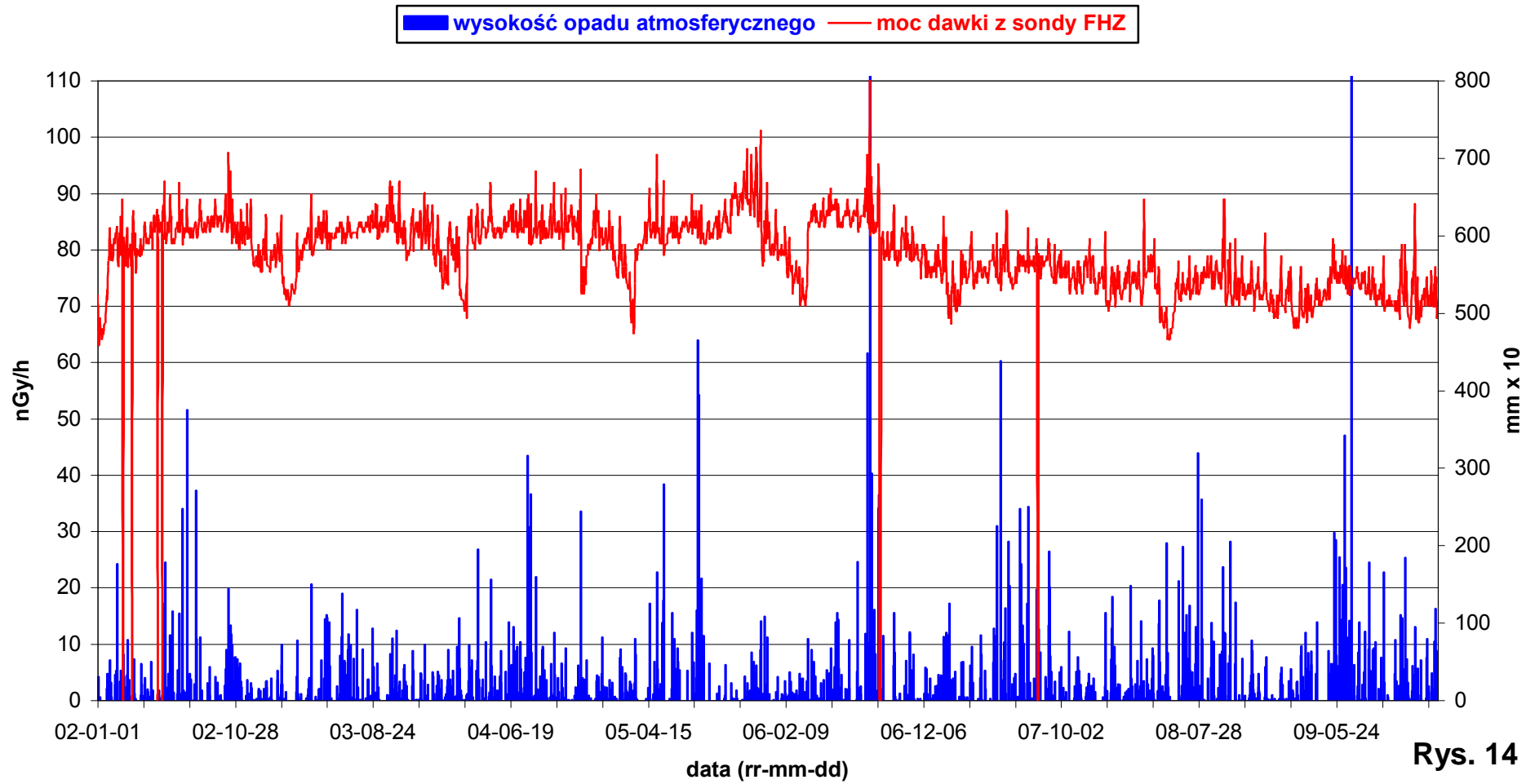


Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Włodawa



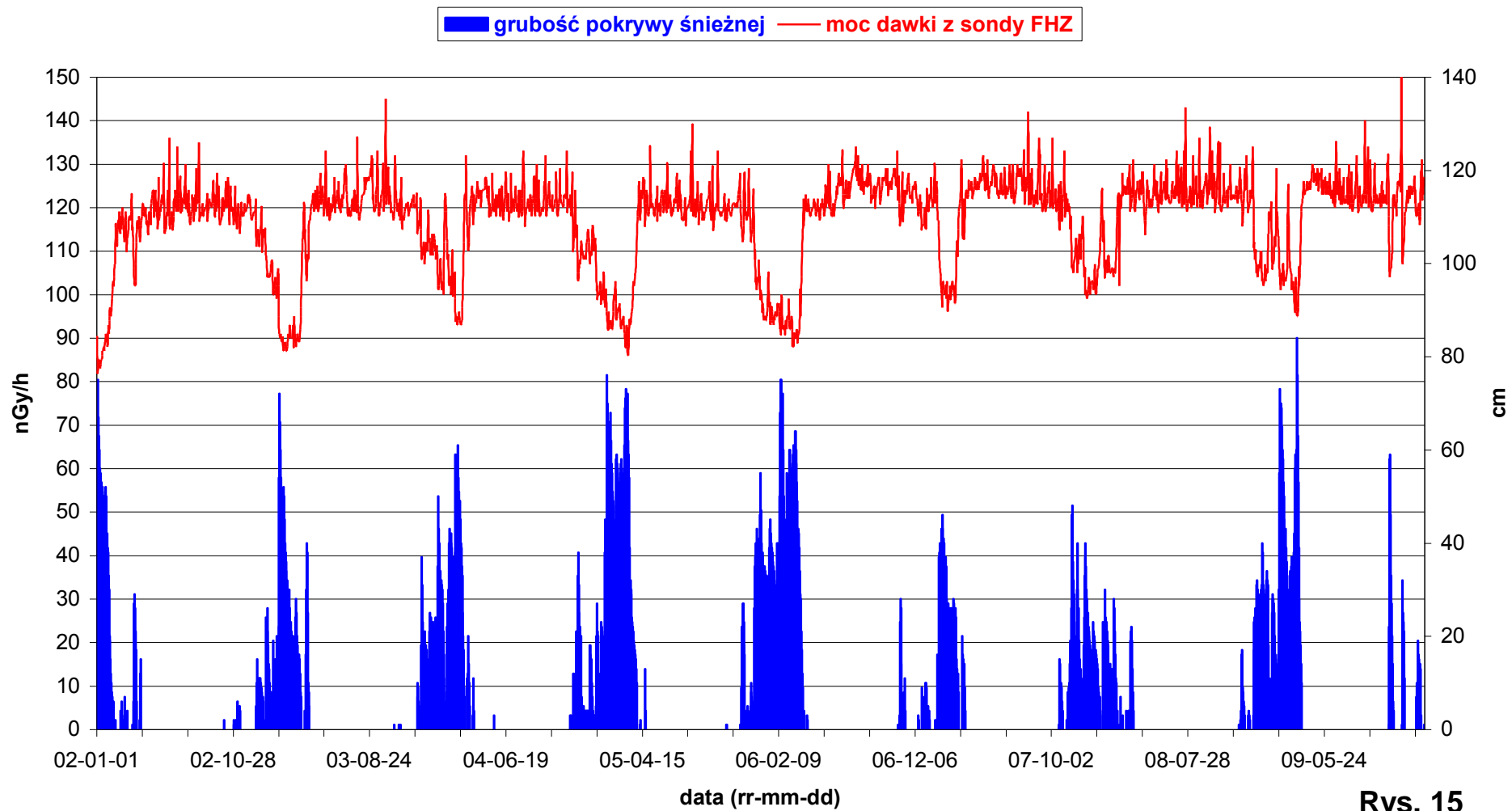
Rys. 13

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Włodawa



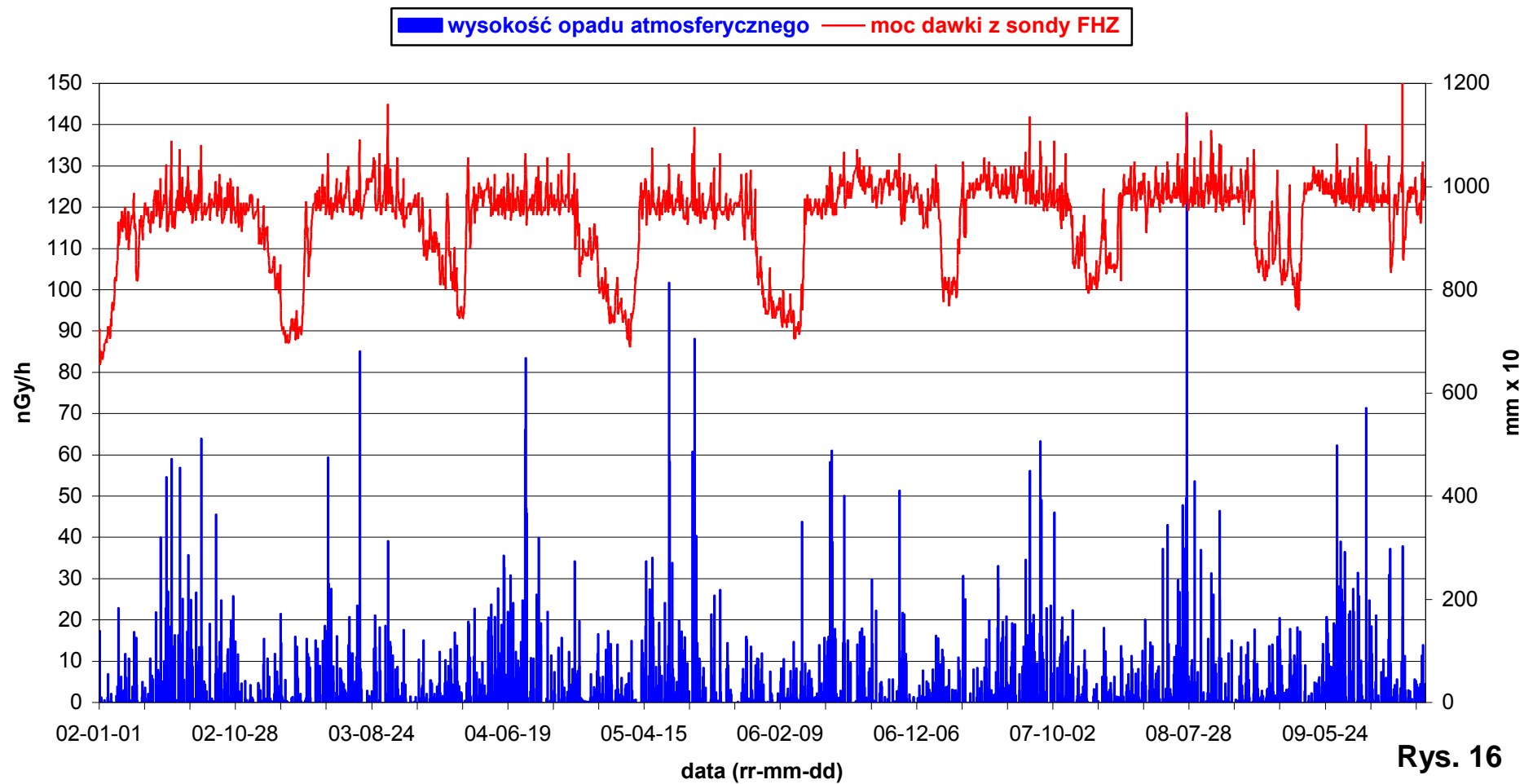
Rys. 14

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Zakopane



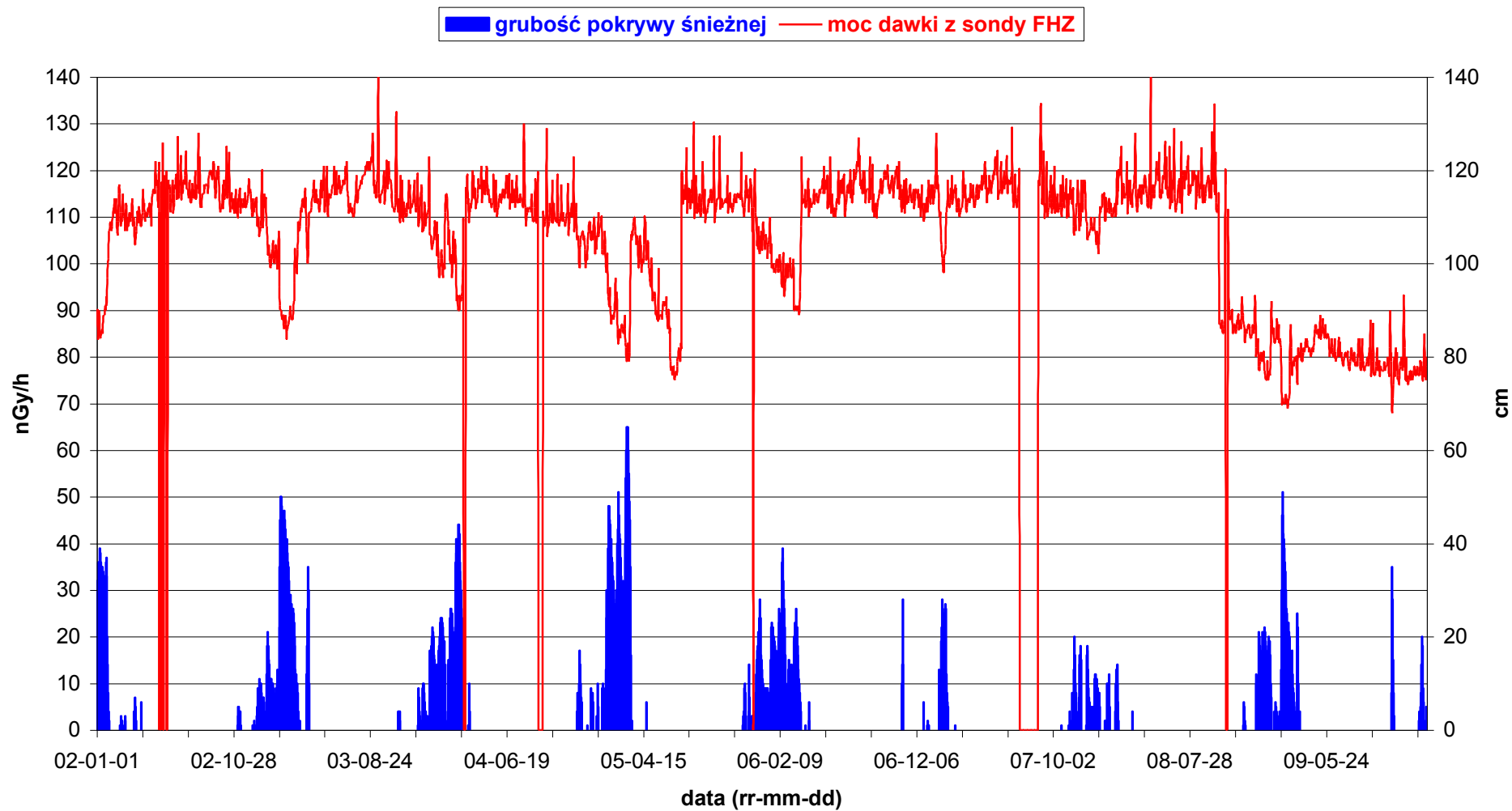
Rys. 15

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Zakopane



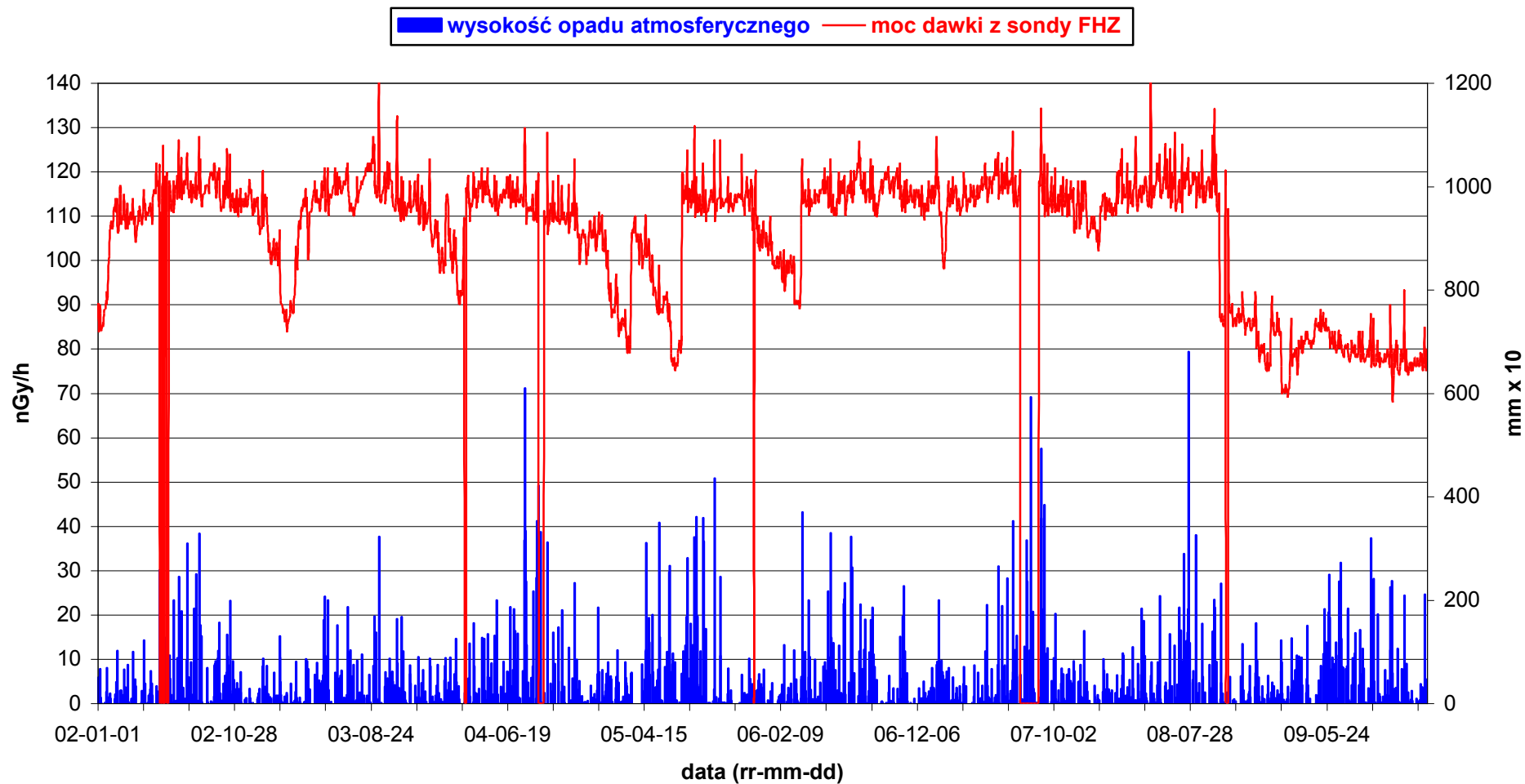
Rys. 16

Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Lesko



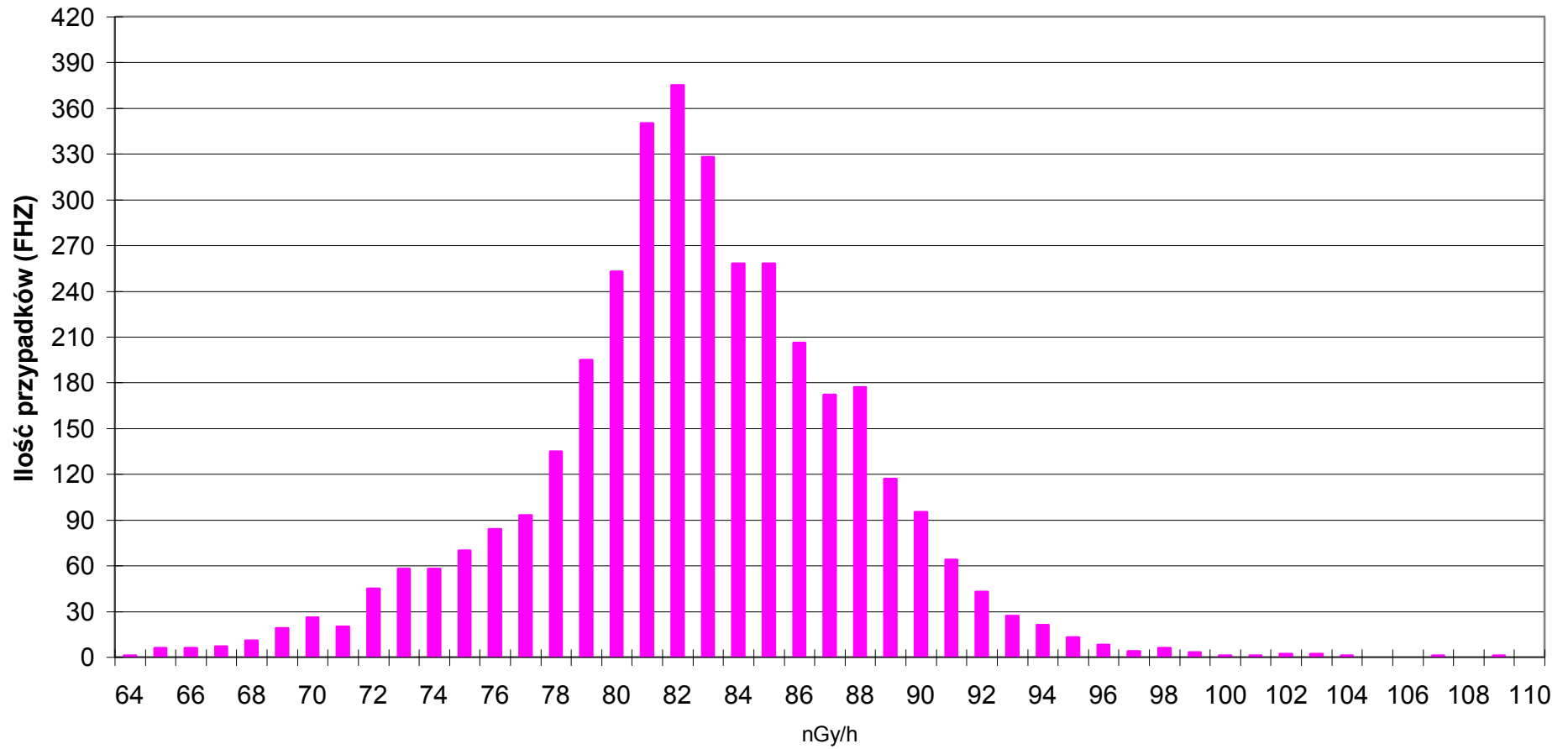
Rys. 17

Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Lesko



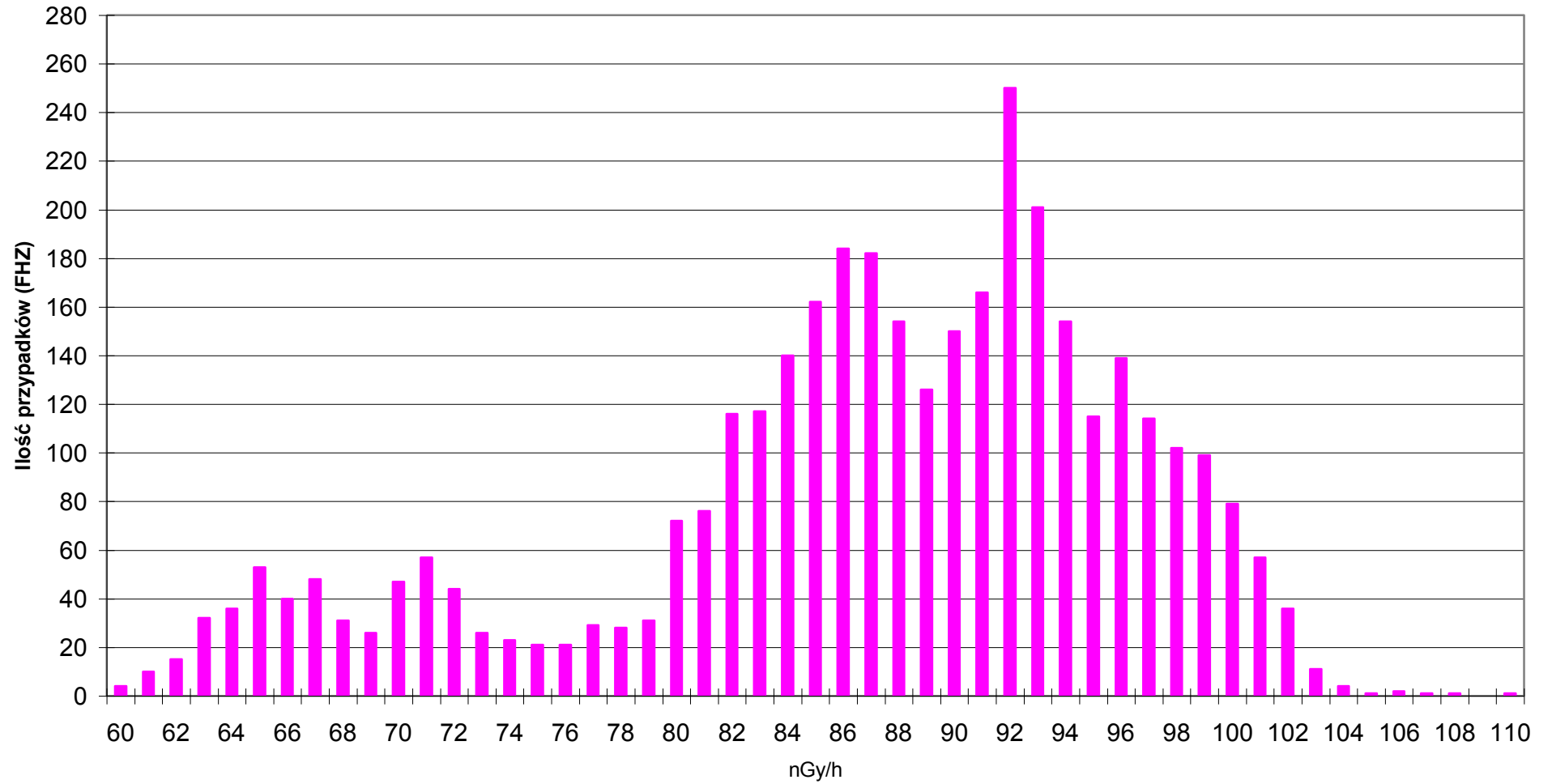
Rys. 18

**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
stacja Warszawa**



**Rys. 19**

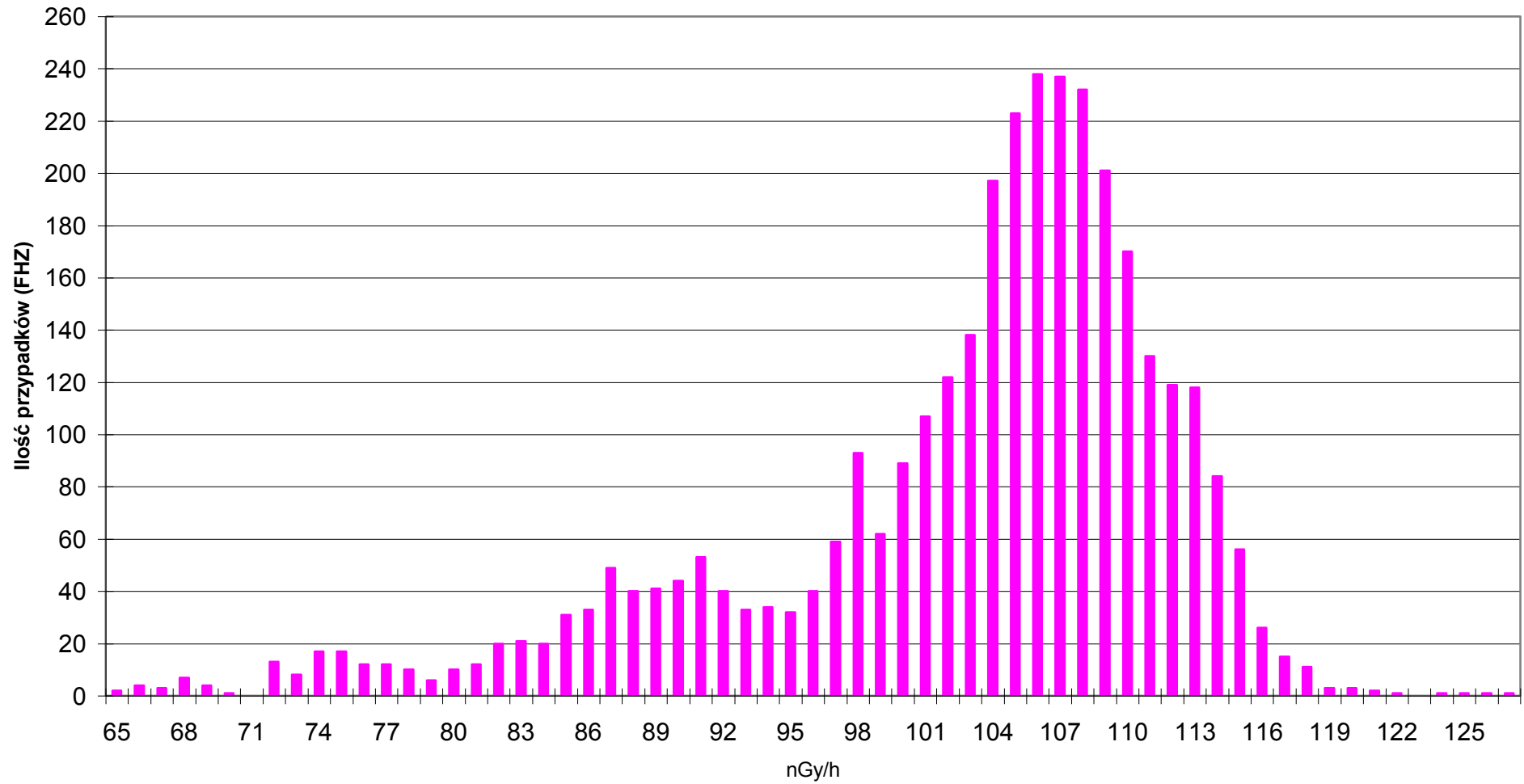
Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
stacja Gdynia



Rys. 20

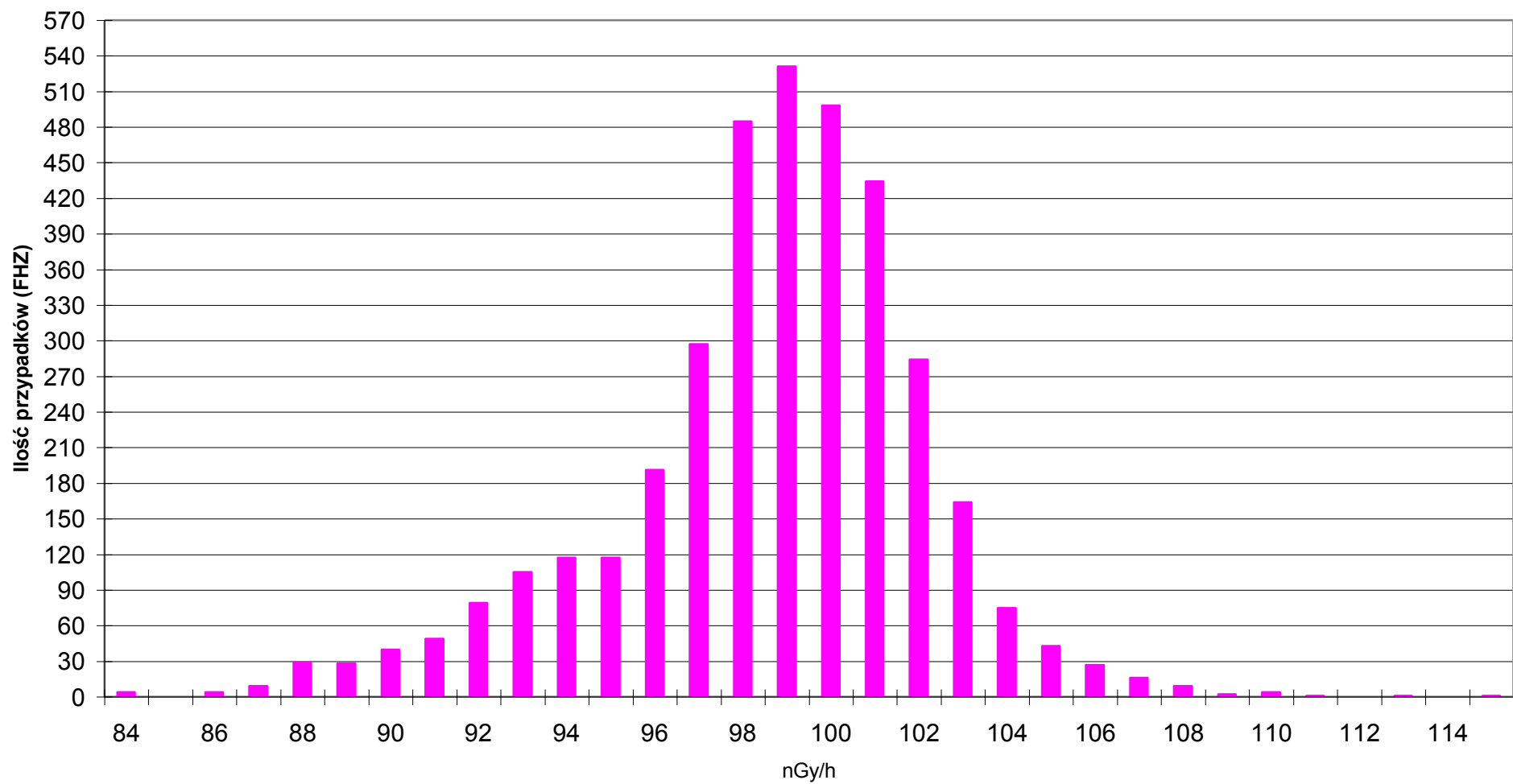


Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki



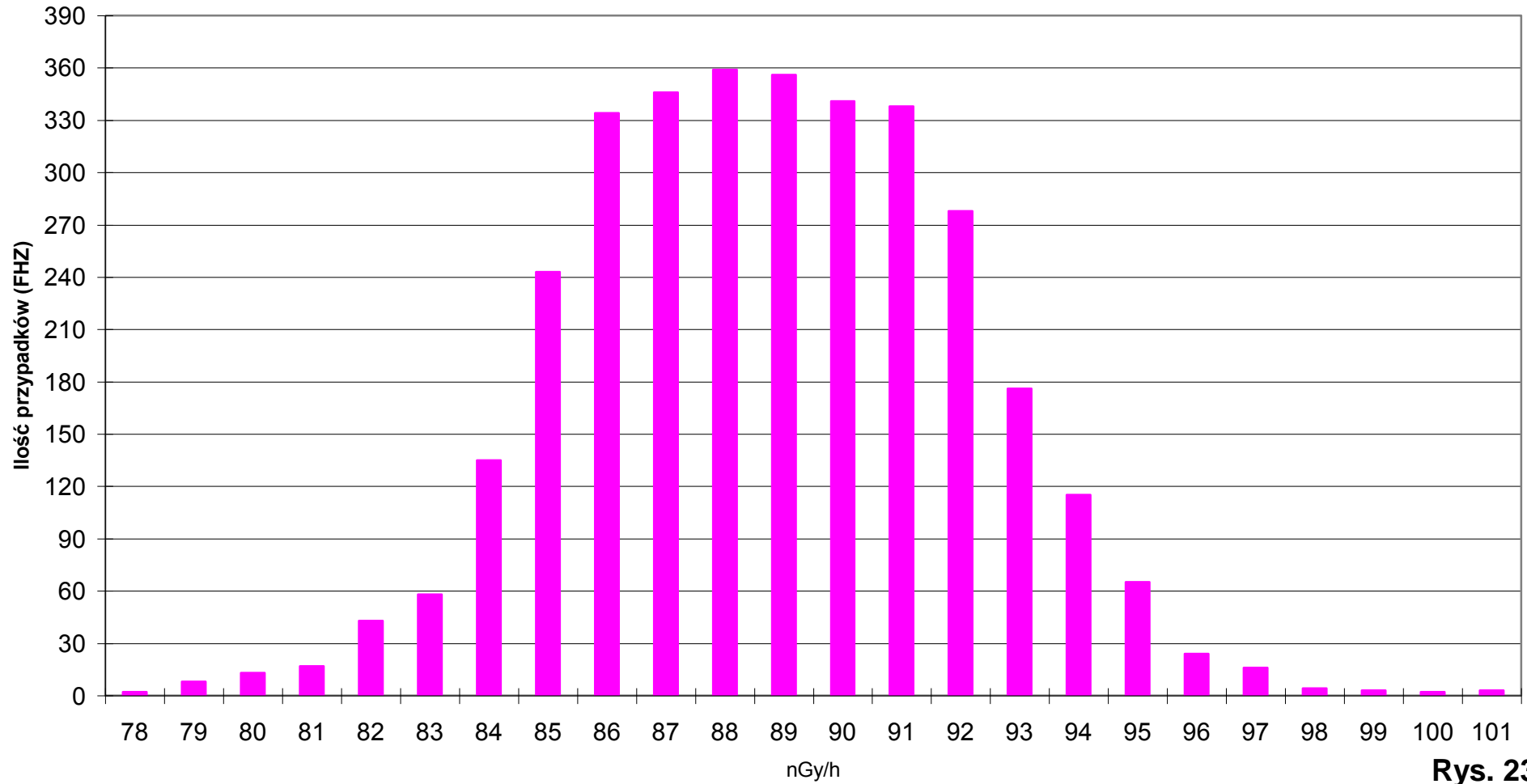
Rys. 21

**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Gorzów Wlkp.**



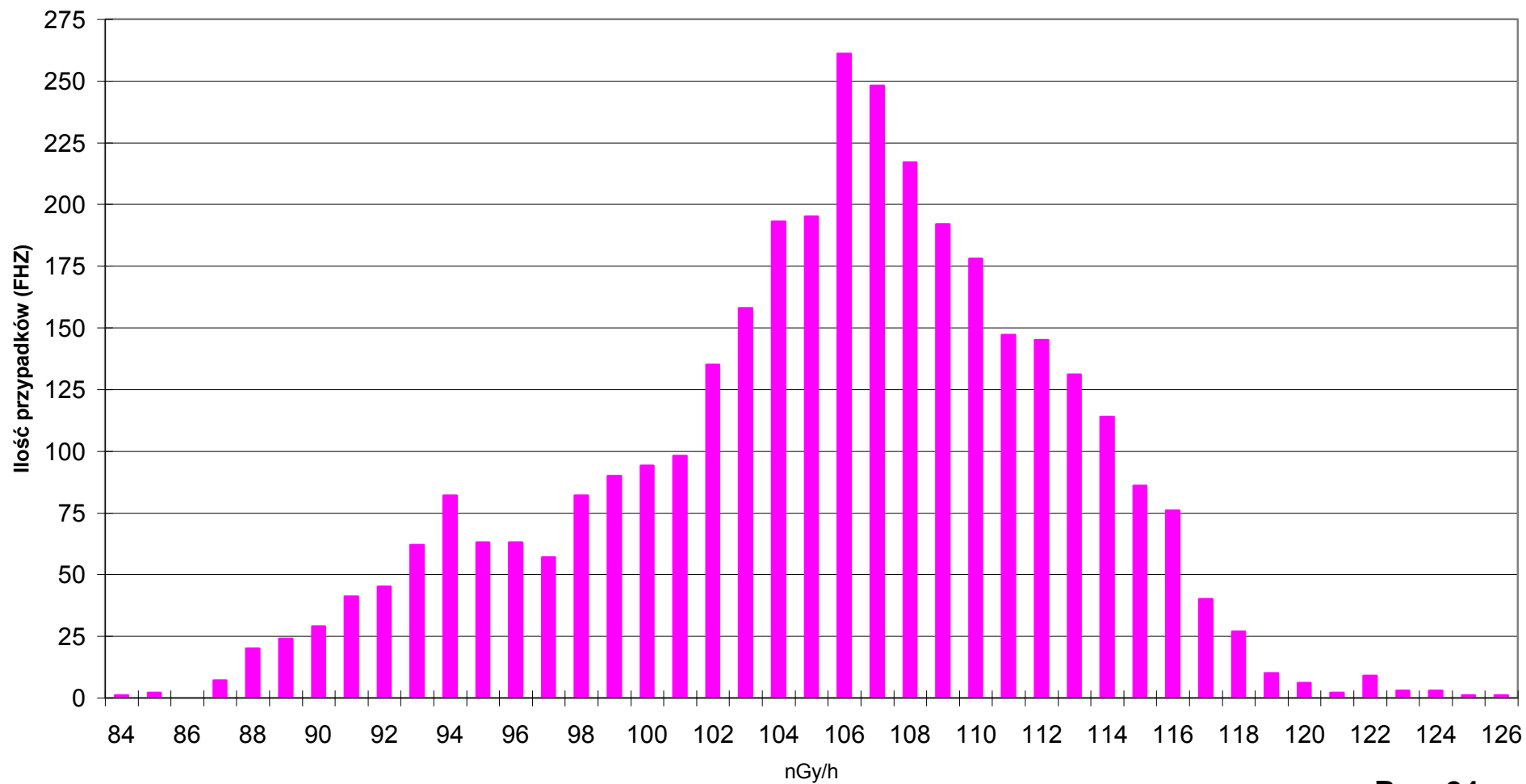
**Rys. 22**

**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście**



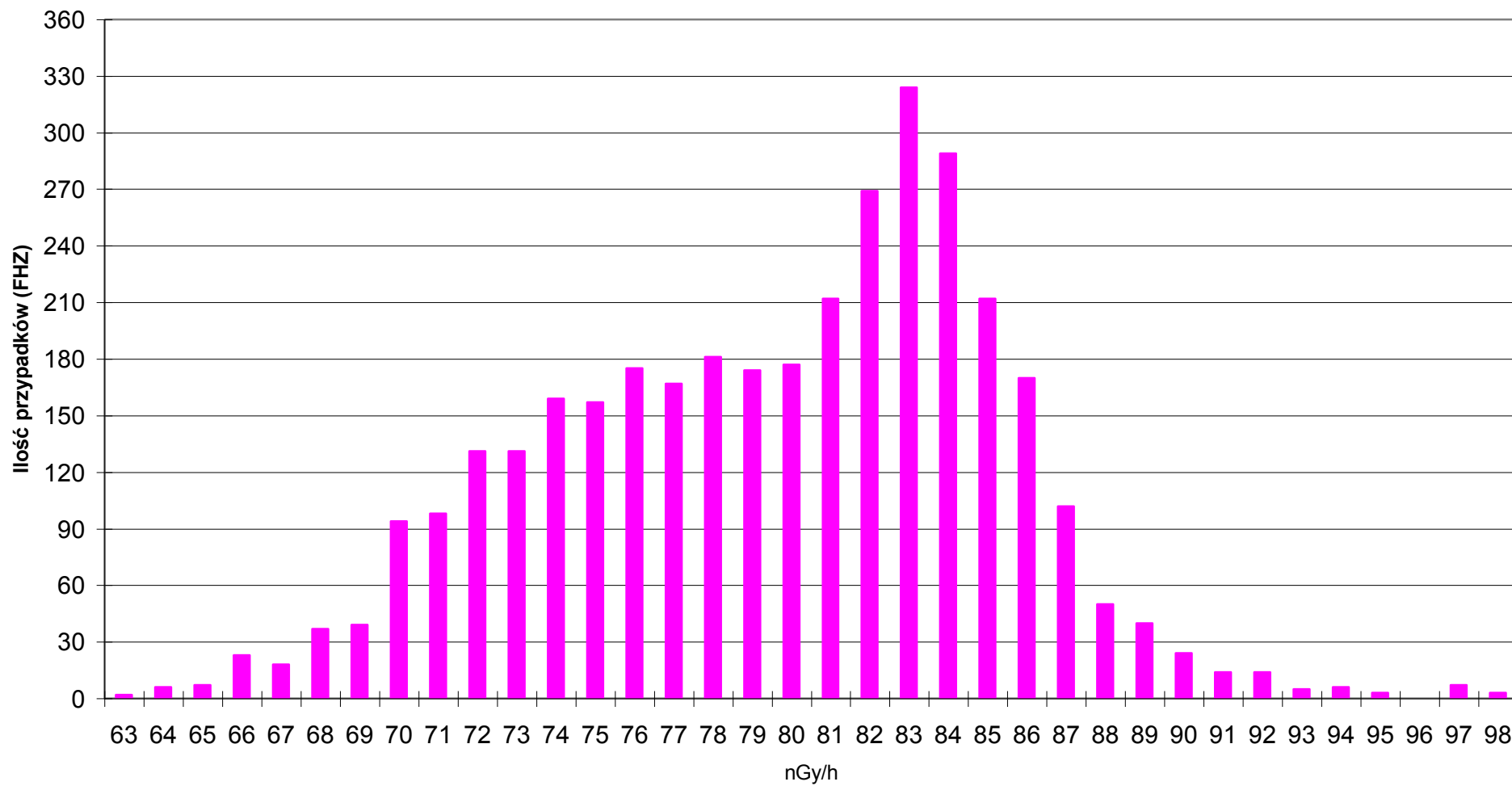
**Rys. 23**

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Legnica



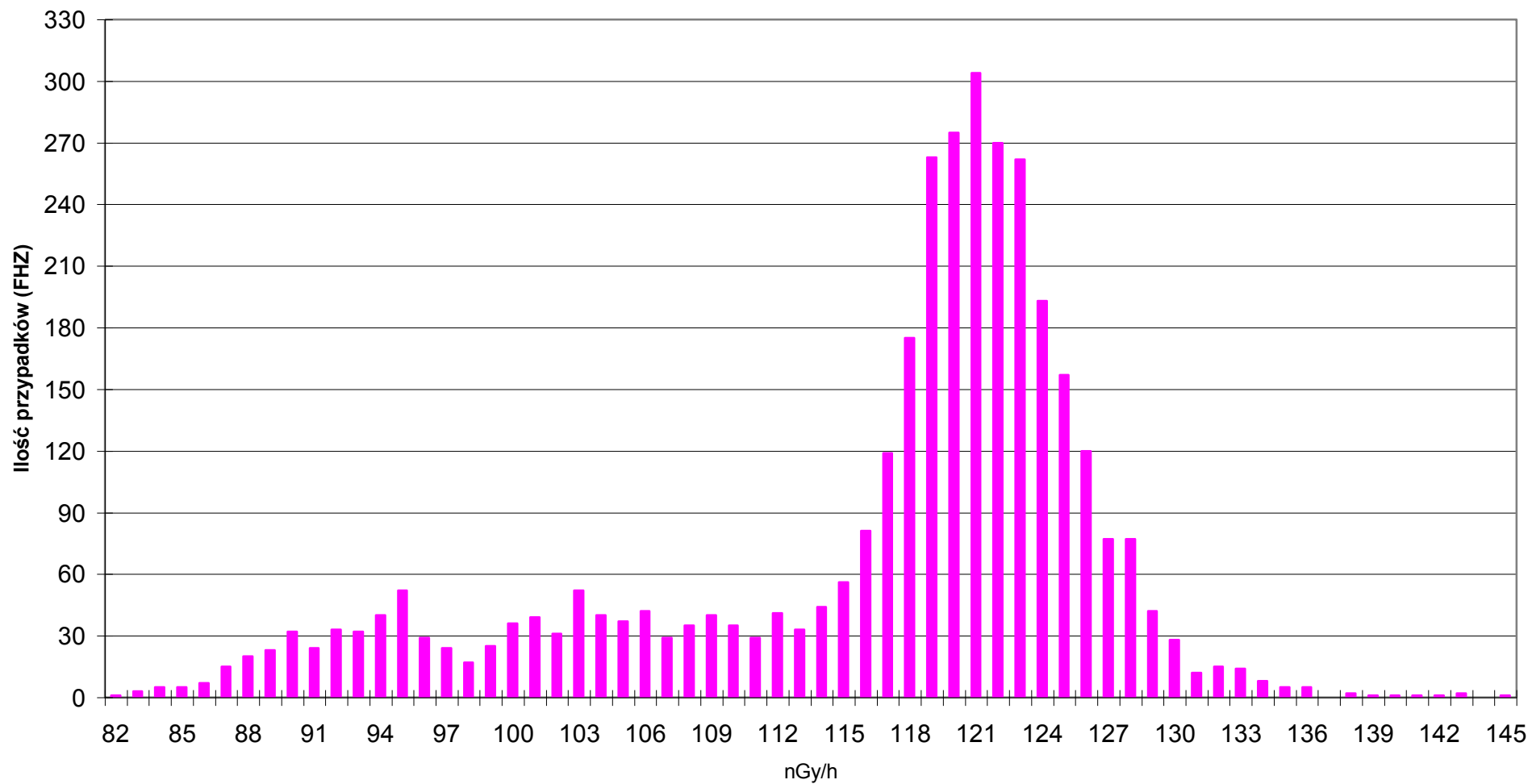
Rys. 24

Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Włodawa

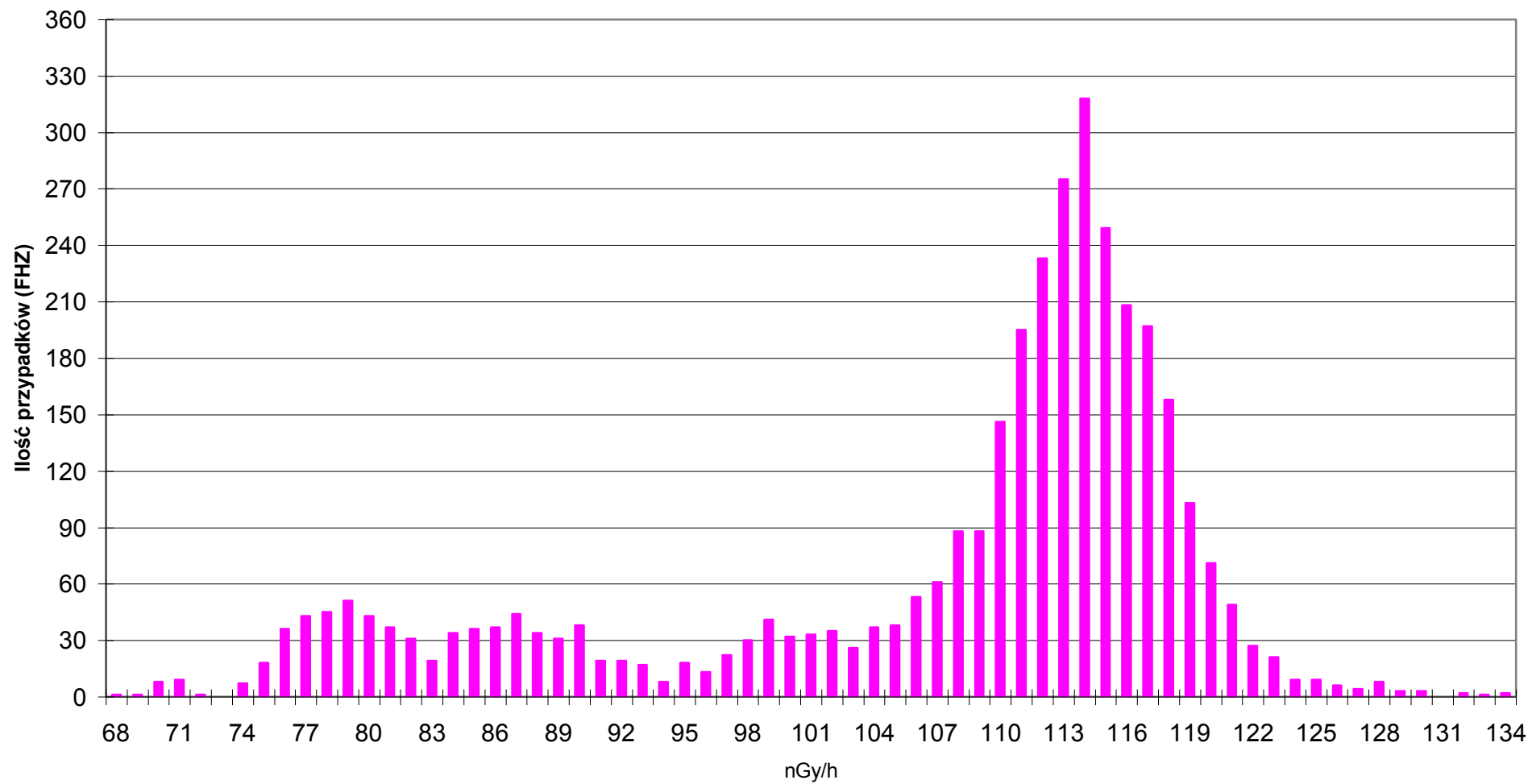


Rys. 25

### Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009 Stacja Zakopane

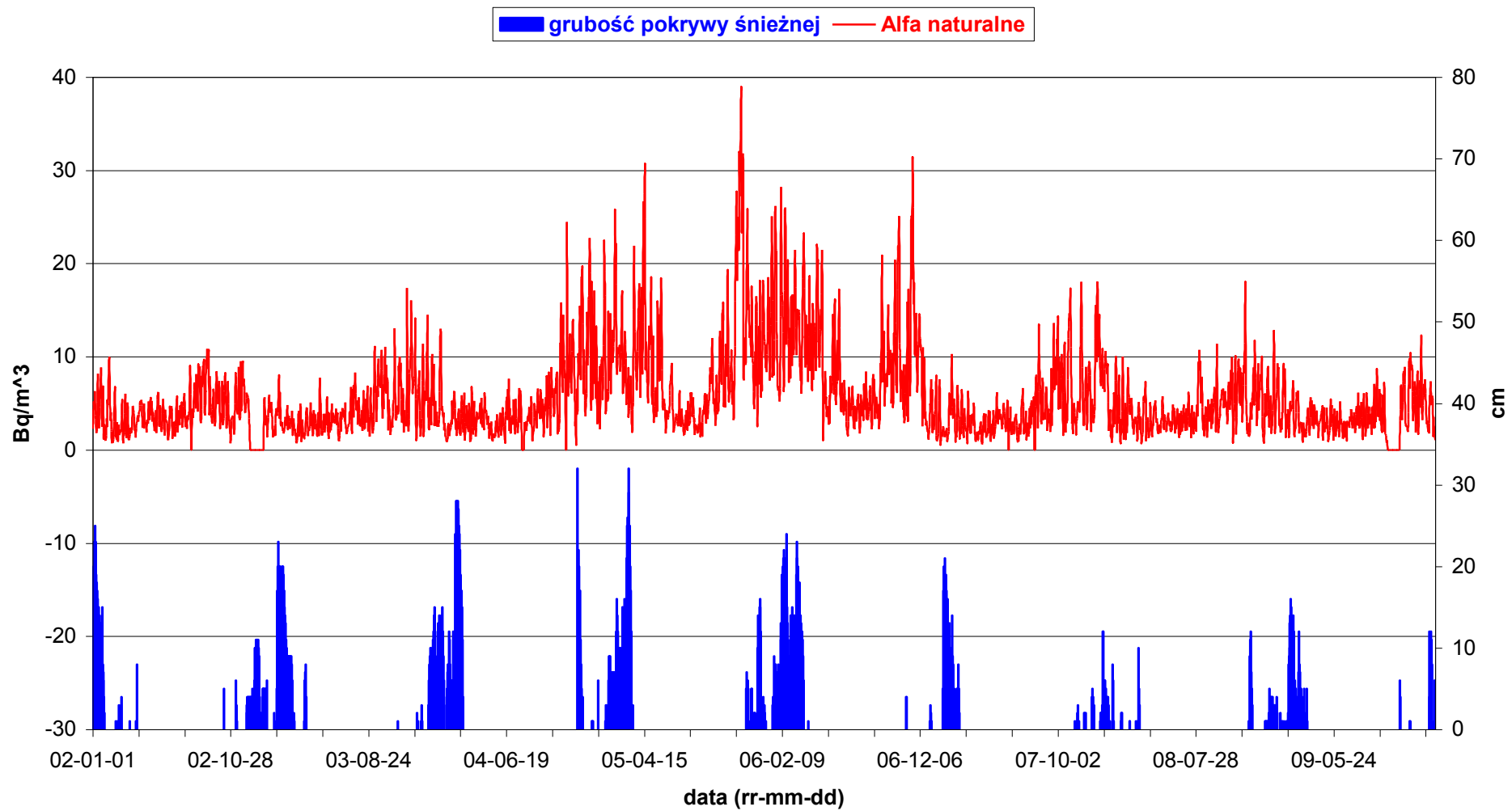


**Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009  
Stacja Lesko**



**Rys. 27**

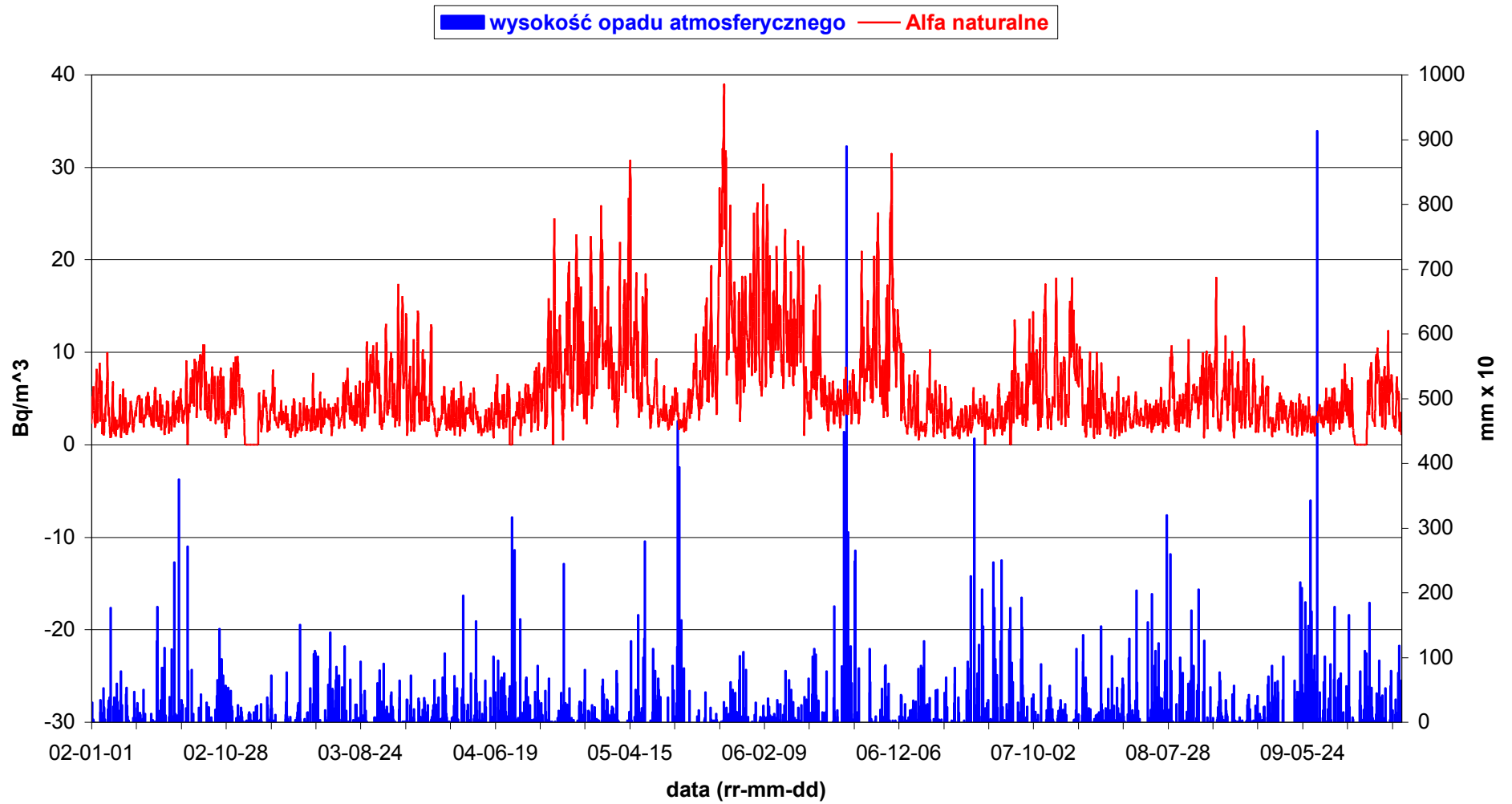
Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Włodawa



Rys. 28

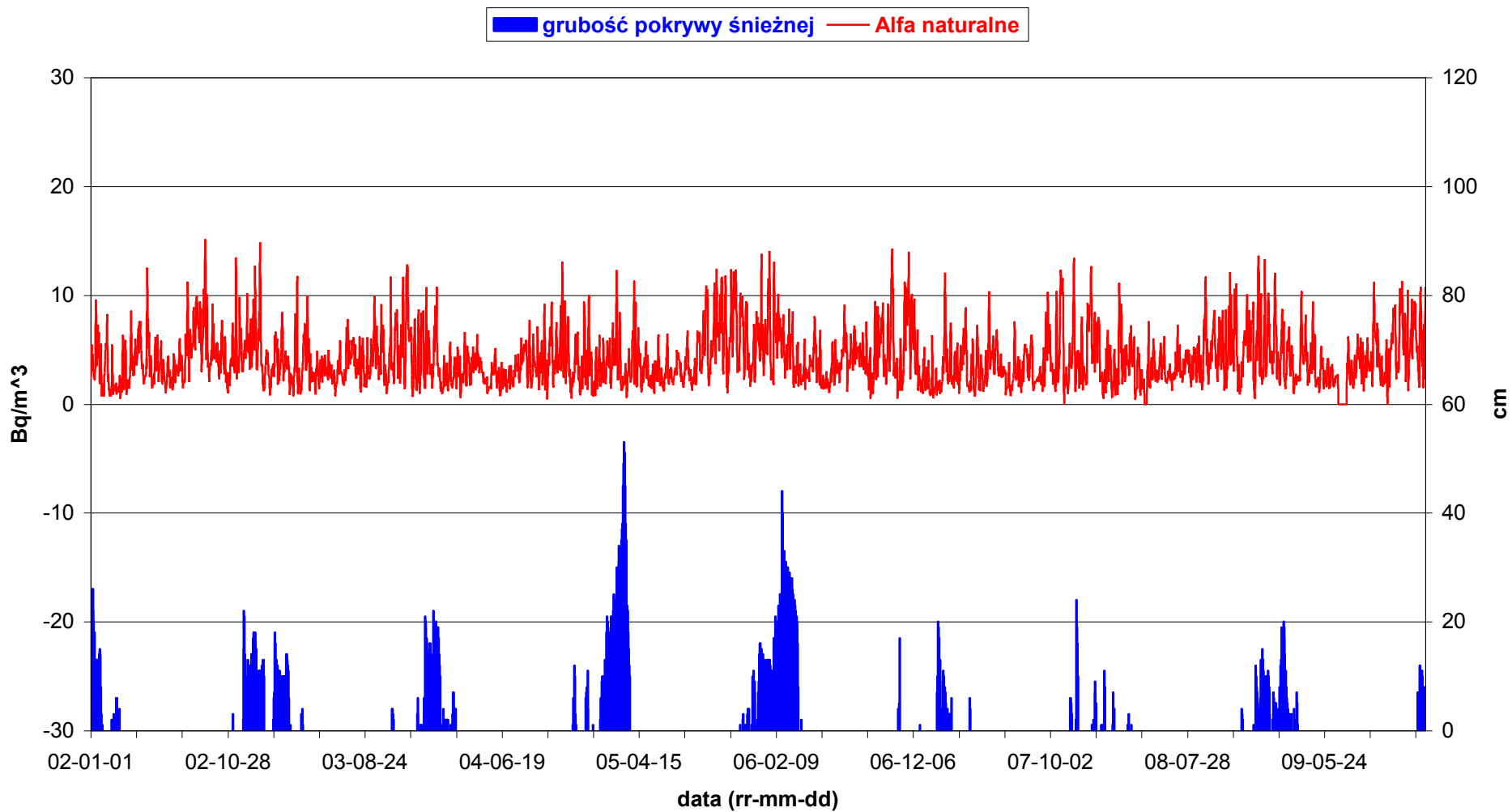


Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Włodawa



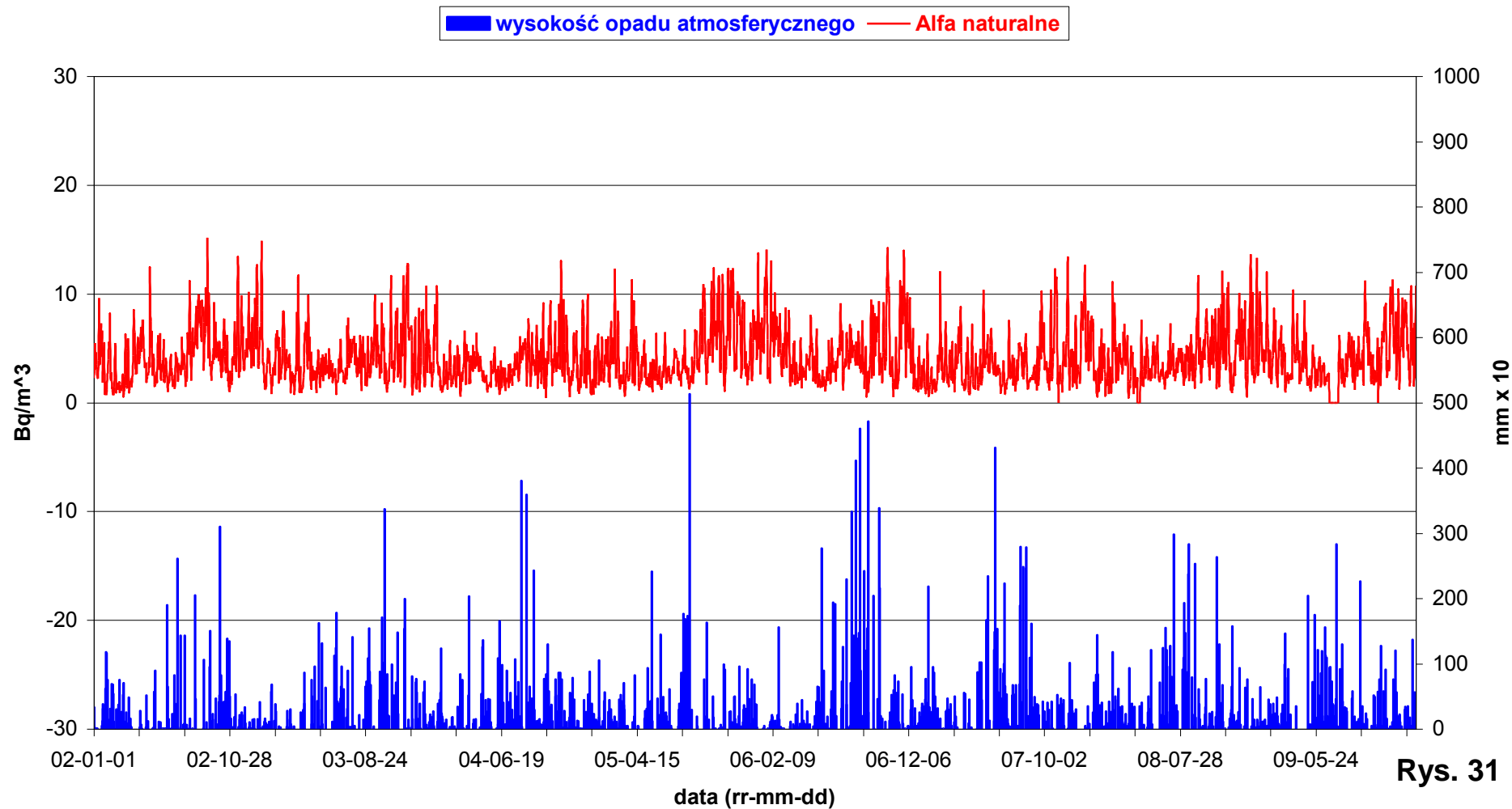
Rys. 29

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki



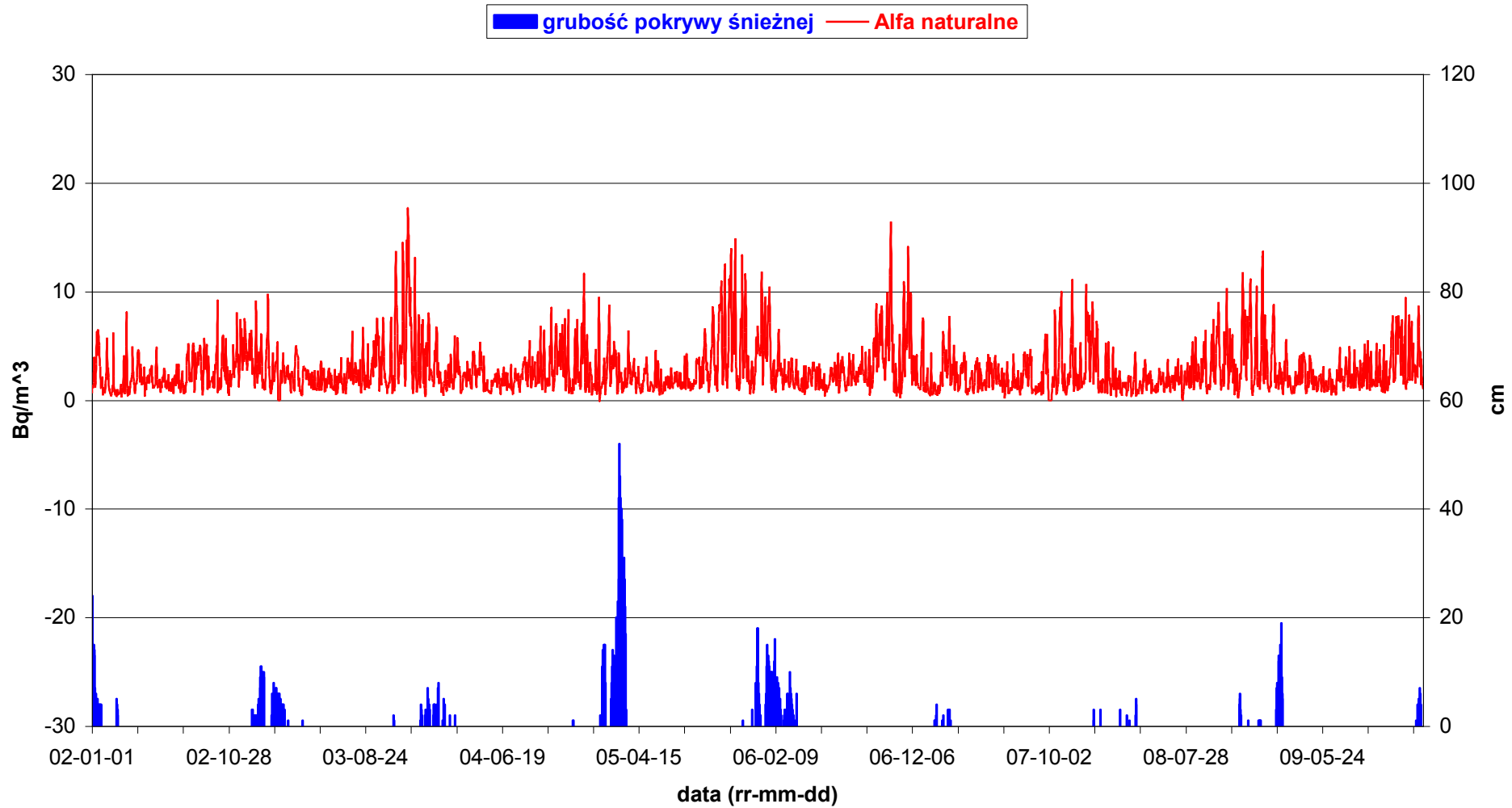
Rys. 30

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki



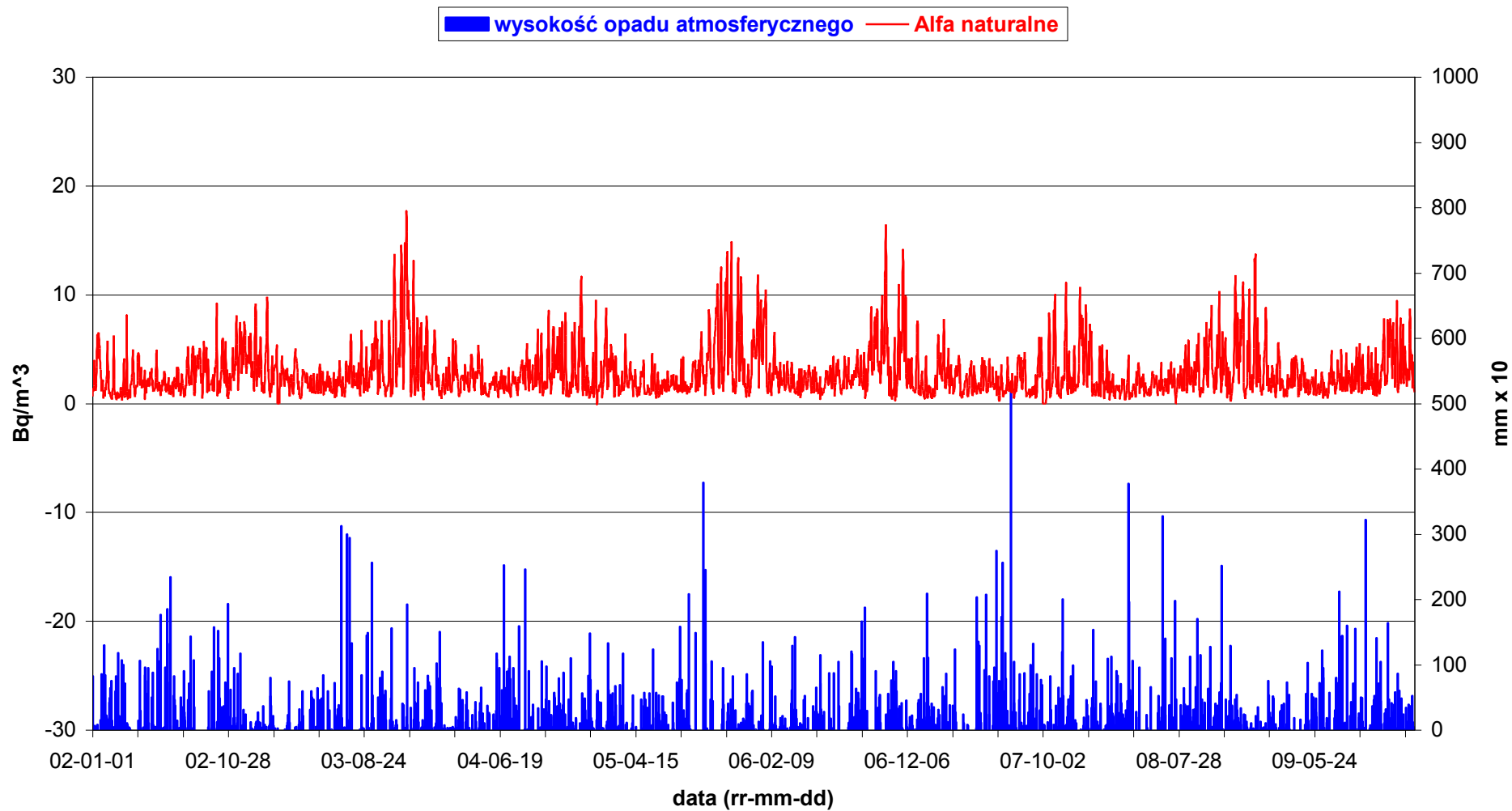
Rys. 31

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście



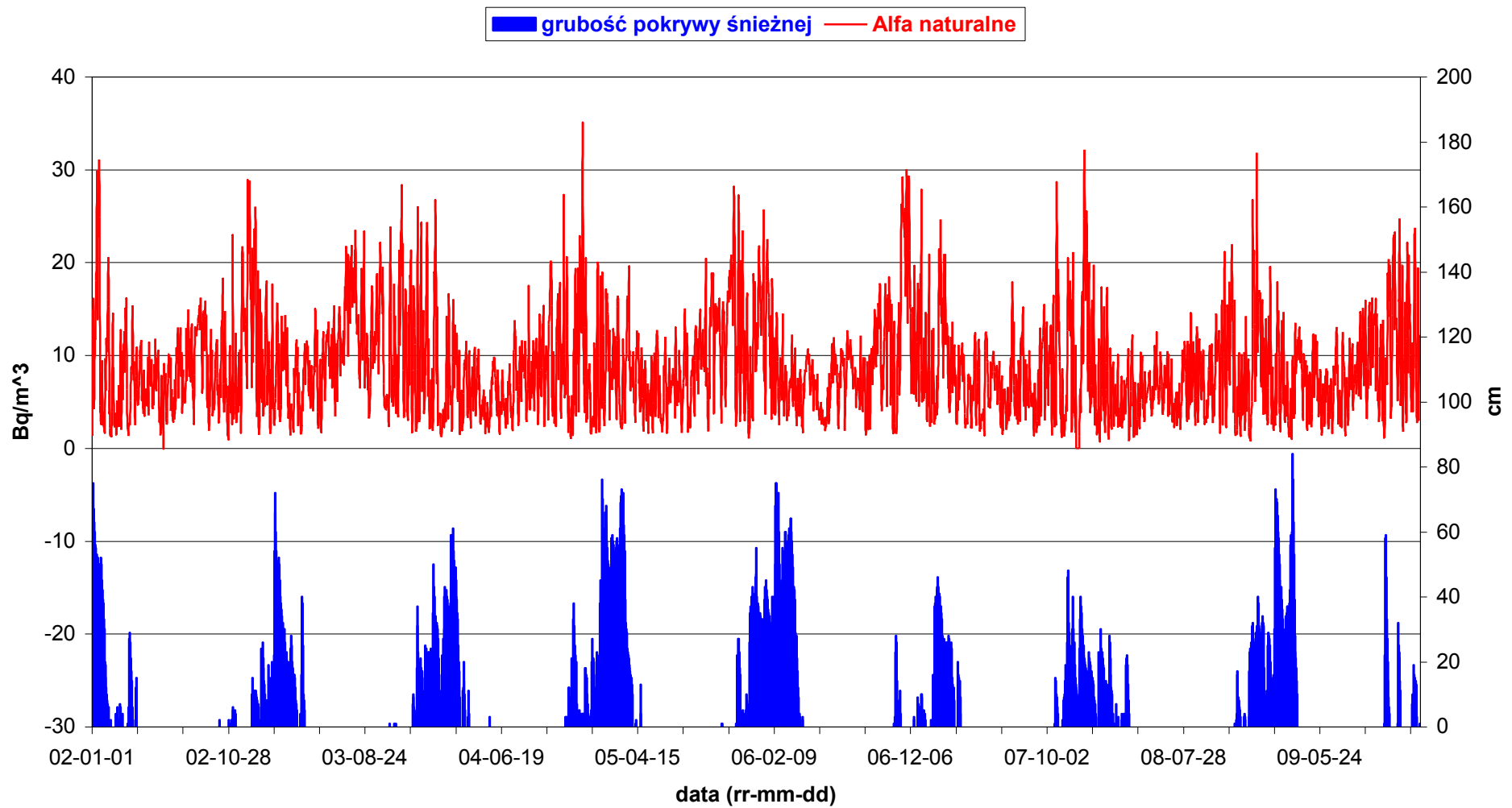
Rys. 32

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście



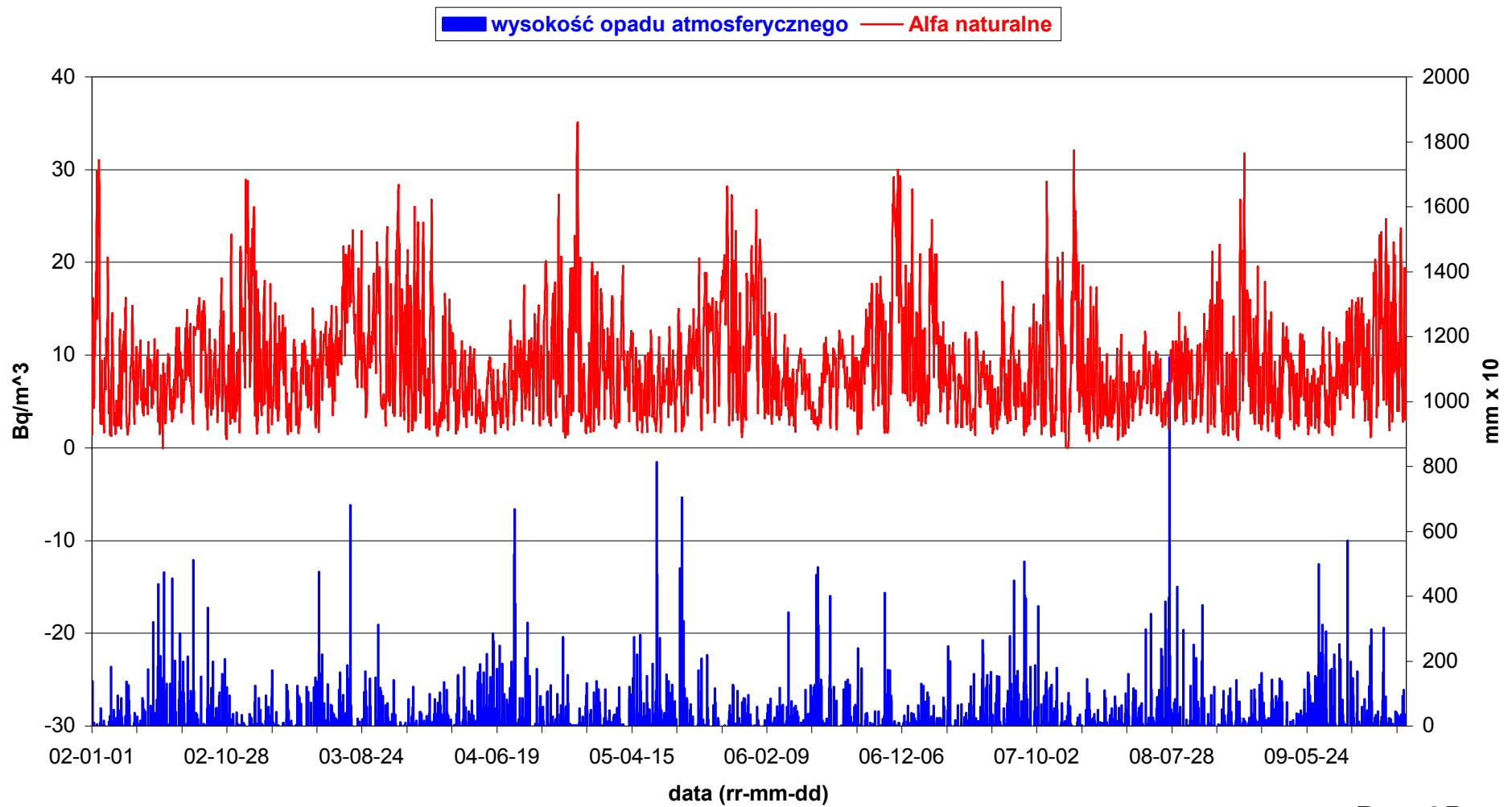
Rys. 33

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Zakopane



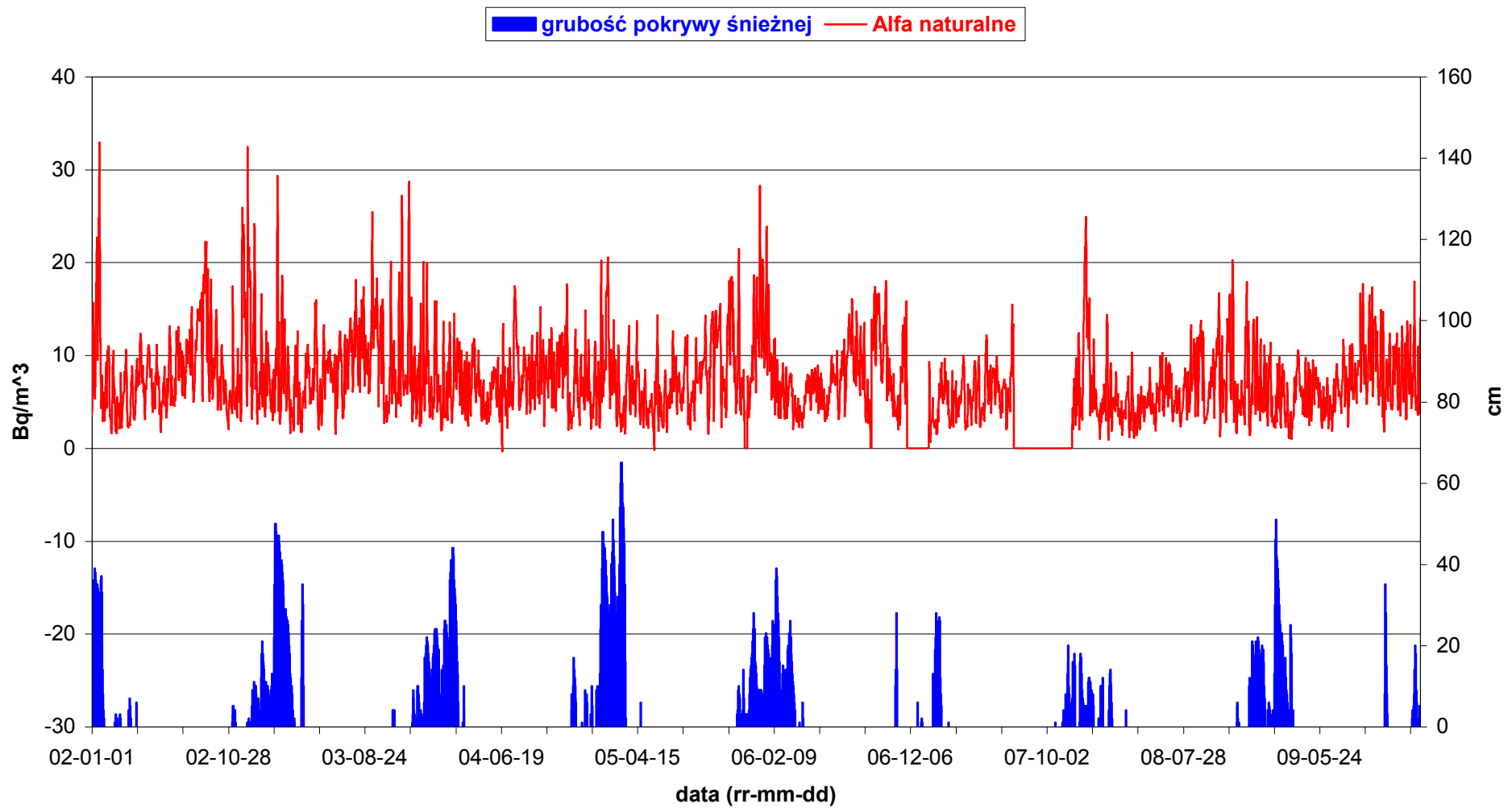
Rys. 34

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Zakopane



Rys. 35

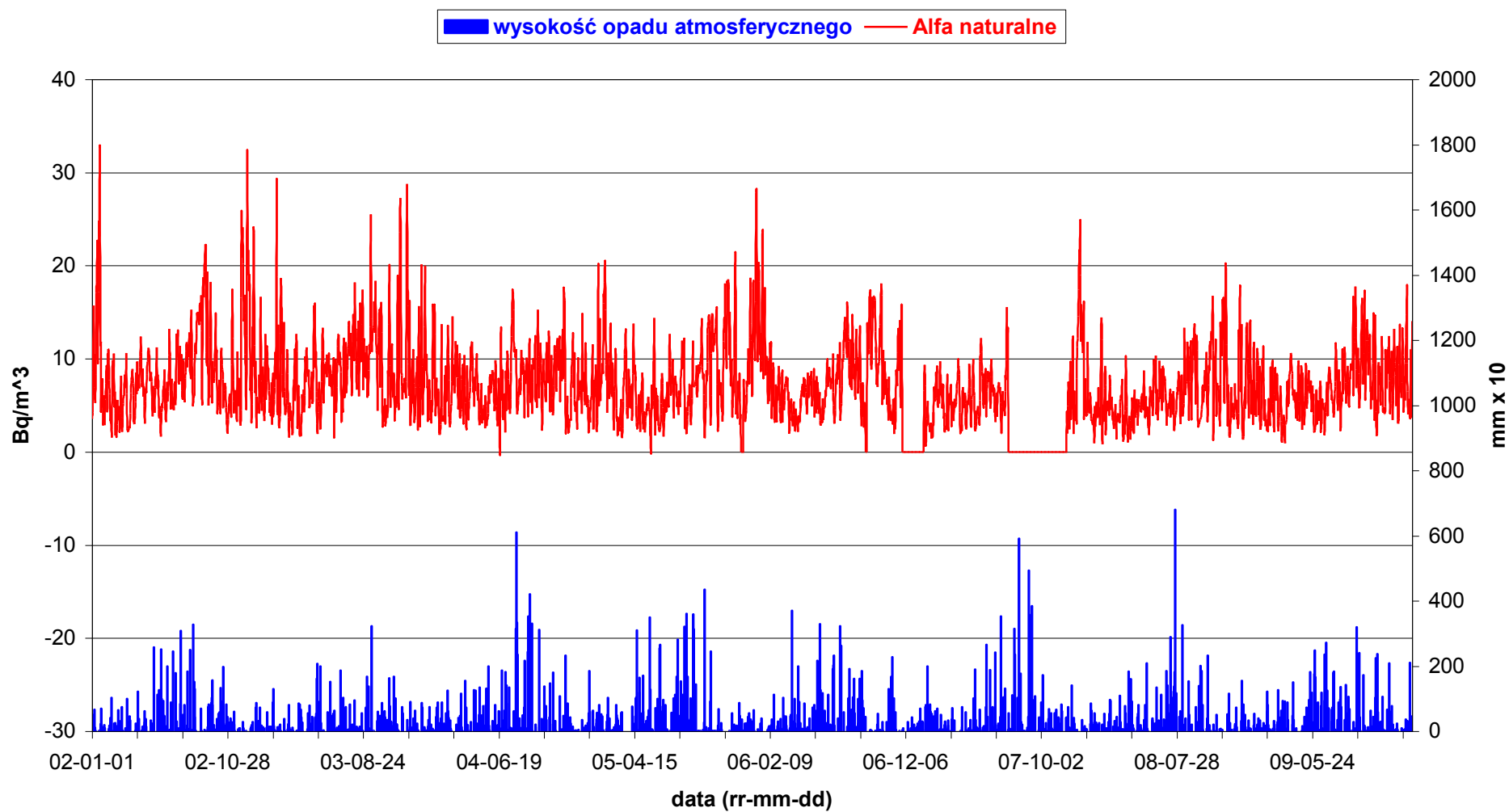
Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Lesko



Rys. 36

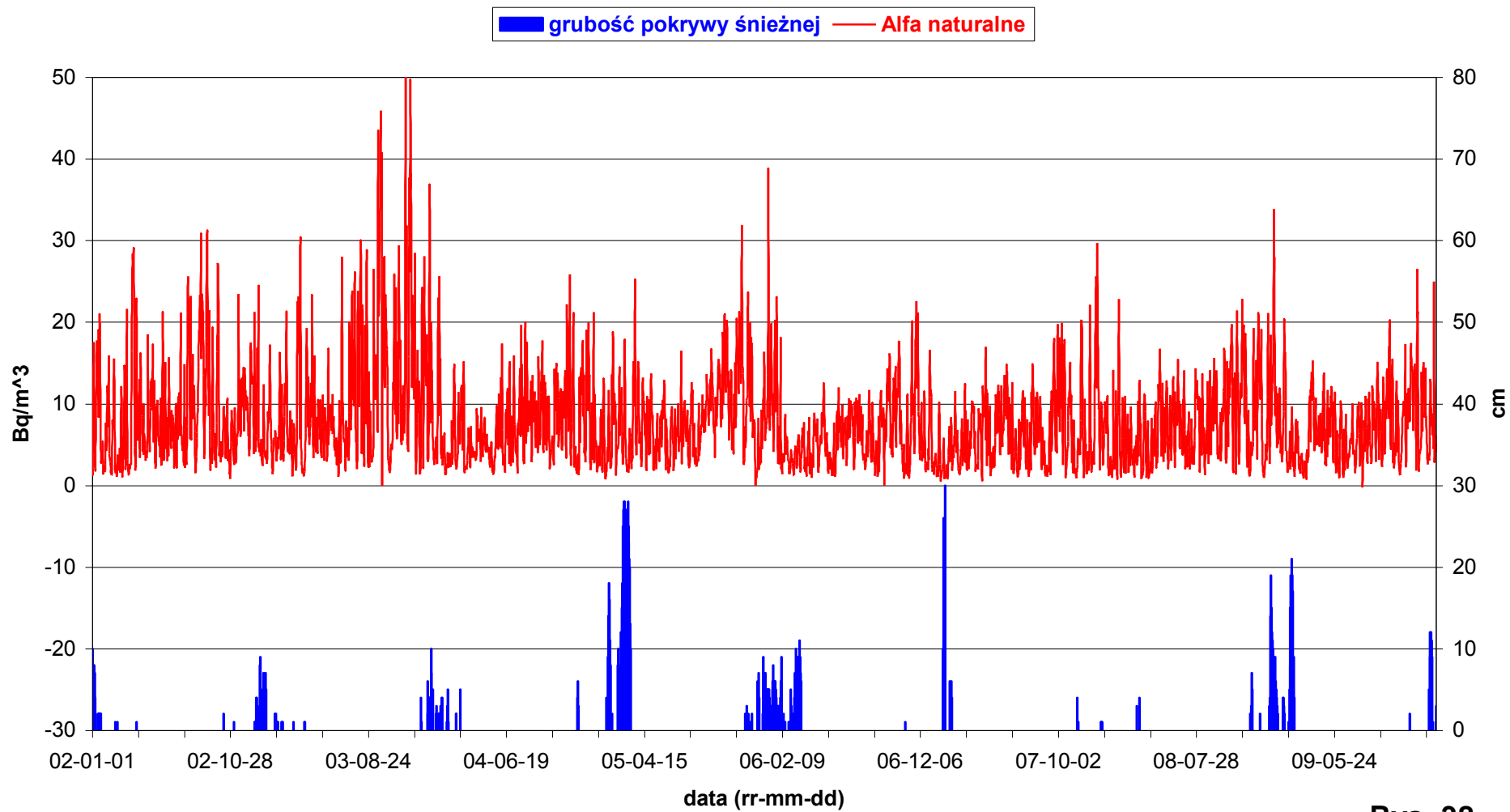


Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Lesko



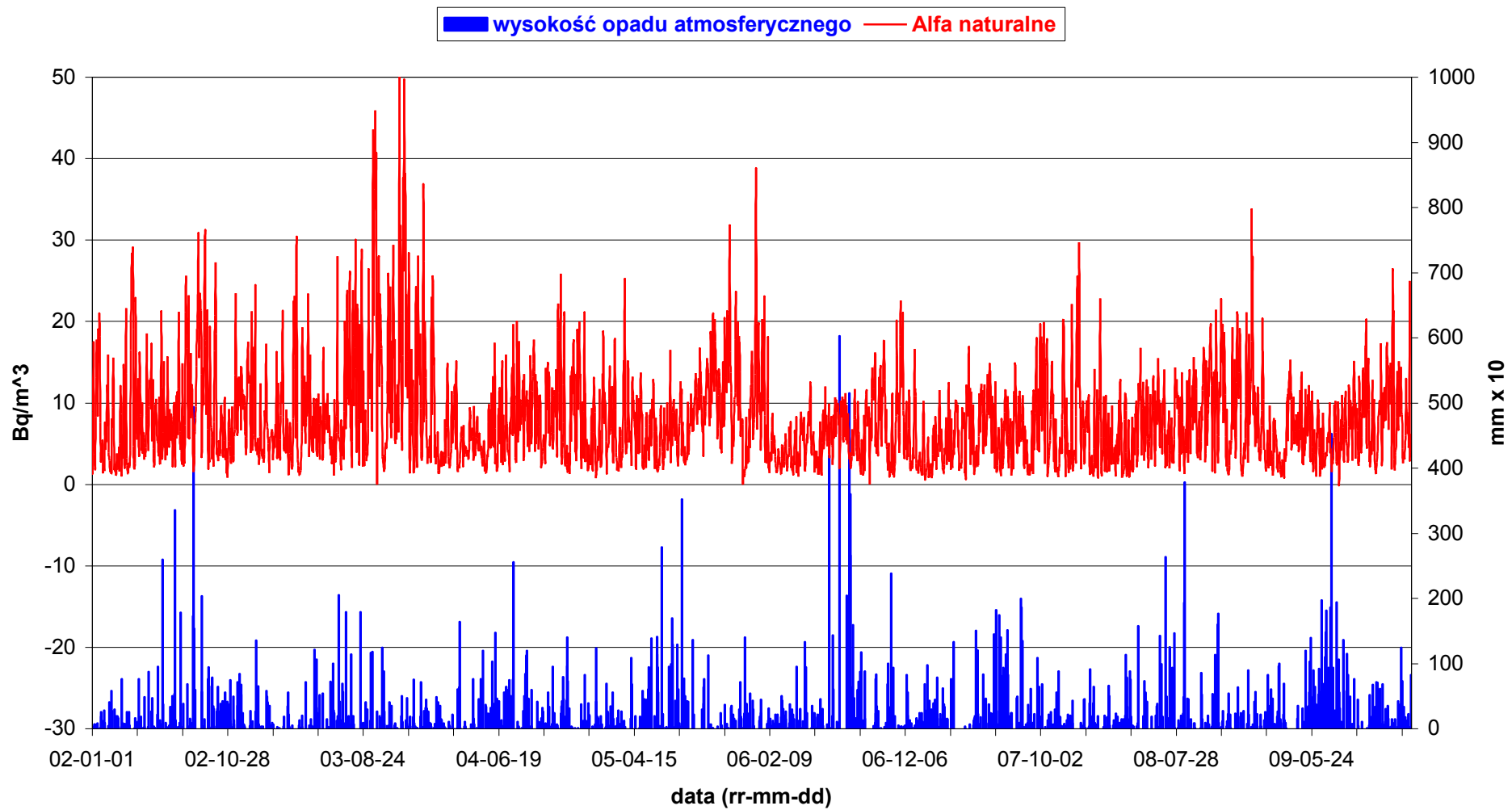
Rys. 37

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009  
Stacja Legnica



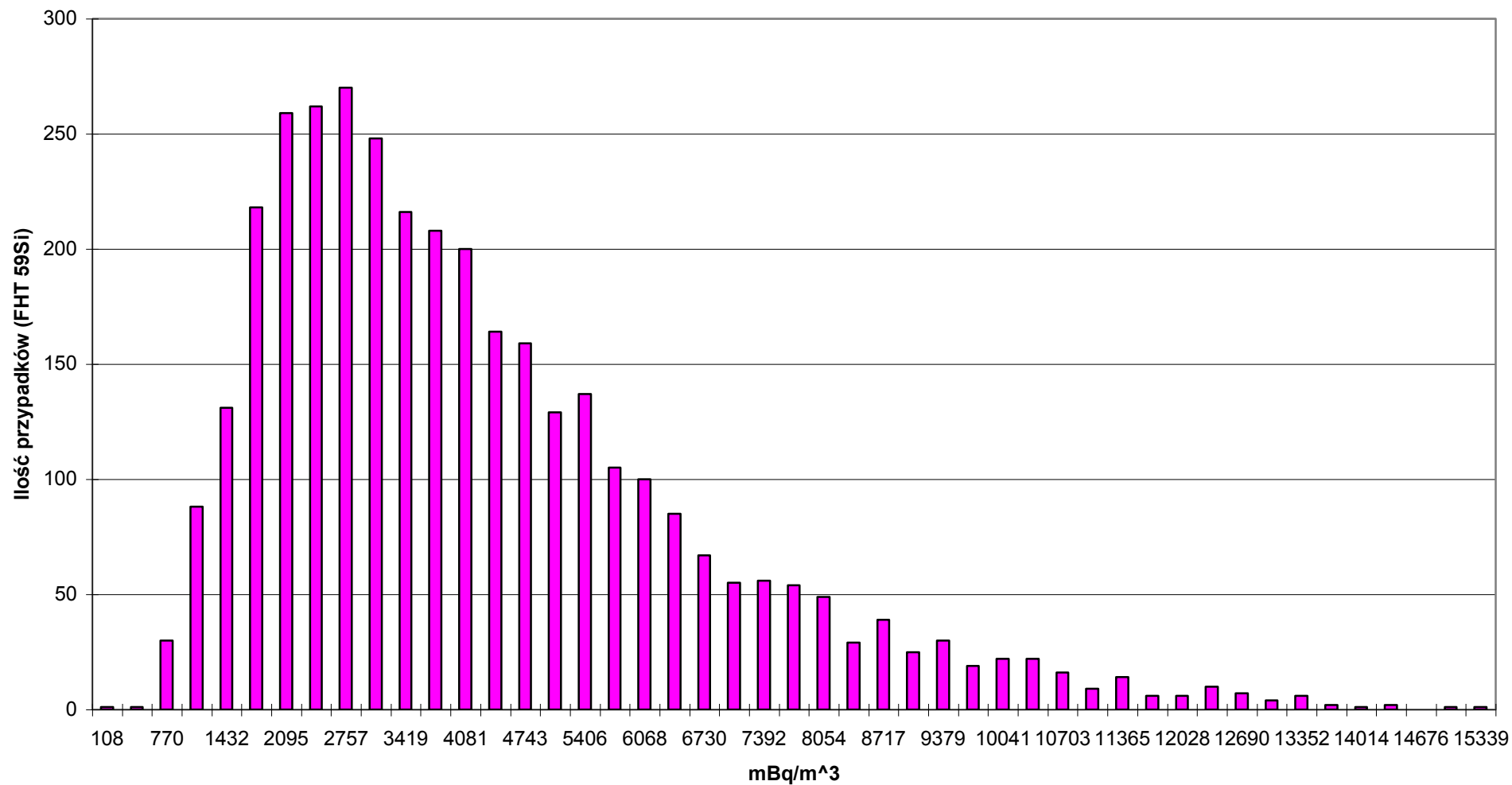
Rys. 38

Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009  
Stacja Legnica



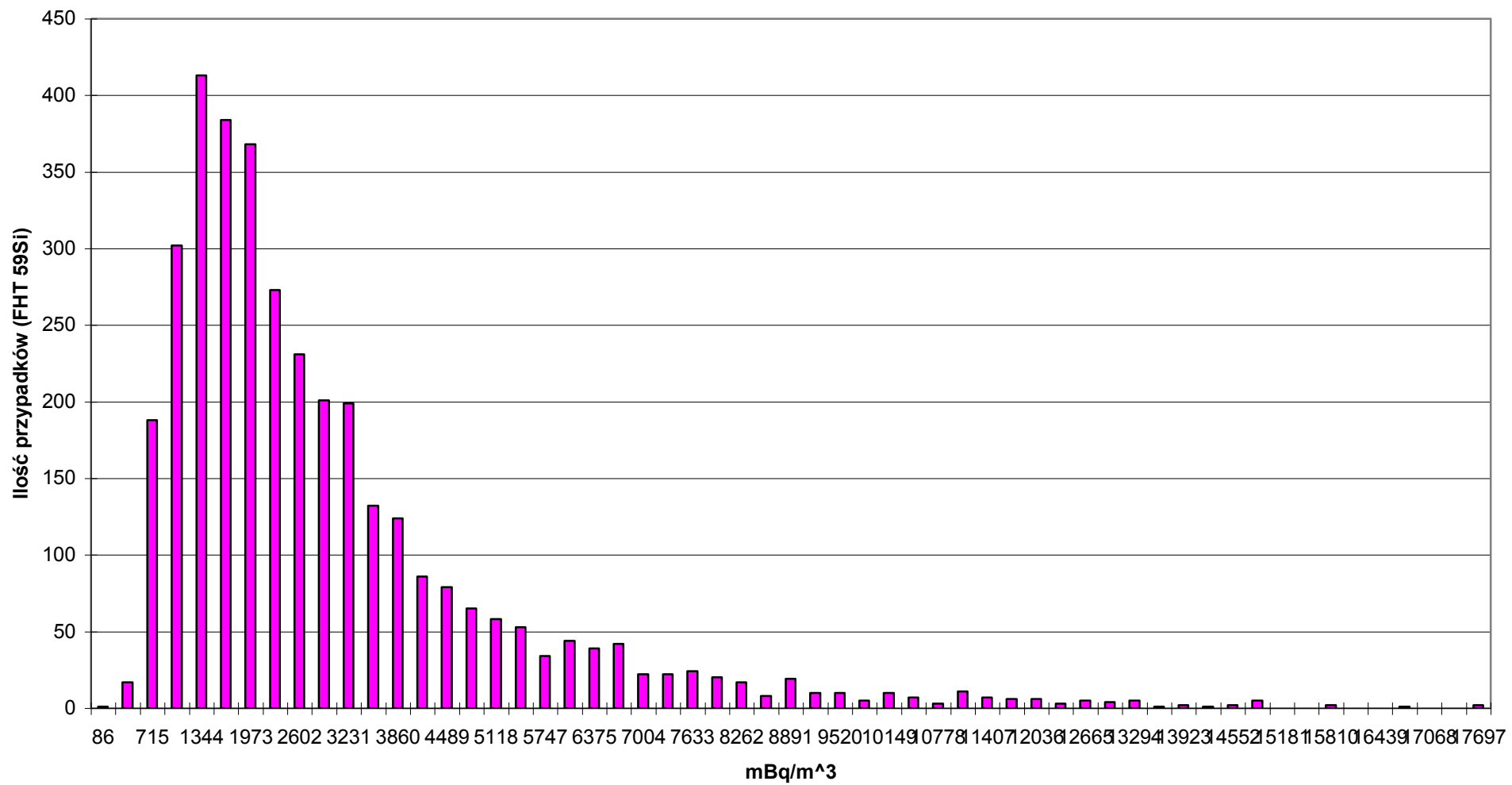
Rys. 39

**Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009  
Stacja Mikołajki**



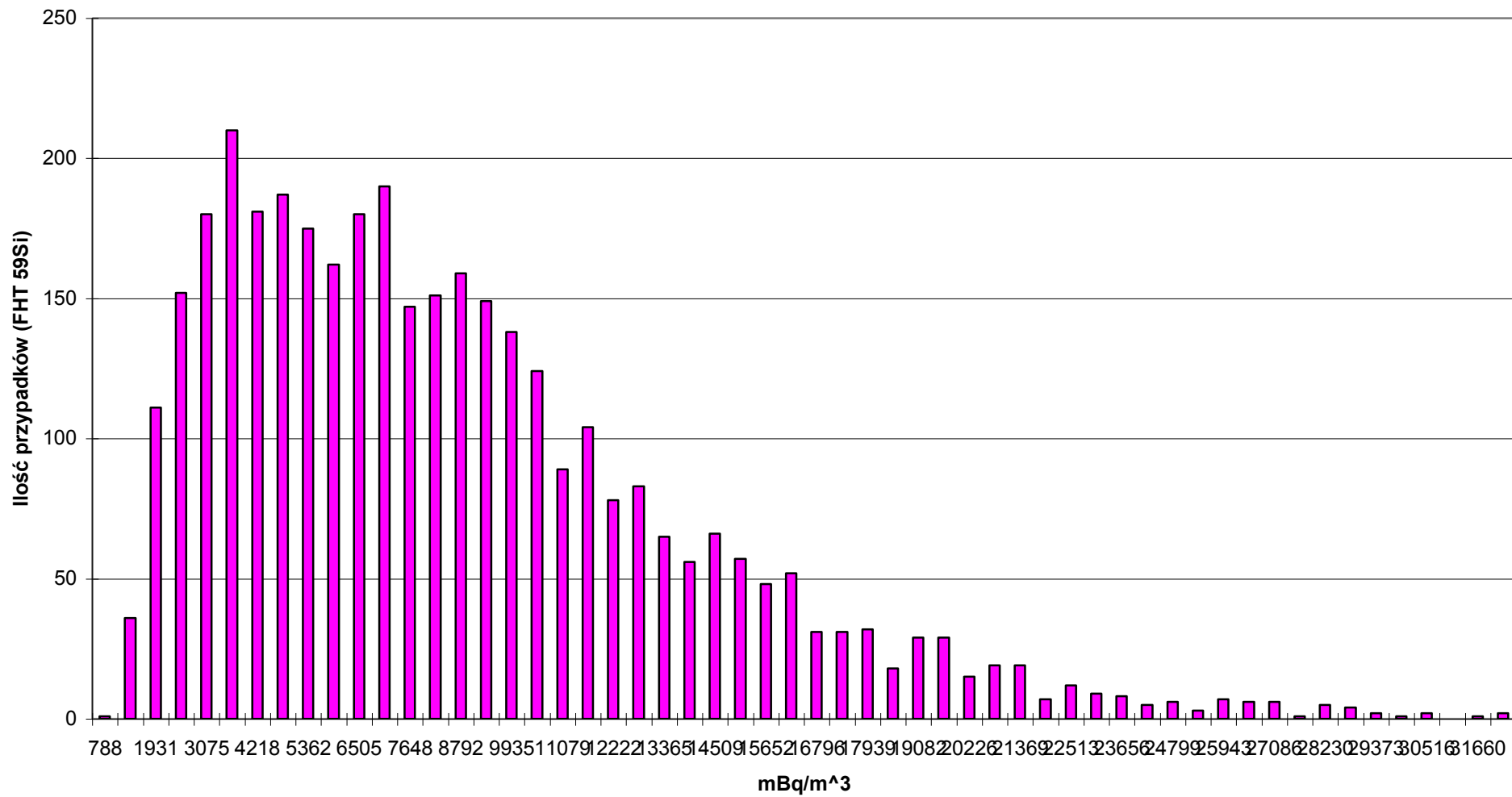
**Rys. 40**

**Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009  
Stacja Świnoujście**



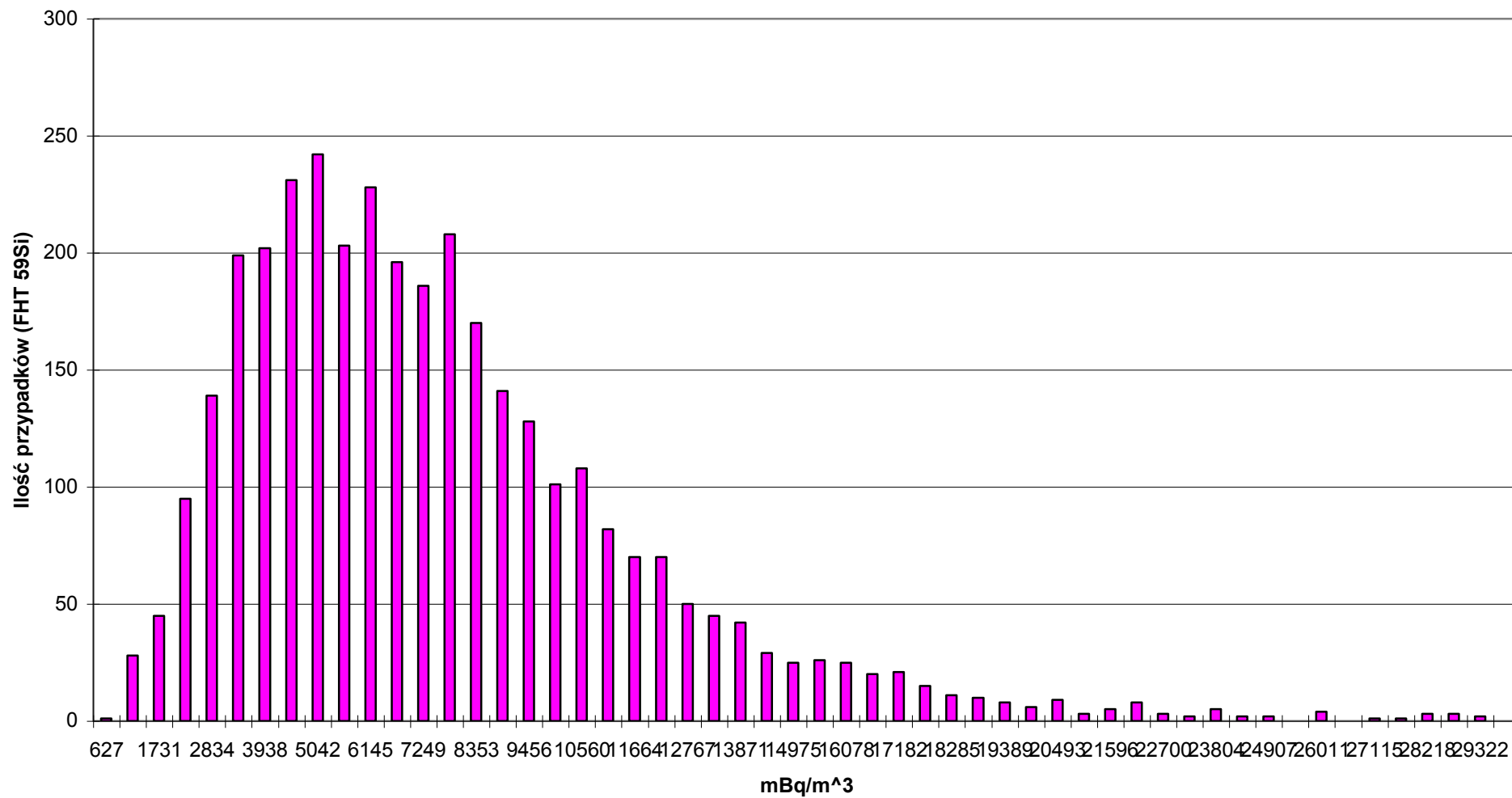
**Rys. 41**

Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009  
Stacja Zakopane



Rys. 42

**Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009**  
**Stacja Lesko**



**Rys. 43**

## 9. Podsumowanie.

W opracowaniu omówiono wyniki pomiarów otrzymanych przez sieć stacji wczesnego wykrywania skażeń radioaktywnych IMGW w roku 2009. Stacje są położone w 10 punktach pomiarowych w Polsce i dokonują pomiarów wielkości w trybie ciągłym 356 dni/24 godziny. Punkty te leżą w następujących miastach: Warszawa, Gdynia, Mikołajki, Gorzów Wlkp., Poznań, Świnoujście, Legnica, Włodawa Zakopane, Lesko. Z powodu podziału zadań w ich programie pomiarowym, stacje w Poznaniu i Gorzowie Wlkp. są traktowane jako jedną stacja..

Na 9 stacjach w roku 2009 mierzono moc dawki promieniowania gamma, która rejestrowała zmiany zachodzące w warstwie przyziemnej atmosfery. (Przez moc dawki rozumiemy dawkę promieniowania elektromagnetycznego pochłoniętego przez jednostkę objętości w jednostce czasu, jednostką mocy dawki jest 1 grej na godzinę (1 Gy/h). 1 grej to energia 1 J przenikającego masę 1kg). Wyznaczona średnia roczna wartość mocy dawki promieniowania gamma sieci stacji w 2009 roku wynosi: 93 nGy/h i była analogiczna do wartości rejestrowanych w latach ubiegłych.

Na 7 stacjach w roku 2009 mierzono aktywność promieniowania alfa i beta sztucznych izotopów w powietrzu oraz aktywności próbek dobowego i miesięcznego opadu całkowitego (fallout). (Aktywność definiuje się liczbą rozpadów promieniotwórczych na sekundę, jednostką aktywności jest bekerel (1 Bq = 1 rozpad/s), dla pełnego scharakteryzowania specyfiki pomiarów stosuje się jednostki aktywności na jednostkę powierzchni i objętości (Bq/m<sup>2</sup>, Bq/m<sup>3</sup> i Bq/l)). Wyznaczona średnia roczna wartość promieniowania beta w powietrzu dla sieci stacji w 2009 roku waha się od 0,0-0,3 Bq/m<sup>3</sup>. Wyznaczona średnia roczna wartość promieniowania alfa w powietrzu dla sieci stacji w 2009 roku waha się od 0,0 – 0,3 Bq/m<sup>3</sup>. Wyznaczona średnia roczna wartość opadu całkowitego w powietrzu dla sieci stacji w 2009 roku wynosi 0,33 kBq/m<sup>2</sup>.

Zmierzona metodami spektrometrii gamma i radiochemii została również aktywność Cs-137 i Sr-90 w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego (z 9 stacji). Aktywność rocznego opadu Cs-137 wynosi 0,50 Bq/m<sup>2</sup>, a aktywność Sr-90 wynosi 0,11 Bq/m<sup>2</sup>. Uzyskane wartości są na poziomie uzyskanych w poprzednich latach, co oznacza, że nie nastąpiło żadne skażenie radioaktywne powietrza w ubiegłym roku na terenie Polski.

Dodatkowo w raporcie przedstawiono wyliczenia korelacji liniowej (dla okresu 10 lat tj. 2000 – 2009 r.) pomiędzy wartościami promieniowania alfa i mocy dawki promieniowania gamma, a wysokością opadu deszczu oraz grubością warstwy śniegu.

Wartości współczynników korelacji liniowej są niezerowe, co dowodzi istnienia związków między zjawiskami meteorologicznymi, a wartościami promieniowania alfa i mocą



dawki.

Opad deszczu zmniejsza mierzone wartości promieniowania alfa w powietrzu natomiast zwiększa wartości mocy dawki promieniowania gamma, jeśli zaś chodzi o pokrywę śnieżną to zmniejsza ona mierzone wartości mocy dawki oraz zmniejsza wartości promieniowania alfa w powietrzu.

Pokazane są również rysunki ww. wielkości nałożone na siebie w celach poglądowych i wstępnej graficznej oceny. Wartości współczynników korelacji liniowej są niezerowe, co dowodzi istnienia związków między zjawiskami meteorologicznymi, a wartościami promieniowania alfa i mocą dawki.

## **10. Wnioski.**

Wyniki pomiarów Sieci Wczesnego Wykrywania Skazań Radioaktywnych IMGW otrzymane w roku 2009 mieszczą się w zakresie wartości uzyskanych w poprzednich latach. Nie stwierdzono przekroczeń alarmowych i skażeń promieniotwórczych atmosfery. Przeprowadzane analizy okresu od 2000 do 2009 roku wykazują istnienie niezerowych korelacji pomiędzy wartościami promieniowania, a parametrami meteorologicznymi. I tak opad deszczu zwiększa zmierzone wartości mocy dawki promieniowania gamma na powierzchni ziemi, a zmniejsza radioaktywność aerozoli w powietrzu. Natomiast pokrywa śnieżna zmniejsza wartości mocy dawki promieniowania oraz zmniejsza radioaktywność aerozoli w powietrzu.

## 11. Spis rysunków.

- Rys. 1.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Warszawa
- Rys. 2.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Warszawa.
- Rys. 3.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Gdynia
- Rys. 4.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Gdynia.
- Rys. 5.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki
- Rys. 6.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki.
- Rys. 7.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Gorzów
- Rys. 8.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Gorzów
- Rys. 9.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście
- Rys. 10.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście
- Rys. 11.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Legnica
- Rys. 12.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Legnica
- Rys. 13.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Włodawa
- Rys. 14.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Włodawa
- Rys. 15.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Zakopane
- Rys. 16.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Zakopane
- Rys. 17.** Wartości mocy dawki na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Lesko
- Rys. 18.** Wartości mocy dawki na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Lesko
- Rys. 19.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Warszawa.
- Rys. 20.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Gdynia.
- Rys. 21.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki.
- Rys. 22.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Gorzów Wlkp.
- Rys. 23.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście.
- Rys. 24.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Legnica
- Rys. 25.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Włodawa.
- Rys. 26.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Zakopane
- Rys. 27.** Rozkład wartości mocy dawki sondy FHZ w latach 2002-2009. Stacja Lesko
- Rys. 28.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Włodawa.
- Rys. 29.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Włodawa.
- Rys. 30.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki.
- Rys. 31.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki.
- Rys. 32.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście
- Rys. 33.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście.
- Rys. 34.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Zakopane.
- Rys. 35.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009. Stacja Zakopane.
- Rys. 36.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009. Stacja Lesko.

**Rys. 37.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009.

Stacja Lesko.

**Rys. 38.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle grubości pokrywy śnieżnej w latach 2002-2009.

Stacja Legnica.

**Rys. 39.** Wartości naturalnego promieniowania alfa na tle wysokości opadu w latach 2002-2009.

Stacja Legnica.

**Rys. 40.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009. Stacja Mikołajki.

**Rys. 41.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009. Stacja Świnoujście.

**Rys. 42.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009. Stacja Zakopane.

**Rys. 43.** Rozkład wartości naturalnego promieniowania alfa w latach 2002-2009. Stacja Lesko.

## 12. Spis tabel.

**Tabela. 1.** Moc dawki promieniowania gamma w stacjach wykrywania skażeń w 2009 r., nGy/h.

**Tabela. 2** Aktywność beta rocznego opadu całkowitego i zakres aktywności opadu dobowego, 2009 r.

**Tabela. 3.** Aktywność beta średniego rocznego opadu całkowitego dla sieci 9 stacji w latach 1998- 2009, kBq/m<sup>2</sup>rok.

**Tabela. 4.** Średnia miesięczna aktywność i roczna suma opadu atmosferycznego, 2009 r.

**Tabela. 5.** Średnia roczna aktywność beta opadów atmosferycznych w latach 1998 - 2009, mBq/l.

**Tabela. 6.** Aktywność Cs-137 i Sr-90 w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2009 r., Bq/m<sup>2</sup>mies.

**Tabela. 7.** Aktywność naturalnych izotopów w średnim miesięcznym opadzie całkowitym, 2009 r., Bq/m<sup>2</sup>mies.

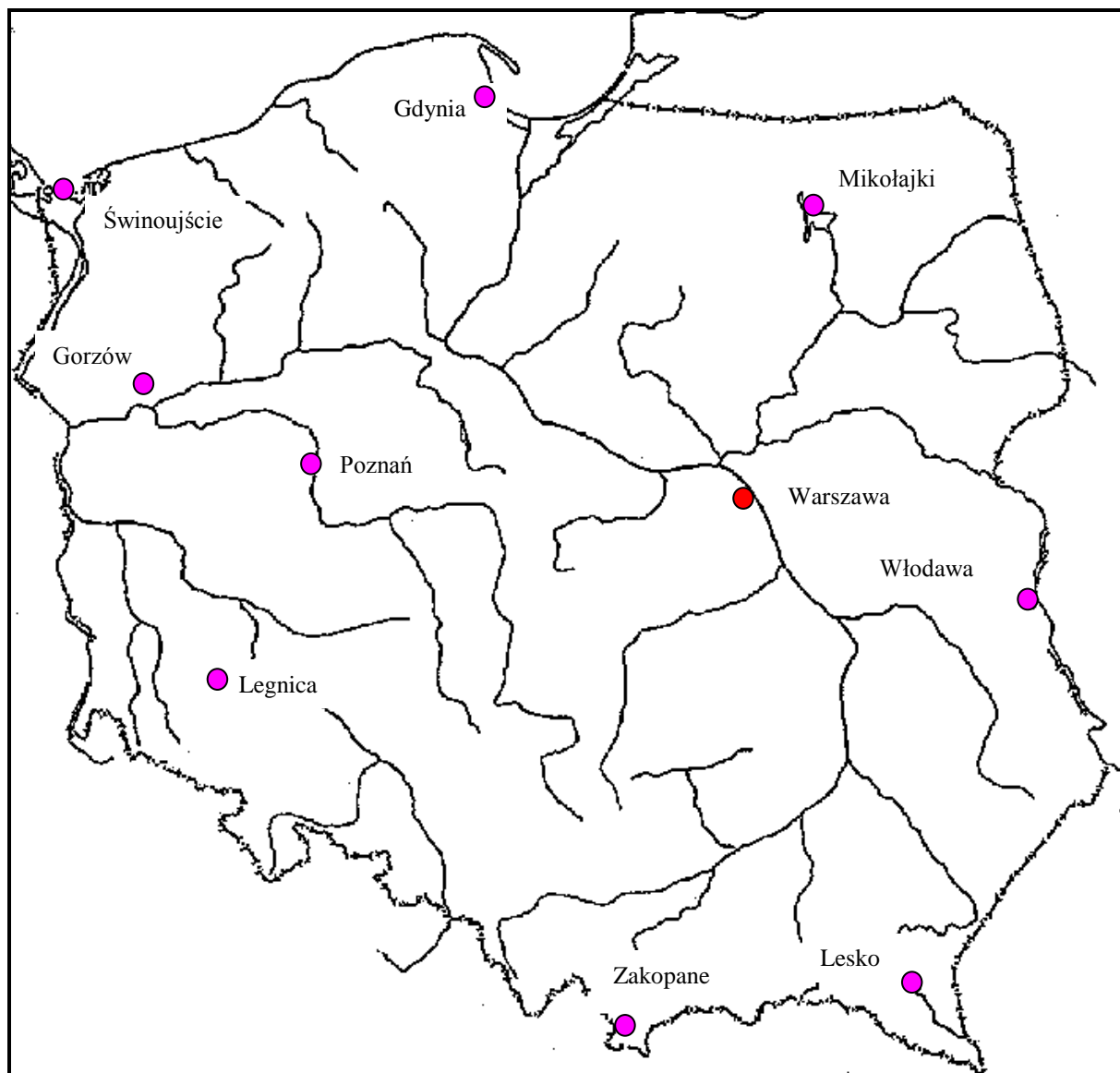
**Tabela. 8a.** Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a dobową sumą opadu atmosferycznego w okresie od 2000 do 2009 r.

**Tabela. 8b.** Korelacje pomiędzy wartościami mocy dawki promieniowania gamma mierzonymi sondą FHZ-621 a grubością warstwy śniegu w okresie od 2000 do 2009 r.

**Tabela. 9a.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a sumą dobową opadu w okresie od 2000 do 2009 r.

**Tabela. 9b.** Korelacje między wartościami naturalnego promieniowania alfa aerozoli a grubością pokrywy śnieżnej w okresie od 2000 do 2009 r.

13. Rozmieszczenie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych działających w ramach infrastruktury IMGW



Współrzędne stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych działających w ramach infrastruktury IMGW

Lp.	Miejscowość	Nr stacji	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość (m) n. p . m.
1.	Warszawa	001	52° 17'	20° 58'	101
2.	Gdynia	002	54° 31'	18° 33'	2
3.	Mikołajki	004	53° 47'	21° 35'	127
4.	Poznań Gorzów Wlkp.	006 006	52° 25' 52° 45'	16° 51' 15° 17'	86 72
5.	Świnoujście	007	53° 55'	14° 15'	6
6.	Legnica	008	51° 12'	16° 12'	122
7.	Włodawa	151	51° 33'	23° 22'	117
8.	Zakopane	165	49° 18'	19° 57'	857
9.	Lesko	166	49° 28'	22° 21'	420