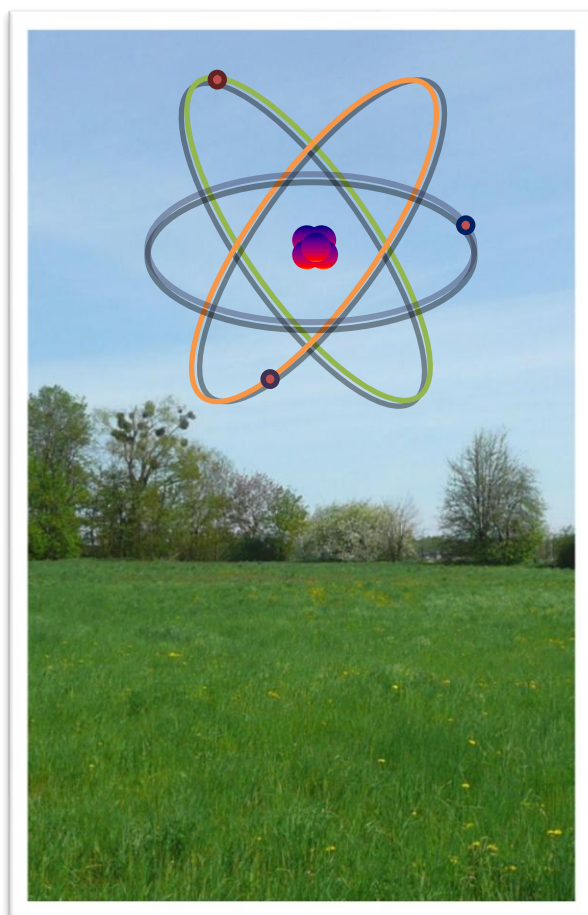


INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA



RADIOAKTYWNOŚĆ
PRZYZIEMNEJ
WARSTWY
ATMOSFERY
W POLSCE
W LATACH 1960-2010

INSPEKCJA OCHRONY ŚRODOWISKA

RADIOAKTYWNOŚĆ PRZYZIEMNEJ WARSTWY ATMOSFERY W POLSCE W LATACH 1960-2010

Wyniki pomiarów radioaktywności przyziemnej warstwy powietrza
otrzymane w placówkach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej
w latach 1960-2010



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej

BIBLIOTEKA MONITORINGU ŚRODOWISKA

Warszawa 2011



Opracowano w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej na zamówienie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska i sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Druk sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.



Recenzja: mgr inż. Krzysztof Isajenko

Zespół autorski (alfabetycznie)

Andrzej Czuryłowski, Zbigniew Dmitruk, Jadwiga Dżumak, Franciszek Łukasiewicz,
Józef Jadach, Hubert Karpiński, Tamara Zalewska.

Copyright by Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2011 r.

Autor fotografii na okładce: Andrzej Czuryłowski

Wydanie I. Nakład: 500 egzemplarzy

Spis treści

Wstęp	6
(Radioaktywność naturalna, Radioaktywność sztuczna Warunki radiologiczne Polski)	
I. Okres naziemnych prób z bronią jądrową	10
1. Wprowadzenie	10
2. Metodyki pomiarowe	11
3. Wyniki pomiarów z poszczególnych stacji w latach 1960-1985	16
4. Analiza uzyskanych wyników latach 1960-1985.....	36
II. Awaria w Czarnobylu	39
1. Wprowadzenie	39
2. Metodyki pomiarowe	39
3. Wyniki pomiarów z poszczególny stacji w latach 1986-1999	40
4. Analiza uzyskanych wyników w latach 1986-1999	58
III. Okres Moratorium	60
1. Wprowadzenie	60
2. Metodyki pomiarowe	60
3. Wyniki pomiarów z poszczególnych stacji w latach 2000-2010	64
4. Analiza uzyskanych wyników w latach 2000-2010	88
IV. Podsumowanie 50 - letnich wyników pomiarów	86
V. Rys historyczny sieci Stacji Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW	97
VI. Rys historyczny funkcjonowania stacji w Legnicy	99
VII. Współpraca z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.....	103

Radioaktywność przyziemnej warstwy powietrza w latach 1960-2010.

Wyniki pomiarów radioaktywności przyziemnej warstwy atmosfery otrzymane w placówkach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w latach 1960-2010.

Publikacja prezentuje wyniki pomiarów radioaktywności przyziemnej warstwy atmosfery realizowanych w latach 1960 – 2010 w sieci Stacji Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych pracujących w strukturze Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego. Pomiaru skażeń prowadzone są w ramach podsystemu Państwowego Monitoringu Środowiska¹. Wyniki pomiarów przekazywane są codziennie do Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych w Państwowej Agencji Atomistyki² (PAA).

W pracy pokazano jak zmieniały się wartości poszczególnych parametrów radiologicznych mierzonych na tle zamierzonej i niezamierzonej działalności człowieka w dziedzinie techniki jądrowej. Zaprezentowane wyniki pokazują jednoznacznie, że wydarzenia związane z uwalnianiem izotopów promieniotwórczych, które miały miejsce w przeszłości wpływały na poziom radioaktywności w przyziemnej warstwie atmosfery nad Polską. Jednakże zasięg czasowy tych wydarzeń był ograniczony i obecnie wpływ naziemnych wybuchów jądrowych prowadzonych w latach 60-tych i 70-tych ubiegłego stulecia, jak również awaria elektrowni atomowej w Czarnobylu w 1986 roku na poziom radioaktywności przyziemnej warstwy atmosfery jest nieznaczny.

Wyniki otrzymane podczas 50-sięciu lat funkcjonowania stacji Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych przedstawione są w podziale na trzy okresy:

1. Okres naziemnych testów jądrowych (lata 1960-1985).
2. Okres zapoczątkowany awarią elektrowni w Czarnobylu (lata 1986-1999).
3. Okres Moratorium na testy jądrowe (lata 2000-2010).

¹ <http://www.gios.gov.pl/artykuly/podkategoria/3/panstwowy-monitoring-srodowiska>

² <http://www.paa.gov.pl/>

Radioactivity of ground atmosphere layer in Poland in 1960-2010.

Results of measurements of ground atmosphere layer radioactivity in Early Warning Radioactive Contamination Network of IMWM in 1960 – 2010.

The publication presents the results of radioactivity measurements of ground atmosphere layer carried out from 1960 to 2010 within Early Warning Radioactive Contamination Network operating in the structure of Institute of Meteorology and Water Management National Research Institute. Contamination measurements are conducted under the subsystem of the State Environmental Monitoring³. Measurement results are transmitted daily to the Centre for Radiation Emergencies in the National Atomic Energy Agency⁴ (CEZAR PAA).

Changes of radiological parameters are presented in relation to deliberate and unintentional human activity in the field of nuclear technology. The results indicate that events associated with release of radioactive isotopes into the atmosphere, that occurred in the past, affected the radioactivity level in the ground atmospheric layer in Poland. However, their temporal effects were limited. At present the influence of ground nuclear explosions in 1960s and 1970s, as well as the accident in Chernobyl in 1986, have negligibly small influence on the level of radioactivity of the ground atmospheric layer over Poland.

The results obtained during the 50-ten years of operation of the network for early detection of radioactive contamination are presented in three periods:

- 1. The period of above-ground nuclear testing (years 1960-1985).*
- 2. The period started the Chernobyl disaster (years 1986-1999).*
- 3. The period of Moratorium on nuclear testing (years 2000-2010).*

³ <http://www.gios.gov.pl/artykuly/podkategoria/3/panstwowy-monitoring-srodowiska>

⁴ <http://www.paa.gov.pl/en>

Wstęp

Radioaktywność naturalna, Radioaktywność sztuczna, Warunki radiologiczne Polski.

Przełom XIX i XX wieku był okresem wielkich odkryć naukowych. W żadnej innej epoce w dziejach ludzkości człowiek w tak krótkim czasie nie zdobył takiej wiedzy o budowie otaczającej go materii. Jednym z ważnych momentów tamtego okresu było odkrycie w roku 1886 promieniotwórczości dokonane przez francuskiego uczonego Henri Bequerela. Odkrycie to nastąpiło przy okazji badań nad fosforescencją minerałów. Zawierające uran minerały owinięte papierem nieprzepuszczającym światła wywoływały naświetlenie płyt fotograficznych znajdujących się w pobliżu. Pierwsze wnioski wskazywały na istnienie silnego promieniowania elektromagnetycznego, dalej nazwanego promieniowaniem gamma. Zaobserwowano również jonizację powietrza wokół wspomnianych minerałów. Kolejnym istotnym krokiem było wyodrębnienie radu i polonu z rud uranowych. Dokonali tego w latach 1898 - 1899 Maria Skłodowska-Curie oraz Piotr Curie. Następnie zaobserwowano, iż izotopy promieniotwórcze podlegają powolnym przemianom w inne pierwiastki z jednoczesną emisją promieniowania wywołującego jonizację otaczającej materii.

W 1898 roku Ernest Rutherford zbadał doświadczalnie i nazwał pozostałe rodzaje promieniowania jonizującego emitowanego przez pierwiastki radioaktywne: promieniowanie alfa oraz promieniowanie beta. Innym, równie ważnym momentem stała się możliwość sztucznego generowania wysokoenergetycznej wiązki promieniowania fal elektromagnetycznych. Dokonał tego Wilhelm Roentgen w 1895 roku.

Początkowe doświadczenia i eksperymenty prowadzone na uczelniach oraz w instytutach naukowych pozwoliły na zidentyfikowanie procesów odpowiedzialnych za rozpad promieniotwórczy atomów oraz na stworzenie podstaw teoretycznych i usystematyzowanie tej dziedziny nauki. Pojawiła się możliwość zastosowania powyższych odkryć w szerszej skali niż uniwersyteckie laboratoria. Z możliwości tej korzystano szczególnie w dziedzinach medycznych, chociaż wiedza na temat negatywnych skutków towarzyszących oddziaływaniu promieniowania jonizującego na organizmy żywe była w owym czasie znikoma.

Zastosowanie substancji promieniotwórczych w przemyśle otworzyło nowe horyzonty działalności człowieka. Pojawiła się chęć wykorzystania energii wyzwolonej podczas rozpadów promieniotwórczych w celach militarnych, co było to związane z sytuacją polityczną w I połowie XX wieku.

W 1942 roku pod kierownictwem Enrique Fermiego przeprowadzono pierwszą kontrolowaną reakcję rozpadu promieniotwórczego na dużą skalę, czego efektem była ogromna ilość emitowanej energii cieplnej. Ciepło uzyskane podczas takiego rozpadu można było kontrolować i wykorzystać jako źródło energii. Urządzenie w którym zachodził ten kontrolowany rozpad zostało nazwane reaktorem atomowym. Jednocześnie powstające podczas reakcji rozpadu jądra atomowe i cząstki elementarne posiadające dużą energię kinetyczną rozbijają kolejne jądra co prowadzi do tzw. reakcji łańcuchowej. Niekontrolowana reakcja łańcuchowa prowadzi do gwałtownego wzrostu temperatury układu i ostatecznie do wybuchu atomowego. Zjawisko to wykorzystano do stworzenia bomby atomowej. Pierwszego próbnego wybuchu atomowego dokonano 16 lipca 1945 roku. Efektem pierwszego naziemnego wybuchu atomowego było wprowadzenie do środowiska wielu izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego.

Możliwość przebiegu reakcji łańcuchowej w sposób kontrolowany i niekontrolowany wyznacza ramy, które do dziś określają granice działalności człowieka w sferze technologii atomowych.

W związku z bardzo intensywnym wykorzystywaniem technologii nuklearnych w przemyśle i medycynie w latach 50-tych w wielu państwach podjęto próby stworzenia systemów monitorujących poziom radioaktywności w powietrzu ze szczególnym uwzględnieniem badań przyziemnej warstwy atmosfery, w obszarze, w którym toczy się działalność życiowa człowieka. Takim państwem była też Polska, gdzie już od końca lat 50-tych zaczęto tworzyć załączki Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych w ramach stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Bardziej szczegółowe informacje na temat historii ww. Sieci zamieszczono w rozdziałach nr 5, 6 i 7 poświęconych temu tematowi.

Promieniotwórczość jest nieodłącznym składnikiem naszego życia i środowiska. W otaczającym nas środowisku znajdują się zarówno promieniotwórcze izotopy pochodzenia sztucznego związane z działalnością człowieka, jak również promieniotwórcze izotopy pochodzenia naturalnego. Źródłem promieniotwórczości naturalnej są izotopy promieniotwórcze będące efektem oddziaływania promieniowania kosmicznego (składającego się z wysokoenergetycznych cząstek) na jądra atomów gazów (azotu, tlenu i argonu) w atmosferze oraz radioizotopy znajdujące się w skorupie ziemskiej i glebie.

Skały skorupy ziemskiej zawierają radiopierwiastki stanowiące trzy rodziny promieniotwórcze, w których zachodzą długie szeregi przemian jądrowych. Określane

są mianem trzech naturalnych szeregów promieniotwórczych: uranowo-radowego, torowego oraz uranowo-aktynowego. W czasie tych przemian w środkowej części każdego szeregu powstaje radionuklid, który w warunkach atmosferycznych ma postać gazu. Gazami tymi są radon, toron i aktynon należące do grupy gazów szlachetnych. Dzięki postaci gazowej pierwiastki przedostają się z głębiej położonych warstw ziemi i następnie poprzez pory na jej powierzchnię. W zależności od budowy geologicznej emisja radonu, toronu i aktynonu jest inna dla poszczególnych obszarów geograficznych a co za tym idzie również różne są poziomy radioaktywności pochodzenia naturalnego na tych obszarach. Przykładem są tereny góryste, gdzie obserwujemy zwiększoną promieniotwórczość naturalną.

Jak wynika z danych⁵ uzyskanych i opracowanych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR), rozkład stężeń Ra-226 będącego radionuklidem pochodnym U-238 oraz Ac-228, radionuklidu pochodnego Th-232, ma związek z budową geologiczną Polski. Największe stężenia uranu i toru w glebie występują na południu kraju, na terenie Karpat i Sudetów. Stężenie potasu K-40, który jest ważnym izotopem naturalnie promieniotwórczym, z uwagi na jego duży udział w tle promieniowania jonizującego, charakteryzuje się większą jednorodnością rozkładu na terenie kraju.

Rozkład naturalnych radionuklidów w powierzchniowej warstwie gleby zgodny z geologiczną budową kraju potwierdzają wyniki otrzymane dla poszczególnych województw. Maksymalne wartości średnich stężeń dwóch radionuklidów (Ra-226, Ac-228) otrzymano dla województwa dolnośląskiego natomiast najmniejsze stężenia otrzymano dla województwa łódzkiego.

W środowisku naturalnym znajdują się izotopy promieniotwórcze pochodzenia sztucznego, których źródłem są niekontrolowane uwolnienia wynikłe z awarii urządzeń jądrowych oraz testy atomowe. Dwa z tych izotopów to cez Cs-137 i stront Sr-90.

Cs-137 uwalniany głównie w wyniku uszkodzeń reaktorów atomowych, stanowi zagrożenie dla zdrowia z powodu podobieństwa chemicznego zbliżonego do potasu. Z tego też powodu jest asymilowany przez organizm człowieka.

W technice, Cs-137 jest stosowany do kalibracji aparatury pomiarowej.

Rozkład geograficzny stężeń izotopu Cs-137 w glebie w latach 2004 -2005 wskazuje, że skażenia tym radionuklidem są rozłożone nierównomiernie na obszarze kraju. Dodatkowe badania prowadzone w latach następnych potwierdzają, że charakter rozkładu powierzchniowego stężeń Cs-137 nie zmienia się.

⁵ „Radiologiczny Atlas Polski 2005”, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska-CLOR, ISBN 83-920345-8-9.

Głównym źródłem Cs-137 zdeponowanego w glebie na obszarze Polski była awaria reaktora w Czarnobylu. Podczas przejścia nad Polską pierwiastków radioaktywnych w postaci chmury, uwolnionych z reaktora nastąpiły opady deszczu nad województwami: opolskim, śląskim, dolnośląskim oraz małopolskim oraz częściowo w okolicach Warszawy, co stało się główną przyczyną obserwowanych wyższych średnich stężeń Cs-137 w glebie. Najniższe wartości średniego stężenia Cs-137 zmierzono w województwach: lubuskim, wielkopolskim, zachodniopomorskim oraz łódzkim.

Sr-90 jest jednym z produktów wybuchów atomowych. Podobnie jak Cs-137 stanowi również zagrożenie dla zdrowia gdyż z racji podobieństwa do wapnia jest odkładany w kościach. Sr-90 emituje silne promieniowanie beta a jego czas półrozpadu wynosi ok. 30 lat. W celach medycznych stosowany jest do leczenia raka kości oraz osteoporozy.

W niniejszej publikacji przyjęto podział całego omawianego zakresu (lata 1960 – 2010) na 3 okresy pomiarowe:

1. Okres naziemnych testów jądrowych (lata 1960-1985)
2. Okres zapoczątkowany awarią elektrowni w Czarnobylu (lata 1986-1999)
3. Okres Moratorium na testy jądrowe (lata 2000-2010) .

Dla każdego z tych okresów omawia są metody pomiarowe, wyniki i lokalizacje stacji pomiarowych. Ulegały one zmianie w analizowanym okresie czasu w wyniku aktualnych potrzeb.

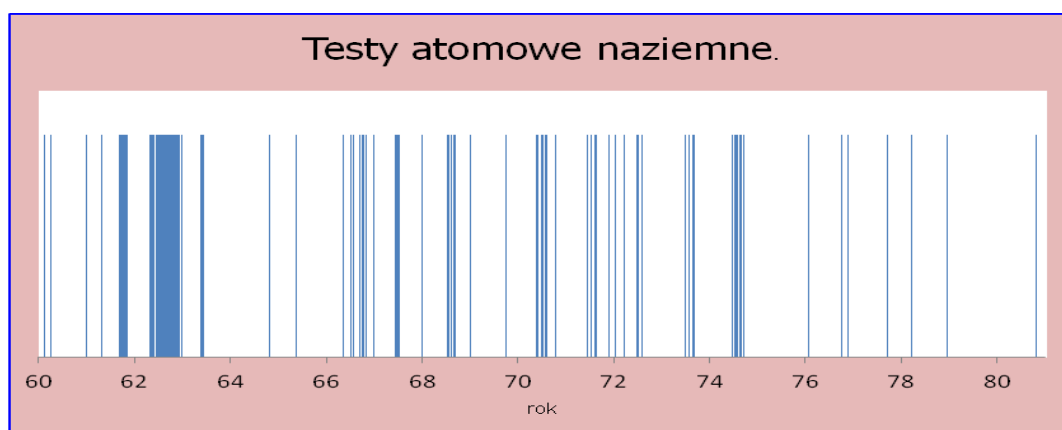
Celem niniejszego opracowania jest z jednej strony zaprezentowanie wyników pomiarów radioaktywności powietrza prowadzonych w ramach stacji Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW w latach 1960-2010. Z drugiej strony intencją było ukazanie faktu, że mimo bardzo dużych wartości promieniowania zmierzonych podczas testów jądrowych jak również podczas awarii elektrowni w Czarnobylu obecnie nie odczuwamy skutków tych wydarzeń w postaci podwyższonego promieniotwórczości w przyziemnej warstwie atmosfery.

I. Okres naziemnych prób z bronią jądrową

1. Wprowadzenie

W latach 1960 – 1980 przeprowadzono liczne testy broni jądrowej. Eksperymenty o największym znaczeniu dla skażenia przyziemnej warstwy atmosfery nad Polską miały charakter naziemny. W tym miejscu konieczne jest doprecyzowanie używanego w tej publikacji pojęcia naziemnego testu/wybuchu jądrowego/atomowego. Mianowicie wybuchy te były przeprowadzane nie bezpośrednio na powierzchni ziemi tylko na pewnej wysokości. Prawidłowym określeniem na takie testy byłoby również „atmosferyczne” gdyż takie określenie akcentuje wpływ wybuchu na podwyższoną zawartość izotopów pochodzenia sztucznego w powietrzu. Dlatego też określenie „naziemny” będzie oznaczało że wybuch nastąpił w pewnej wysokości nad powierzchnią ziemi. W 1960 roku przez trzy dni realizowano eksperymenty z bronią jądrową, natomiast w roku 1961 ich ilość wzrosła do 38. Rok 1962 był okresem przeprowadzenia największej ilości testów atomowych w historii ponieważ w tym roku przez 87 dni dokonywano naziemnych wybuchów jądrowych. W kolejnych latach ta ilość zmalała do maksymalnie 10 dni w roku. W latach 1960-1980 w sumie przez 197 dni przeprowadzano eksperymenty z bronią jądrową. Warto zauważyć, że w ciągu jednego dnia testów mogło mieć miejsce kilka wybuchów w odstępie godzin. Ostatnia naziemna próba atomowa odbyła się 16 października 1980 roku. W kolejnych latach kontynuowano jedynie testy podziemne oraz pod dnem oceanów a całkowite zaprzestanie eksperymentów jądrowych nastąpiło w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych dwudziestego wieku.

Przedstawiając każdy dzień testów jądrowych pionową linią na wykresie czasowym uzyskujemy możliwość wizualnej oceny częstości przeprowadzania wybuchów jądrowych, co przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Dni testów jądrowych w latach 1960-1980.

(źródło danych do wykresu: Nuclear Explosion Database, www.rdss.info/database/nedb/nedb_ent.html)

2. Metodyki pomiarowe

W okresie od 1960 do 1985 roku prowadzono następujące pomiary:

- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta⁶ w opadzie całkowitym dobowym,**
- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym,**
- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu.**

Powyższe rodzaje pomiarów są przedstawione w szerszym opisie poniżej oraz na kolejnych stronach.

Stężenie promieniotwórcze⁷ izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym oraz miesięcznym

Metodyka poboru próbek.

Pobór próbek dobowych opadu całkowitego odbywał się przez 24 godziny a ich wymiana następowała codziennie o godzinie 6⁰⁰ UTC. Wymiana próbki opadu miesięcznego następowała każdego pierwszego dnia miesiąca o godzinie 6⁰⁰ UTC. Wyniki pomiarów podawane były w odniesieniu do dnia rozpoczynającego każdy miesięczny pomiar.

Pobieranie prób dobowych i miesięcznych polegało na zbieraniu do plastikowych kuwet (kuweta o powierzchni zbierającej 1500 cm²) całkowitego opadu atmosferycznego (mokrego i suchego - *ang. atmospheric fallout*). Na kuwety nakładane były osłony chroniące przed wywiewaniem zebranych zanieczyszczeń oraz siatka chroniąca przed zanieczyszczeniem próbki przez ptaki. W okresach bezdeszczowych dno kuwety pokrywane były 2 cm warstwą wody destylowanej. Opad dobowy pobierany był do jednej kuwety, a do poboru opadu miesięcznego stosowano dwie kuwety.

Po zakończeniu ekspozycji próby odparowane były w parownicy wyłożonej bibułą filtracyjną tak, aby zanieczyszczenia znajdujące się w wodzie po jej odparowaniu osadziły się na bibule. Bibułę następnie spopielało w piecu muflowym w temperaturze 450 °C. Otrzymany popiół przenoszono do miseczki pomiarowej, następnie zakraplano do popiołu aceton, który po wyparowaniu tworzył twardą warstwę popiołu. W przypadku

⁶ Przez pojęcie „izotopy beta” należy rozumieć izotopy beta-promieniotwórcze lub izotopy emitujące promieniowanie beta.

⁷ Słownik Terminów Radiologicznych, CLOR, <http://www.clor.waw.pl/ochrona/slownik.htm>

opadu dobowego otrzymana ilość popiołu mieściła się na jednej miseczce. W przypadku opadu miesięcznego popiół uzyskany z jednej kuwety musiał być rozdzielony na dwie lub więcej miseczek.

Gęstość powierzchniowa warstwy popiołu w miseczce pomiarowej nie powinna przekraczać 50 mg/cm^2 , co pozwala na zaniechanie zjawiska samoabsorbpcji podczas pomiaru stężenia promieniotwórczego izotopów beta w próbce.

Od 1960 roku używana jest miseczka typu CLOR o średnicy wewnętrznej 25 mm, głębokości 4 mm, wykonanej z blachy aluminiowej o grubości 0,3 mm.

Opis aparatury.

Zestawy aparatury do pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta oraz w opadzie całkowitym składały się z licznika Geigera-Müllera, przedwzmacniacza i przeliczników różnych typów. Używane były typy przeliczników na przestrzeni 50-lat to m.in:

- przelicznik produkcji Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie wyświetlający wyniki w systemie dwójkowym;
- przelicznik radziecki typu WSP systemu dwójkowego od 1958 r.;
- przelicznik typu PD-56, PT-2 i LL-1, krajowe lampowe od 1961 r.;
- przelicznik typu SKPL-1 z sondą SSU-70 i scyntylatorem plastikowym SPF-35 od 1976 r.;
- przeliczniki typu BAT-25, BOH-45 lub AOH - 45 z okienkiem mikowym o średnicy 25 mm umieszczone w domku ołowianym o grubości ścianek 5 cm. Bieg własny zestawu pomiarowego wynosił 8 – 10 imp./min, stosowane do 1977 roku.
- zestaw aparatury pomiarowo-kontrolnej typu ZAPKS-1 z sondą SSU-70 zawierającą detektor scyntylacyjny typu SPF-35 o średnicy 35 mm i grubości 3 mm, osłonięty folią aluminiową o gęstości powierzchniowej 2 mg/cm^2 . Bieg własny zestawu z sondą w osłonie ołowianej wynosił 8 -12 imp./min. (aparatura używana do dziś z racji stabilności pracy)
- głowica antykoincydencyjna typu UGB-2 z licznikami produkcji PHILIPS (tło 1,5 – 3,0 imp/min) od 1978 r.
- przelicznik typu SAPOS-90 z sondą SSU-70. Wyniki otrzymywane są w postaci wydruku. Urządzenia typu SAPOS-90 były produkowane przez firmę POLON. (z racji stabilnej pracy aparatura nadal używana w charakterze zapasowej)

- zestaw komputerowy z sondą 51YSPFM i przedwzmacniaczem AS17, współpracujący z systemem GENIE2000, stosowany od 1999 roku do chwili obecnej jako podstawowa aparatura.

Kalibracja aparatury pomiarowej.

Kalibrację zestawu aparatury pomiarowej przeprowadza się przy pomocy wzorca K-40 o aktywności 100 pCi (3,7 Bq) umieszczonego w miseczce pomiarowej identycznej z miseczką w jakiej umieszczona była próbka. Wzorce te wykonuje Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Metody pomiaru i obliczania stężenia.

Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w próbkach opadu całkowitego dobowego i miesięcznego wyznacza się ze wzoru:

$A_F = K_F \times N_0$ [Bq/ m²] , gdzie K_F jest współczynnikiem kalibracyjnym.

$$K_F = \frac{A_w}{N_0 \times S} \left[\frac{Bq \times min}{imp \times m^2} \right]$$

$$N_0 = N - N_t$$

A_w - aktywność wzorca K-40 równa 3,7 Bq

N – liczba imp/min pomiaru próbki lub wzorca,

N_t – liczba imp/min pomiaru tła,

S – powierzchnia zbierająca naczynia.

Pomiary stężenia promieniotwórczego izotopów beta w próbkach opadu całkowitego do końca 1968 prowadzono po 3 dniach, a od 1 stycznia 1969 po 5 dniach od dnia zakończenia pobierania próbki.

Próbka dobowego opadu o stężeniu przekraczającym 5 Bq/m² była dodatkowo mierzona po 15, 25 i 35 dniach od zakończenia jej ekspozycji. Na podstawie zaniku aktywności próbki można było ocenić czy zwiększona aktywność pochodzi od krótko czy też długożyciowych radioizotopów. Próbki, których stężenie po 35 dniach było nadal większe od 5 Bq/m², co mogło wskazywać na obecność długożyciowych radioizotopów, poddawane były pomiarom spektrometrycznym pod kątem sprawdzenia obecności Cs-

137 i analizie radiochemicznej w celu oznaczenia aktywności izotopu Sr-90. Próg 5 Bq/m² wynika z oceny zakresów wartości dla opadu całkowitego.

Czas pomiaru tła i próbki opadu całkowitego dobowego wynosił 30 minut.

W przypadku próbek opadu całkowitego miesięcznego czas pomiaru również wynosił 30 minut dla każdej miseczki. Stężenia promieniotwórcze z wszystkich misek dla danej kuwety było sumowane. Następnie obliczana była średnia arytmetyczna z trzech stężeń wyliczonych dla każdej kuwety miesięcznej.

Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w próbkach opadu całkowitego miesięcznego mierzone były 11 dnia od dnia zakończenia poboru.

Czas wzorcowania dla obu rodzajów pomiarów wynosił min. 50 minut dla tła i wzorca.

W przypadku niepewnych wyników pomiary można było wielokrotnie powtarzać dzięki czemu można weryfikować poprzednie wyniki oraz zwiększać dokładność.

Obliczone wartości stężeń dla opadu dobowego i miesięcznego zaokrąglane były do wartości całkowitych.

Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu.

Metodyka poboru prób.

Zestaw urządzeń do poboru prób powietrza składał się z pompy próżniowej typu MP-5 o wydajności 5 m³/h, gazomierza do pomiaru przepompowanego powietrza typu GD-6 o nominalnej przepustowości 6 m³/h podłączonego na końcu układu ssącego (za pompą próżniową i odolejaczem, chroniącym gazomierz przed zanieczyszczeniem olejem). W ciągu doby pomiarowej objętość przepompowanego powietrza wynosiła około 70 – 80 m³. Stopniowe zatykanie się porów filtra zmniejszało wydajność pompy. Uchwyt do filtrów oraz wlot rury zasysającej powietrze był osłonięty daszkiem przed opadami deszczu oraz śniegu.

Próbki były pobierane poprzez zasysanie powietrza na filtry bibułowym typu Schneider – zielony o średnicy czynnej 25 mm. Od 1964 roku na wszystkich działających stacjach zaczęto stosować filtry membranowe RUFs (późniejsza nazwa –

SYNPOR-2) produkcji czechosłowackiej. Filtry te w postaci krążków o średnicy 35 mm i grubości od 0,2 do 0,9 mm charakteryzują się średnią wielkością porów 2,4 mikrometra oraz efektywnością wychwytu nuklidów promieniotwórczych w powietrzu wyższą niż 90%.

Podczas ekspozycji filtr był umieszczony w specjalnym uchwycie, który chronił go przed mechanicznym uszkodzeniem jak również pozwalał na kształtowanie powierzchni wychwytu aerozoli. Czynna powierzchnia wychwytu miała kształt koła o średnicy 25 mm. Grubość warstwy osadzonego aerozolu zmieniała się nieznacznie w zależności od czasu ekspozycji filtru, co pozwalało przyjąć stałą geometrię pomiaru dla tego typu prób.

Czas ekspozycji poboru prób aerozoli wynosił 1 dobę. Wymianę pobieranych prób prowadzono codziennie o godzinie 6⁰⁰ UTC.

Opis aparatury

Zgodny z opisem dotyczącym pomiarów stężeń promieniotwórczych w opadzie całkowitym dobowym i miesięcznym.

Kalibracja aparatury pomiarowej.

Do kalibracji aparatury do pomiarów radioaktywności aerozoli stosowano wzorzec Sr-90 + Y-90 o aktywności 1000 pCi (37 Bq) wykonany na podłożu bibułowym o średnicy czynnej 25 mm,

Wzorce te zostały wykonane w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Metody pomiaru i obliczania stężeń.

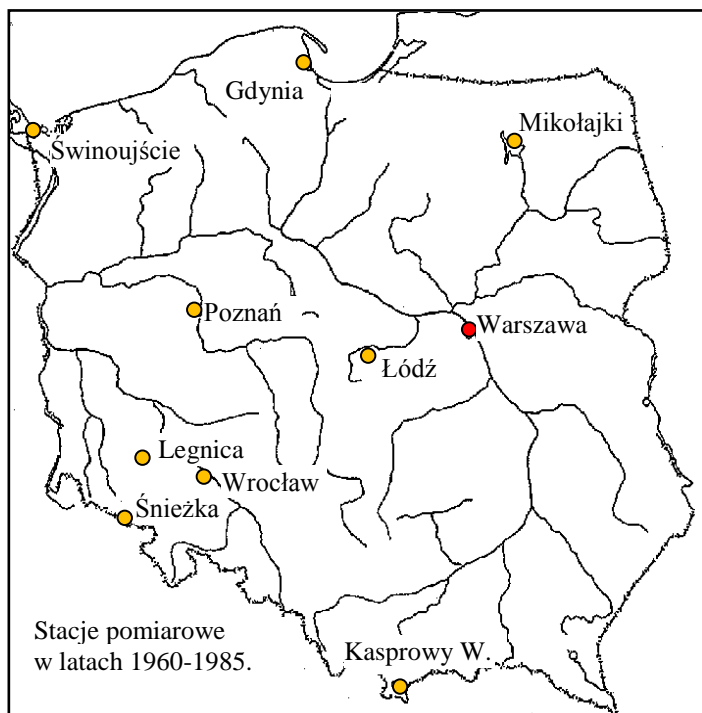
Pomiary stężenia promieniotwórczego izotopów beta w próbkach powietrza od 1 stycznia 1969 prowadzono po 5 dniach od zakończenia zbierania próby a wcześniej po 3 dniach.

Czas pomiaru próbek powietrza na filtrze był równy 30 minut natomiast czas wzorcowania był równy 50 minut.

Dla zwiększenia dokładności oraz weryfikacji niepewnych wyników pomiary można było wielokrotnie powtarzać.

3. Wyniki pomiarów z poszczególnych stacji w latach 1960-1985.

W latach 1960-1985 pomiary były wykonywane na 9 stacjach, których lokalizację przedstawiono na mapie nr 1.



Mapa nr 1. Lokalizacja stacji Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW w latach 1960-1985.

W tabelach 1 - 3 przedstawione są średnie wartości stężeń w opadzie całkowitym, opadzie miesięcznym oraz w powietrzu. Średnie zostały podane dla lat 1960-1985 z podziałem na poszczególne stacje (oznaczenia kodowe stacji w dalszej części tekstu).

Puste pola w tabelach oznaczają, że w danym okresie stacja nie prowadziła odpowiednich pomiarów, zakończyła je lub ich nie rozpoczęła.

Z racji dużych zakresów wartości stężeń i jednocześnie dla łatwiejszego porównania wyników pomiarów do większości wykresów zastosowaną skalę logarymiczną.

Wartości w tabelach są wyrażone w Bq/m^3 (bekerelach⁸ na metr sześcienny). Z kolei na wykresach wyniki pomiarów zostały przedstawione w mBq/m^3 (milibekerelach na metr sześcienny).

Przerwy w wykresach oznaczają awarię lub wartość nie przekraczającą jednośc. Nieregularne wahania wartości pomiarów widoczne na wykresach są związane z

⁸ 1Bq (czyt. Bekerel) jest jednostką aktywności służącą do opisywania rozpadu promieniotwórczego [2]

porami roku ponieważ opady śniegu i opady deszczu mają wpływ na uzyskiwane wyniki. Opad deszczu wymywa z powietrza izotopy promieniotwórcze i sprowadza je do przyziemnej warstwy powietrza, gdzie są rejestrowane przez stację natomiast pokrywa śnieżna osłabia promieniowanie pochodzące z głębszych warstw gleby.

Na wykresach przedstawiono wyniki uzyskane w poszczególnych rodzajach pomiarów dla kolejnych stacji oznaczonych numerami kodowymi wg następującego przyporządkowania:

001 – Warszawa,

002 – Gdynia,

003 – Kasprowy Wierch (obserwatorium na szczycie góry) ,

004 – Mikołajki,

005 – Łódź,

006 – Poznań

007 – Świnoujście,

008 – Wrocław (zakończenie pomiarów w 1975 r.) /Legnica (pomiar od 1975 r.)

125 – Śnieżka (obserwatorium na szczycie góry)

Wszystkie stacje prowadziły pełny zakres pomiarowy opisany w części poświęconej metodykom.

Stacja we Wrocławiu prowadziła pomiary do roku 1975, następnie z racji trudności lokalowych w tym samym roku została przeniesiona do Legnicy.

Na obu stacjach prowadzono przez kilka miesięcy równoległe rutynowe pomiary stężeń promieniotwórczych w opadzie całkowitym oraz w powietrzu.

Uzyskane wyniki pozwoliły potraktować wartości zmierzone w Legnicy jako przedłużenie serii pomiarowej z Wrocławia.

Numery kodowe stacji są stosowane w większości tabel oraz tytułach wykresów.

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

Tabela. 1. Stężenia promieniotwórcze izotopów beta [Bq/m²] w opadzie całkowitym dobowym w latach 1961-1985.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ²]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	003	004	005	006	007	008	125
Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ²]										
1961	89			158		21				
1962	133	106	52	305	124	100	107	43	225	
1963	106	109	45	266	101	85	91	46	107	
1964	21	21	9	50	20	20	20	11	21	
1965	9	8	6	20	8	7	8	7	7	
1966	4	4	2	7	5	5	4	3	4	
1967	4	3	2	7	4	3	4	3	3	
1968	6	6	3	11	7	7	5	3	8	
1969	6	5	2	14	6	5	4	3	6	
1970	7	9	3	13	7	6	6	3	11	
1971	8	8	3	16	7	8	6	4	8	
1972	5	5	3	9	4	5	4	2	6	
1973	1	1	1	2	1	1	1	2	0	
1974	4	3	2	8	3	3	3	3	3	
1975	2	2	1	5	2	2	1	2	1	
1976	3	4	2	7	2	2	2	6	3	
1977	5	5	2	11	5	4	5	5	4	
1978	3	2	1	6	2	2	2	3	2	
1979	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
1980	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
1981	3	3	2	6	3	2	3	3	3	6
1982	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
1983	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
1984	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1985	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

Tabela. 2. Stężenia promieniotwórcze izotopów beta [Bq/m^3] w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 1971-1985.

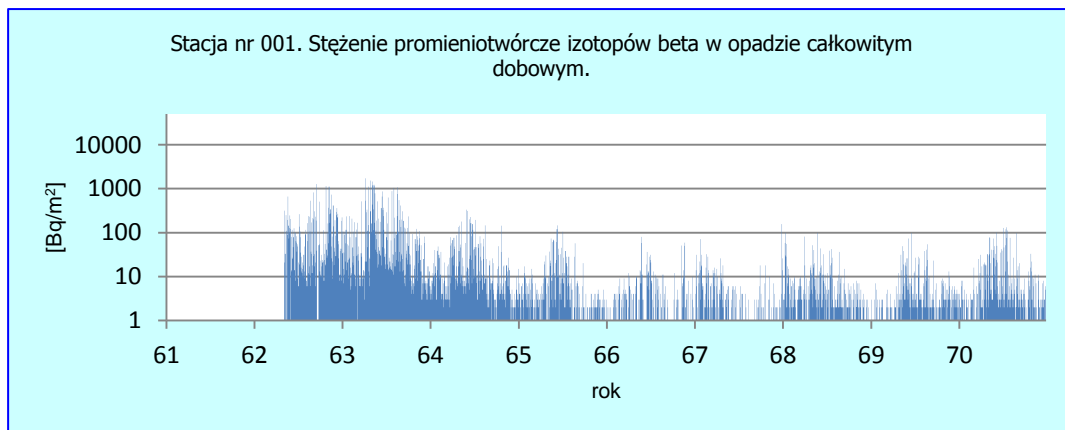
Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m^3]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	003	004	005	006	007	008	125
Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m^3]										
1971	115	139	70	214	103	120	105	64	105	
1972	46	71	17	80	53	41	33	30	47	
1973	11	15	5	20	8	13	15	16	1	
1974	52	54	11	96	62	49	55	28	59	
1975	21	21	7	44	23	21	19	20	14	
1976	25	33	16	33	20	20	22	37	20	
1977	75	67	35	113	89	73	88	66	71	
1978	36	30	24	70	44	37	28	28	24	
1979	13	11	11	17	14	19	13	11	9	
1980	12	11	10	10	12	18	14	11	10	
1981	44	47	33	45	49	49	50	37	43	44
1982	10	9	10	9	7	16	12	9	8	11
1983	9	8	9	10	7	14	11	9	8	8
1984	9	8	8	12	7	17	12	6	8	7
1985	10	10	10	13	6	22	13	6	7	7

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

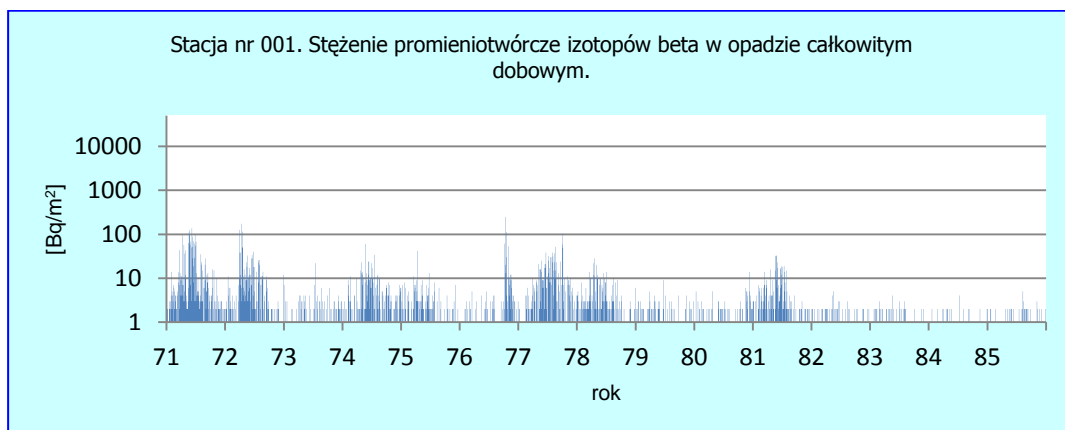
Tabela. 3. Stężenia promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu [Bq/m³] w latach 1960-1985.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ³]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	003	004	005	006	007	008	125
Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ³]										
1960	0,010	0,010								
1961	0,059	0,059	0,041	0,088	0,050		0,056			
1962	0,114	0,138	0,106	0,097	0,111	0,107	0,099	0,092	0,162	
1963	0,114	0,135	0,105	0,113	0,131	0,111	0,113	0,104	0,103	
1964	0,022	0,024	0,021	0,024	0,021	0,015	0,025	0,027	0,017	
1965	0,006	0,006	0,009	0,005	0,006	0,005	0,006	0,008	0,005	
1966	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	
1967	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	
1968	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,004	0,005	0,004	0,004	
1969	0,005	0,005	0,003	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,004	
1970	0,005	0,006	0,004	0,005	0,005	0,004	0,006	0,004	0,006	
1971	0,006	0,007	0,005	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,008	
1972	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	
1973	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	
1974	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	
1975	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
1976	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	
1977	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
1978	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
1979	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
1980	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
1981	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
1982	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001
1983	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
1984	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
1985	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000

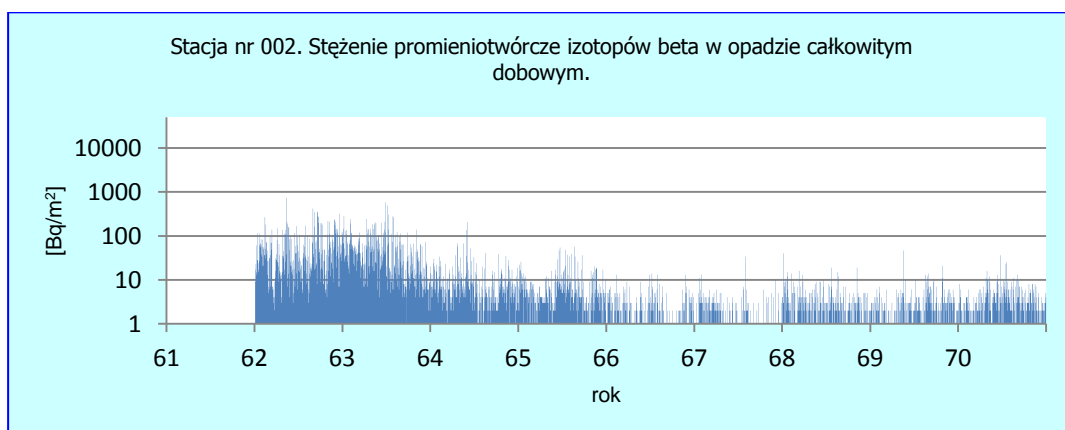
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym w latach 1961-1985.



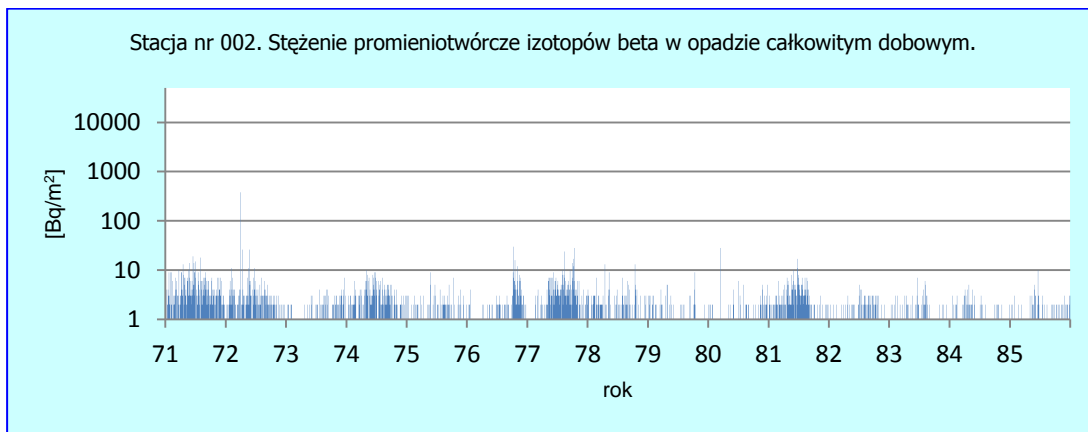
Rys. 2. Stacja Warszawa. Lata 1961-1970.



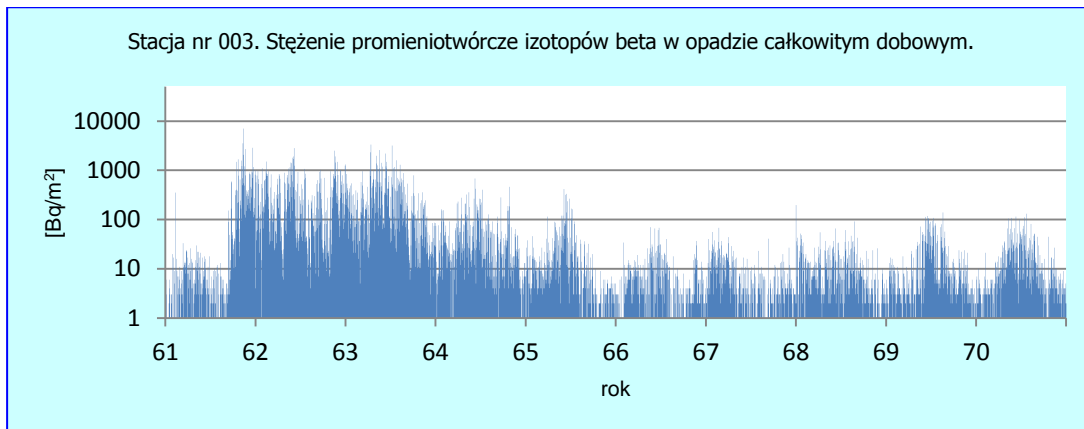
Rys. 3. Stacja Warszawa. Lata 1971-1985.



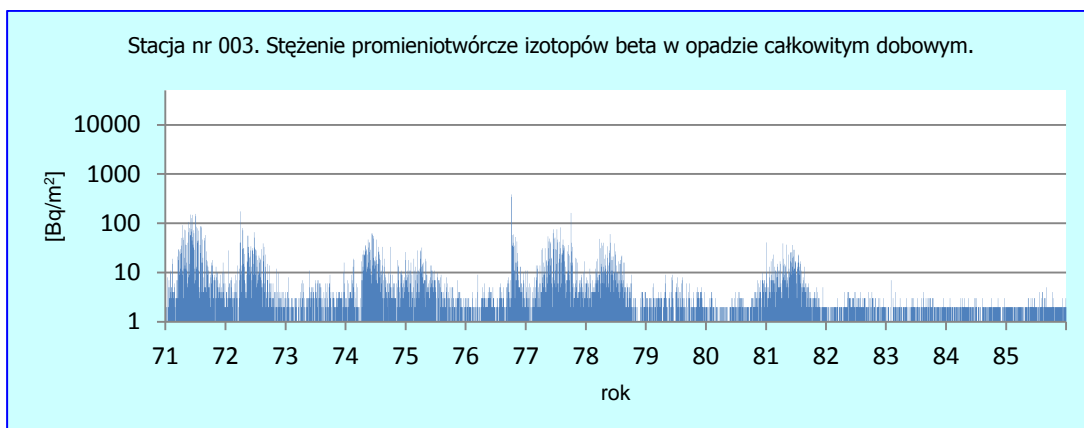
Rys. 4. Stacja Gdynia. Lata 1961-1970.



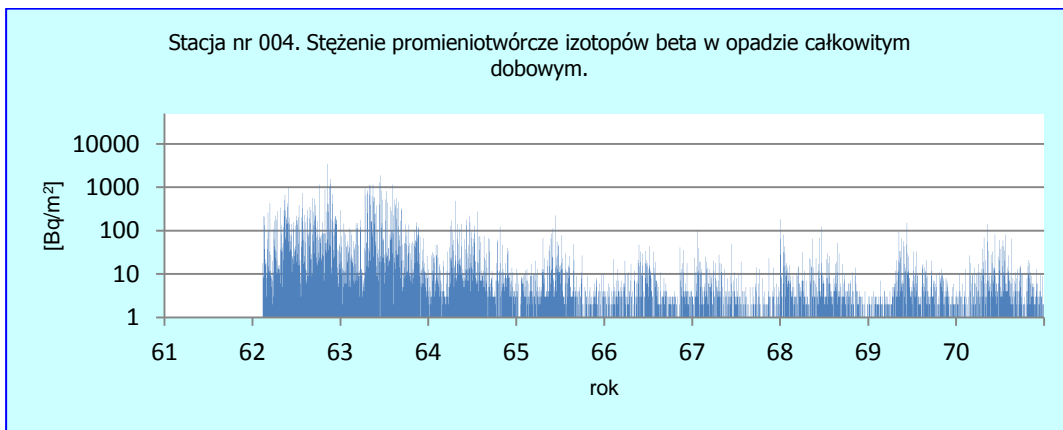
Rys. 5. Stacja Gdynia. Lata 1971-1985.



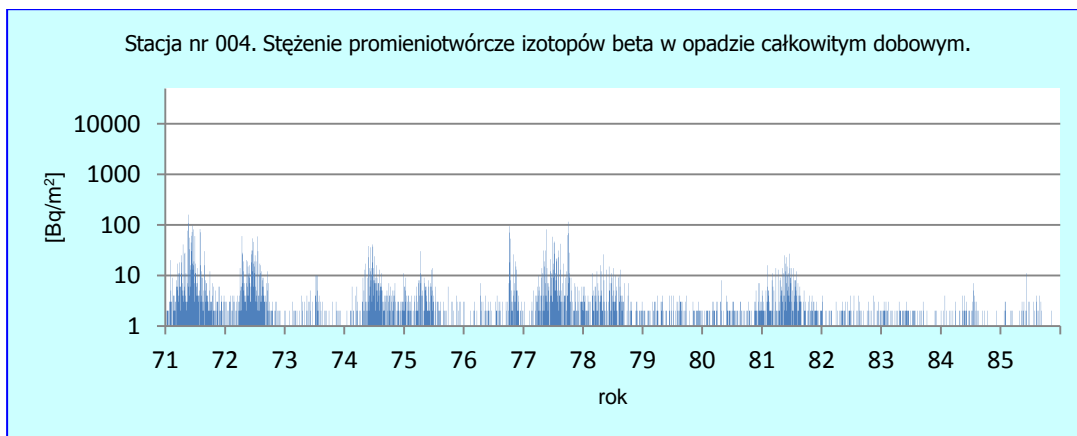
Rys. 6. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1961-1970.



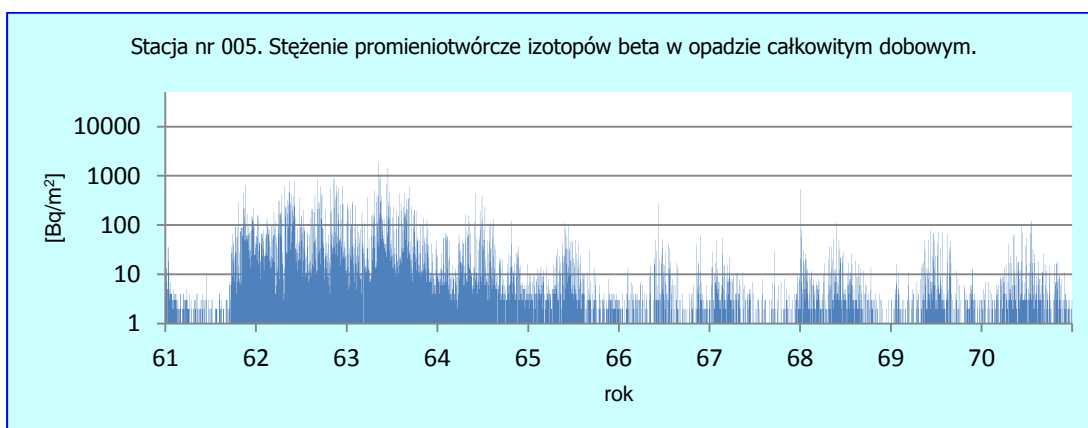
Rys. 7. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1971-1985.



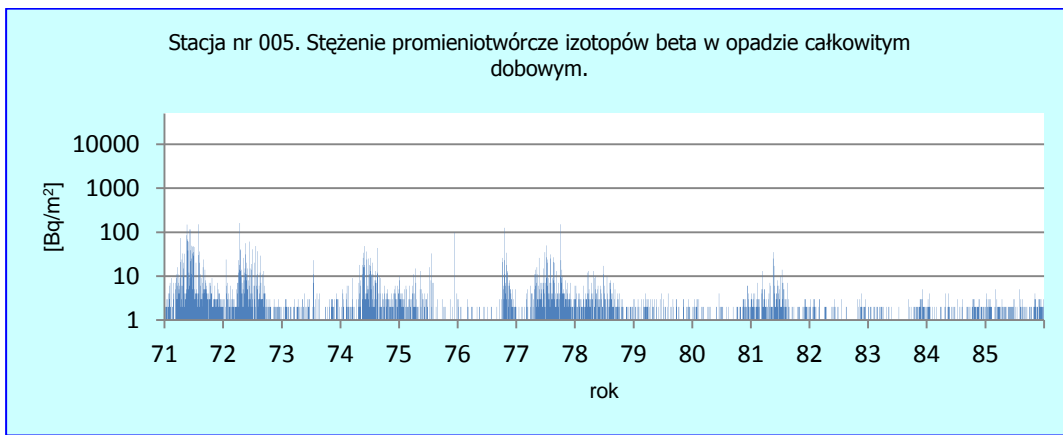
Rys. 8. Stacja Mikołajki. Lata 1961-1970.



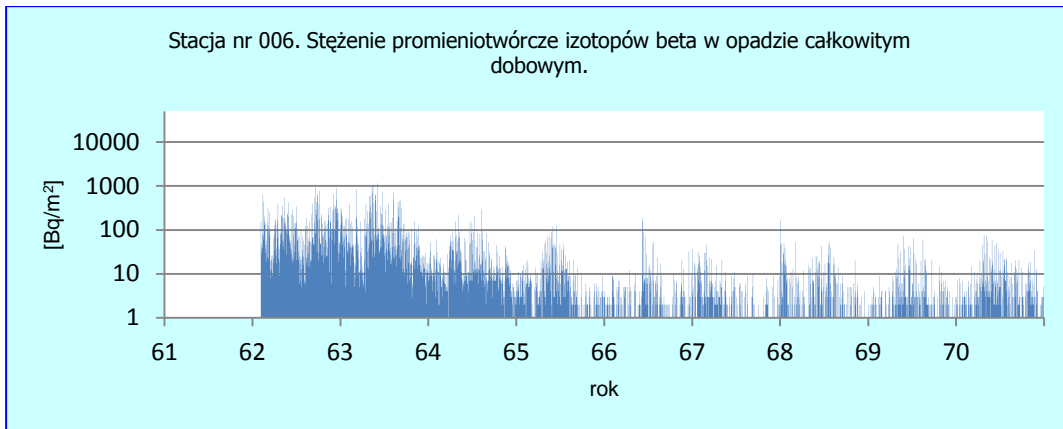
Rys. 9. Stacja Mikołajki. Lata 1971-1985.



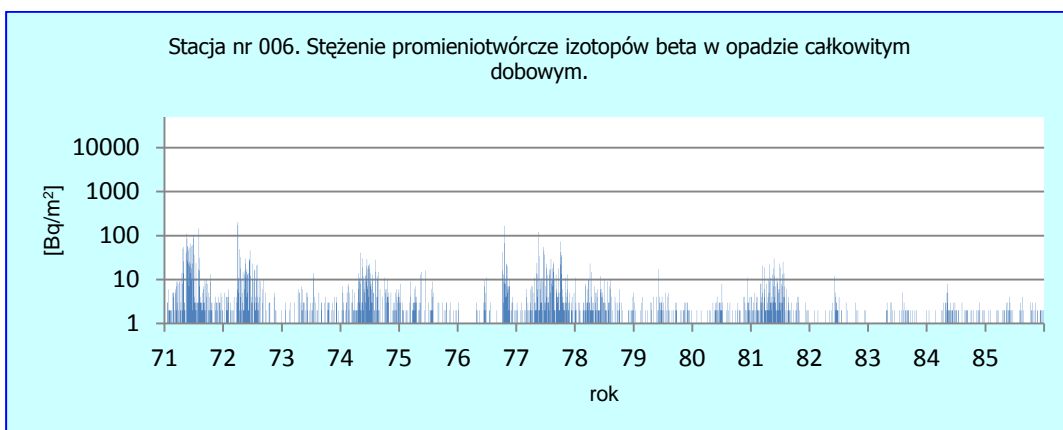
Rys. 10. Stacja Łódź. Lata 1961-1970.



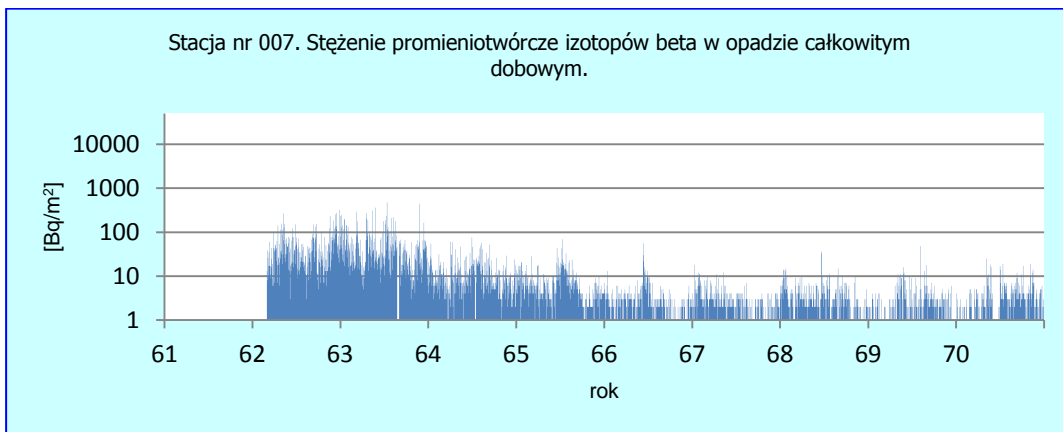
Rys. 11. Stacja Łódź. Lata 1971-1985.



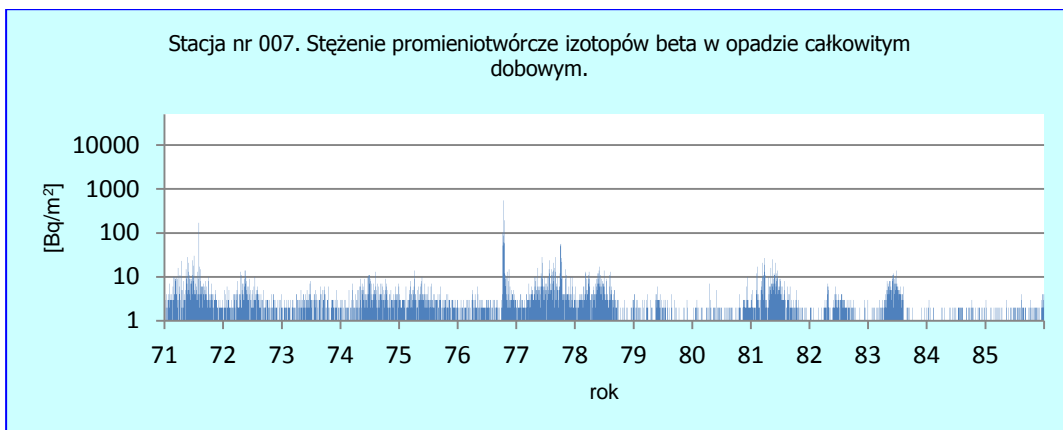
Rys. 12. Stacja Poznań. Lata 1961-1970.



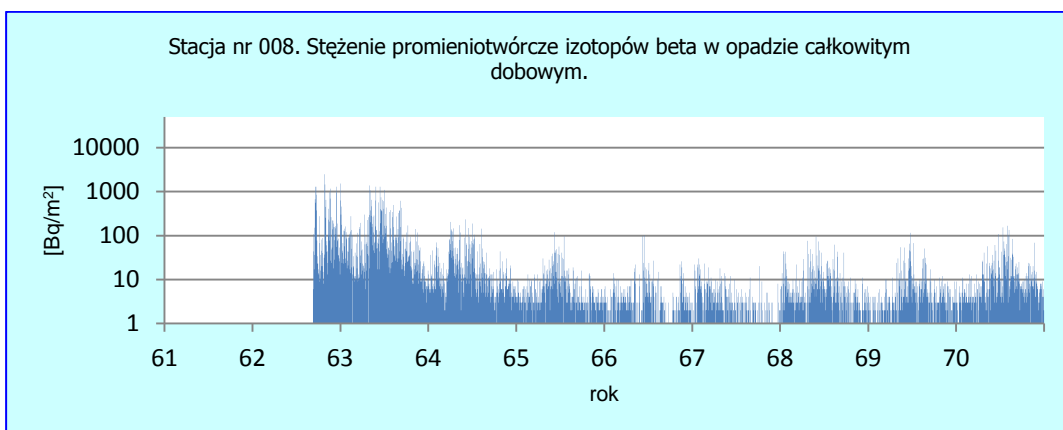
Rys. 13. Stacja Poznań. Lata 1971-1985.



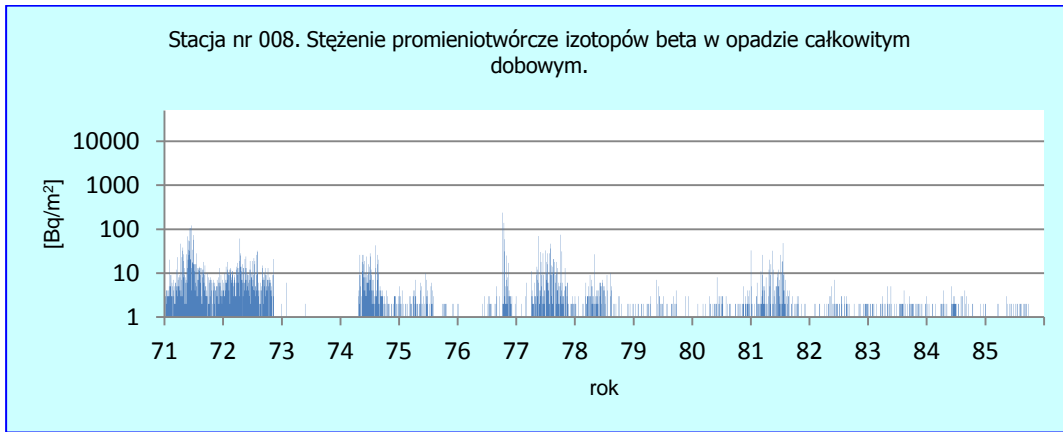
Rys. 14. Stacja Świnoujście. Latach 1961-1970.



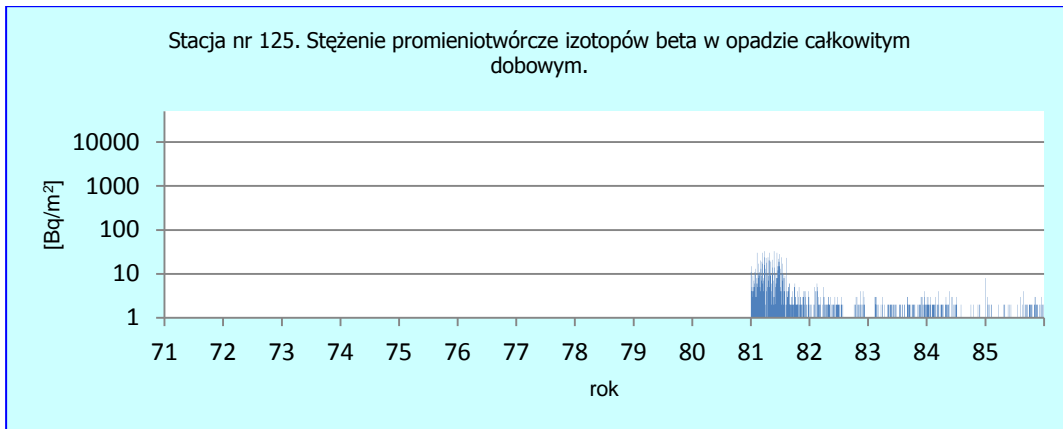
Rys. 15. Stacja Świnoujście. Lata 1971-1985.



Rys. 16. Stacja Legnica. Lata 1961-1970.

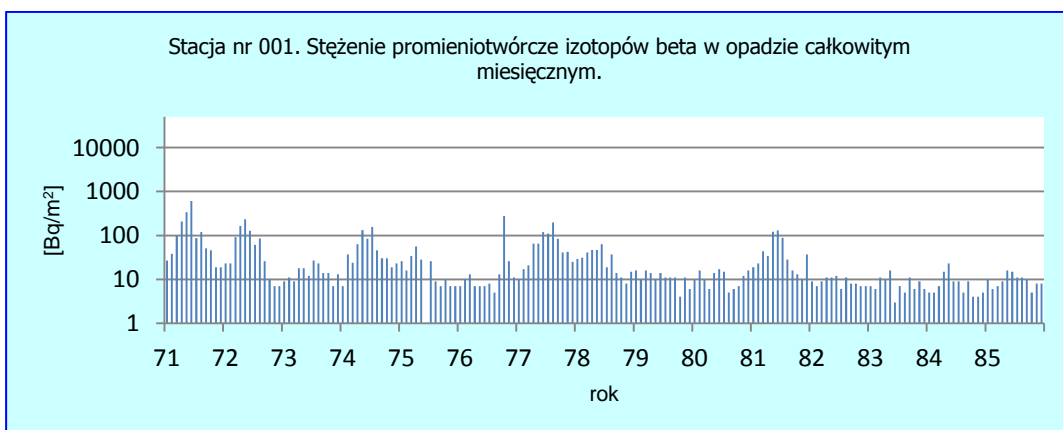


Rys. 17. Stacja Legnica. Lata 1971-1985.

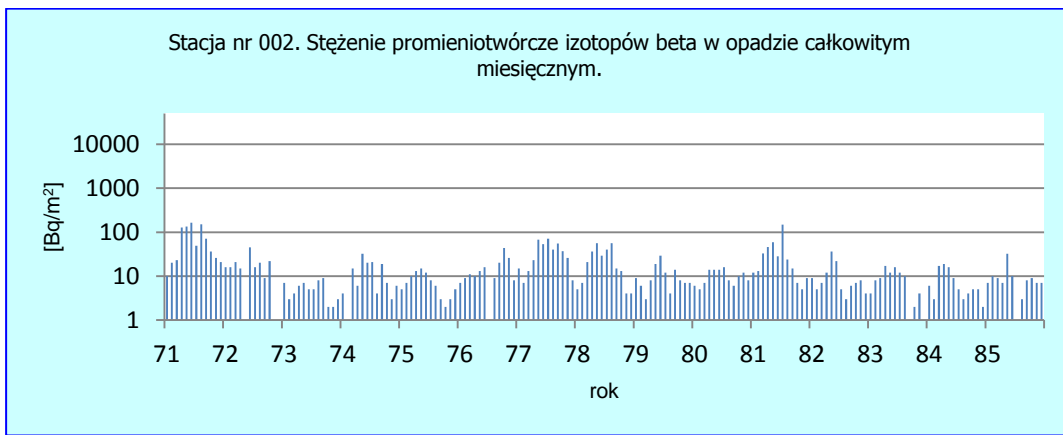


Rys. 18. Stacja Śnieżka. Lata 1971-1985.

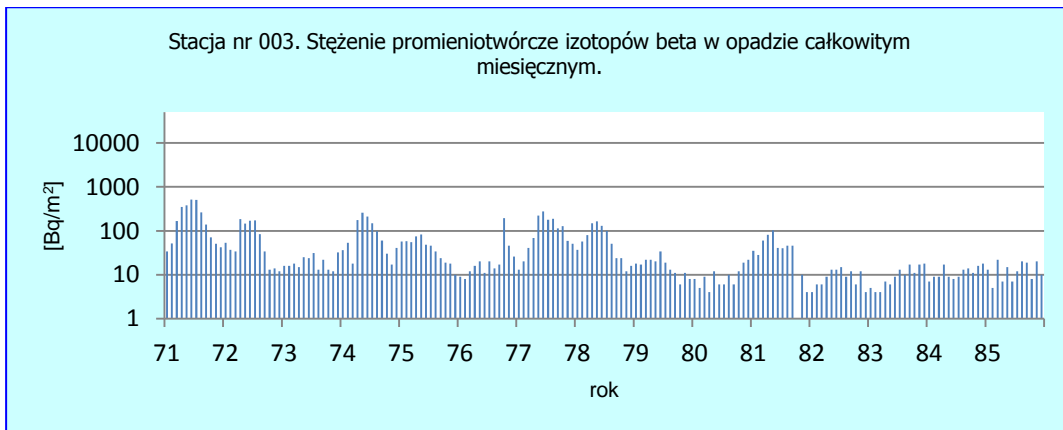
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 1971-1985.



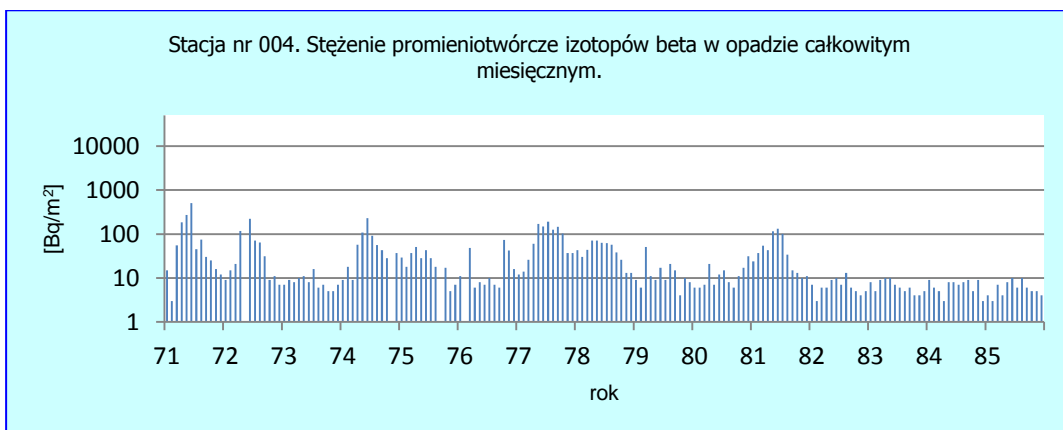
Rys. 19. Stacja Warszawa. Lata 1971-1985.



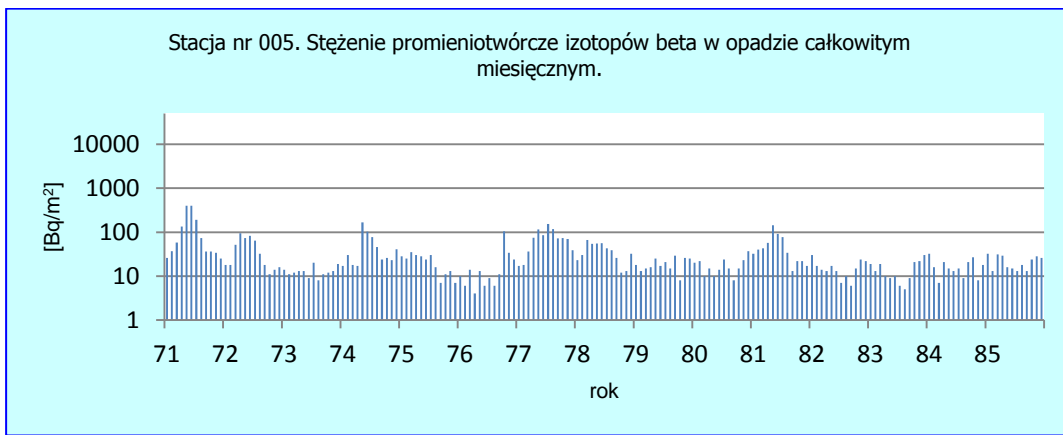
Rys. 20. Stacja Gdynia. Lata 1971-1985.



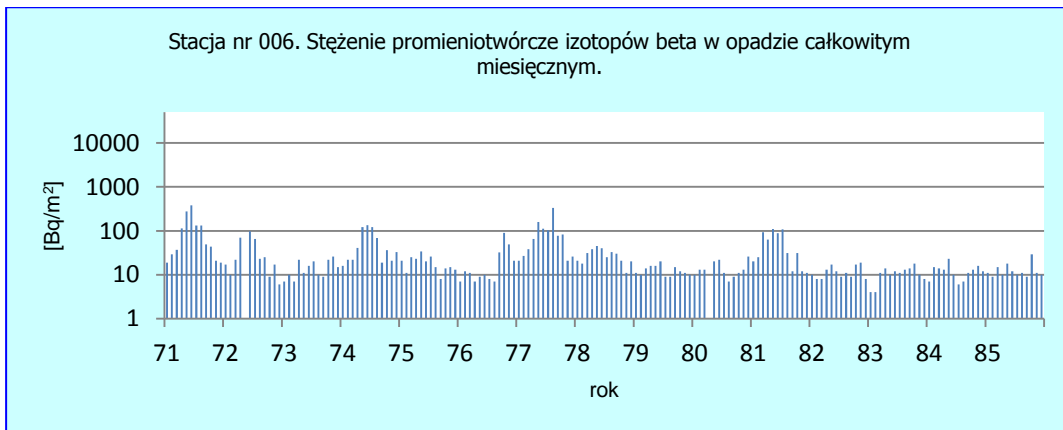
Rys. 21. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1971-1985.



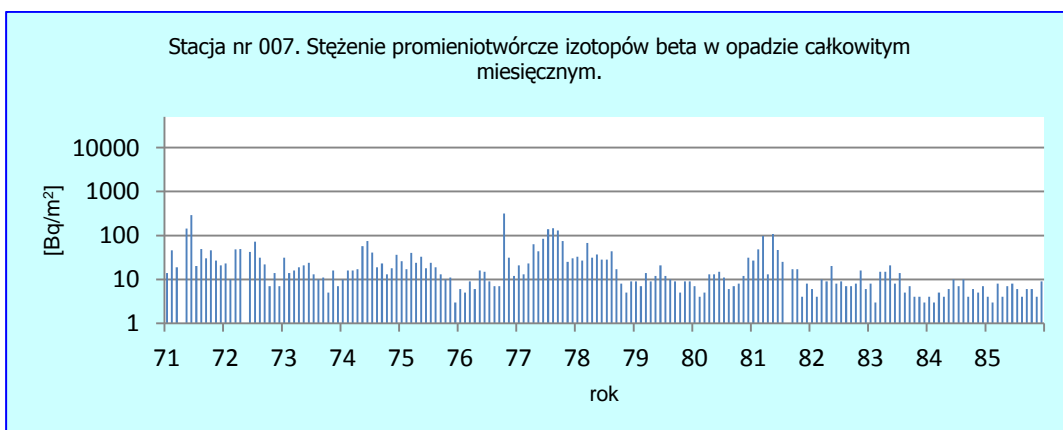
Rys. 22. Stacja Mikołajki. Lata 1971-1985.



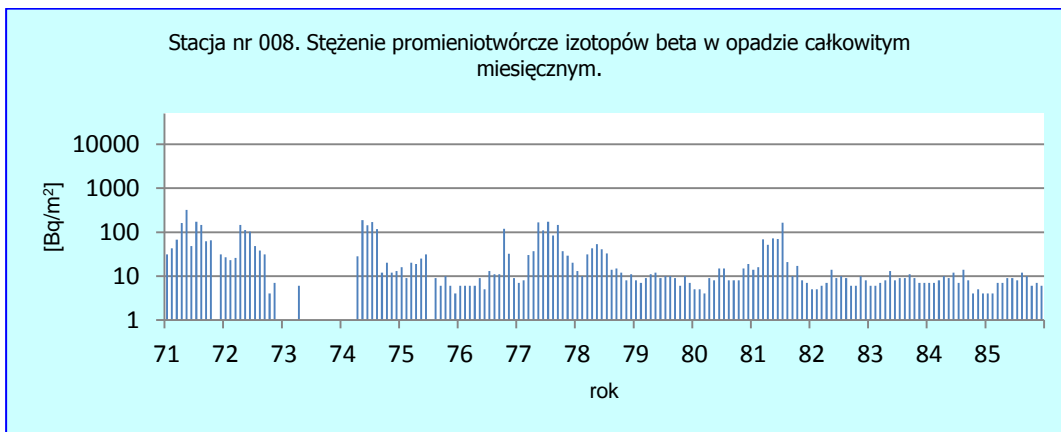
Rys. 23. Stacja Łódź. Lata 1971-1985.



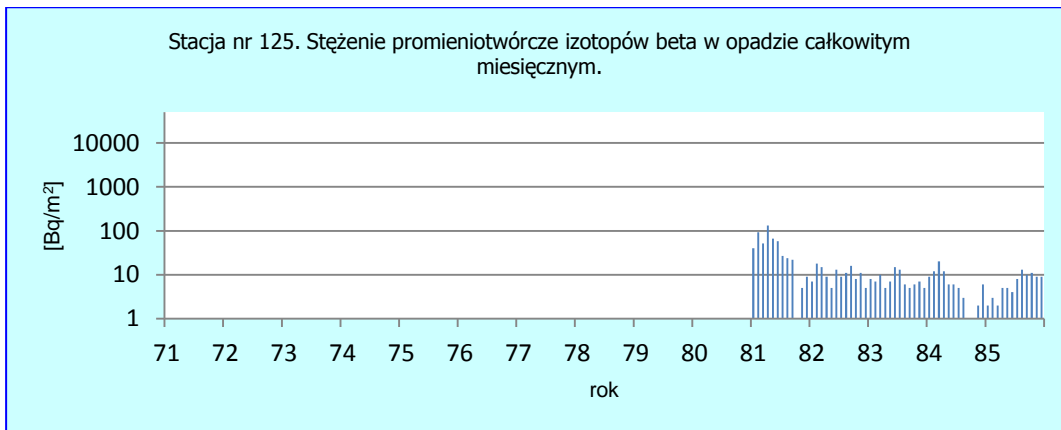
Rys. 24. Stacja Poznań. Lata 1971-1985.



Rys. 25. Stacja Świnoujście. Lata 1971-1985.

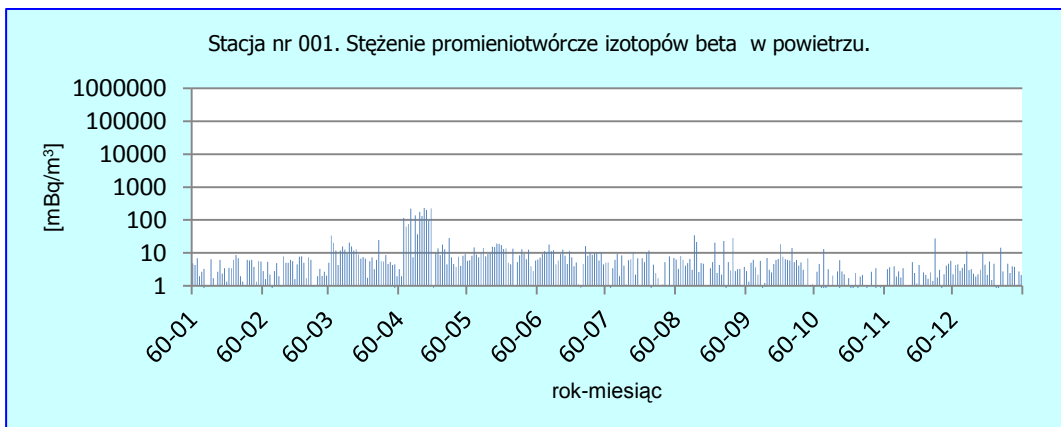


Rys. 26. Stacja Legnica 1971-1985.

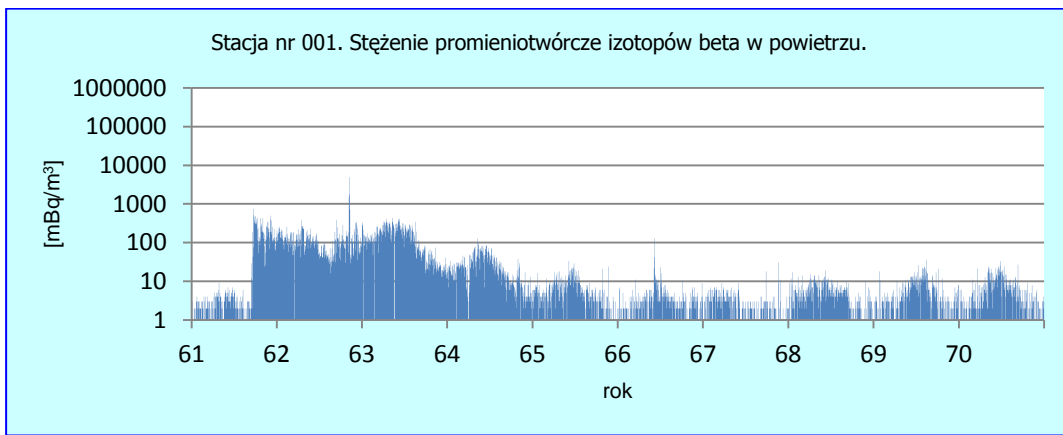


Rys. 27. Stacja Śnieżka. Lata 1971-1985.

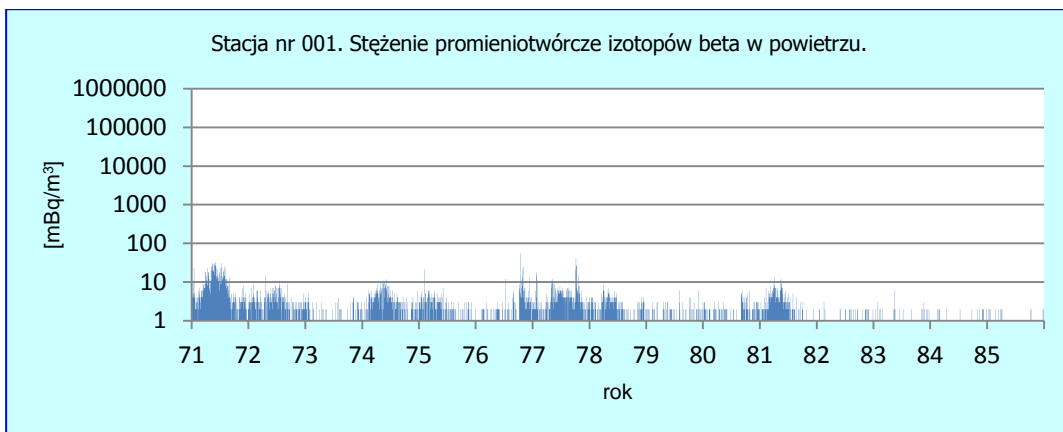
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu w latach 1960-1971.



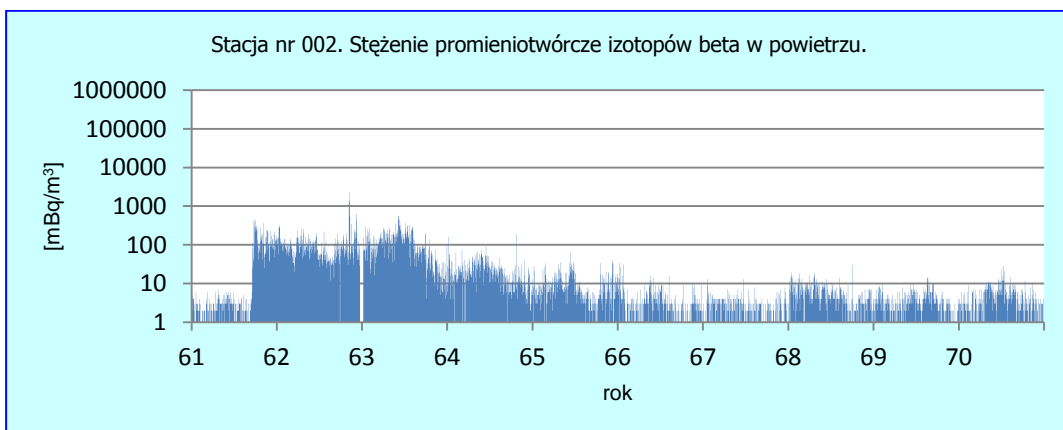
Rys. 28. Stacja Warszawa. Rok 1960.



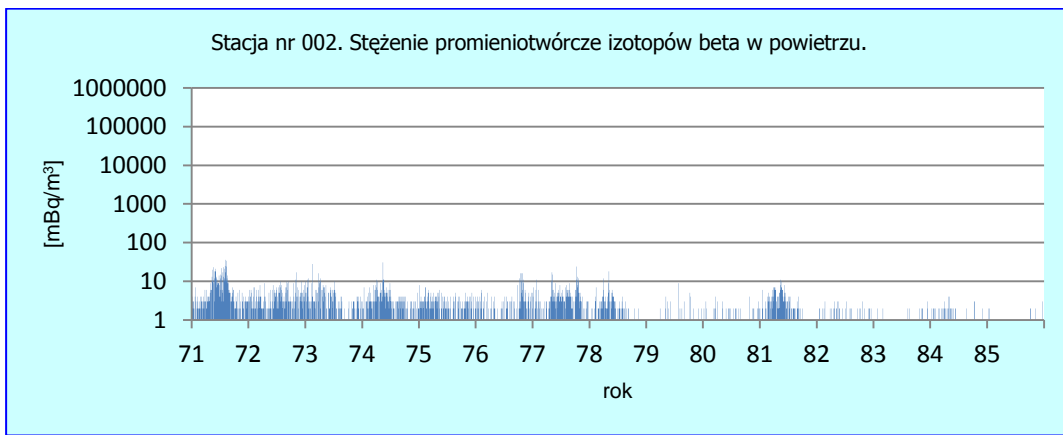
Rys. 29. Stacja Warszawa. Lata 1961-1970.



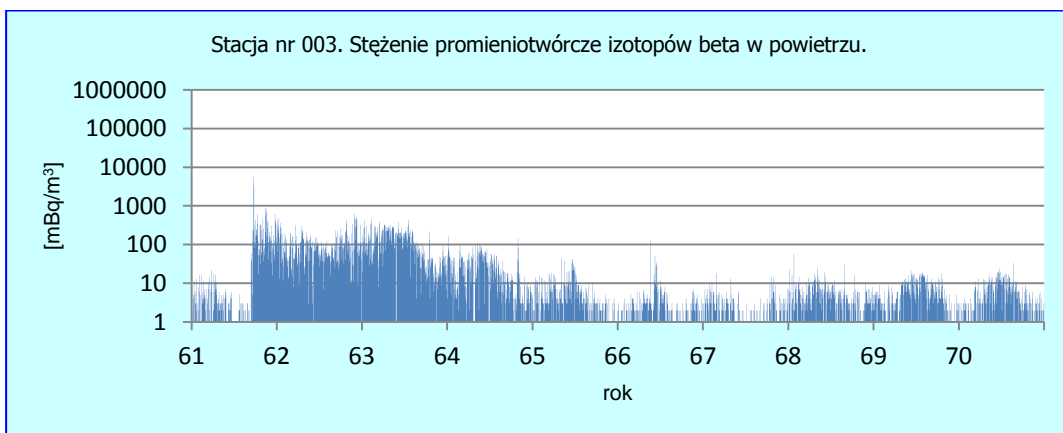
Rys. 30. Stacja Warszawa. Lata 1971-1985.



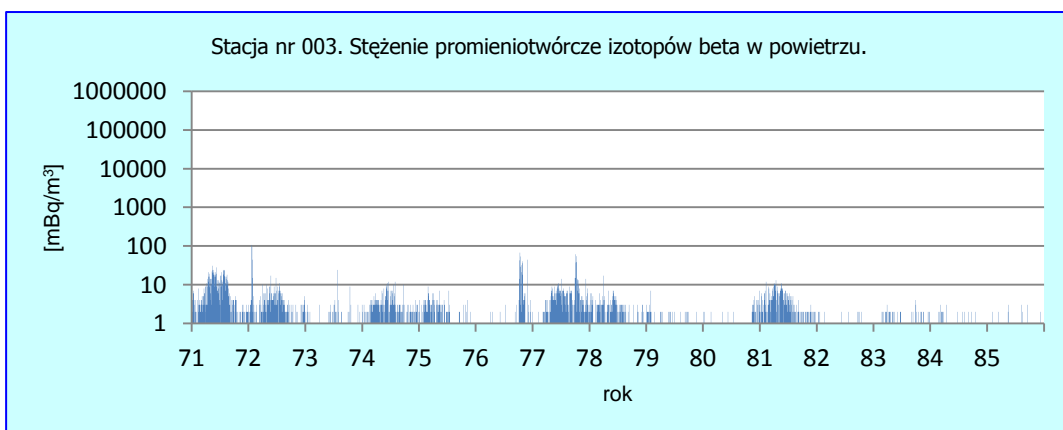
Rys. 31. Stacja Gdynia. Lata 1961-1970.



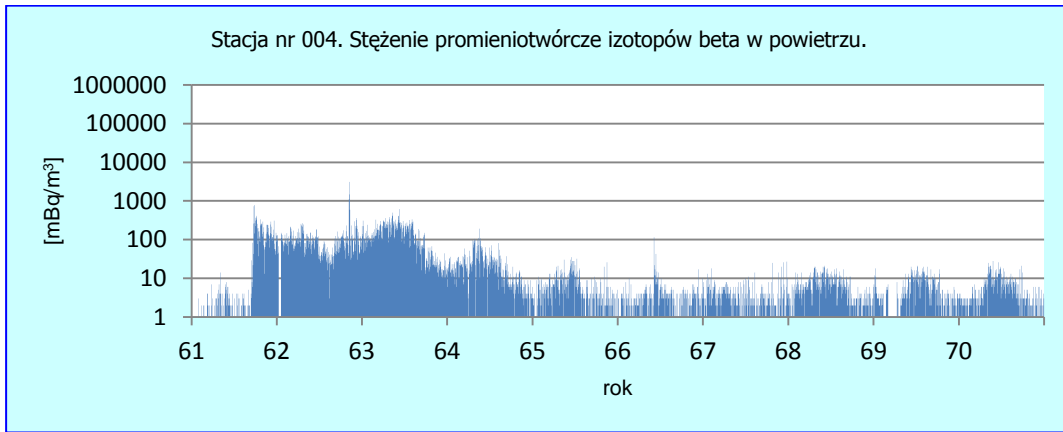
Rys. 32. Stacja Gdynia. Lata 1971-1985.



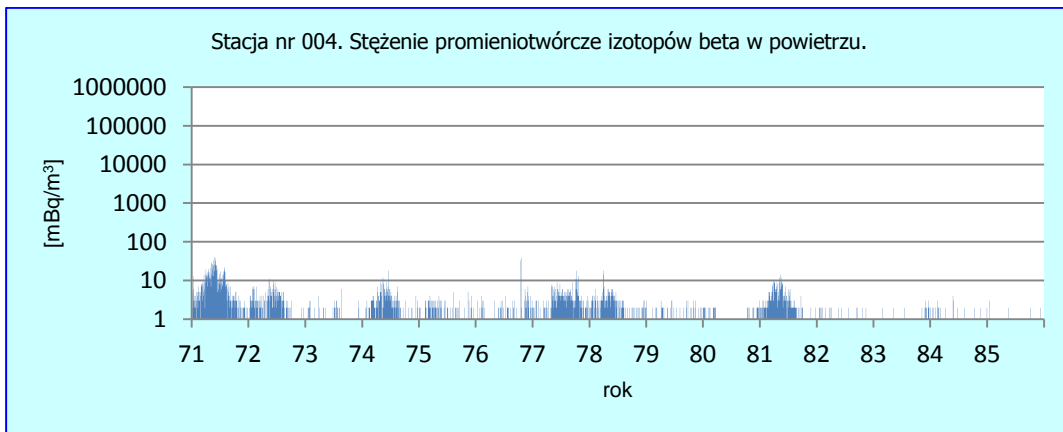
Rys. 33. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1961-1970.



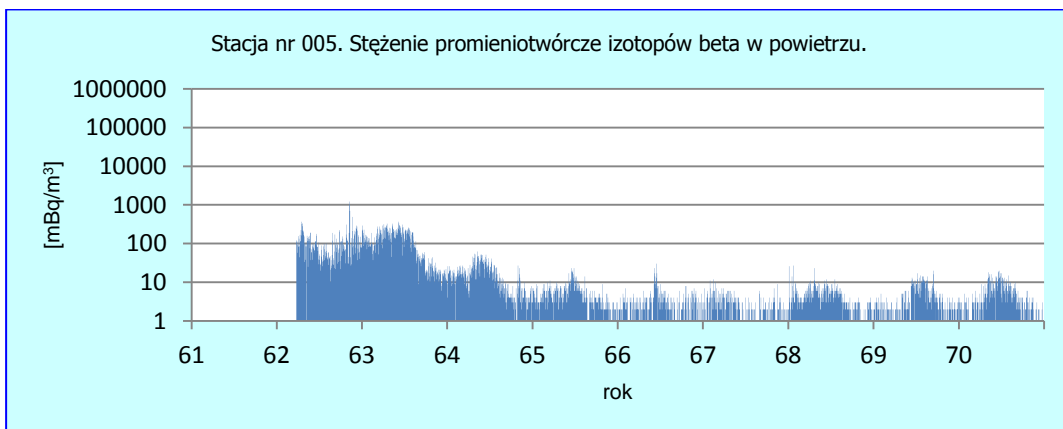
Rys. 34. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1971-1985.



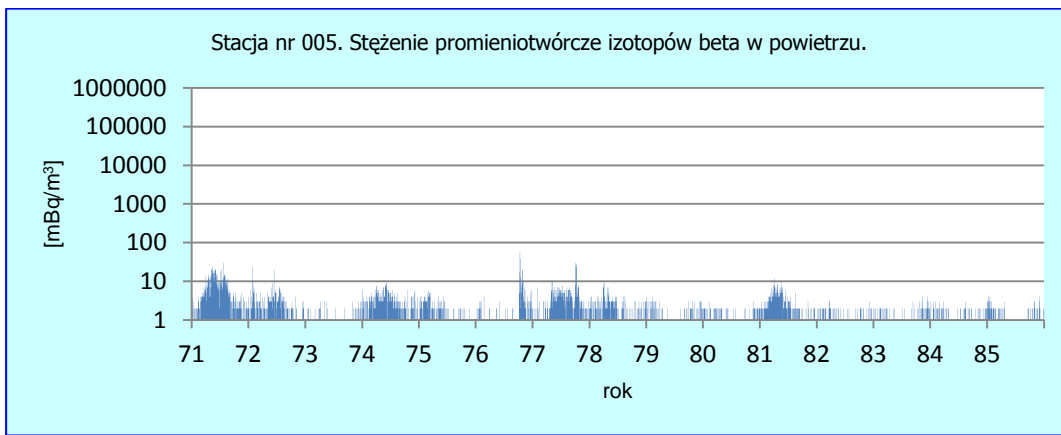
Rys. 35. Stacja Mikołajki. Lata 1961-1970.



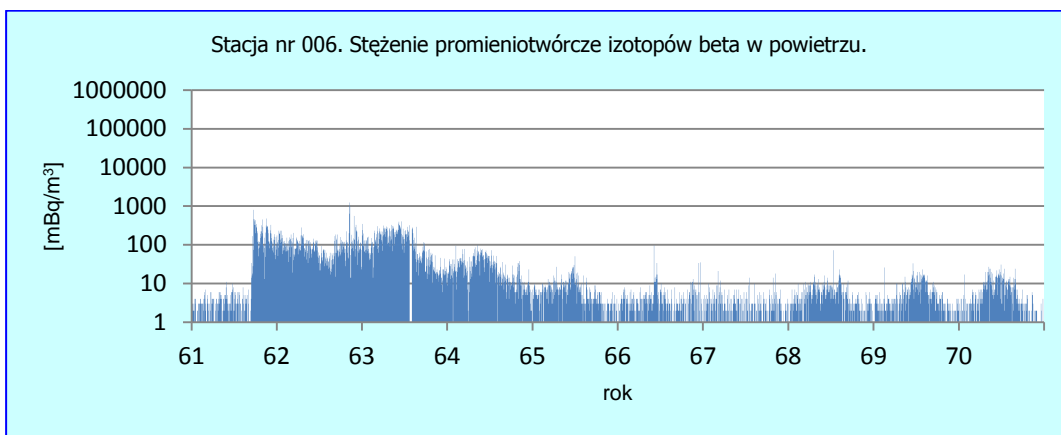
Rys. 36. Stacja Mikołajki. Lata 1971-1985.



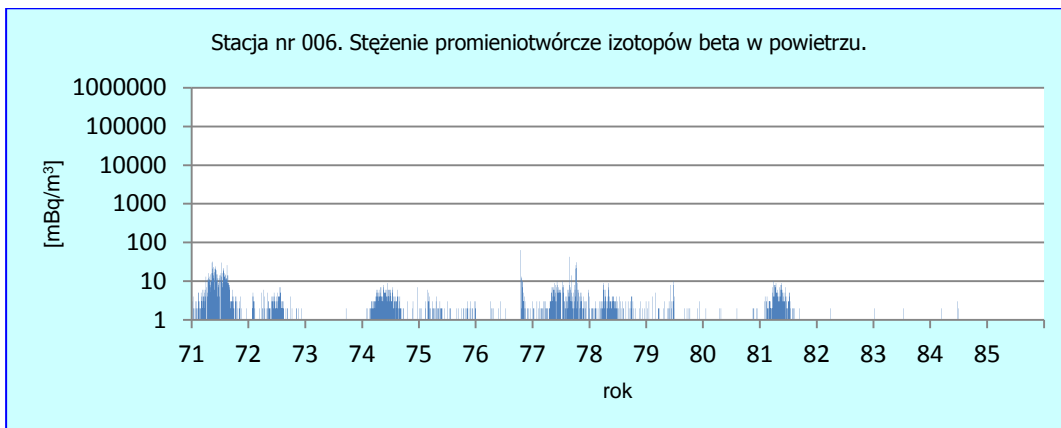
Rys. 37. Stacja Łódź. Lata 1961-1970.



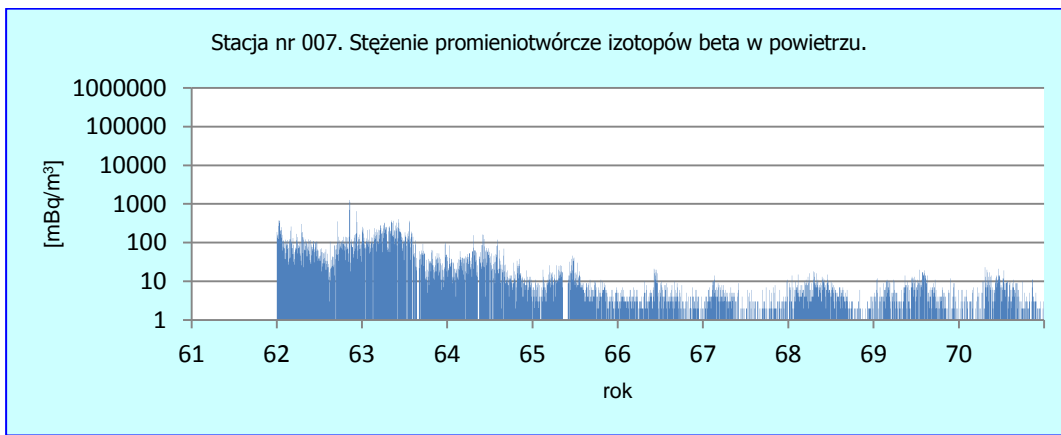
Rys. 38. Stacja Łódź. Lata 1971-1985.



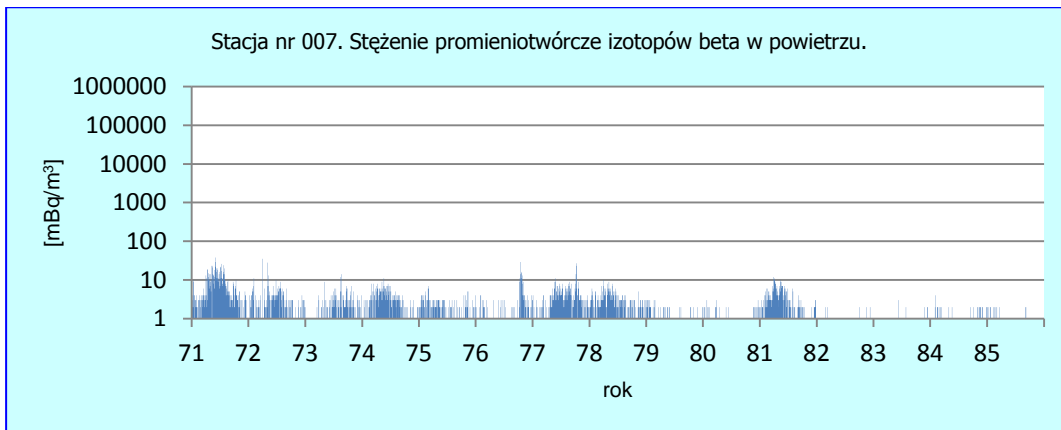
Rys. 39. Stacja Poznań. Lata 1961-1970.



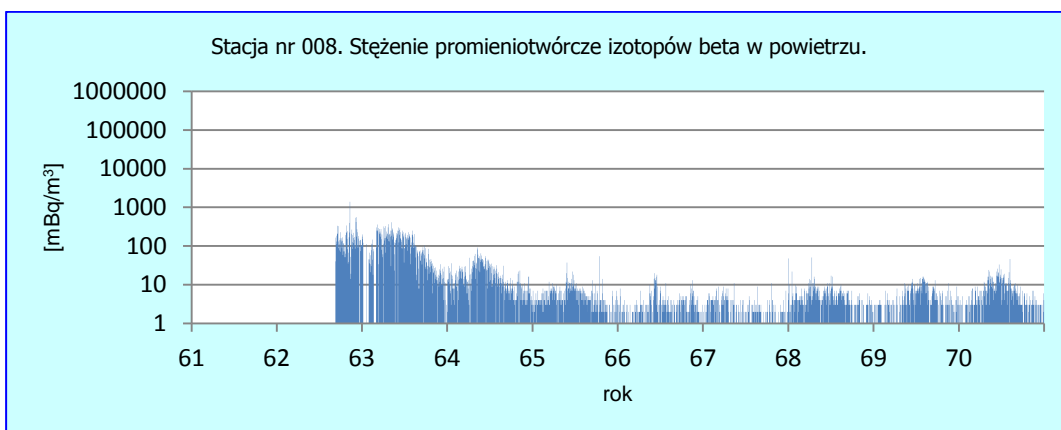
Rys. 40. Stacja Poznań. Lata 1971-1985.



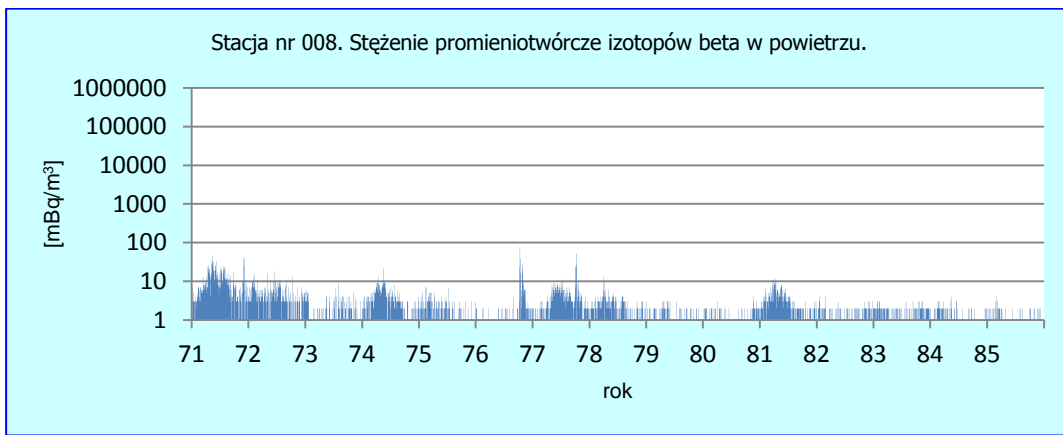
Rys. 41. Stacja Świnoujście. Lata 1961-1970.



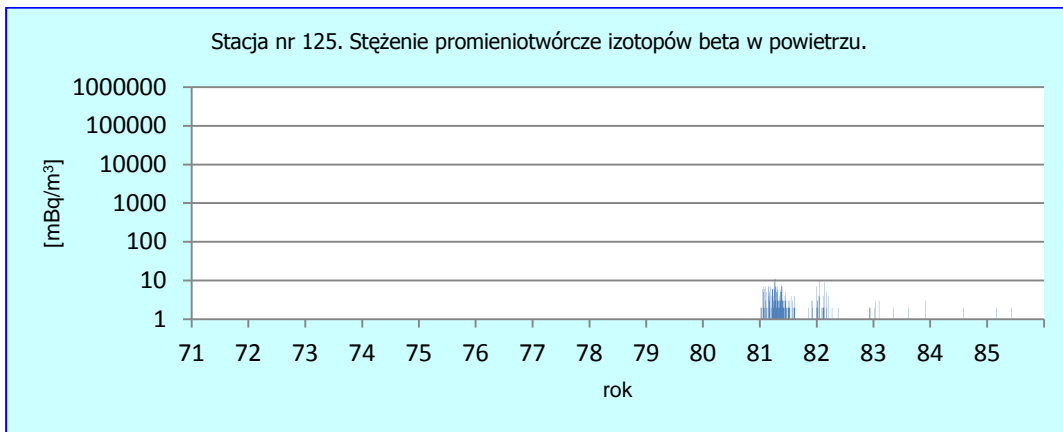
Rys. 42. Stacja Świnoujście. Lata 1971-1985.



Rys. 43. Stacja Legnica. Lata 1961-1970.



Rys. 44. Stacja Legnica w latach 1971-1985.



Rys. 45. Stacja Śnieżka. Lata 1971-1985.

4. Analiza uzyskanych wyników w latach 1960-1985.

W tabelach nr 1 - 3 zostały przedstawione średnie roczne wartości stężeń promieniotwórczych izotopów beta odpowiednio w opadzie dobowym, w opadzie miesięcznym oraz w powietrzu dla każdej stacji. Dane prezentowane są dla lat 1960-1985.

W przypadku stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym (tabela nr 1) wysokie wartości uzyskane były już w roku 1961 w Łodzi (21 Bq/m²) oraz na Kasprowym Wierchu (158 Bq/m²). Kolejne dwa lata tzn. 1962 i 1963 były okresem kiedy opad całkowity osiągnął maksymalne wartości stężenia promieniotwórczego na wszystkich stacjach pomiarowych. Stacja na Kasprowym Wierchu uzyskała wartość równą 305 Bq/m² w roku 1962 oraz wartość 266 Bq/m² w roku kolejnym. Są to wartości maksymalne dla całego omawianego okresu dla wszystkich stacji. Pozostałe stacje uzyskały w latach 1962 i 1963 mniejsze wartości, ale nadal bardzo wysokie jeśli porównamy do wartości otrzymanych w kolejnych latach. Oprócz Kasprowego Wierchu najwyższą wartość równą 255 Bq/m² uzyskała Legnica w roku 1962. Wartości uzyskane w Warszawie wynoszą 106 Bq/m² (1962 r.) i 109 Bq/m² (1963 r.). Najmniejsze wartości mieszczące się w przedziale od 43 Bq/m² do 53 Bq/m² zanotowano w 1961 i 1963 roku w miejscowościach nadmorskich tzn. Gdyni i Świnoujściu.

Rok 1964 przyniósł już znaczny spadek wartości na wszystkich stacjach. Stężenia w roku 1964 były od 4 do 5 razy mniejsze niż w roku poprzednim. Maksymalną wartość zanotowano na Kasprowym Wierchu równą (50 Bq/m²). Najniższe wartości zanotowano natomiast w Gdyni i Świnoujściu odpowiednio 9 Bq/m² oraz 11 Bq/m². W roku 1965 wartości stężeń były od prawie 2 do 3 razy niższe w porównaniu do roku 1964. Najwyższa wartość była uzyskana na Kasprowym Wierchu i wynosiła 20 Bq/m². W kolejnych latach aż do roku 1985 można zaobserwować sukcesywne zmniejszanie się wartości stężeń. Zakres wahań stężeń w latach 1966-1985, które już nie przekraczały tych z 1965 wyniósł 1-16 Bq/m². Ostatnie podwyższone wartości zanotowano w roku 1981 na Kasprowym Wierchu (6 Bq/m²) oraz na Śnieżce (6 Bq/m²). Miało to prawdopodobnie związek z naziemną próbą jądrową przeprowadzoną pod koniec 1980 roku.

W latach 1984 i 1985 stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie dobowy na Kasprowym Wierchu wyniosło 2 Bq/m^2 a na pozostałych stacjach było równe 1 Bq/m^2 .

Pomiar stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym (tabela nr 2) został rozpoczęty w roku 1971. Najwyższe średnie wartości w pierwszym roku i w całym omawianym okresie uzyskano na Kasprowym Wierchu (214 Bq/m^2), najniższe natomiast wartości były w miejscowościach nadmorskich czyli Gdyni (70 Bq/m^2) i Świnoujściu (64 Bq/m^2). Kolejny rok czyli 1972 przyniósł zmniejszenie średnich wartości na wszystkich stacjach od 2 do 3 razy. I tak maksymalne wartości uzyskano w Warszawie (71 Bq/m^2) oraz na Kasprowym Wierchu (80 Bq/m^2), minimalne zaś w Świnoujściu (17 Bq/m^2) i Gdyni (30 Bq/m^2). Kolejne lata aż do 1976 roku włącznie cechują się wahaniami wartości ($5 - 96 \text{ Bq/m}^2$). Rok 1977 był okresem wzrostów wartości: najwyższe wartości uzyskano w Mikołajkach (88 Bq/m^2) oraz na Kasprowym Wierchu (113 Bq/m^2) a minimalne w Gdyni (35 Bq/m^2) oraz w Świnoujściu (66 Bq/m^2). Lata 1978-80 to okres kiedy wartości były pomiędzy 9 a 70 Bq/m^2 . W roku 1981 najwyższą wartość uzyskano w Poznaniu (50 Bq/m^2) i najniższą zaś w Gdyni i Świnoujściu (33 Bq/m^2 i 37 Bq/m^2). Kolejne lata przynoszą zmniejszenie się stężeń, które osiągają w roku 1985 poziom około 10 razy niższy w porównaniu z poziomem wartości uzyskanym w roku 1971.

W tabeli nr 3 przedstawiono średnie roczne wartości stężenia promieniotwórczego beta w powietrzu w okresie 1960-1985. Podczas analizy tych stężeń możemy zauważyć że lata 1962 i 1963 były okresem maksymalnych wartości dla wszystkich stacji w całym omawianym zakresie. Wartości uzyskane w tych latach mieszczą się w zakresie $0,092$ do $0,138 \text{ Bq/m}^3$, przy czym wartość $0,138 \text{ Bq/m}^3$ była uzyskana w Warszawie w 1962 roku. Kolejne lata pokazują znaczne zmniejszenie się wartości. W roku 1964 poziom stężeń był już mniejszy ok. 5 razy w porównaniu z rokiem 1963, najwyższa wartość została uzyskana w Świnoujściu ($0,27 \text{ Bq/m}^3$). W roku 1965 poziom stężeń był już ok. 20 razy mniejszy niż w roku 1963. W latach kolejnych wartości stężeń mieściły się w zakresie od $0,000$ do $0,009 \text{ Bq/m}^3$. Średnie stężenia dla roku 1985 dla wszystkich stacji są w zakresie $0,000 - 0,001 \text{ Bq/m}^3$.

Jak widzimy z powyższych analiz wpływ naziemnych testów jądrowych na poziom stężenia promieniotwórczego był najbardziej widoczny w latach 1962-1963 natomiast w kolejnych latach testy atomowe nie przekładały się na silny wzrost stężeń mierzonych w

Polsce. Wysokie poziomy promieniowania spowodowane były przez naziemne wybuchy jądrowe gdyż po zaprzestaniu ich pod koniec 1980 roku podwyższone wartości stężeń zarejestrowano tylko w roku 1981. Już w latach 1982-1985 poziom stężeń stał się najniższy z zakresu lat 1960-1985.

Testy atomowe prowadzone do 1980 w mniejszym stopniu wpłynęły na mierzony poziom stężeń izotopów w powietrzu gdyż od roku 1965 do 1985 wartości były na poziomie ok. 20 niższym niż poziom stężeń w 1963 roku.

Natomiast analizując dane z tabeli 1 – 2 można zauważyć, większy wpływ wybuchów jądrowych na wyniki pomiarów opadu całkowitego dobowego i miesięcznego.

II. Awaria w Czarnobylu

1. Wprowadzenie

W roku 1986 doszło do poważnej w skutkach awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Zdarzenie to miało miejsce 26 kwietnia 1986 roku. W wyniku wybuchu reaktora, do atmosfery przedostały się pierwiastki radioaktywne. Szacuje się, że łączna aktywność Cs-137 uwolniona do atmosfery wynosiła około 85 PBq⁹ a Sr-90 ok.10 PBq [1]

Skażenie radioaktywne powietrza w Polsce zostało wykryte 28 kwietnia 1986 roku na stacji IMGW w Mikołajkach. Tego dnia warunki meteorologiczne sprzyjały napływowi mas powietrza z nad Czarnobyla gdzie już od dwóch dni trwał pożar reaktora jądrowego. Stacje wykrywania skażeń rejestrowały wysokie stężenia promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu oraz w opadzie całkowitym dobowym i miesięcznym.

2. Metodyki pomiarowe

W roku 1986 i w okresie po awarii elektrowni w Czarnobylu do roku 1999 na stacjach Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych prowadzono pomiary:

- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym,**
- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym,**
- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu,**
- **stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu. Pomiar bezpośrednio po zakończeniu poboru próbki.**

Metodyki były zgodne z opisami przedstawionymi w rozdziale I.2.

Rozszerzenie metodyki pomiarowej wprowadzono w roku 1986 w związku z awarią reaktora w Czarnobylu. Rozpoczęto wówczas pomiar stężenia promieniotwórczych izotopów beta w powietrzu bezpośrednio po zakończeniu poboru powietrza na filtrze. Miało to na celu szybkie wykrycie ewentualnych izotopów pochodzenia sztucznego w

⁹ 1 PBq = 1 petabekerel = 10¹⁵ Bq

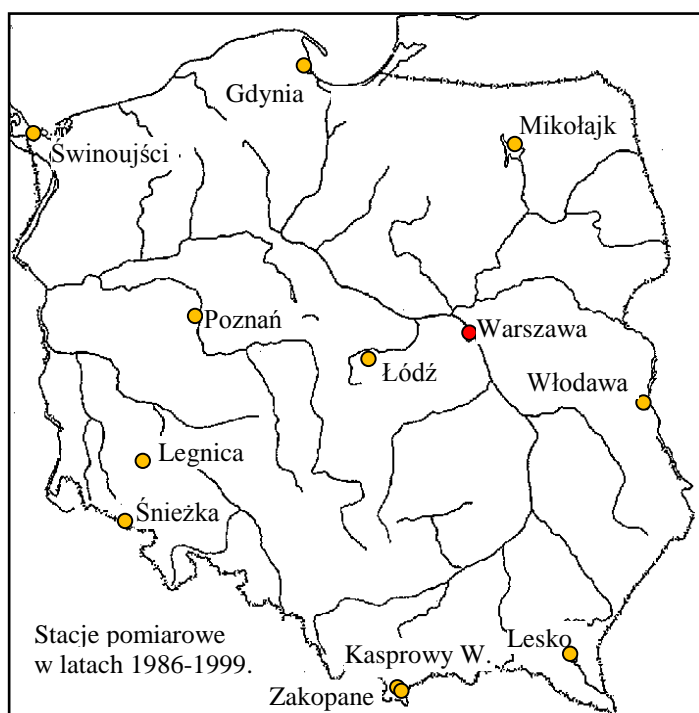
powietrzu. Pobór trwał 2 godziny a pomiar był wykonywany praktycznie od razu po zdjęciu filtra z pompy. Pomiar w tym trybie był prowadzony do końca 1999 roku.

Wyższe wartości stężeń uzyskane w ramach tego rodzaju pomiaru w porównaniu z rutynowym pomiarem (czyli po 5 dniach) są związane z faktem, że w świeżej próbce jest jeszcze bardzo wysoki poziom naturalnych izotopów, których stężenie w znacznym stopniu zanika w ciągu kilku dni. Zanik izotopów jest spowodowany procesami ich naturalnego rozpadu promieniotwórczego.

Dodatkowo w okresie awarii w Czarnobylu pomiary stężeń promieniotwórczych beta w powietrzu były prowadzone całą dobę.

3. Wyniki pomiarów w poszczególnych stacjach w latach 1986-1999.

W latach 1986-1999 pomiary były wykonywane na 12 stacjach, których lokalizację przedstawiono na mapie nr 2.



Mapa 2. Lokalizacja stacji Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW w latach 1986-1999.

W tabelach przedstawione są średnie wartości stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie dobowym, opadzie miesięcznym i powietrzu uzyskane w latach 1986-1999 na stacjach wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych (oznaczenia kodowe stacji w dalszej części tekstu). Puste pola w tabelach oznaczają,

że w danym okresie stacja nie prowadziła odpowiednich pomiarów, zakończyła je lub ich nie rozpoczęła.

Z racji dużych zakresów wartości stężeń i jednocześnie dla łatwiejszego porównania wyników pomiarów do większości wykresów zastosowano skalę logarytmiczną.

Wartości w tabelach są wyrażone w Bq/m³ (bekerelach na metr sześcienny). Z kolei na wykresach wyniki pomiarów zostały przedstawione w mBq/m³ (milibekerelach na metr sześcienny).

Przerwy w wykresach oznaczają awarię lub wartość nie przekraczającą jedności. Nieregularne wahania wartości pomiarów widoczne na wykresach są związane z porami roku ponieważ opady śniegu i opady deszczu mają wpływ na uzyskiwane wyniki. Opad deszczu wymywa z powietrza izotopy promieniotwórcze i sprowadza je do przyziemnej warstwy powietrza, gdzie są rejestrowane przez stację natomiast pokrywa śnieżna osłabia promieniowanie pochodzące z głębszych warstw gleby.

Na wykresach przedstawiono wyniki uzyskane w poszczególnych rodzajach pomiarów dla kolejnych stacji oznaczonych numerami kodowymi wg następującego przyporządkowania:

- 001 – Warszawa,
- 002 – Gdynia,
- 003 – Kasprowy Wierch (zakończenie pomiarów w 1993),,
- 004 – Mikołajki,
- 005 – Łódź (zakończenie pomiarów w 1993),
- 006 – Poznań
- 007 – Świnoujście,
- 008 – Legnica,
- 125 – Śnieżka (zakończenie pomiarów w 1993),
- 151 – Włodawa (początek pomiarów w 1989 roku),
- 165 – Zakopane (początek pomiarów w 1991 roku),
- 166 – Lesko (początek pomiarów w 1991 roku),

W roku 1989 we Włodawie a w roku 1991 w Lesku i Zakopanem powołano do istnienia kolejne stacje pomiarowe. Było to uzasadnione koniecznością zapewnienia większej „szczelności” granic Polski pod kątem wczesnego wykrywania ewentualnych napływających z zewnątrz skażeń promieniotwórczych.

Z kolei w roku 1993 zostały zlikwidowane punkty pomiarowe na Kasprowym Wierchu, Łodzi i Śnieżce. Powodem tych decyzji były trudności w zapewnieniu

stabilnych warunków pomiarowych na stacjach wysokogórskich. Natomiast zakończenie pomiarów w Łodzi wynikało z problemów lokalowych samej stacji.

Wszystkie stacje prowadziły pełny zakres pomiarowy opisany w części poświęconej metodykom w tym rozdziale.

Numery kodowe stacji są stosowane w większości tabel oraz tytułach wykresów.

Tabela. 4. Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym [Bq/m^2] w latach 1986-1999.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m^2]	NUMERY KODOWE STACJI											
		001	002	003	004	005	006	007	008	125	151	165	166
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m^2]											
1986	54	29	55	79	58	9	14	18	12	213			
1987	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2			
1988	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2			
1989	1	1	0	2	1	2	1	2	1	1	1		
1990	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1		
1991	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
1992	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1993	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1994	1	1	0		1		1	1	1		1	1	1
1995	1	1	0		1		1	1	1		1	1	1
1996	1	1	0		1		1	1	1		1	1	1
1997	1	1	0		1		1	1	1		1	1	1
1998	1	1	1		1		1	0	1		1	1	1
1999	1	1	1		1		1	0	1		1	1	1

Tabela. 5. Średnie stężenie promieniotwórcze [Bq/m^3] izotopów beta w powietrzu w roku 1986 oraz w latach 1987-1999. Pomiar bezpośrednio po zakończeniu poboru próbek.

Stacja	Rok 1986	Lata 1987-1999
Warszawa	5,856	0,258
Gdynia	3,422	0,226
Kasprowy Wierch		0,078
Mikołajki	8,841	0,272
Łódź	2,995	0,269
Poznań	8,128	0,172
Świnoujście	0,485	0,171
Legnica	5,765	0,683
Śnieżka	9,870	0,142
Włodawa		0,420
Zakopane		0,515
Lesko		0,414

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

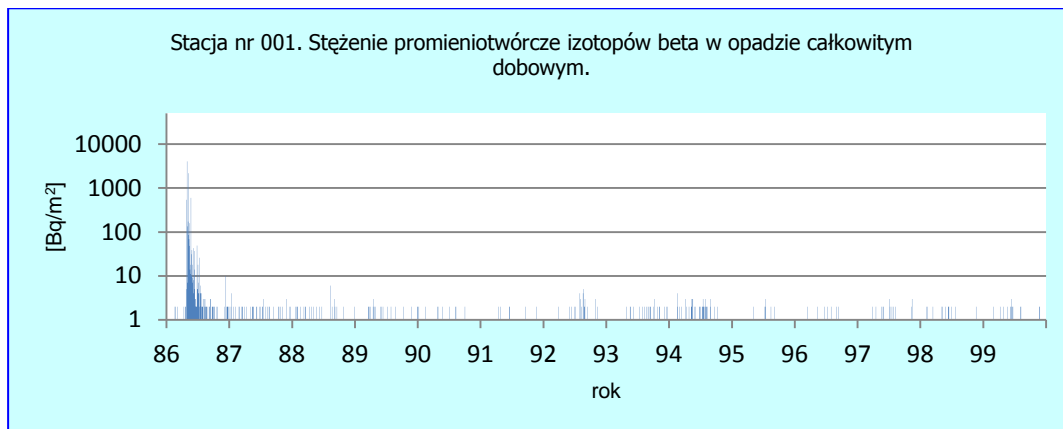
Tabela. 6. Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym [Bq/m²] w latach 1986-1999.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ²]	NUMERY KODOWE STACJI											
		001	002	003	004	005	006	007	008	125	151	165	166
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ²]											
1986	1160	529	710	1505	2941	174	139	247	208	3987			
1987	14	10	15	19	12		19	9	9	19			
1988	10	10	11	5	7		13	10	8	14			
1989	9	9	10	4	7		12	10	8	9	10		
1990	8	6	7	7	6	10	9	11	7	10	5		
1991	7	6	7	8	5	9	7	7	6	9	7	11	6
1992	8	7	9	10	5	11	8	8	7	11	7	9	6
1993	7	6	6	7	6	8	10	6	7	8	7	8	9
1994	7	6	4		5		9	6	7		5	9	10
1995	7	5	5		6		9	8	6		6	7	10
1996	7	6	6		5		10	7	6		5	8	9
1997	7	6	5		6		9	8	7		6	7	9
1998	7	7	5		7		9	4	7		7	6	9
1999	7	7	5		8		8	4	6		6	7	9

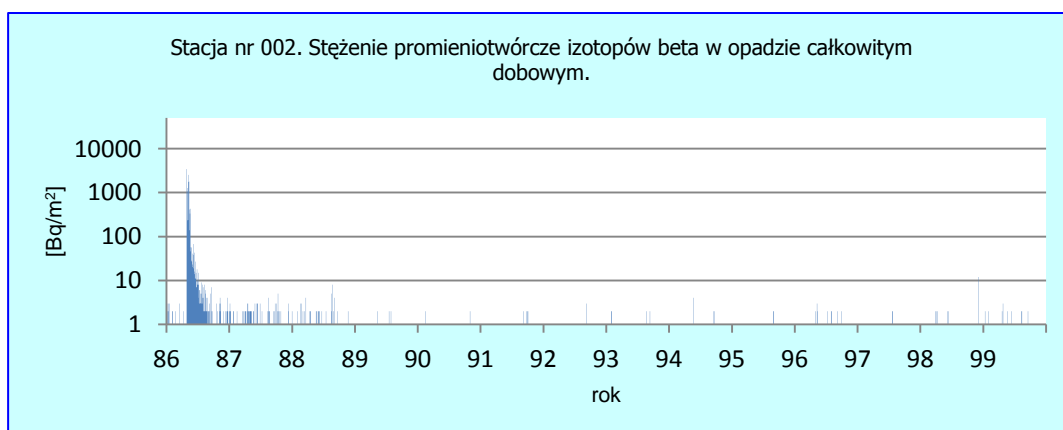
Tabela. 7. Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu [Bq/m³] w roku 1986 oraz w latach 1986-1999.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ³]	NUMERY KODOWE STACJI											
		001	002	003	004	005	006	007	008	125	151	165	166
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ³]											
1986	0,178	0,038	0,000	0,213	0,001	0,142	0,023	0,034	0,552	0,598			
1987	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000			
1988	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001			
1989	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		
1990	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		
1991	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
1992	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
1993	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
1994	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001
1995	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001
1996	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001
1997	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,000	0,001		0,001	0,001	0,001
1998	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,000	0,001		0,001	0,001	0,001
1999	0,001	0,001	0,001		0,001		0,001	0,001	0,001		0,001	0,001	0,001

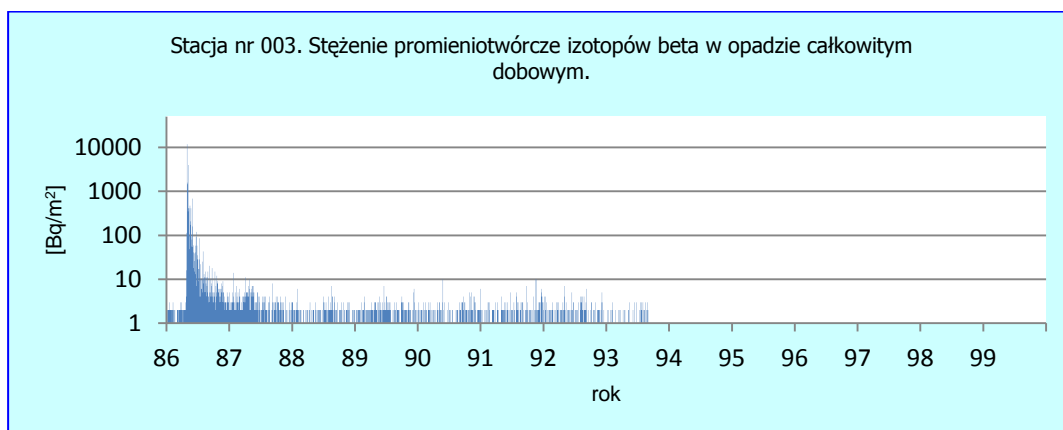
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym w latach 1986-1999.



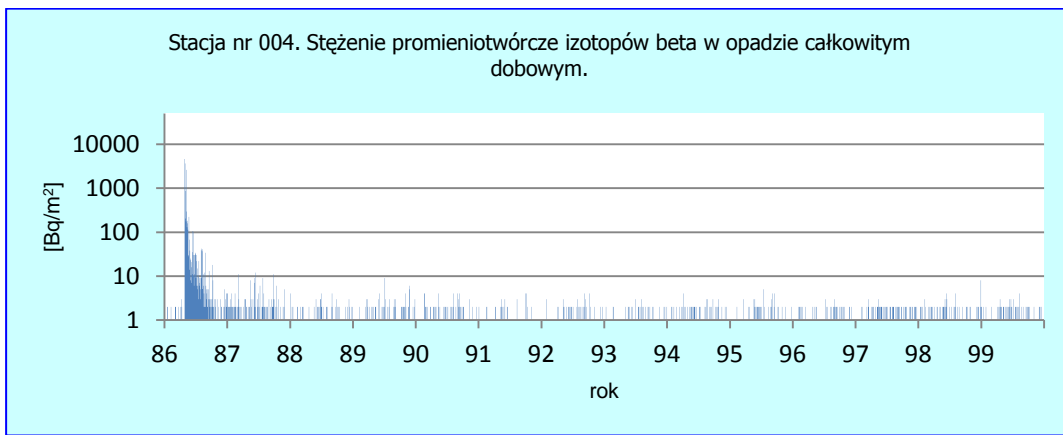
Rys. 46. Stacja Warszawa. Lata 1986-1999.



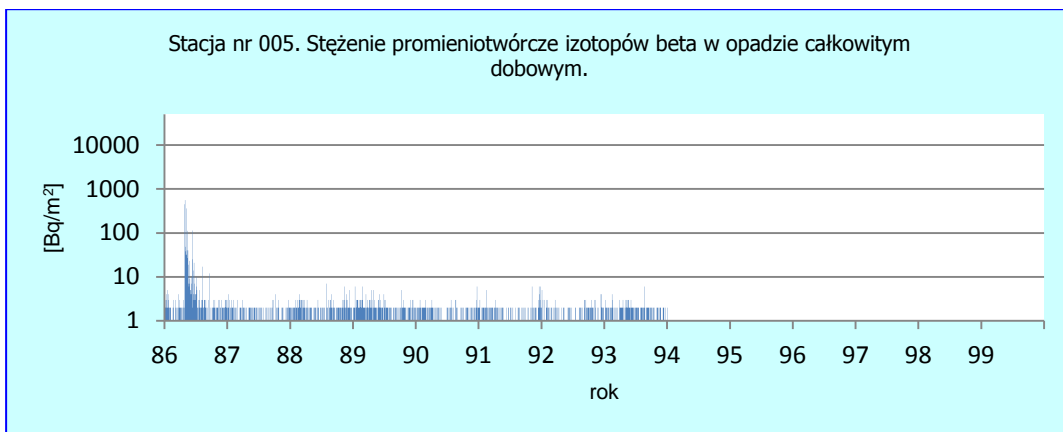
Rys. 47. Stacja Gdynia. Lata 1986-1999.



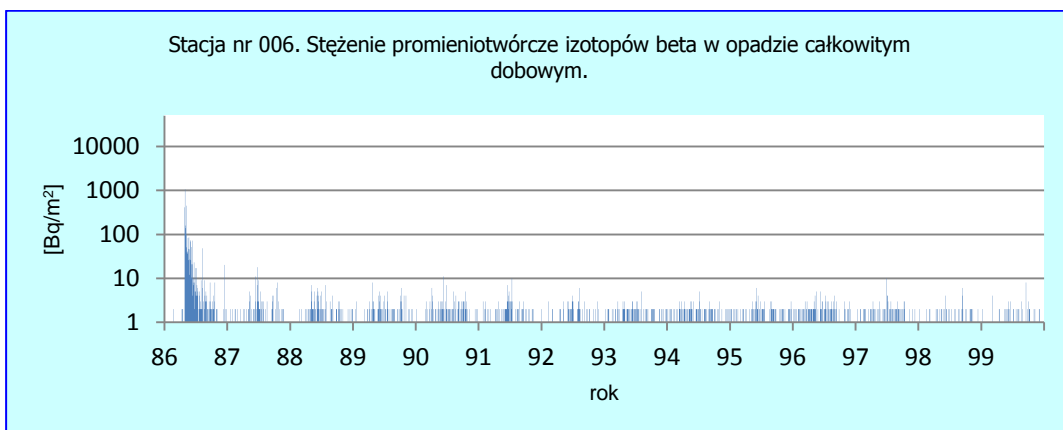
Rys. 48. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1986-1999.



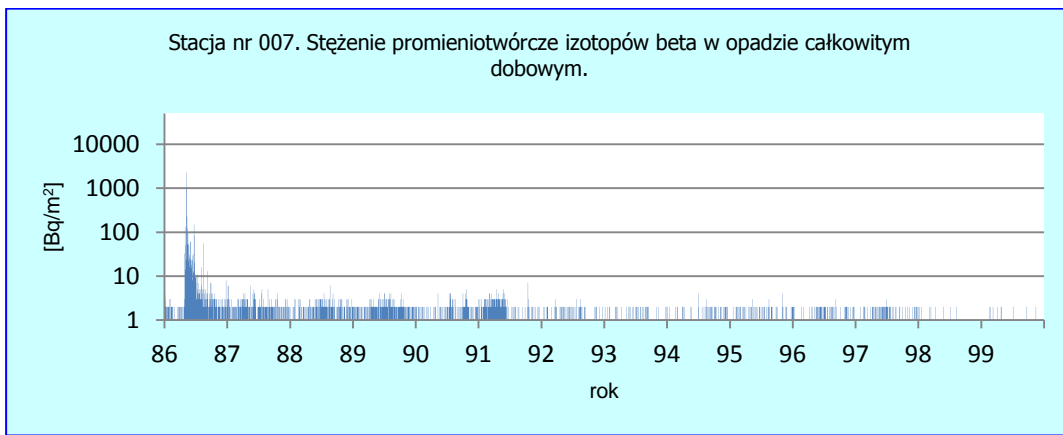
Rys. 49. Stacja Mikołajki. Lata 1986-1999.



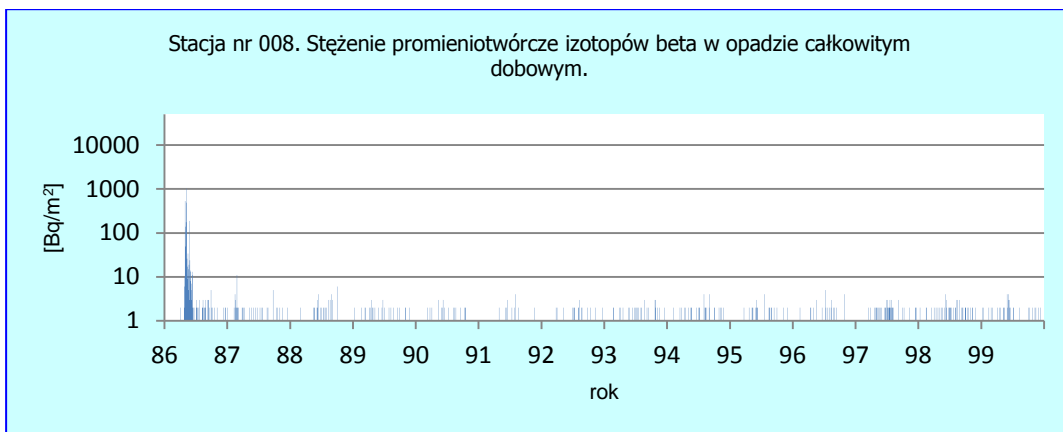
Rys. 50. Stacja Łódź. Lata 1986-1999.



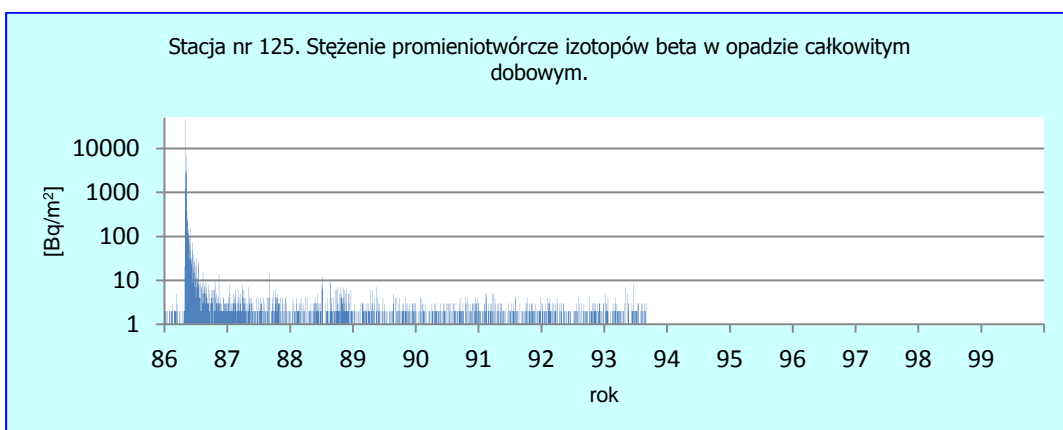
Rys. 51. Stacja Poznań. Lata 1986-1999.



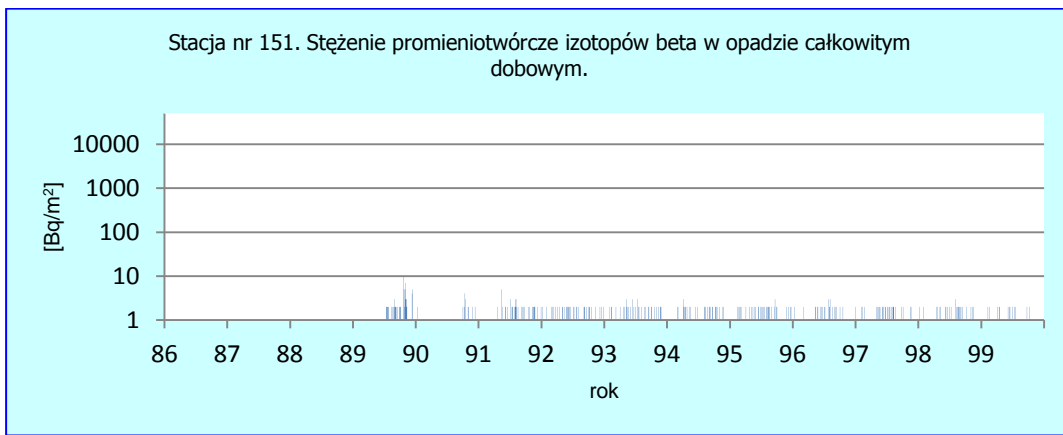
Rys. 52. Stacja Świnoujście. Lata 1986-1999.



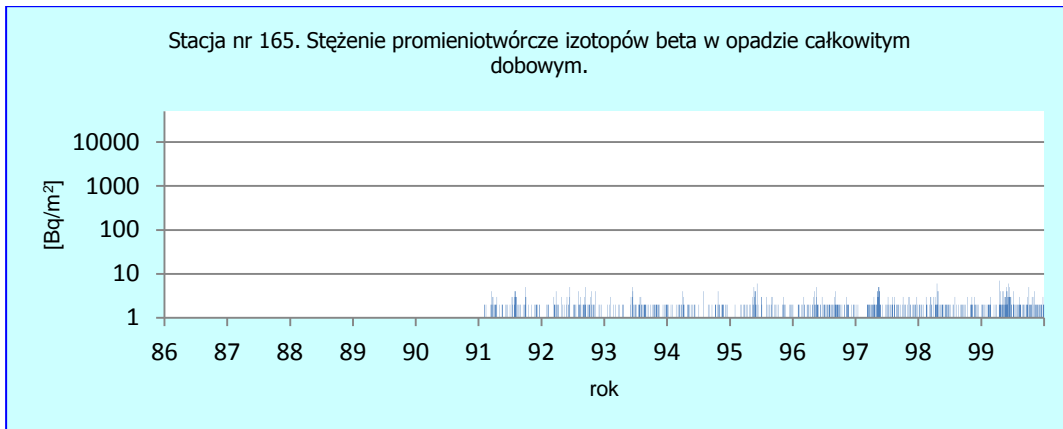
Rys. 53. Stacja Legnica. Lata 1986-1999.



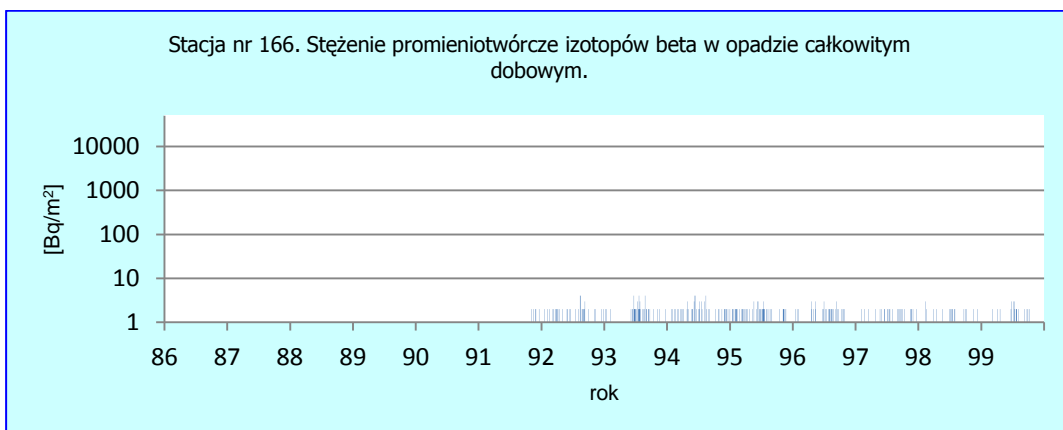
Rys. 54. Stacja Śnieżka. Lata 1986-1999.



Rys. 55. Stacja Włodawa. Lata 1986-1999.

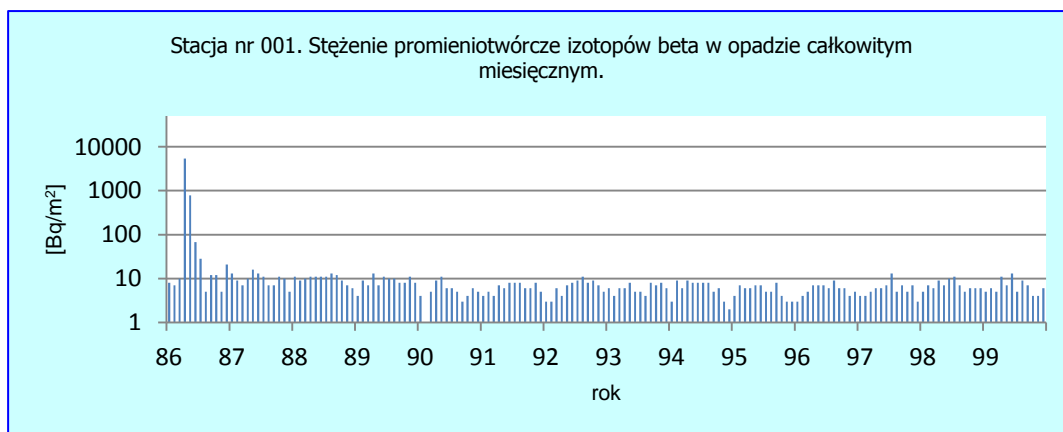


Rys. 56. Stacja Zakopane. Lata 1986-1999.

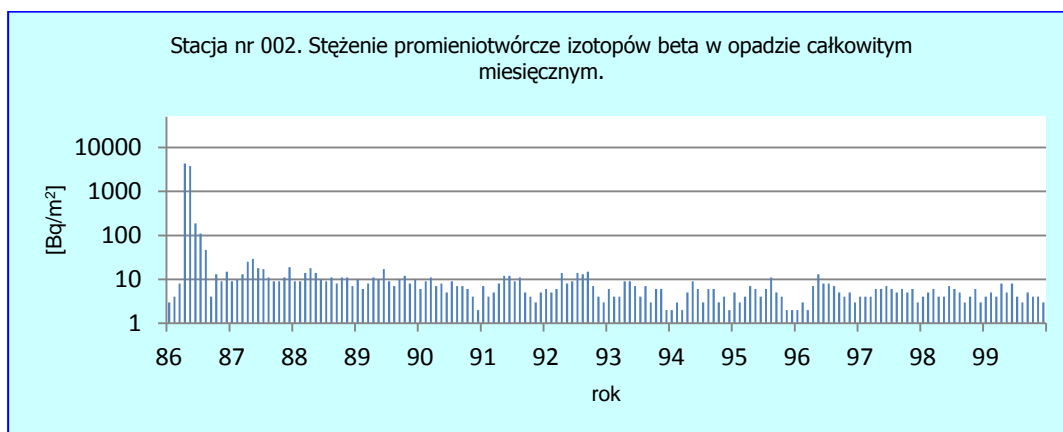


Rys. 57. Stacja Lesko. Lata 1986-1999.

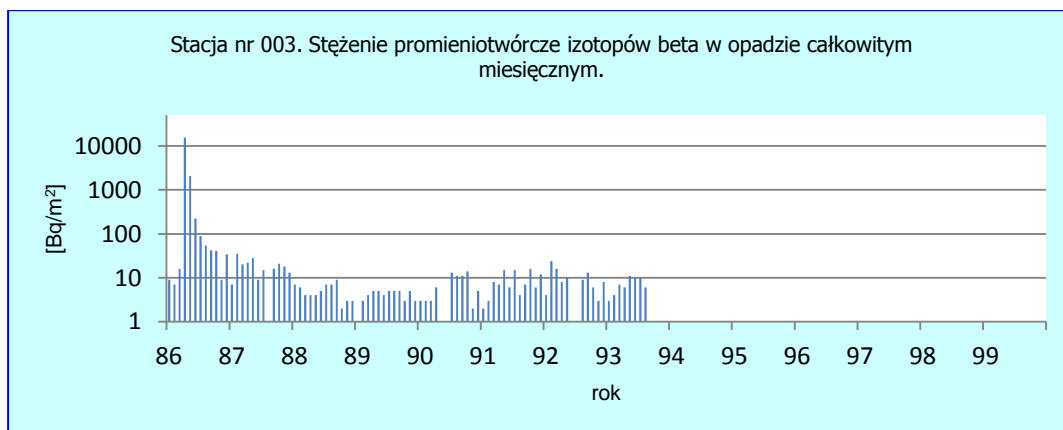
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 1986-1999.



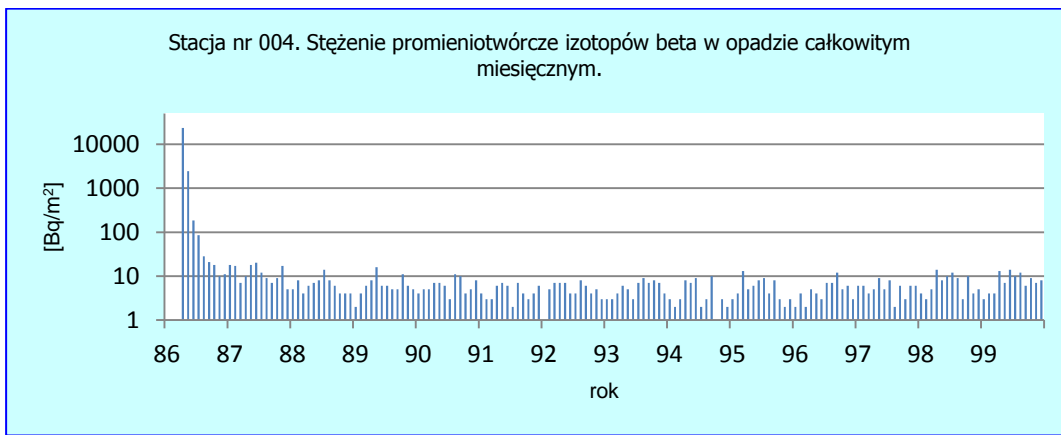
Rys. 58. Stacja Warszawa. Lata 1986-1999.



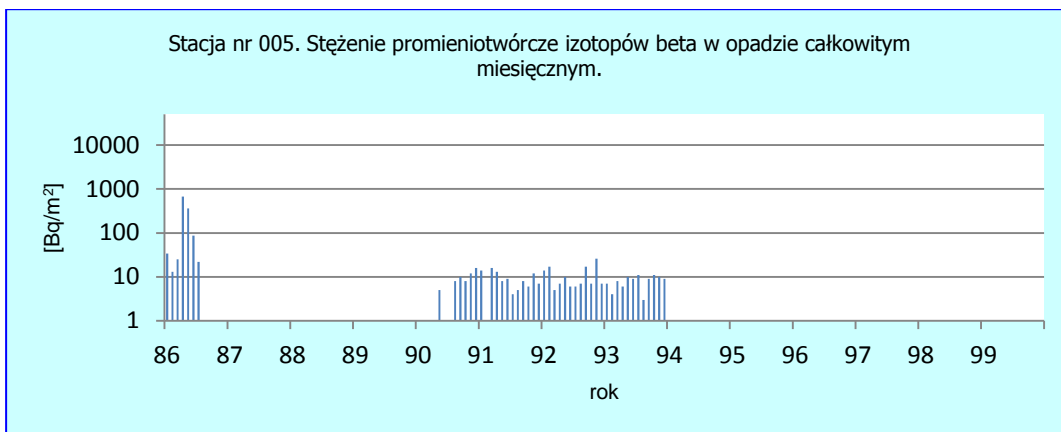
Rys. 59. Stacja Gdynia. Lata 1986-1999.



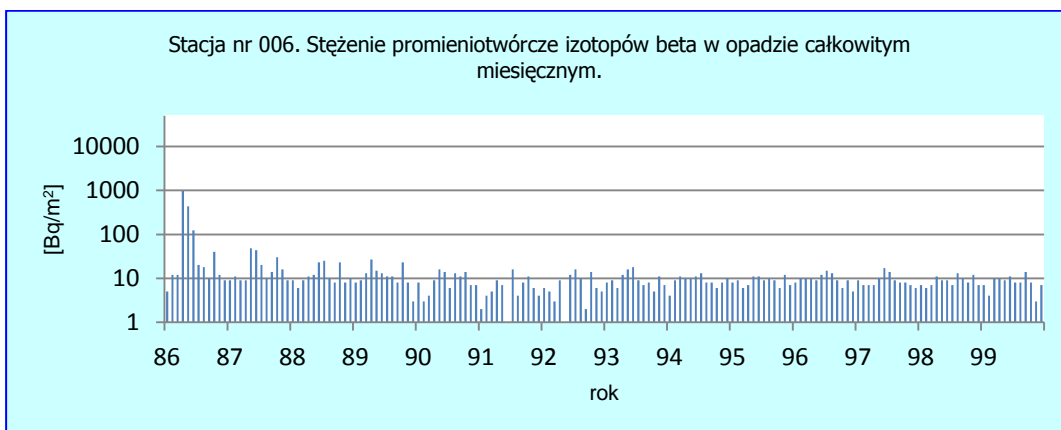
Rys. 60. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1986-1999.



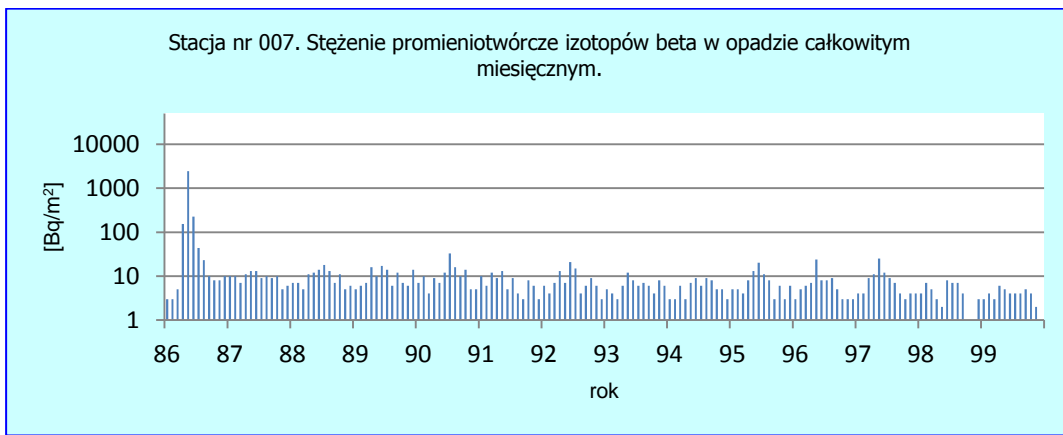
Rys. 61. Stacja Mikołajki. Lata 1986-1999.



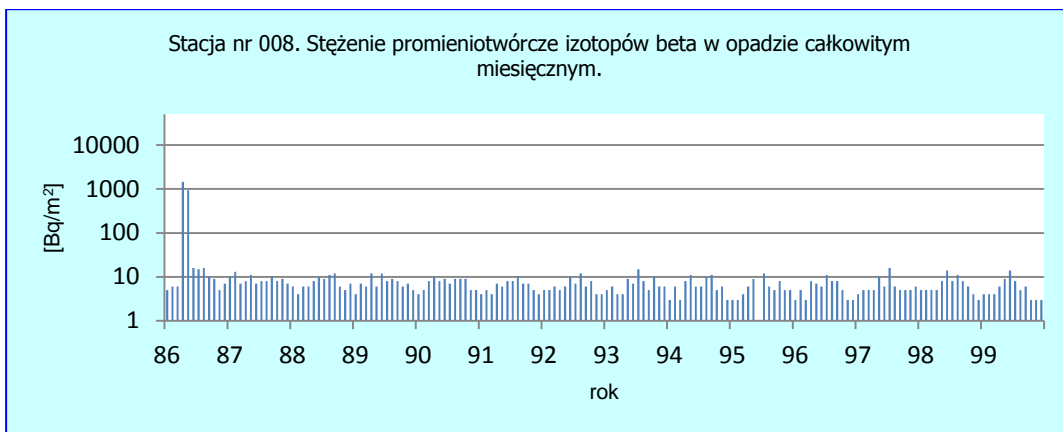
Rys. 62. Stacja Łódź. Lata 1986-1999.



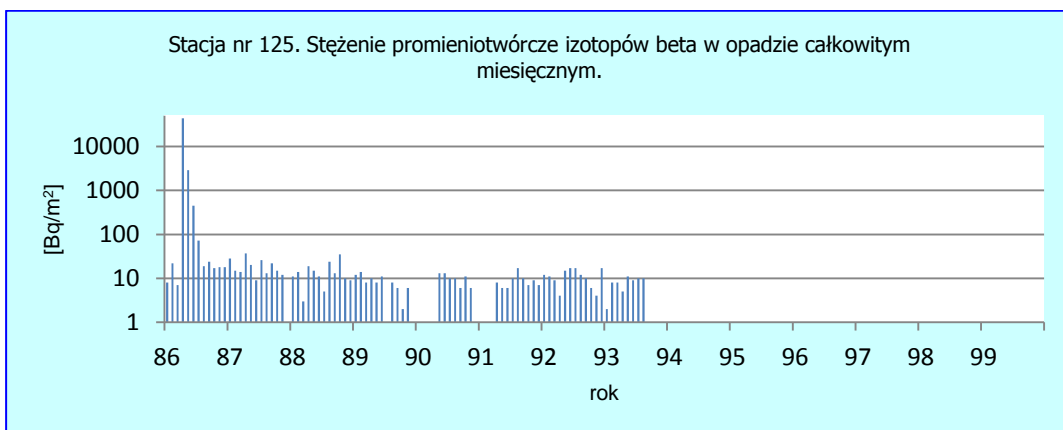
Rys. 63. Stacja Poznań. Lata 1986-1999.



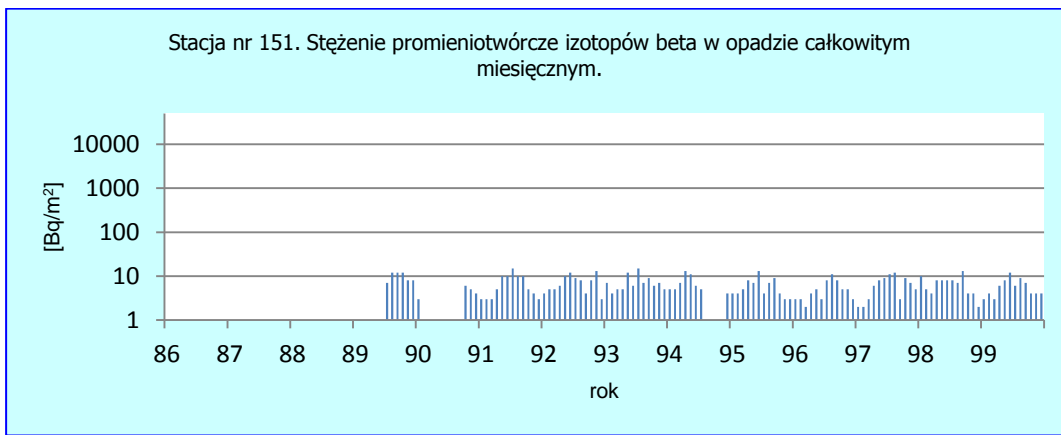
Rys. 64. Stacja Świnoujście. Lata 1986-1999.



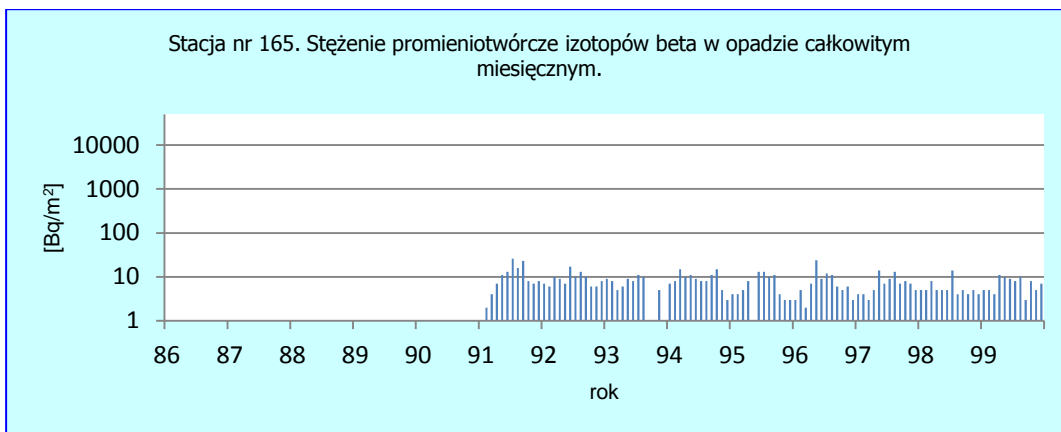
Rys. 65. Stacja Legnica. Lata 1986-1999.



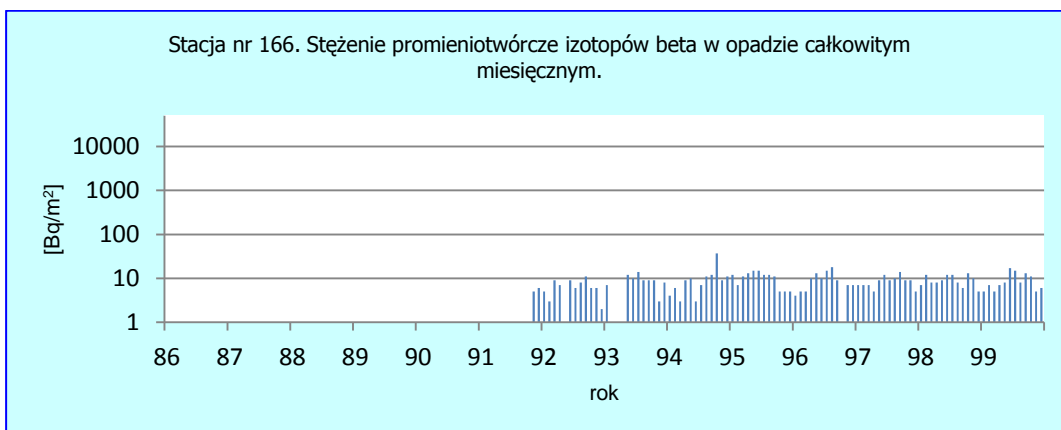
Rys. 66. Stacja Śnieżka. Lata 1986-1999.



Rys. 67. Stacja Włodawa. Lata 1986-1999.

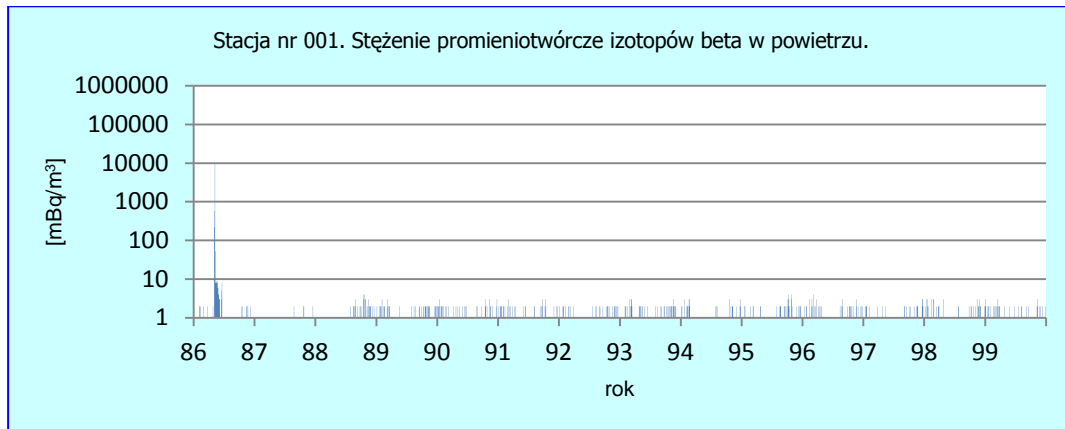


Rys. 68. Stacja Zakopane. Lata 1985-1999.

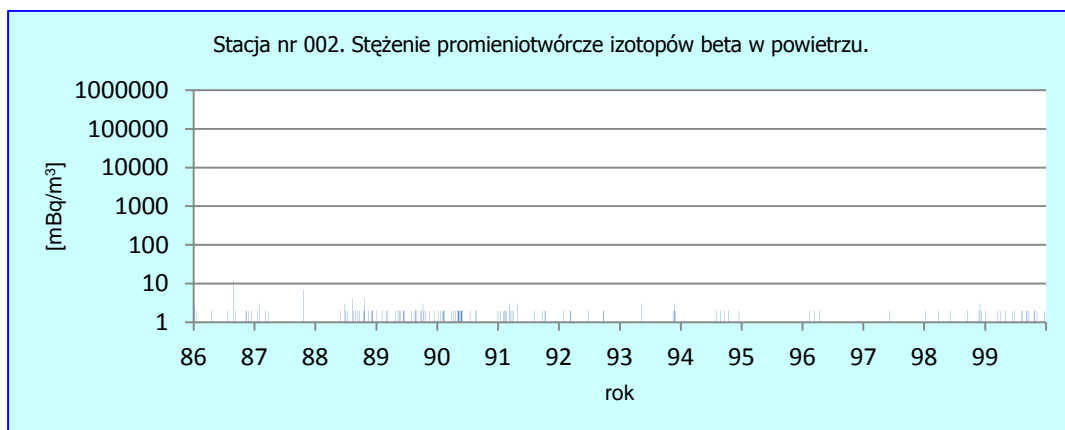


Rys. 69. Stacja Lesko. Lata 1986-1999.

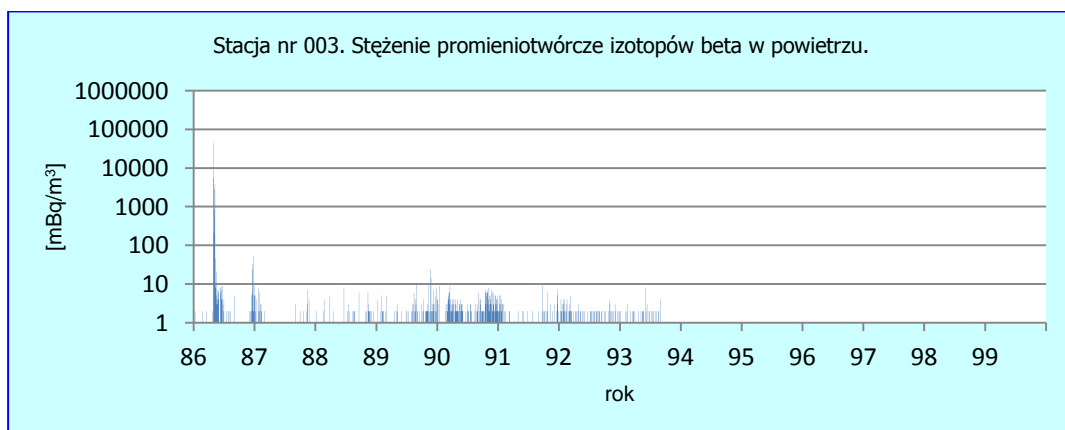
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu w latach 1986-1999.



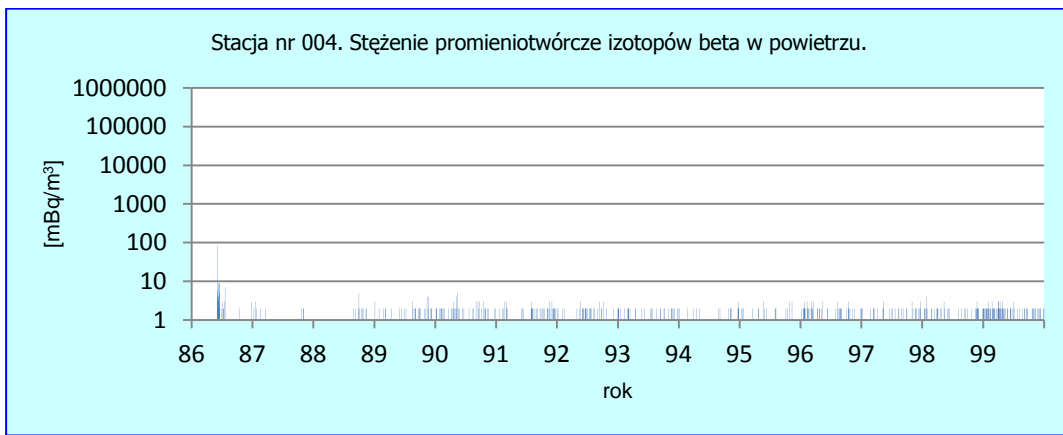
Rys. 70. Stacja Warszawa. Lata 1986-1999.



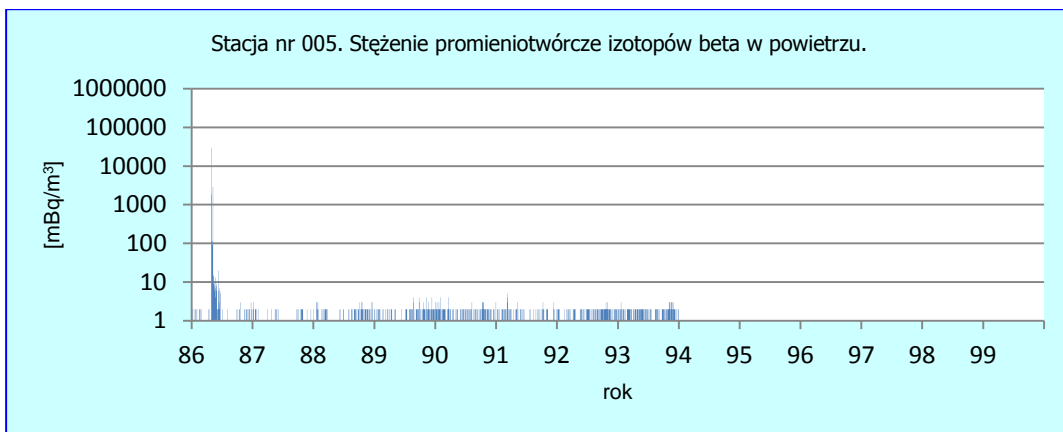
Rys. 71. Stacja Gdynia. Lata 1986-1999.



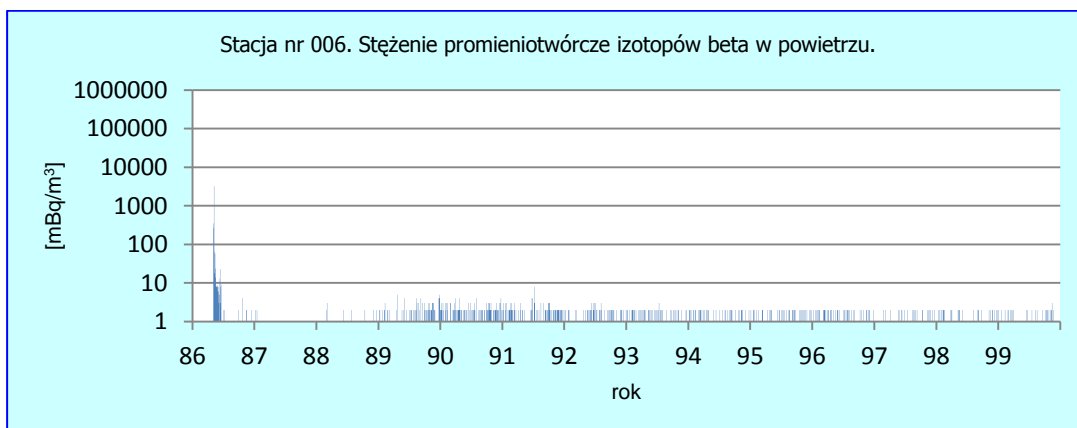
Rys. 72. Stacja Kasprowy Wierch. Lata 1986-1999.



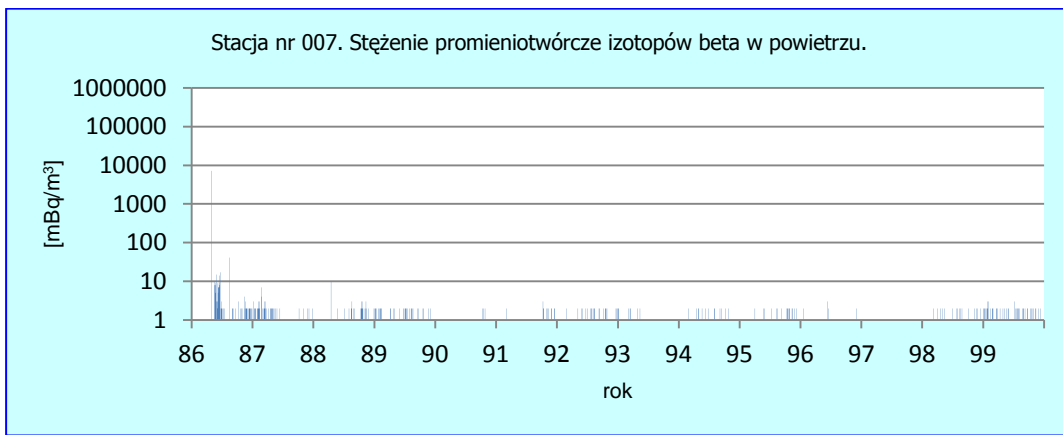
Rys. 73. Stacja Mikołajki. Lata 1986-1999.



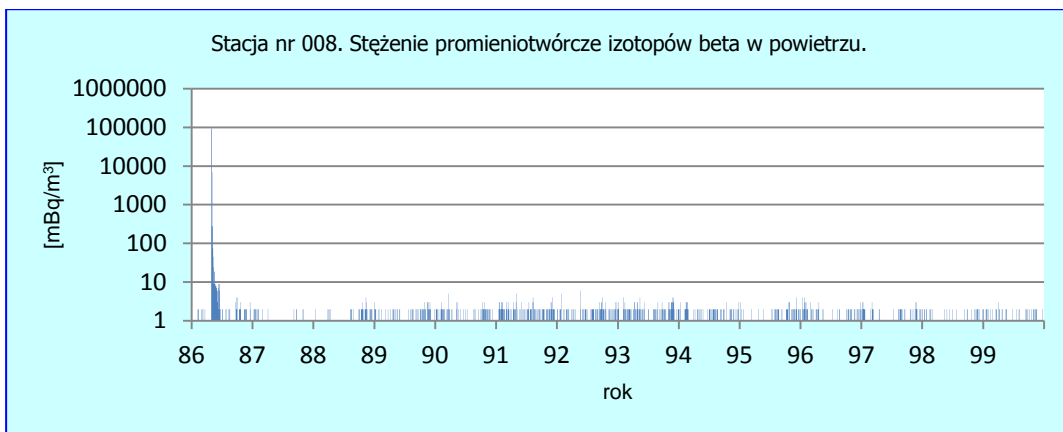
Rys. 74. Stacja Łódź. Lata 1986-1999.



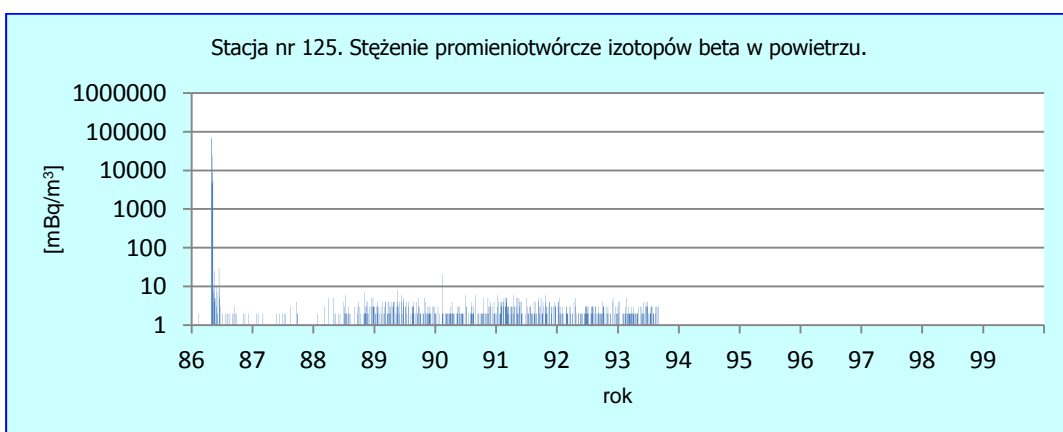
Rys. 75. Stacja Poznań. Lata 1986-1999.



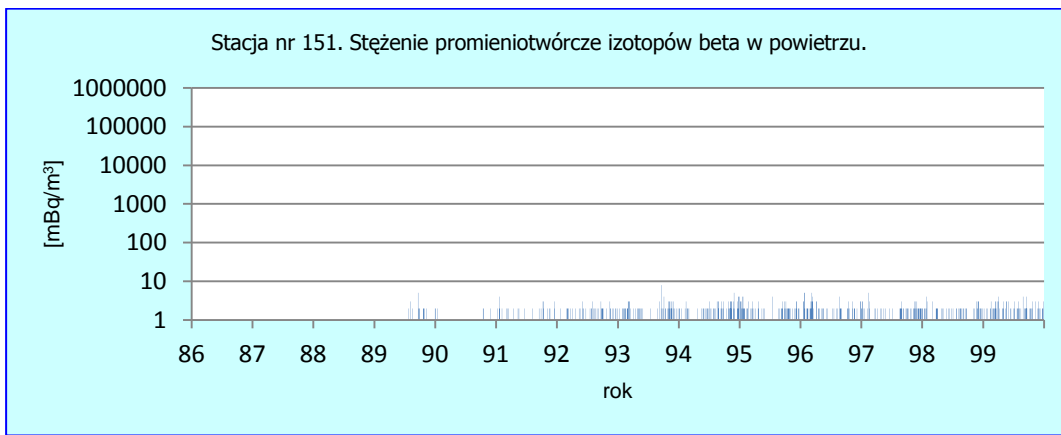
Rys. 76. Stacja Świnoujście. Lata 1986-1999.



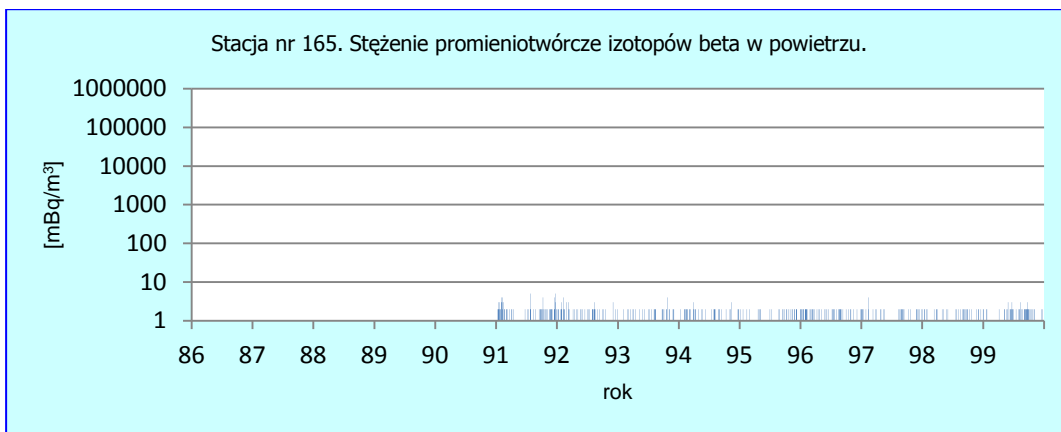
Rys. 77. Stacja Legnica. Lata 1986-1999.



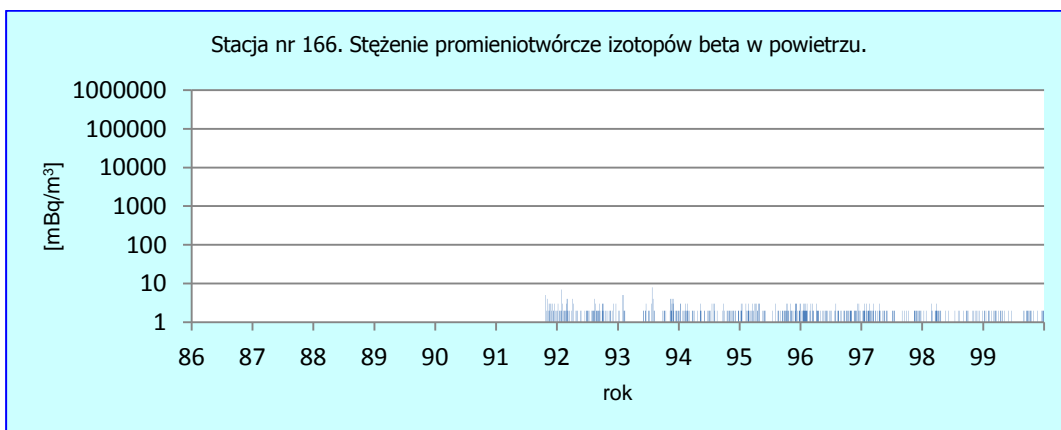
Rys. 78. Stacja Śnieżka. Lata 1986-1999.



Rys. 79. Stacja Włodawa. Lata 1986-1999.

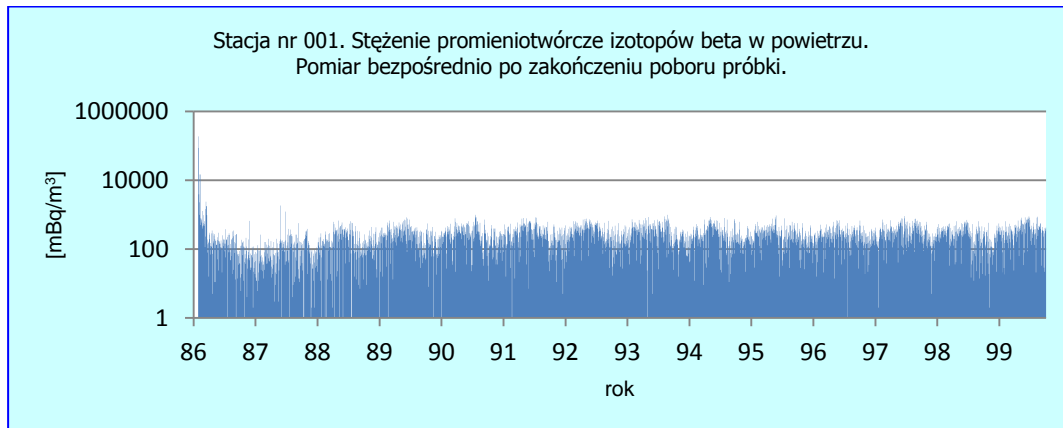


Rys. 80. Stacja Zakopane. Lata 1986-1999.

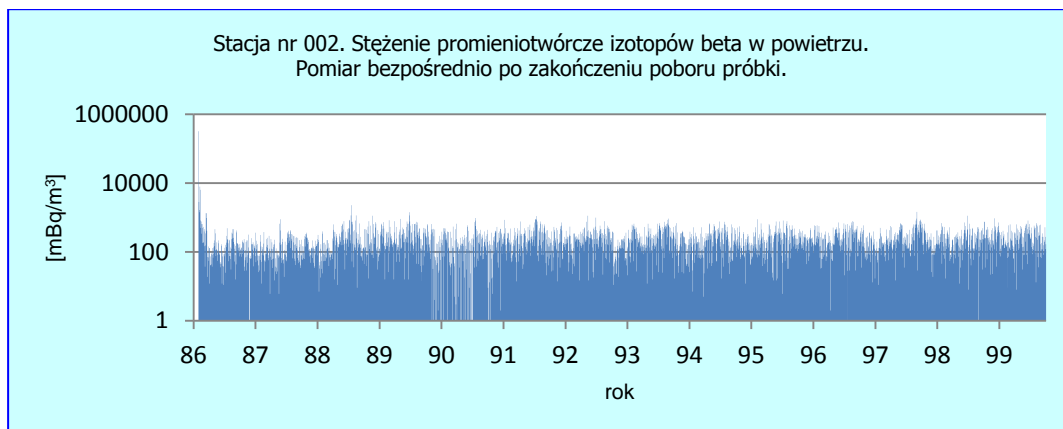


Rys. 81. Stacja Lesko. Lata 1986-1999.

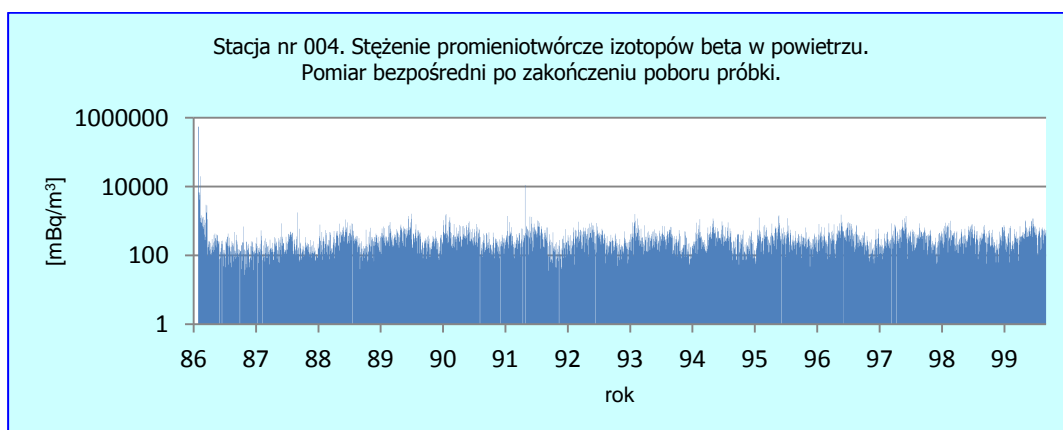
Przykładowe rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w powietrzu w latach 1986-1999. Pomiar bezpośrednio po zakończeniu poboru próbki.



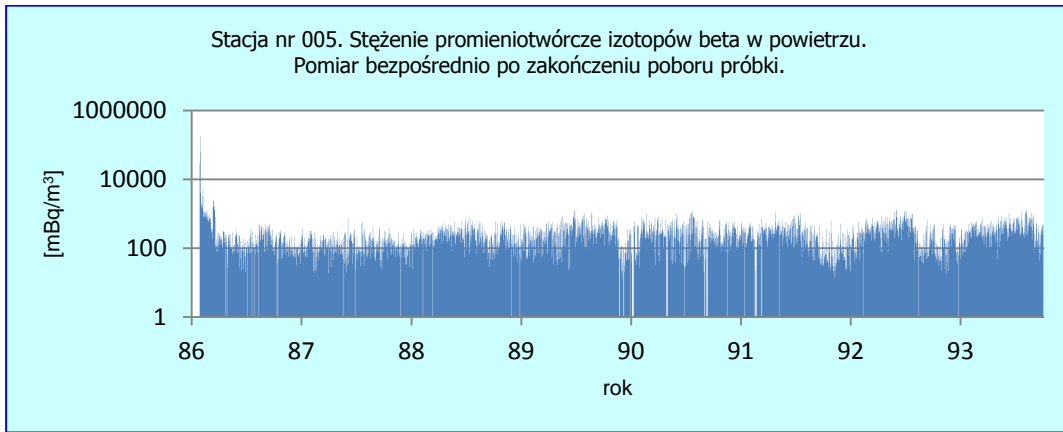
Rys. 82. Stacja Warszawa. Lata 1986-1999. .



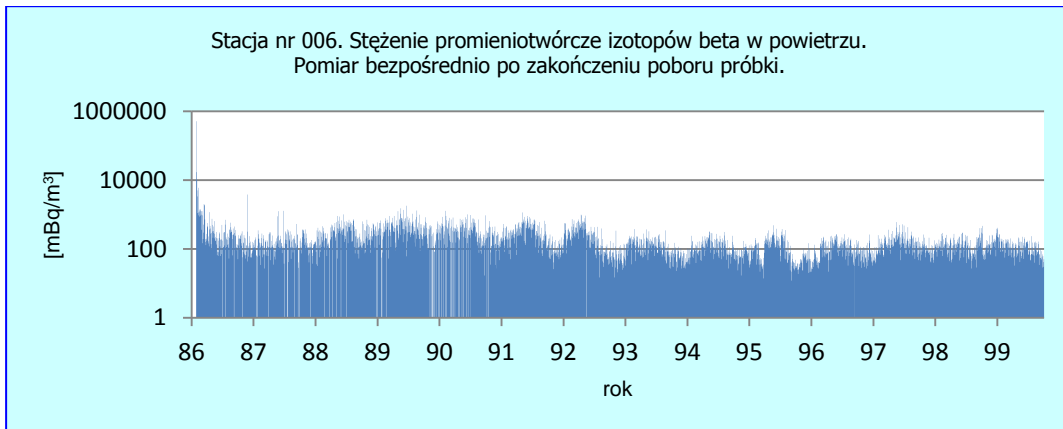
Rys. 83. Stacja Gdynia. Lata 1986-1999.



Rys. 84. Stacja Mikołajki. Lata 1986-1999.



Rys. 85. Stacja w Łódź. Latach 1986-1999.



Rys. 86. Stacja Poznań. Lata 1986-1999.

4. Analiza uzyskanych wyników w latach 1986-1999.

Wyniki w postaci średnich rocznych wartości stężeń promieniotwórczych są przedstawione w tabelach 4 -7.

Przed awarią Elektrowni w Czarnobylu średnie stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym w roku 1985 było na większości stacji na poziomie 1 Bq/m^2 . Jedynie na Kasprowym Wierchu uzyskano stężenie równe 2 Bq/m^2 .

W roku 1986 najwyższe średnie stężenie wyniosło 213 Bq/m^2 na stacji na Śnieżce oraz 79 Bq/m^2 na Kasprowym Wierchu, najniższe wartości uzyskano w Łodzi i było równe 9 Bq/m^2 oraz w Legnicy równe 12 Bq/m^2 . Kolejny rok przyniósł spadek do poziomu sprzed awarii czyli wartości stężeń były pomiędzy 1 a 2 Bq/m^2 . Poziom ten utrzymywał się do roku 1999.

Średnie stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym w roku 1985, przed awarią Czarnobyłską było w zakresie od 7 do 22 Bq/m^2 .

Natomiast w roku 1986 najwyższe średnie wyniosło aż 3987 Bq/m^2 na Śnieżce i 2941 Bq/m^2 w Mikołajkach, najniższe wartości uzyskano w Poznaniu wynoszące 139 Bq/m^2 oraz Łodzi 174 Bq/m^2 . W latach 1987 i 1988 wartości stężeń były już niższe od kilkudziesięciu do prawie dwustu razy w porównaniu do roku 1986. Jednak jeszcze wciąż wartości były podwyższone w stosunku do wartości z roku 1985. Kolejne lata czyli od 1989 do 1999 cechowały się poziomem stężeń w zakresie 4 – 11 Bq/m^2 . W roku 1999 średnie wartości były w zakresie 4 – 9 Bq/m^2 .

Średnie stężenie promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu w roku 1985, przed awarią Czarnobyłską było w zakresie od 0,000 do $0,001 \text{ Bq/m}^2$.

Rok 1986 przyniósł wzrost do poziomu wartości $0,598 \text{ Bq/m}^2$ zmierzony na stacji na Śnieżce oraz w Legnicy równy $0,552 \text{ Bq/m}^2$. Najniższe wartości uzyskano w Gdyni i Mikołajkach równe $0,000 \text{ Bq/m}^2$ i $0,001 \text{ Bq/m}^2$. Rok 1987 przyniósł spadek do poziomu stężeń sprzed 1986. Kolejne lata aż do roku 1999 cechowały się wartościami na poziomie $0,001 \text{ Bq/m}^2$.

W roku 1986 wraz z awarią elektrowni w Czarnobylu rozpoczęto pomiar stężeń promieniotwórczych izotopów beta w powietrzu, który polegał na tym, że próbkę mierzono bezpośrednio po zakończeniu jej poboru. Pomiar prowadzony w ten sposób

miał na celu szybkie wykrycie ewentualnych skażeń promieniotwórczych w powietrzu. Taki rodzaj pomiarów kontynuowano do roku 1999. Wartości stężeń zmierzone w pierwszym roku pomiaru czyli 1986 roku mieszczą się w zakresie od 0,485 do 9,870 Bq/m³. Lata 1987-1999 przyniosły bardzo duże zmniejszenie poziomu wartości od 0,078 do 0,515 Bq/m³.

Skutki awarii w Czarnobylu, jeśli rozważamy radioaktywność przyziemnej warstwy powietrza były w przypadku opadu całkowitego dobowego oraz powietrza widoczne tylko w roku 1986. Natomiast jeśli chodzi o pomiar opadu całkowitego miesięcznego wartości były nieznacznie podwyższone jeszcze w latach 1987 i 1988.

Oceniając stopień skażenia na podstawie wykresów trzeba wziąć pod uwagę, że bardzo wysokie wartości stężeń dobowych wystąpiły tylko w relatywnie krótkim okresie czasu rzędu kilkunastu dni. Dlatego też wnioski oparte o wartości dobowe mogą prowadzić do błędnych ocen wskazujących na potencjalne zagrożenie wynikające z podwyższonych dawek promieniowania.

W związku z tym wskazana jest analiza wyników w dłuższym okresie czasu. Jednocześnie stosowanie uśrednionych (dla okresu miesiąca lub roku) wyników pozwoli lepiej oceniać wpływ skutków skażeń na środowisko poprzez porównanie z wartościami pomiarowymi dla innych okresów.

III. Okres Moratorium

1. Wprowadzenie

„Moratorium” z łac. „moratorius ”oznacza zawieszenie/tymczasowe wstrzymanie. Termin ten stał się określeniem związanym ze wstrzymaniem lub zaprzestaniem eksperymentów atomowych. Pierwsze zaprzestanie wybuchów jądrowych miało miejsce w roku 1959 i było uzgodnione między Stanami Zjednoczonymi Ameryki Północnej, Wielką Brytanią i Związkiem Radzieckim. Jednak już w roku 1960 zostały przeprowadzone testy, które kontynuowano w następnych latach. Ostatni naziemny test broni jądrowej miał miejsce 16 października 1980 roku. Za początek okresu zaprzestania naziemnych testów jądrowych uznaje się rok 1981. Od tego roku kontynuowano bowiem jedynie testy podziemne, które trwały do roku 1998 mimo, że Traktat o Całkowitym Zakazie Prób z Bronia Jądrową wszedł w życie w roku 1996.

Tytuł rozdziału może być nieco mylący, jeśli czytelnik będzie oczekiwał zgodności początku zakresu czasowego wyników w tym rozdziale z datą wejścia w życie ww. Traktatu. Jednakże w związku z faktem, że w roku 2000 wprowadzono nowoczesną aparaturę do pomiarów mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu oraz pomiar bezpośredni stężeń promieniotwórczych izotopów beta i alfa pochodzenia sztucznego w powietrzu a zakończono pomiar stężenia beta próbek w powietrzu to wyniki w tym rozdziale zostały przedstawione nie od 1996 tylko od 2000 roku.

2. Metodyki pomiarowe

W okresie od 2000 do 2010 roku na stacjach Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych prowadzono następujące rodzaje pomiarów:

- **stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym**
- **stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym,**
- **moc dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma w powietrzu,**
- **stężenie promieniotwórcze izotopów alfa¹⁰ pochodzenia naturalnego w powietrzu.**

¹⁰ Przez pojęcie „izotopy alfa” należy rozumieć izotopy alfa-promieniotwórcze lub izotopy emitujące promieniowanie alfa.

- **stężenie promieniotwórcze izotopów alfa i beta pochodzenia sztucznego w powietrzu.**
- **stężenie promieniotwórcze izotopów pochodzenia naturalnego i sztucznego w zbiorczych próbkach miesięcznego opadu całkowitego.**

Pomiar stężenia promieniotwórczego izotopów beta w zbiorczym opadzie całkowitym dobowym i miesięcznym.

Metodyka poboru prób całkowitego opadu dobowego i miesięcznego, jak i stosowana metodyka pomiarowa aktywności beta w próbkach całkowitego opadu są identyczne jak w okresie naziemnych prób z bronią jądrową i zostały opisane szczegółowo w rozdziale poświęconym temu okresowi.

Pomiar mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma w powietrzu.

Od 2000 roku moc dawki promieniowania gamma jest mierzona przez sondy typu FHZ-621GL o następujących parametrach: napięcie pracy – 2050 V; zakres pomiarowy - 50 nGy/h – 100 mGy/h; zakres energetyczny 30 keV – 1,3 MeV; temperatura pracy: - 30 - +60 C⁰, wilgotność względna od 5 do 95 %, ciśnienie atmosferyczne od 533 do 1060 hPa.

Sonda połączona jest z komputerem PC, w którym zainstalowany program NetView umożliwia zdalne ustawianie warunków pracy jak i odbiór wyników pomiaru z sondy. Program NetView co 10 minut odczytuje z pamięci sondy uśrednione wyniki i zapisuje je do pliku. Szeroko zakresowy licznik proporcjonalny sondy FHZ określa nie tylko wielkość mocy dawki, ale również mierzy energię promieniowania gamma. Mierzona jest różnica energii kwantów promieniowania gamma produktów rozszczepienia w stosunku do promieniowania kosmicznego i tła naturalnego. Dzięki temu możliwe jest wykrycie każdego wpływu sztucznego promieniowania gamma automatycznie i przesłanie sygnału alarmowego do systemu komputerowego nawet, jeśli wzrost mocy dawki jest niski.

Pomiar stężenia promieniotwórczego izotopów alfa pochodzenia naturalnego i sztucznego oraz beta sztucznego w powietrzu.

Urządzenie FHT59Si mierzy w sposób ciągły całkowitą aktywność radioizotopów osadzonych na aerozolu powietrza z możliwością rozróżnienia radioizotopów

naturalnych, co pozwala na wyznaczenie stężenia promieniotwórczego izotopów alfa i beta pochodzenia sztucznego. Zasada pomiaru radioaktywności w urządzeniu polega na zasysaniu przez filtr taśmowy powietrza i jednoczesnym pomiarze, detektorem umieszczonym nad taśmą filtracyjną stężeń promieniotwórczych izotopów alfa i beta promieniotwórczych. Pomiarzy szybkości zliczeń promieniowania alfa i beta realizowane są w procedurze dyskryminacji amplitudy. Do obliczenia stężenia promieniotwórczego alfa i beta stosuje się specjalny „algorytm pomiaru aerozoli”. Uwzględniając objętość przepompowanego powietrza przez filtr możliwe jest wyznaczenie stężeń promieniotwórczych izotopów emitujących dany rodzaj promieniowania.

Zestaw FHT59Si wyposażony jest w detektor krzemowy typu PIPS o powierzchni czynnej 1700 mm²

Moduł FHT8000 będący elementem urządzenia FHT59Si służy do kontroli i opracowania wyników oraz zawiera pełną elektronikę do obsługi detektora. Za pomocą programu NetView zainstalowanego w komputerze PC odczytywane są wyniki mierzonych wielkości z pamięci modułu FHT8000 i zapisywane w oddzielnych plikach. Program pozwala na wizualizację zarejestrowanych wyników oraz porównuje zbierane wartości.

Pomiar stężenia promieniotwórczego izotopów gamma promieniotwórczych w zbiorczych próbach miesięcznego opadu całkowitego

Próby do pomiaru aktywności wybranych izotopów będących emiterami promieniowania gamma otrzymuje się poprzez połączenie próbek miesięcznych opadów całkowitych zbieranych na 9 stacjach. Od roku 2000 ilość kuwet do zbierania opadu całkowitego miesięcznego została zwiększona do trzech na każdej ze stacji w celu zwiększenia powierzchni zbierającej, co w konsekwencji zwiększało dokładność pomiarów.

Próbki umieszczane są w naczyniu o odpowiedniej geometrii i poddawane pomiarom z zastosowaniem wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma. W skład zestawu do spektrometrii gamma wchodzi: detektor typu HPGe, zasilacz niskiego napięcia NIK BIN – Model 2100, zasilacz liniowy wysokiego napięcia – Model 3106D, wzmacniacz spektrometryczny – Model 2020 prod. CANBERRA. Wydajność względna detektora HPGe wynosi 18%, rozdzielczość 1,8 keV dla linii widmowej 1332 keV Co-60. Układ pomiarowy zawiera wielokanałowy (8192 kanałów) analizator impulsów oraz oprogramowanie do analizy spektrometrycznej GENIE 2000 z modułem Gamma Analysis.

W próbkach miesięcznego opadu całkowitego analizowano izotopy: berylu Be-7, potasu K-40, radu Ra-226, aktynu Ac-228 oraz pochodzenia sztucznego: cezu Cs-137 i cezu Cs-134.

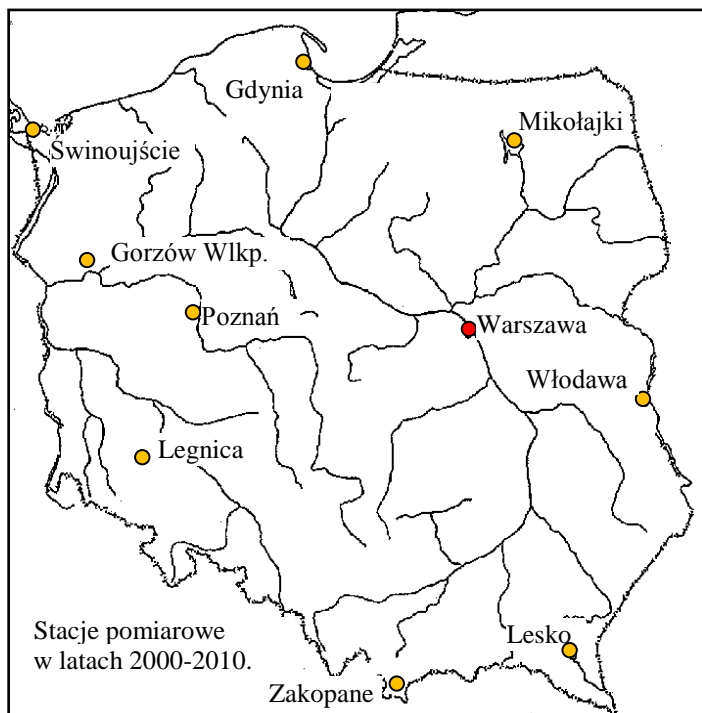
Pomiar stężenia promieniotwórczego Sr-90 w zbiorczych próbach miesięcznego opadu całkowitego

Po zakończonych, nieniszczących pomiarach spektrometrycznych zbiorcze próbki opadu miesięcznego były wykorzystywane do pomiaru aktywności Sr-90 z zastosowaniem metody radiochemicznej. Sr-90, którego czas połowicznego rozpadu wynosi 28 lat, emituje promieniowanie beta, co determinuje metodykę jego analizy. Jednocześnie w wyniku rozpadu Sr-90 powstaje izotop itru Y-90, którego stężenie po 21 dniach osiąga wartość równą stężeniu Sr-90 ponieważ oba izotopy pozostają w równowadze promieniotwórczej. Stężenie promieniotwórcze Sr-90 oznaczane jest z racji lepszej wydajności energetycznej poprzez pomiar promieniowania beta emitowanego przez próbkę Y-90. Pomiary promieniowania beta muszą zostać poprzedzone procedurą radiochemiczną w celu uzyskania czystych radiochemicznie preparatów Y-90. Pomiary aktywności Y-90 prowadzone są z zastosowaniem niskotłowego licznika przepływowego FHT 770T, który umożliwia jednoczesny pomiar 6 prób. Czas pomiaru próbek wynosi minimum 2 godziny. Przed każdym pomiarem mierzone jest tło, którego wartość nie przekracza 0,6 imp/min. Kalibrację aparatury pomiarowej przeprowadza się z użyciem preparatu wzorcowego Y-90 o znanej aktywności i geometrii identycznej z geometrią analizowanych próbek.

Stężenie promieniotwórcze Sr-90 w opadzie atmosferycznym obliczane jest w oparciu o liczbę impulsów zarejestrowanych w zdefiniowanym czasie i odniesione do powierzchni zbierającej opad atmosferyczny.

3. Wyniki pomiarów w poszczególnych stacjach w latach 2000-2010.

W latach 2000-2010 pomiary były wykonywane na 9 stacjach, których lokalizację przedstawiono na mapie nr 3.



Mapa 3. Lokalizacja stacji Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW w latach 2000-2010.

W tabelach 9-15 przedstawione zostały wartości średnich rocznych stężeń promieniotwórczych izotopów beta w opadzie dobowym i miesięcznym, wartości mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma w powietrzu, stężenia promieniotwórcze izotopów alfa pochodzenia naturalnego, pochodzenia sztucznego i izotopów beta pochodzenia sztucznego oraz zakresy i sumy rocznych stężeń promieniotwórczych Cs-137 i Sr-90 w zbiorczej próbce (z 9 stacji) miesięcznego opadu całkowitego uzyskane w latach 2000-2010.

Puste pola w tabelach oznaczają, że w danym okresie stacja nie prowadziła odpowiednich pomiarów, zakończyła je lub ich nie rozpoczęła.

Z racji dużych zakresów wartości stężeń i jednocześnie dla łatwiejszego porównania wyników pomiarów do większości wykresów zastosowano skalę logarymiczną.

Wartości w tabelach są wyrażone w Bq/m³ (bekerelach na metr sześcienny). Z kolei na wykresach wyniki pomiarów zostały przedstawione w mBq/m³ (milibekerelach na metr sześcienny).

Przerwy w wykresach oznaczają awarię lub wartość nie przekraczającą jedności. Nieregularne wahania wartości pomiarów widoczne na wykresach są związane z porami roku ponieważ opady śniegu i opady deszczu mają wpływ na uzyskiwane wyniki. Opad deszczu wymywa z powietrza izotopy promieniotwórcze i sprowadza je do przyziemnej warstwy powietrza, gdzie są rejestrowane przez stację natomiast pokrywa śnieżna osłabia promieniowanie pochodzące z głębszych warstw gleby.

Numery kodowe stacji obowiązujące w omawianym okresie:

- 001 – Warszawa,
- 002 – Gdynia,
- 004 – Mikołajki,
- 006 – Poznań,
- 006 – Gorzów Wielkopolski (początek pomiarów od roku 2000)
- 007 – Świnoujście,
- 008 – Legnica,
- 151 – Włodawa,
- 165 – Zakopane,
- 166 – Lesko.

Stacje 001 i 002 czyli Warszawa i Gdynia nie prowadziły pomiarów stężeń promieniotwórczych alfa i beta w powietrzu. Pozostałe stacje prowadziły pełny zakres pomiarowy opisany w części poświęconej metodykom w tym rozdziale z wyjątkiem pomiarów spektrometrycznych, które są dokonywane w Warszawie i Gdyni..

W związku z zakupem nowej aparatury i koniecznością zapewnienia odpowiednich pomieszczeń i warunków pomiarowych w roku 2000 została założona stacja pomiarowa w Gorzowie Wielkopolskim.

Natomiast z racji najbliższego sąsiedztwa do Poznania a także uzupełniającego się programu pomiarowego ze stosowanym w Poznaniu, numer kodowy przypisany dla Gorzowa Wlkp. jest także 006.

Stacja w Gorzowie Wlkp. dokonuje pomiarów mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu oraz stężeń promieniotwórczych alfa naturalne i sztuczne oraz beta sztuczne w powietrzu. Z kolei na stacji w Poznaniu prowadzony jest pomiar stężeń promieniotwórczych w opadzie całkowitym dobowym i miesięcznym.

Numery kodowe stacji są stosowane w większości tabel oraz tytułach wykresów.

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

Tabela. 9. Stężenia promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym [Bq/m²] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ²]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	004	006	007	008	151	165	166
Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ²]										
2000	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2001	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2002	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
2003	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
2004	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
2005	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
2006	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2007	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2008	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2009	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2010	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Tabela. 10. Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym [Bq/m²] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ²]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	004	006	007	008	151	165	166
Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ²]										
2000	6	7	5	7	8	4	6	6	7	8
2001	7	7	4	9	8	4	6	6	10	9
2002	7	6	4	8	10	3	6	8	8	9
2003	7	6	4	8	8	4	6	6	7	9
2004	6	9	4	7	7	3	5	7	8	8
2005	6	6	5	6	5	3	5	6	8	10
2006	6	8	5	8	5	2	6	5	8	8
2007	7	8	5	6	5	2	8	7	9	9
2008	7	8	5	6	5	2	7	8	9	9
2009	8	9	6	8	7	3	8	10	11	9
2010	8	10	7	10	9	3	8	8	11	9

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

Tabela. 11. Wartości mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma [nGy/h] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [nGy/h]	NUMERY KODOWE STACJI								
		001	002	004	006	007	008	151	165	166
		Roczne wartości średnie mocy dawki promieniowania gamma [nGy/h] ¹¹								
2000	99	83	99	107	101	89	108	82	110	112
2001	98	82	96	107	100	87	105	81	116	111
2002	97	81	86	106	99	88	100	82	116	112
2003	94	81	69	105	100	86	95	82	115	111
2004	96	81	82	103	100	87	102	82	117	110
2005	97	86	93	99	99	85	109	83	114	103
2006	97	82	90	93	99	90	108	82	116	111
2007	97	84	86	91	99	91	109	76	119	114
2008	98	81	86	109	97	92	111	73	121	109
2009	93	84	83	108	92	91	108	72	119	79
2010	90	81	83	103	88	87	105	67	118	74

Tabela. 12. Stężenia promieniotwórcze izotopów alfa pochodzenia naturalnego w powietrzu [Bq/m³] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ³]	NUMERY KODOWE STACJI							
		004	006	007	008	151	165	166	
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ³]							
2000	6	4	6	4	9	5	7	6	
2001	5	4	5	3	7	4	8	7	
2002	6	4	7	3	9	4	9	9	
2003	8	4	14	3	11	4	10	9	
2004	7	4	16	3	7	5	8	7	
2005	8	4	15	3	8	9	9	7	
2006	8	5	16	3	7	10	9	8	
2007	8	4	24	2	6	4	8	6	
2008	9	4	29	3	7	4	7	6	
2009	8	4	24	3	7	4	9	7	
2010	8	4	22	3	7	4	8	7	

¹¹ Gy (czyt. grej) jednostka dawki promieniowania gamma równa pochłonięciu przez 1 kg masy 1 J (dżula) energii, [2]. 1 nGy (czyt. nanogrej) jest równy 10⁻⁹ Gy.

Radioaktywność przyziemnej warstwy atmosfery w latach 1960-2010.

Tabela. 13. Stężenia promieniotwórcze izotopów alfa pochodzenia sztucznego w powietrzu [Bq/m³] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ³]	NUMERY KODOWE STACJI						
		004	006	007	008	151	165	166
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ³]						
2000	0,023	0,004	0,020	0,013	0,000	0,023	0,035	0,065
2001	0,004	0,003	0,000	0,011	0,004	0,010	0,000	0,003
2002	0,005	0,002	0,000	0,015	0,011	0,005	0,000	0,000
2003	0,015	0,004	0,002	0,024	0,010	0,010	0,036	0,018
2004	0,016	0,003	0,018	0,018	0,012	0,043	0,004	0,013
2005	0,020	0,007	0,010	0,022	0,005	0,039	0,008	0,048
2006	0,030	0,007	0,023	0,021	0,063	0,017	0,019	0,059
2007	0,029	0,005	0,062	0,016	0,039	0,003	0,018	0,058
2008	0,034	0,006	0,125	0,016	0,005	0,010	0,014	0,061
2009	0,040	0,006	0,150	0,016	0,002	0,025	0,006	0,075
2010	0,041	0,023	0,069	0,014	0,028	0,077	0,004	0,074

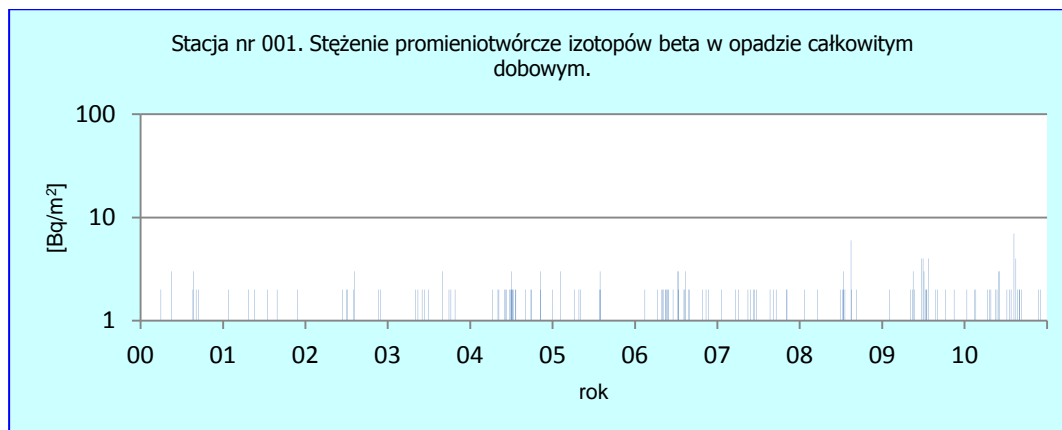
Tabela. 14. Stężenia promieniotwórcze izotopów beta pochodzenia sztucznego w powietrzu [Bq/m³] w latach 2000-2010.

Rok	Średnia roczna w Polsce [Bq/m ³]	NUMERY KODOWE STACJI						
		004	006	007	008	151	165	166
		Roczne wartości średnie stężeń w poszczególnych stacjach [Bq/m ³]						
2000	0,036	0,015	0,022	0,031	0,017	0,047	0,043	0,075
2001	0,019	0,018	0,025	0,046	0,014	0,023	0,000	0,007
2002	0,036	0,026	0,009	0,064	0,118	0,023	0,000	0,012
2003	0,042	0,020	0,016	0,038	0,114	0,043	0,021	0,043
2004	0,036	0,018	0,029	0,060	0,031	0,085	0,001	0,026
2005	0,057	0,030	0,017	0,101	0,019	0,108	0,031	0,089
2006	0,061	0,028	0,023	0,081	0,076	0,110	0,046	0,061
2007	0,053	0,030	0,037	0,057	0,049	0,106	0,016	0,074
2008	0,037	0,017	0,018	0,072	0,031	0,053	0,015	0,055
2009	0,059	0,058	0,052	0,103	0,024	0,060	0,005	0,110
2010	0,080	0,139	0,103	0,012	0,036	0,193	0,017	0,058

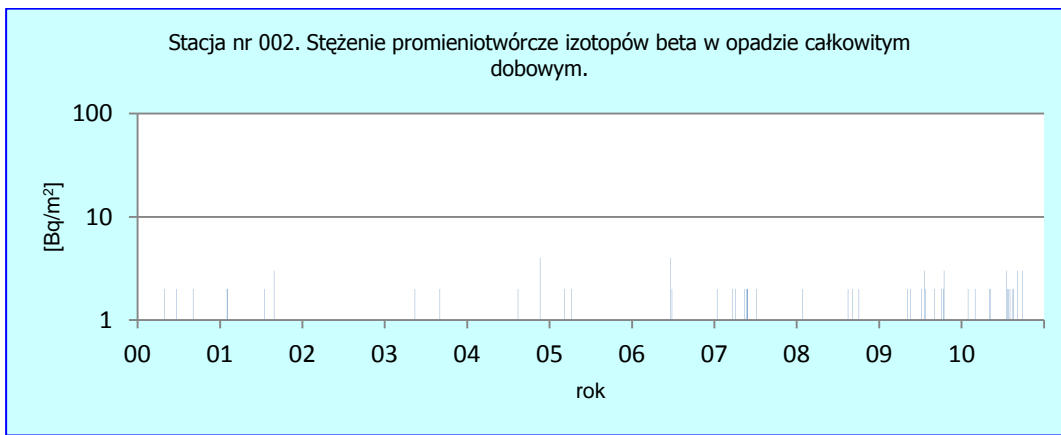
Tabela. 15. Zakresy i suma rocznych stężeń promieniotwórczych Cs-137 i Sr-90 w zbiorczej próbce (z 9 stacji) miesięcznego opadu całkowitego w latach 2000-2010.

Rok	Cs-137			Sr-90		
	Zakres		Suma stężeń Bq/m ² /rok	Zakres		Suma stężeń Bq/m ² /rok
2000	0,017	0,129	0,762	0,009	0,026	0,209
2001	0,008	0,118	0,725	0,010	0,046	0,206
2002	0,016	0,126	0,819	0,007	0,024	0,151
2003	0,021	0,191	0,808	0,002	0,008	0,055
2004	0,017	0,123	0,713	0,004	0,015	0,104
2005	0,018	0,079	0,510	0,004	0,014	0,117
2006	0,014	0,201	0,580	0,006	0,013	0,107
2007	0,015	0,113	0,510	0,005	0,013	0,100
2008	0,018	0,065	0,452	0,007	0,013	0,129
2009	0,013	0,107	0,499	0,006	0,013	0,112
2010	0,01	0,12	0,389	0,004	0,014	0,099

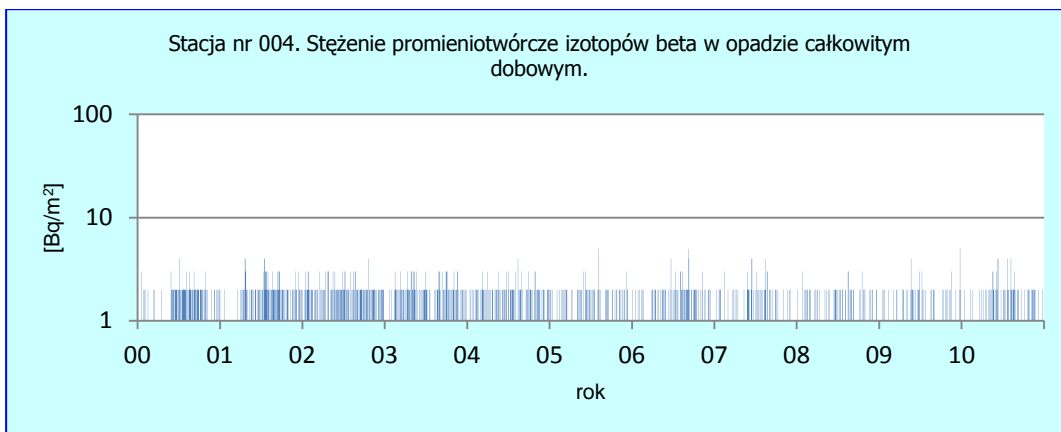
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenie promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym w latach 2000-2010.



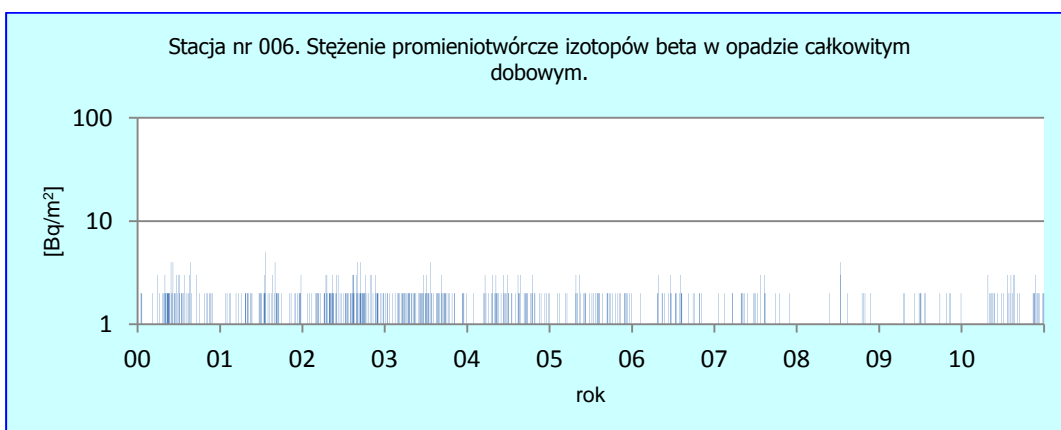
Rys. 87. Stacja Warszawa. Lata 2000-2010.



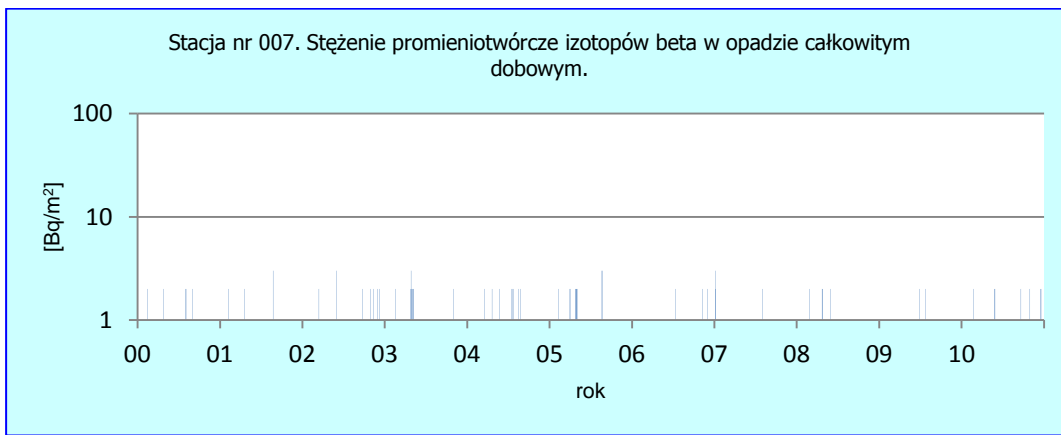
Rys. 88. Stacja Gdynia. Lata 2000-2010.



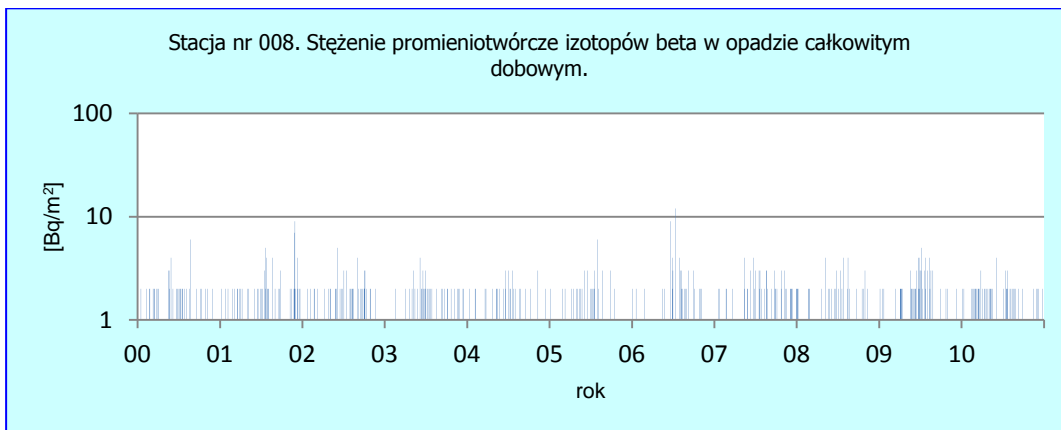
Rys. 89. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



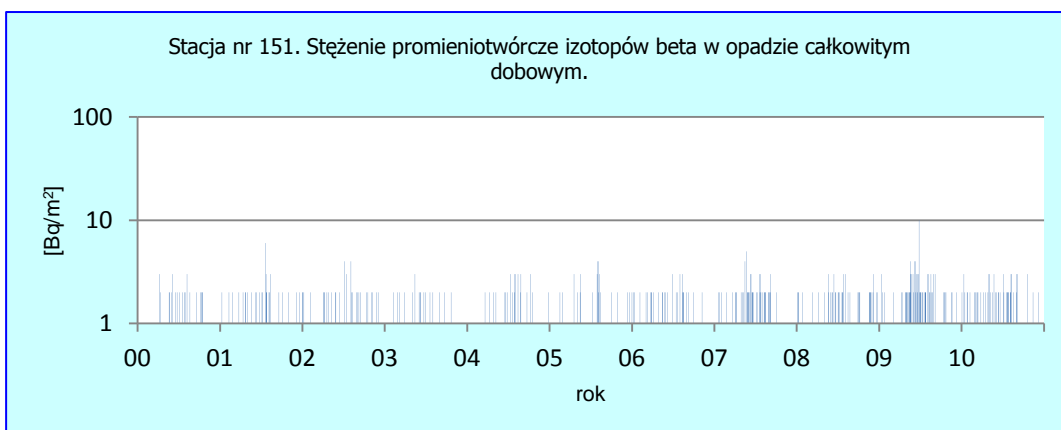
Rys. 90. Stacja Poznań. Lata 2000-2010.



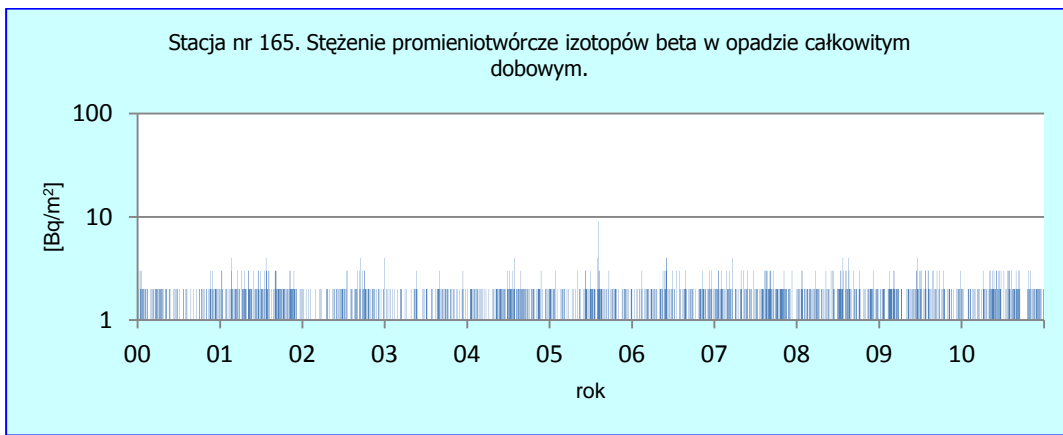
Rys. 91. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



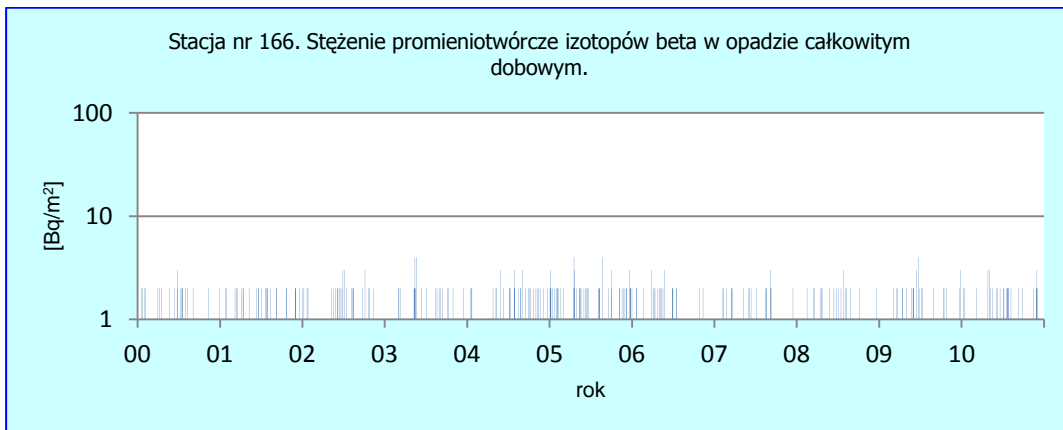
Rys. 92. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 93. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.

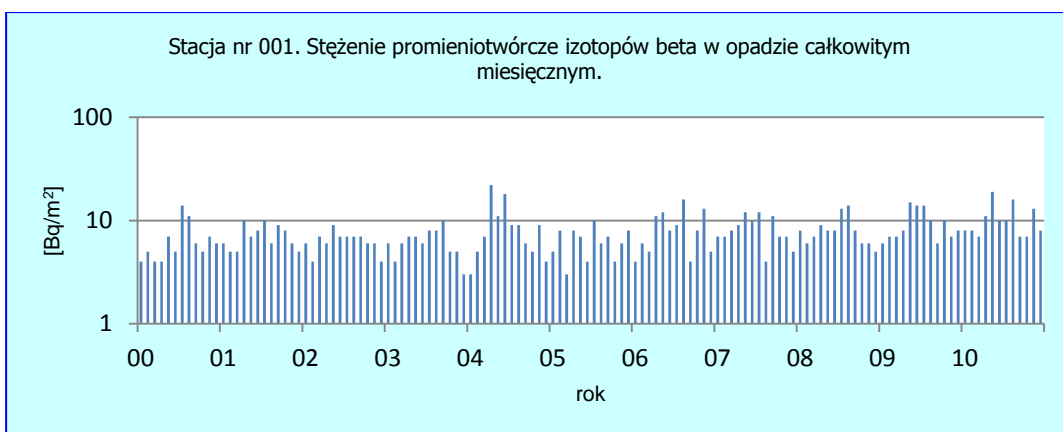


Rys. 94. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.



Rys. 95. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

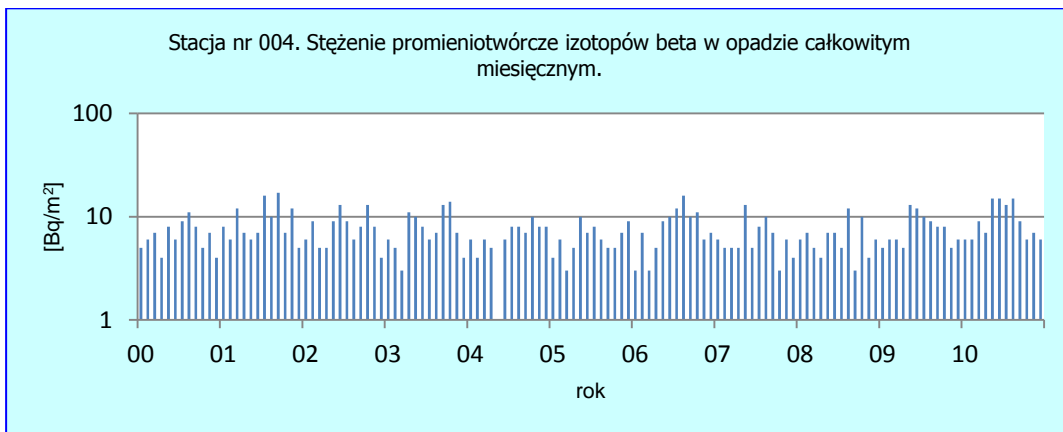
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 2000-2010.



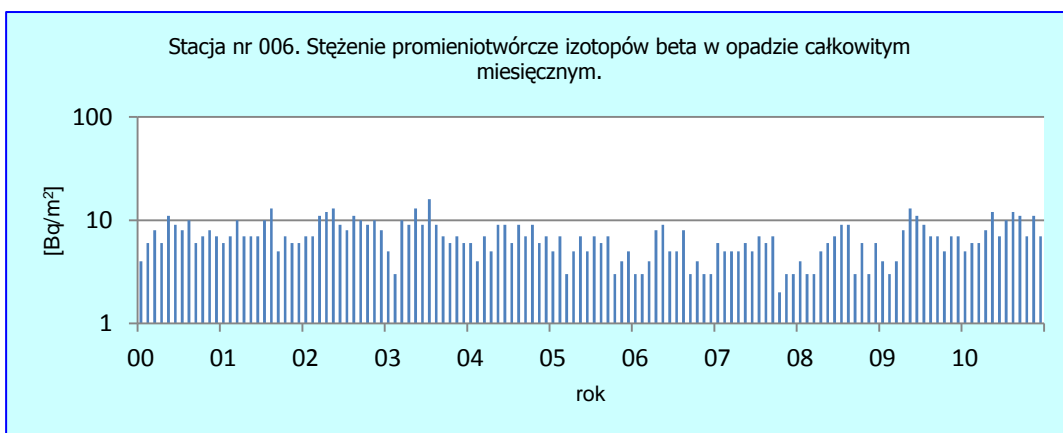
Rys. 96. Stacja Warszawa. Lata 2000-2010.



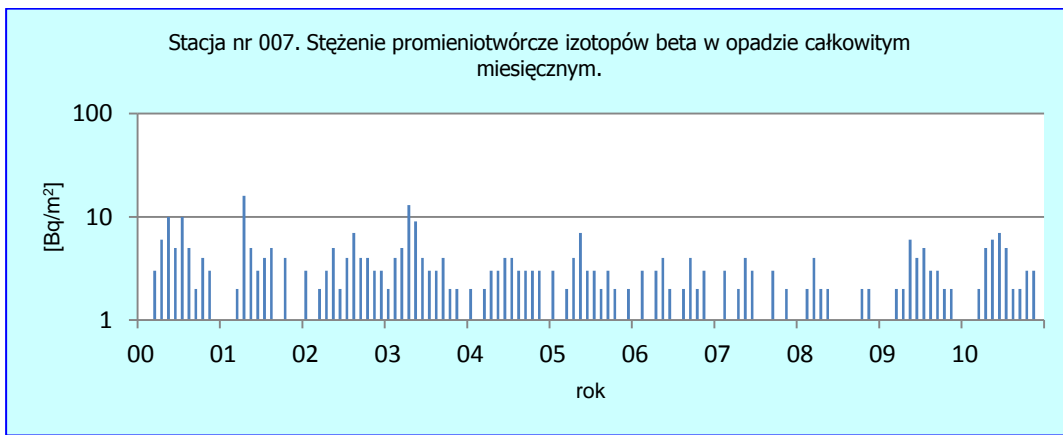
Rys. 97. Stacja Gdynia. Lata 2000-2010.



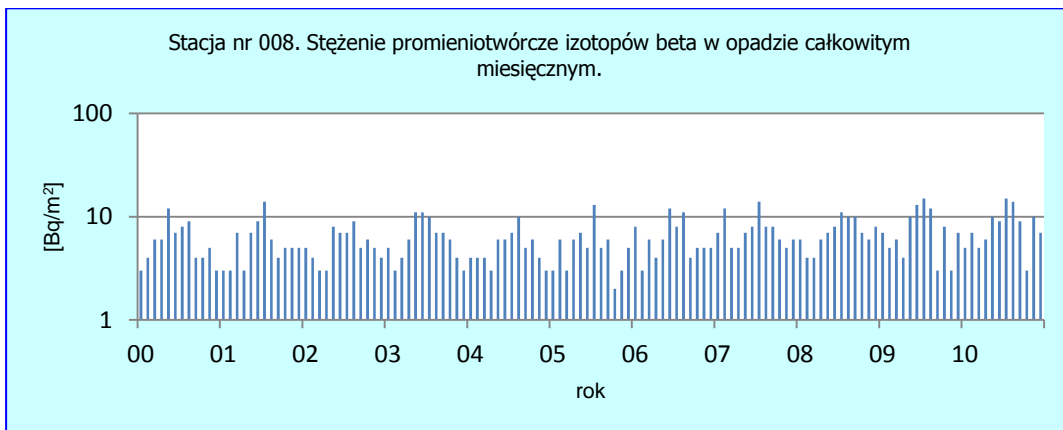
Rys. 98. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



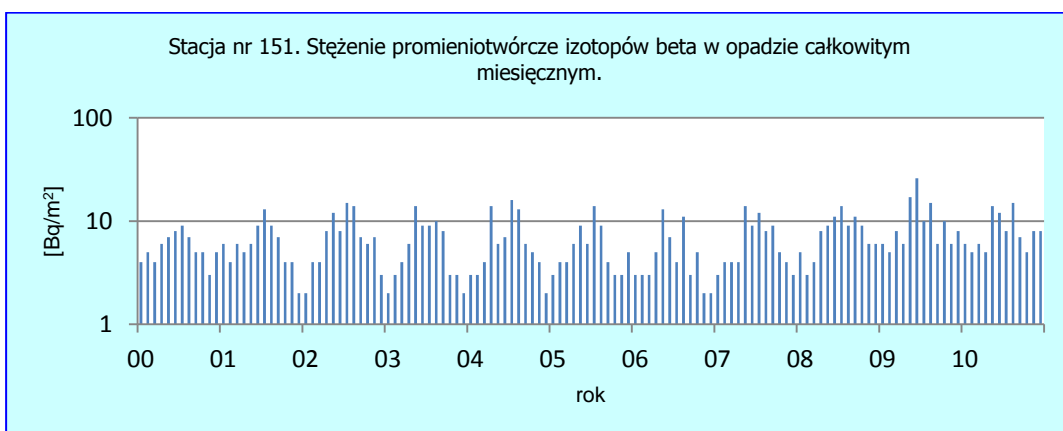
Rys. 99. Stacja Poznań. Lata 2000-2010.



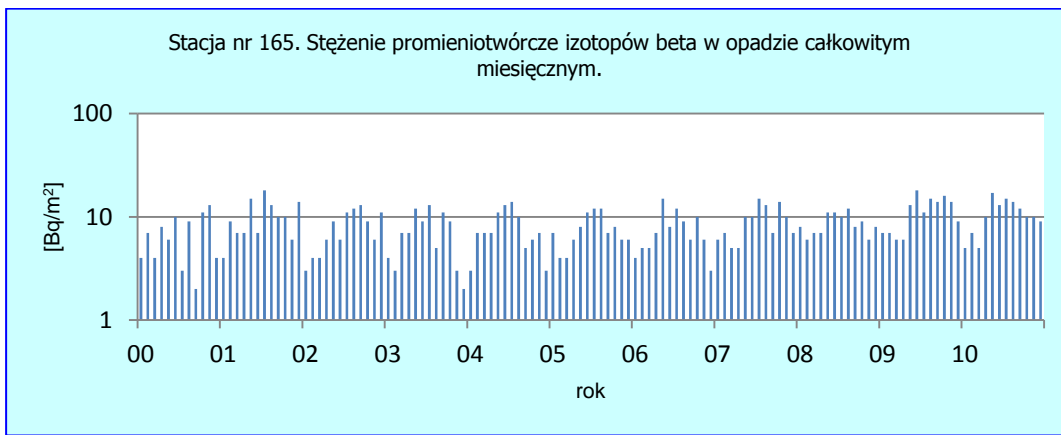
Rys. 100. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



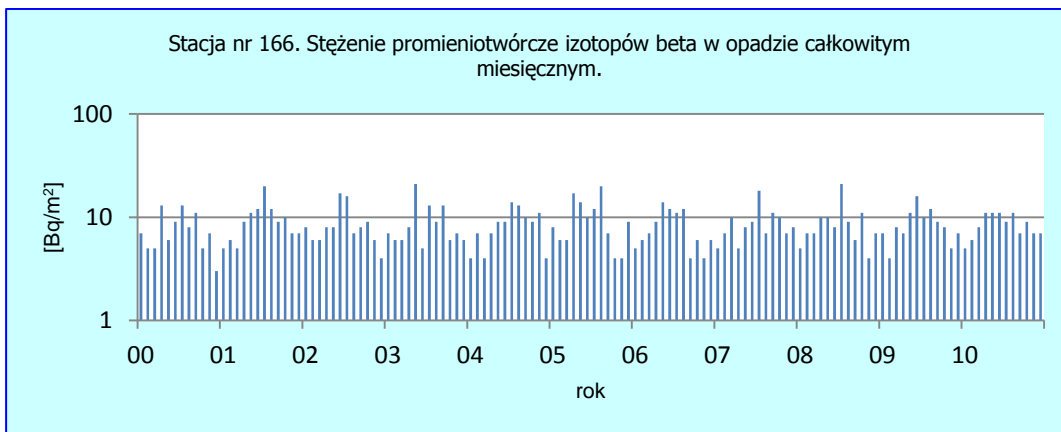
Rys. 101. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 102. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.

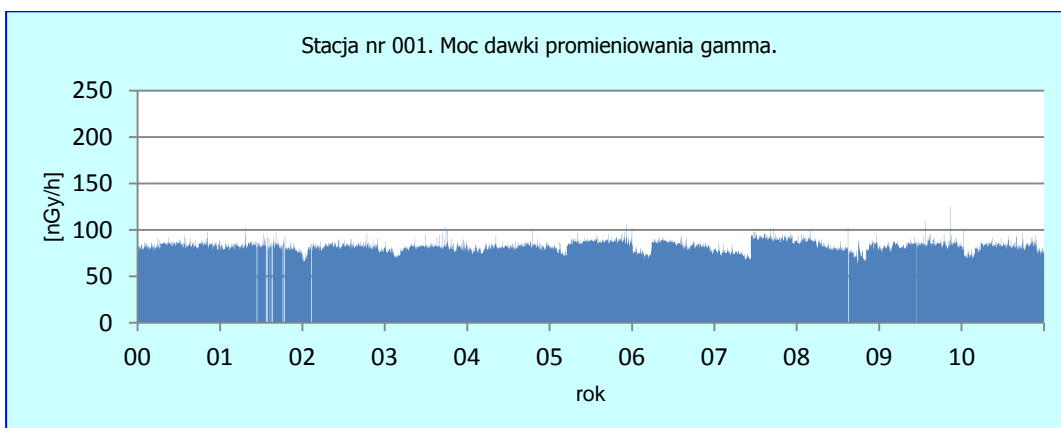


Rys. 103. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.

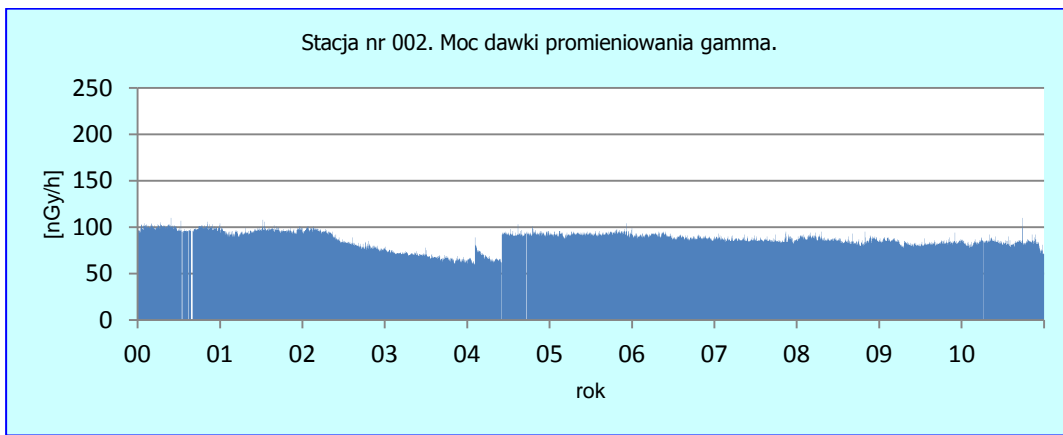


Rys. 104. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

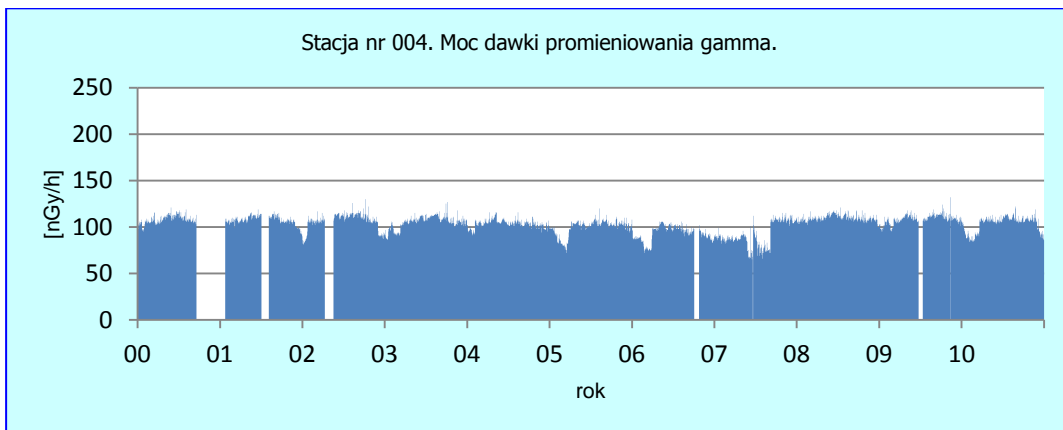
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma w powietrzu w latach 2000-2010.



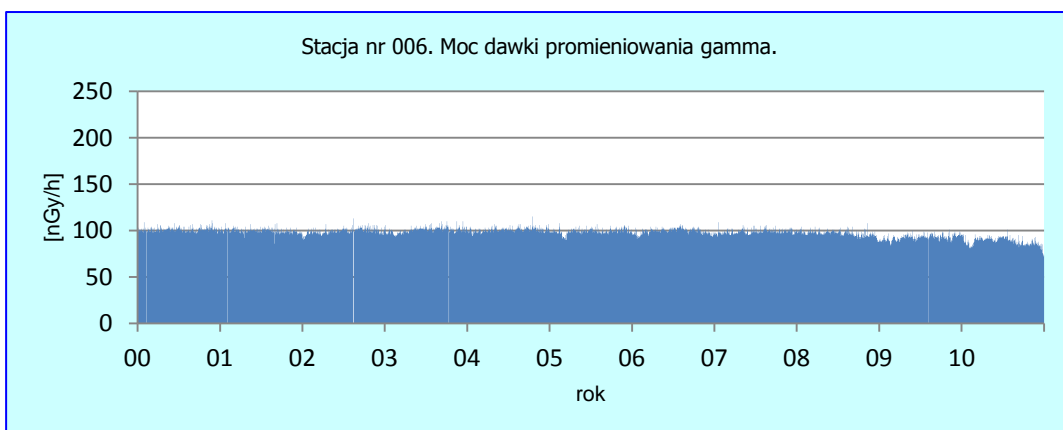
Rys. 105. Stacja Warszawa. Lata 2000-2010.



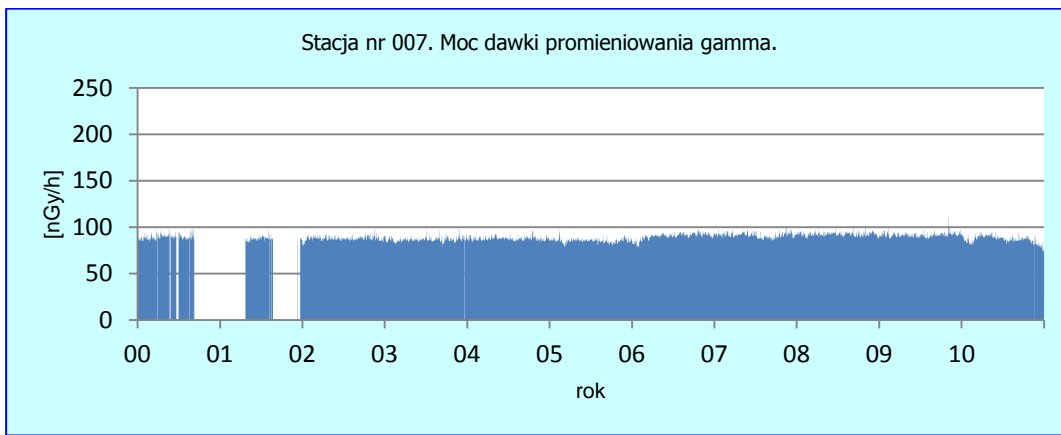
Rys. 106. Stacja Gdynia. Lata 2000-2010.



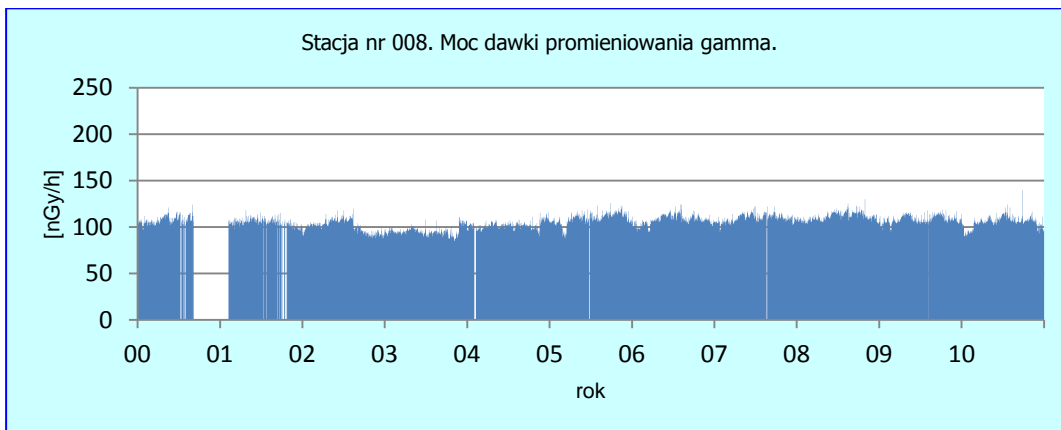
Rys. 107. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



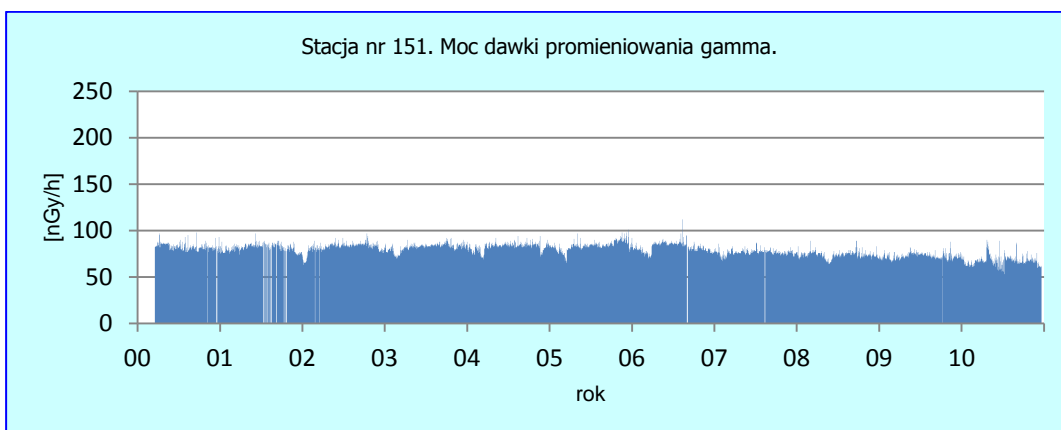
Rys. 108. Stacja Gorzów Wlkp. Lata 2000-2010.



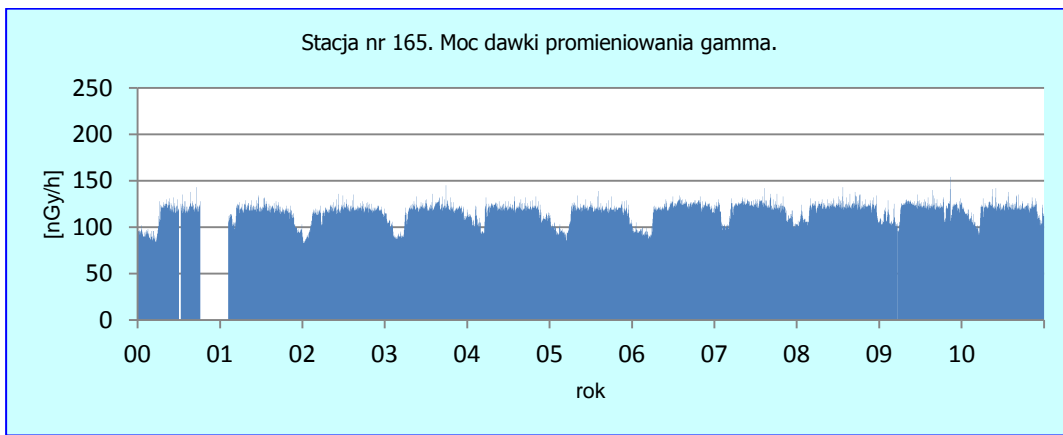
Rys. 109. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



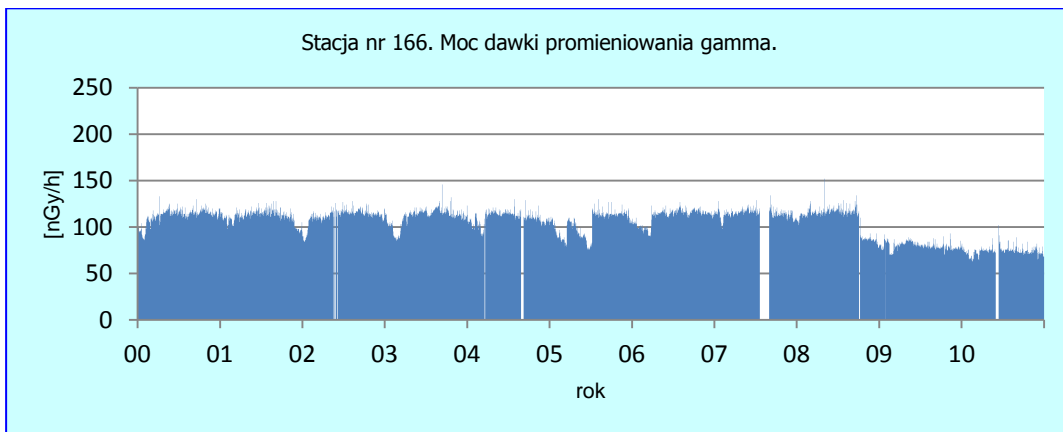
Rys. 110. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 111. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.

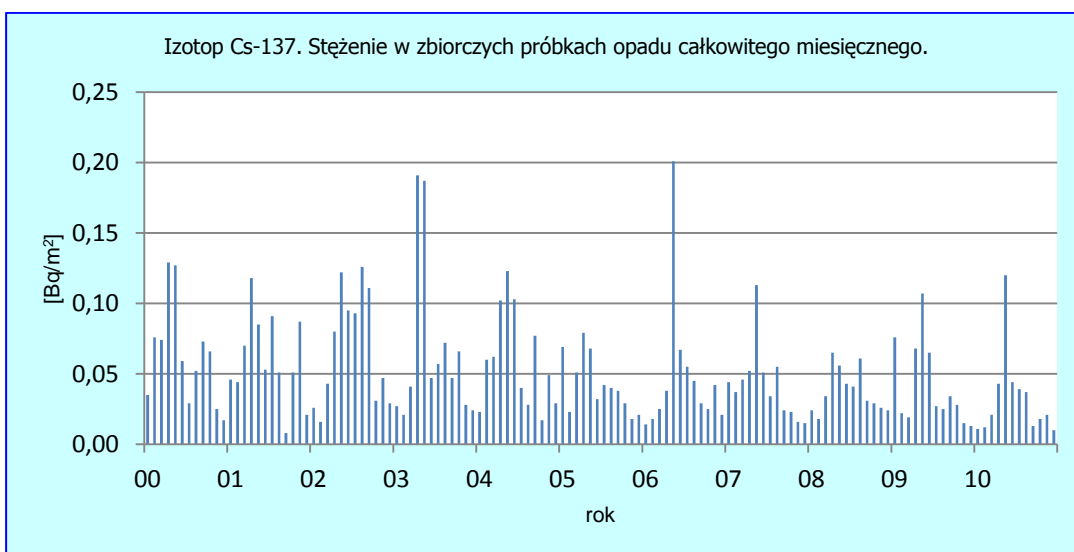


Rys. 112. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.

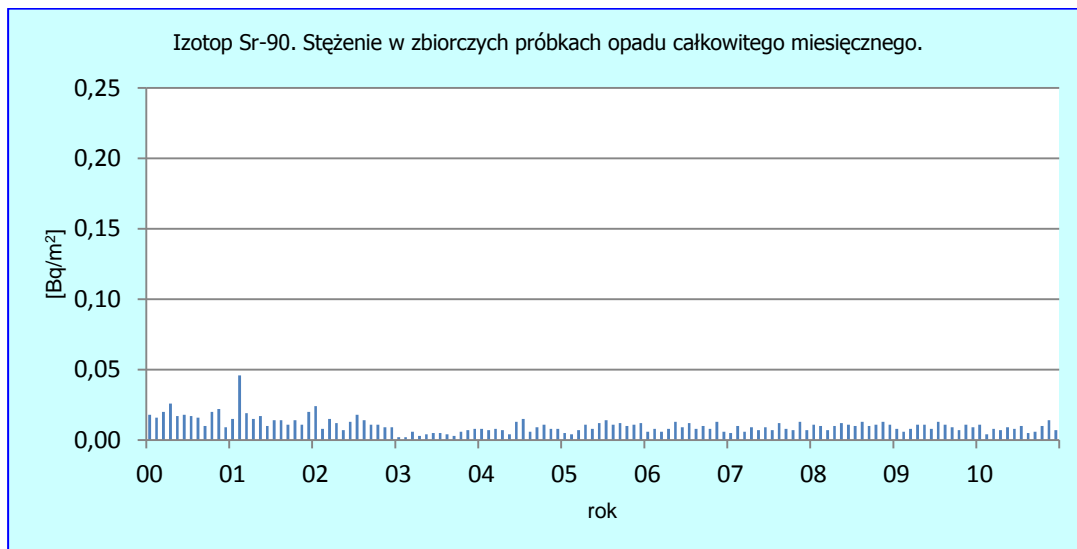


Rys. 113. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia izotopów pochodzenia sztucznego w zbiorczym opadzie całkowitym. Izotopy cezu Cs-137 oraz strontu Sr-90.

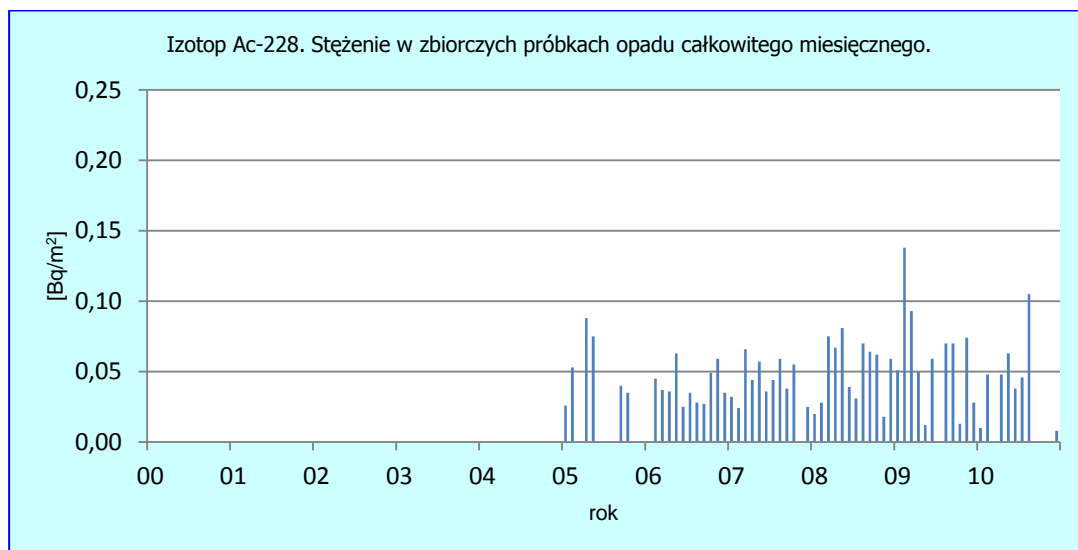


Rys. 114. Stężenie Cs-137 w latach 2000-2010.

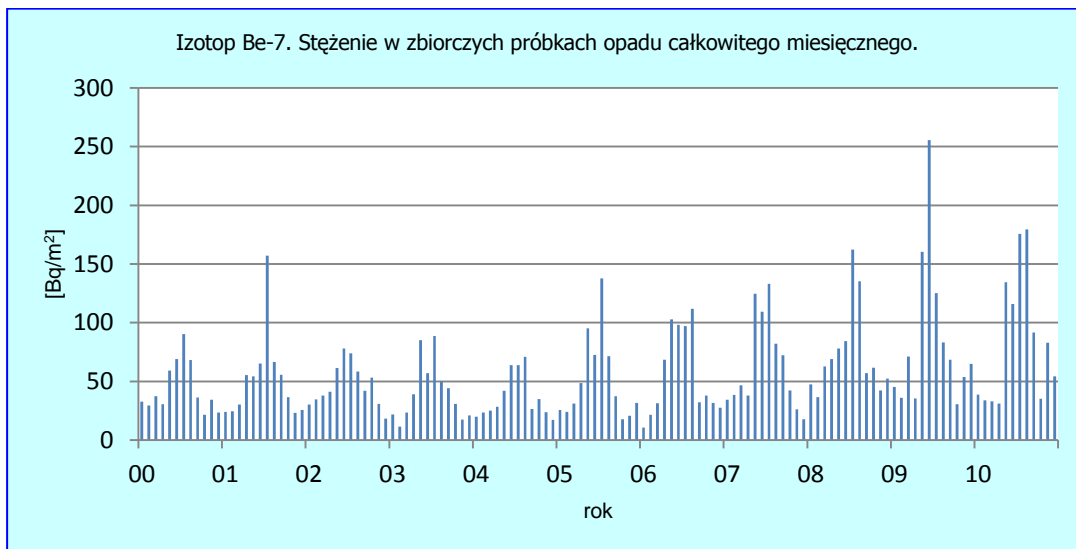


Rys. 115. Stężenie Sr-90 w latach 2000-2010.

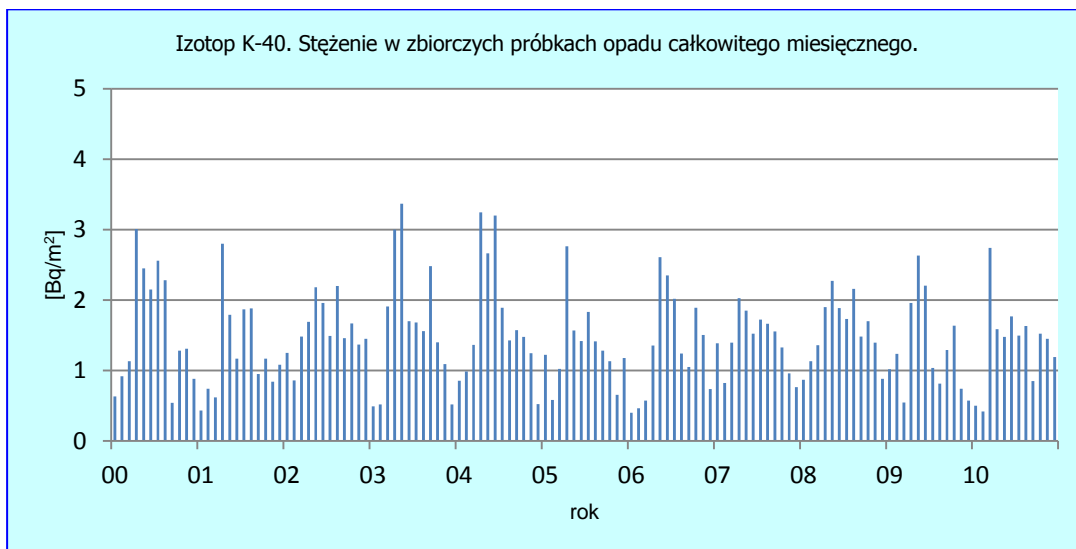
Rysunki wyników pomiarów stężeń izotopów pochodzenia naturalnego w zbiorczym opadzie całkowitym miesięcznym. Izotopy aktynu Ac-228, berylu Be-7, potasu K-40 oraz radu Ra-226.



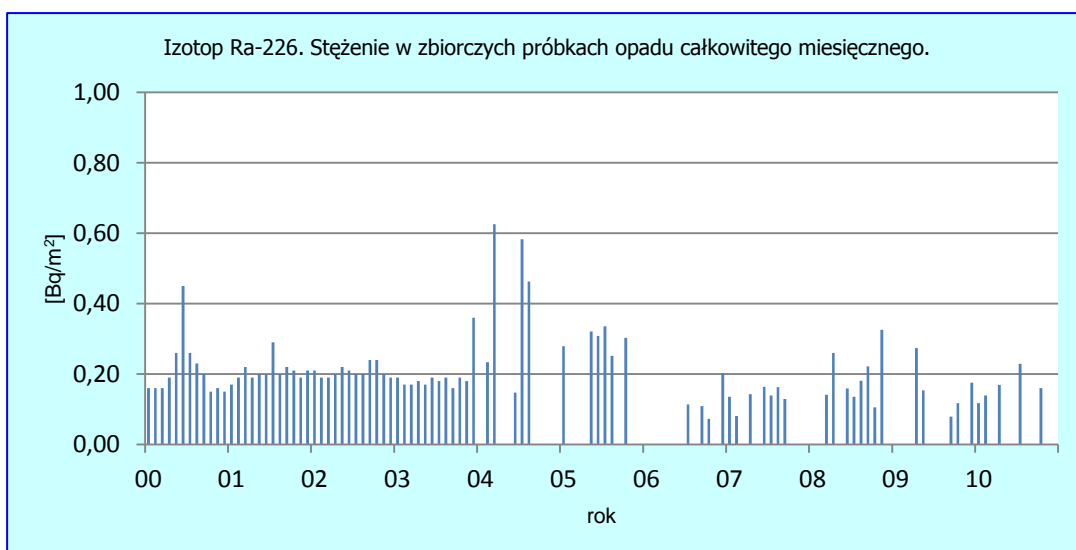
Rys. 116. Stężenie Ac-228 w latach 2000-2010.



Rys. 117. Stężenie Be-7 w latach 2000-2010.

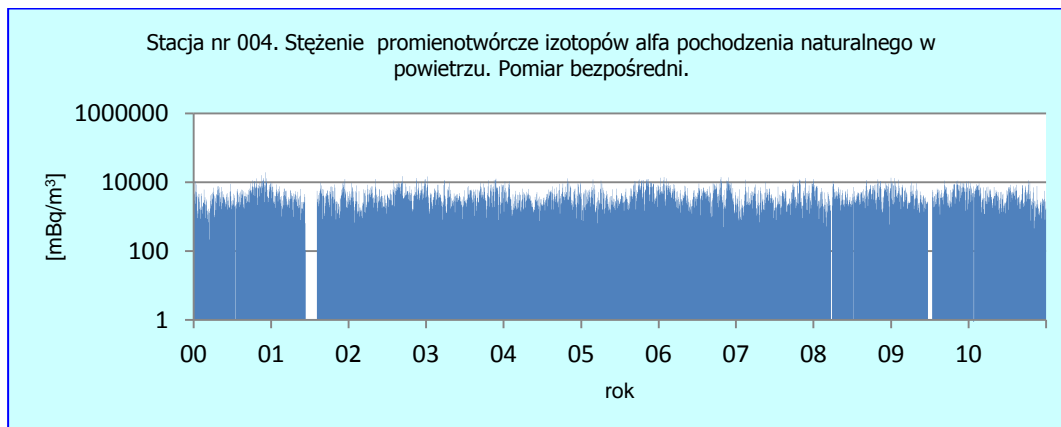


Rys. 118. Stężenie K-40 w latach 2000-2010.

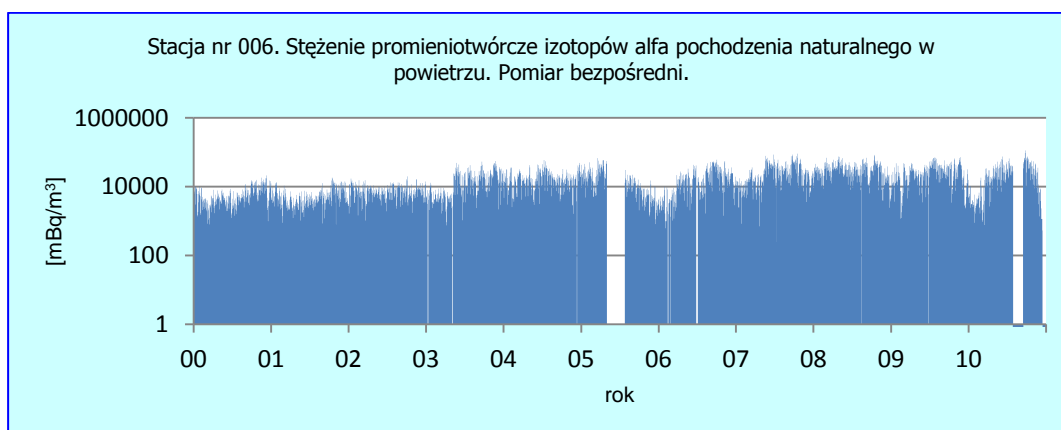


Rys. 119. Stężenie Ra-226 w latach 2000-2010.

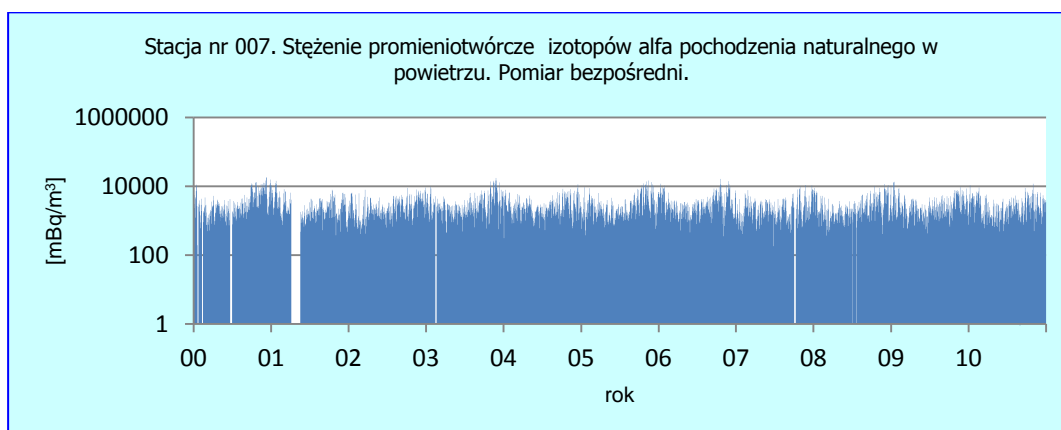
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów alfa pochodzenia naturalnego w powietrzu w latach 2000-2010. Pomiar bezpośredni w trakcie poboru powietrza.



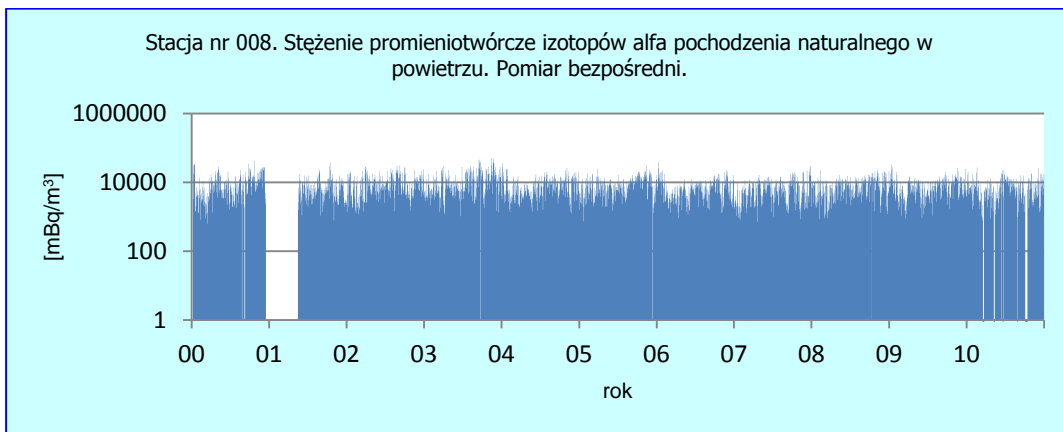
Rys. 120. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



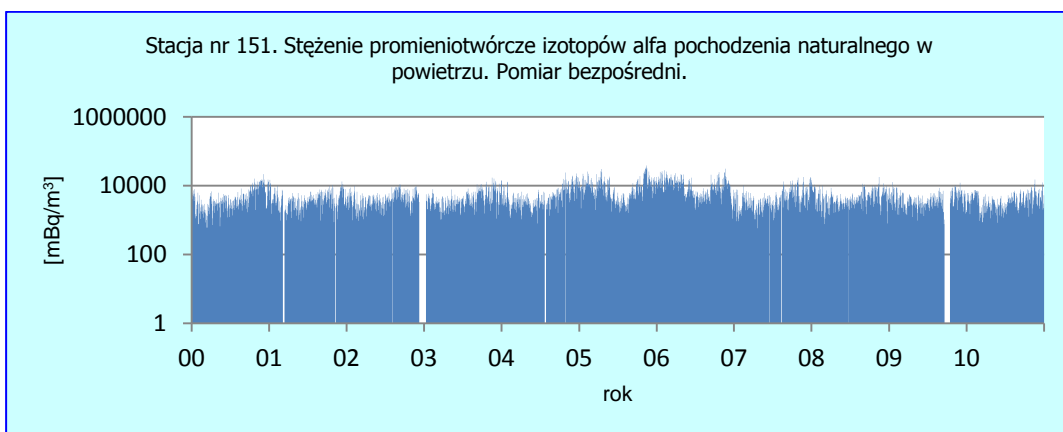
Rys. 121. Stacja Gorzów Wlkp. Lata 2000-2010.



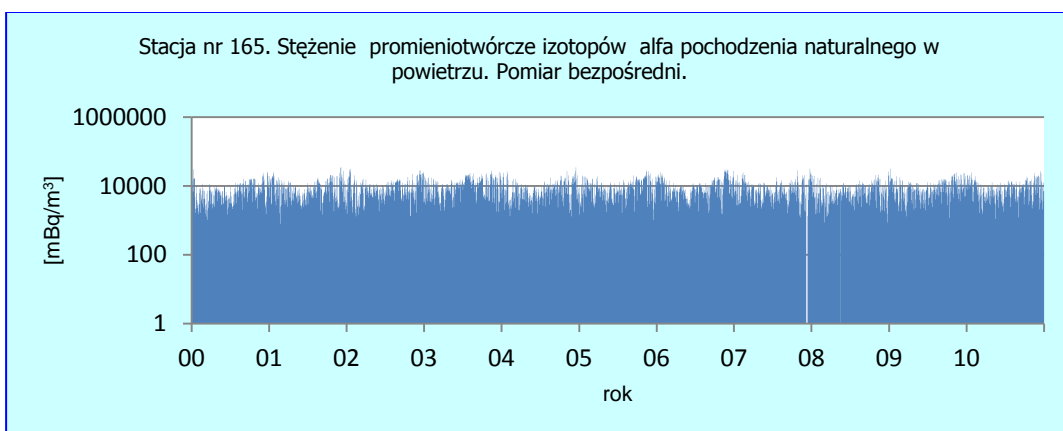
Rys. 122. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



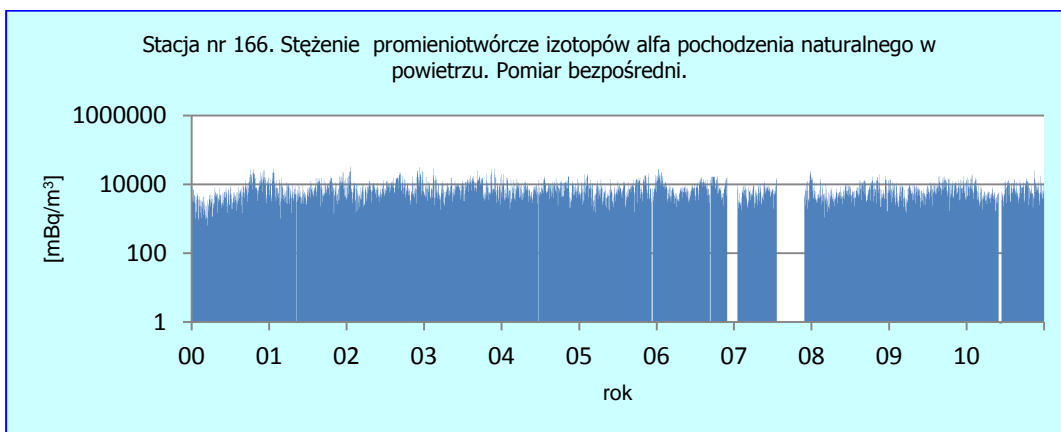
Rys. 123. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 124. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.

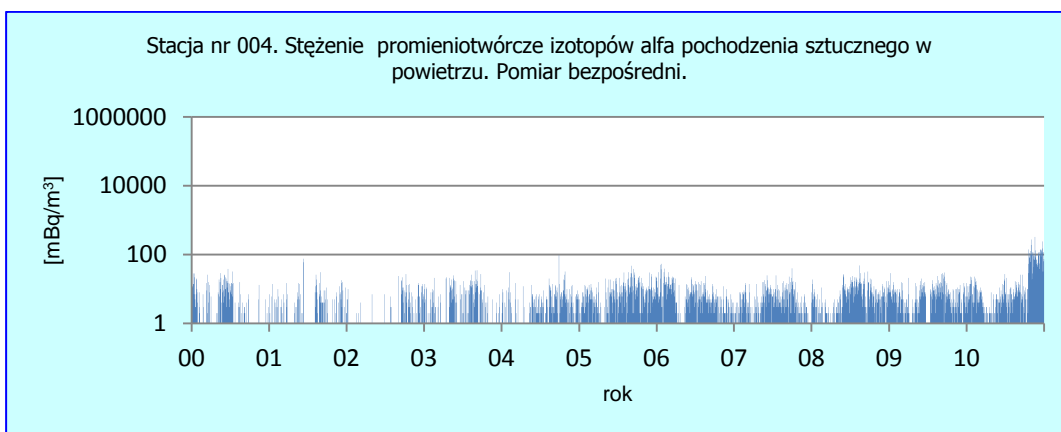


Rys. 125. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.

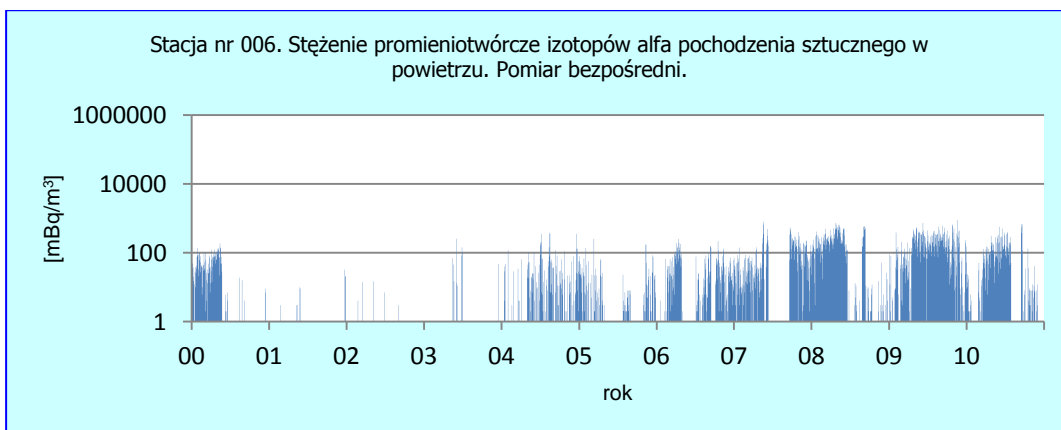


Rys. 126. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

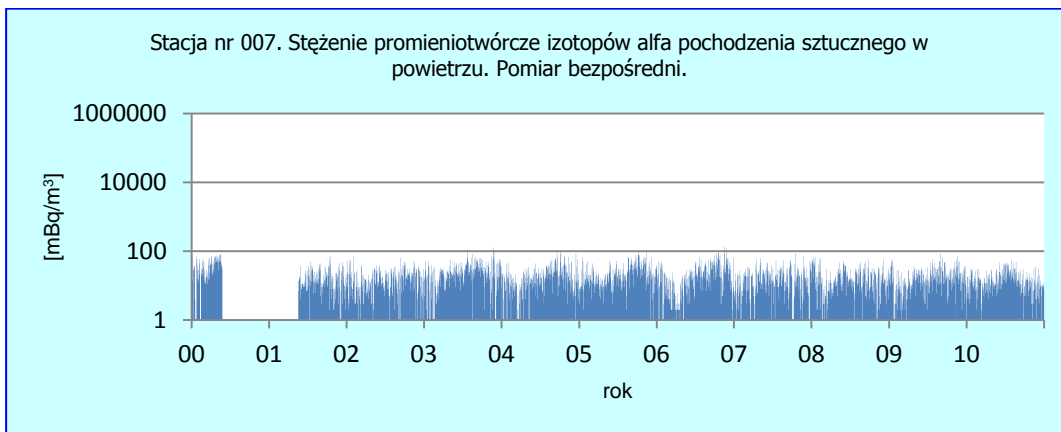
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów alfa pochodzenia sztucznego w powietrzu w latach 2000-2010. Pomiar bezpośredni w trakcie poboru powietrza.



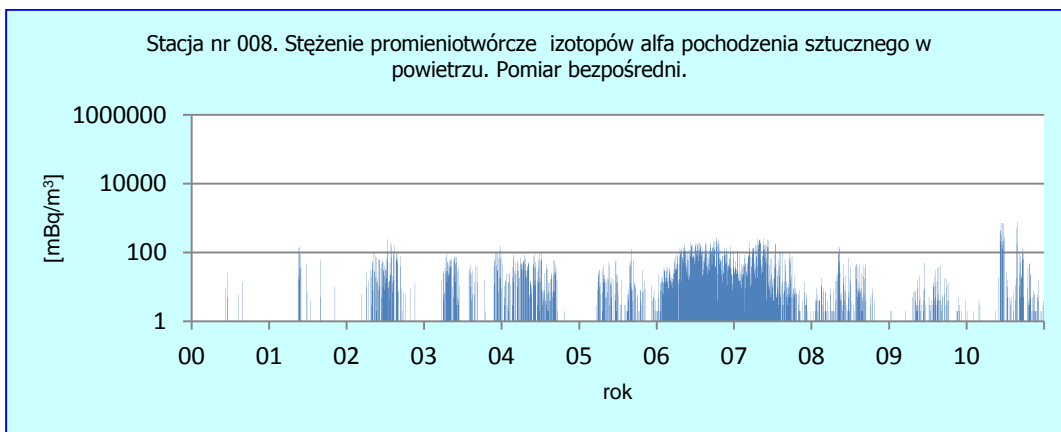
Rys. 127. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



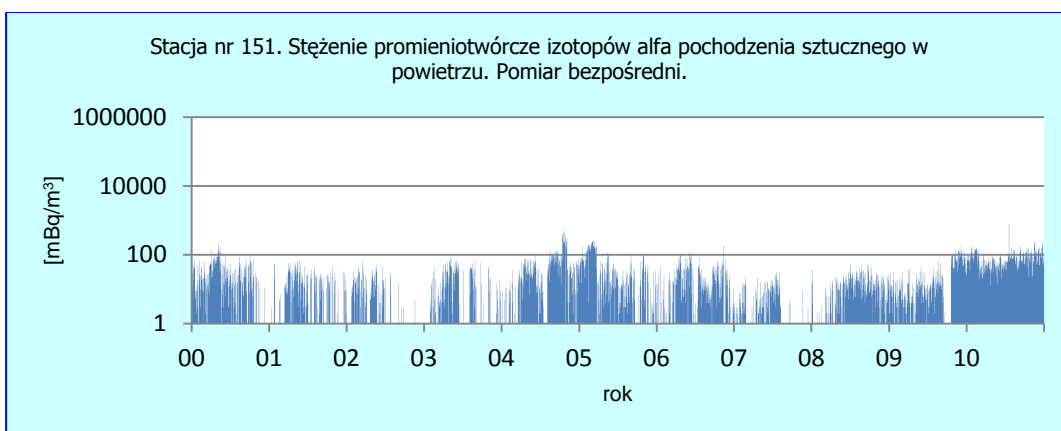
Rys. 128. Stacja Gorzów Wlkp. Lata 2000-2010.



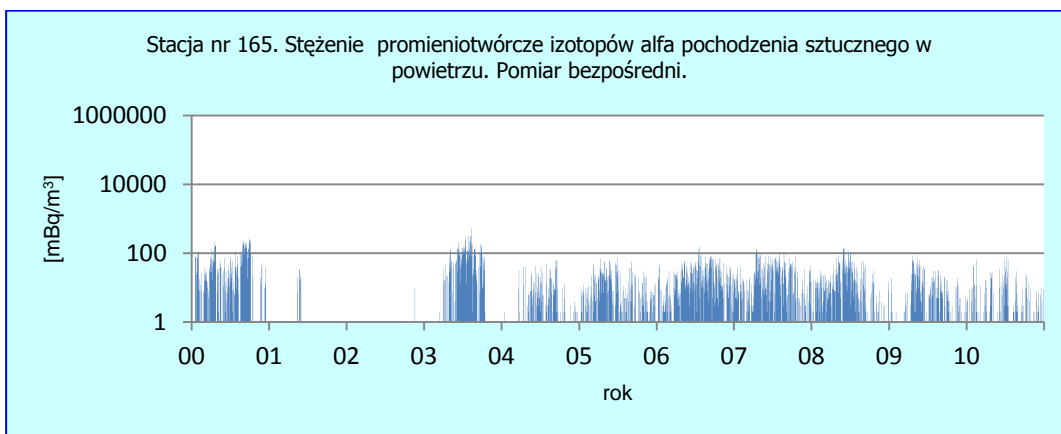
Rys. 129. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



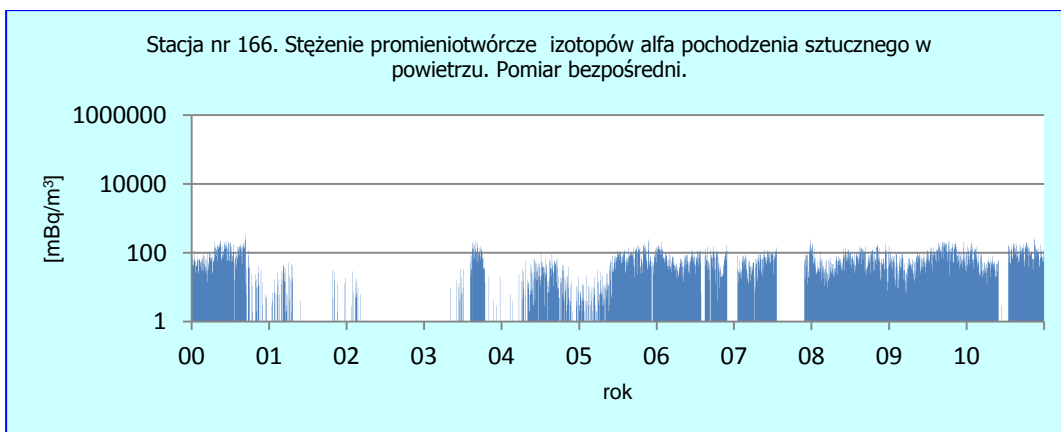
Rys. 130. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 131. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.

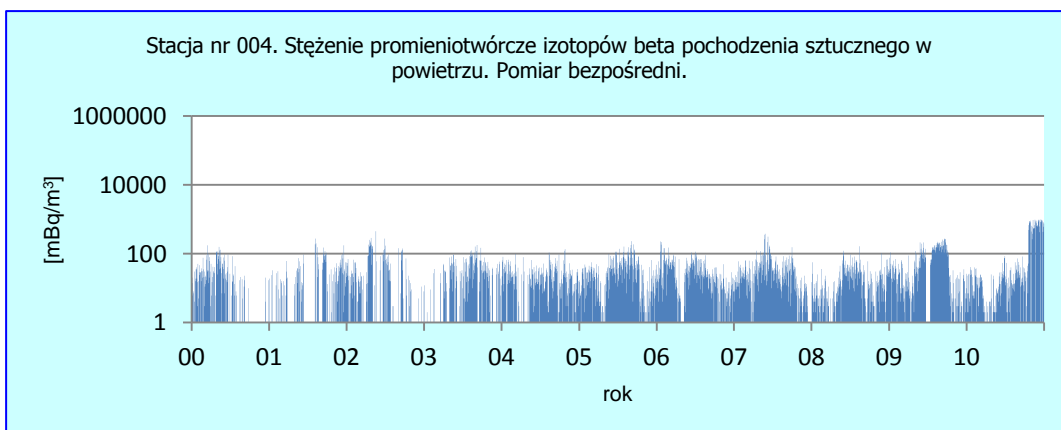


Rys. 132. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.

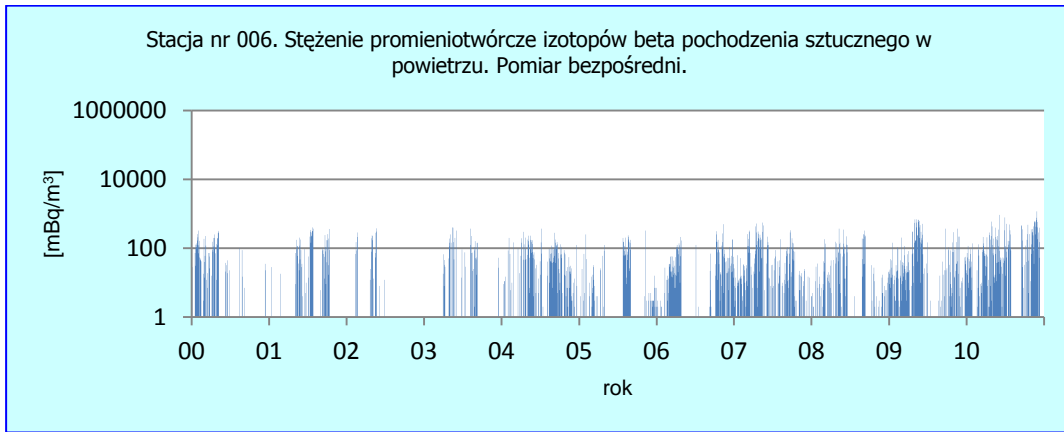


Rys. 133. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

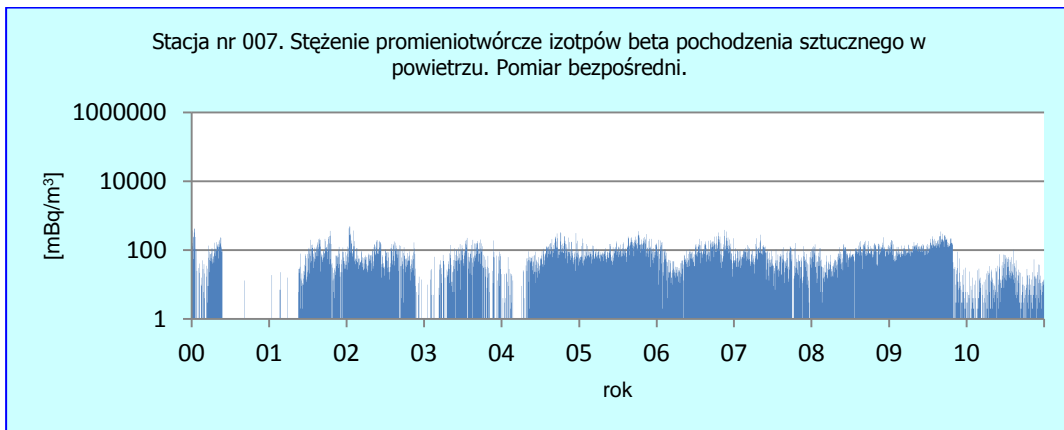
Rysunki przedstawiające wyniki pomiarów stężenia promieniotwórczego izotopów beta pochodzenia sztucznego w powietrzu w latach 2000-2010. Pomiar bezpośredni w trakcie poboru powietrza.



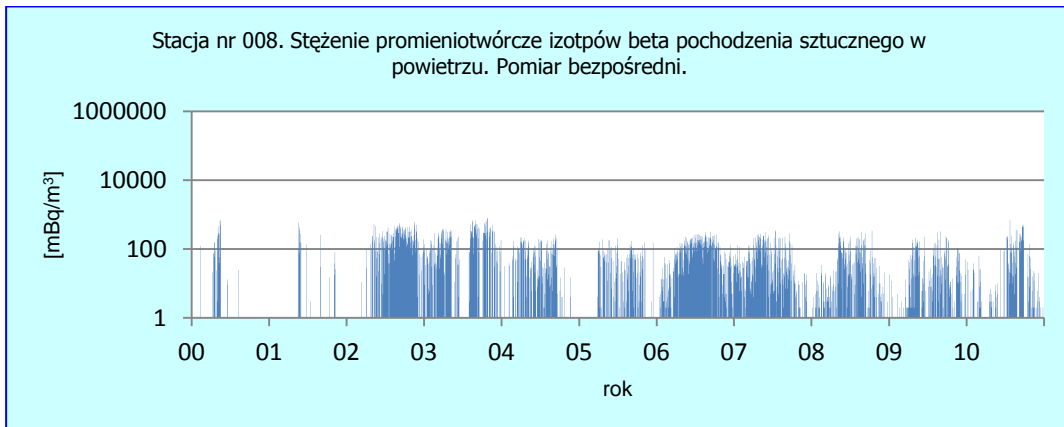
Rys. 134. Stacja Mikołajki. Lata 2000-2010.



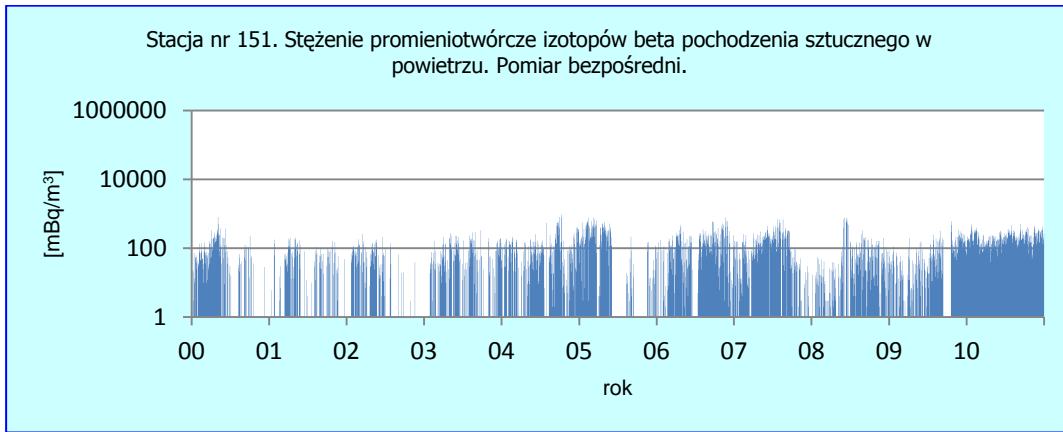
Rys. 135. Stacja Gorzów Wlkp. Lata 2000-2010.



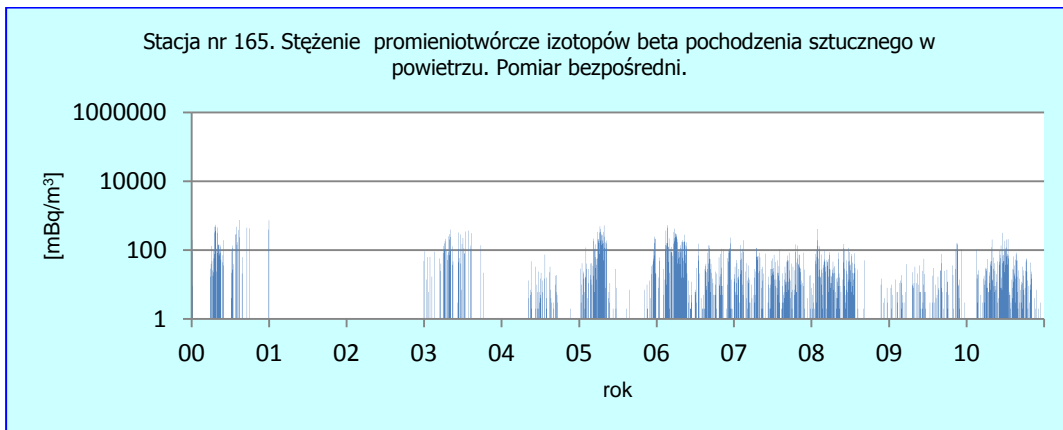
Rys. 136. Stacja Świnoujście. Lata 2000-2010.



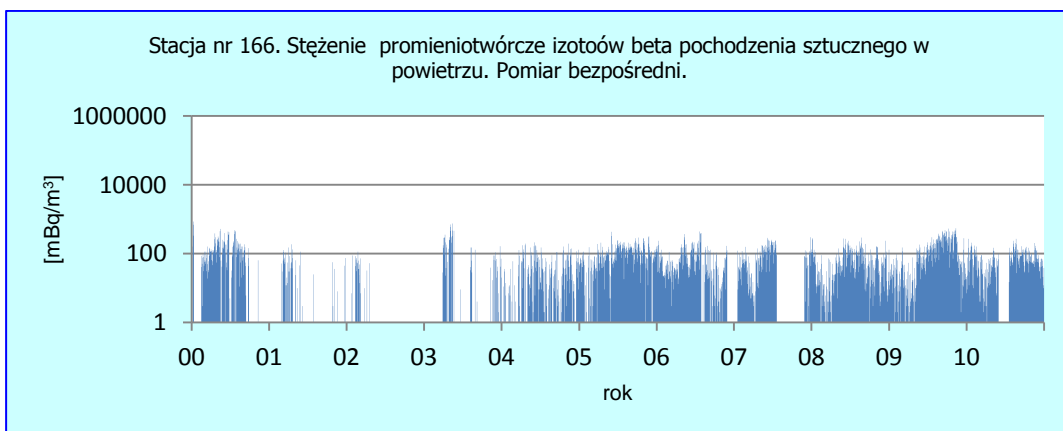
Rys. 137. Stacja Legnica. Lata 2000-2010.



Rys. 138. Stacja Włodawa. Lata 2000-2010.



Rys. 139. Stacja Zakopane. Lata 2000-2010.



Rys. 140. Stacja Lesko. Lata 2000-2010.

4. Analiza uzyskanych wyników w latach 2000-2010.

Kilkanaście lat po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu a także kilka lat po zaprzestaniu podziemnych testów atomowych, stężenia promieniotwórcze radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza są bardzo niskie.

Jest to szczególnie widoczne jeśli porównamy je ze stężeniami zmierzonymi w latach 60-tych i 70-tych.

Natomiast podczas pomiarów stężeń izotopów pochodzenia sztucznego w zbiorczych próbkach opadu całkowitego miesięcznego można wykryć ślady dawnych skażeń. Są to obecnie bardzo małe stężenia i możliwe do zmierzenia tylko za pomocą wysokospecjalistycznej aparatury.

W tabelach 9 – 15 przedstawiono średnie roczne wartości wszystkich pomiarów prowadzonych w latach 2000 – 2010 na poszczególnych stacjach.

Jak pamiętamy ze wstępu, w przyrodzie istnieją izotopy promieniotwórcze pochodzenia naturalnego.

Na wykresach nr 116 – 119 przedstawiono do wizualnej oceny uzyskane w pomiarach wyniki stężeń promieniotwórczych naturalnych izotopów takich jak beryl Be-7, aktyn Ac-228, rad Ra-226, potas K-40. Obserwowana zmienność wartości na wykresach wynika m.in. z naturalnych procesów krążenia ich w przyrodzie oraz zmian związanych z porami roku.

Pomiarów stężeń ww. izotopów dokonuje się w zbiorczych próbkach opadu całkowitego miesięcznego z łącznie 9 stacji. W związku z czym trudno jest powiązać uzyskane wartości do konkretnego miejsca geograficznego.

Niemniej posiadanie wieloletniej serii wyników jest ważne ponieważ pozwala na wyznaczenie zakresów pomiarowych. Dzięki czemu uzyskujemy możliwość porównania posiadanych wartości z wynikami, które będą uzyskane w przyszłych pomiarach.

Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym w latach 2000-2010 zawarte było na bardzo niskim poziomie w przedziale 0-1 Bq/m².

Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym zawierała się w przedziale 2-11 Bq/m². Najwyższa wartość wynosząca 11 Bq/m² uzyskano w Zakopanem a najniższą 2 Bq/m² w Świnoujściu.

Wartości mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu zawierały się w zakresie od 67 nGy/h (stacja Włodawa) do 121 nGy/h (stacja Zakopane). Na niektórych wykresach wieloletni powolny spadek wartości mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu. Jest to spowodowane w pewnym stopniu wynikiem „starzenia się”

detektorów promieniowania w sondach pomiarowych. Nie ma to jednak wpływu na zdolność wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych.

Stężenia promieniotwórczego izotopów alfa pochodzenia naturalnego w powietrzu zawierały się w zakresie od 3 (Świnoujście) do 29 Bq/m³ (Gorzów Wlkp.).

Stężenia promieniotwórcze izotopów alfa pochodzenia sztucznego w powietrzu zawierały się w zakresie od 0,000 (Legnica) do 0,150 Bq/m³ (Gorzów Wlkp.)

Stężenia promieniotwórcze izotopów beta pochodzenia sztucznego w powietrzu zawierały się w zakresie od 0,000 (Zakopane) do 0,193 Bq/m³ (Włodawa).

Suma rocznych stężeń izotopu Cs-137 w zbiorczym opadzie całkowitym miesięcznym mieści się zakresie od 0,389 Bq/m² (2010 rok) 0,819 Bq/m² (2002 rok).

Suma rocznych stężeń izotopu Sr-90 w zbiorczym opadzie całkowitym miesięcznym mieści się zakresie od 0,099 Bq/m² (2010 rok) 0,209 Bq/m² (2002 rok).

IV. Podsumowanie 50-letnich wyników pomiarów

Analizując dane zawarte w wykresach rocznych obserwujemy zmienności wartości (fluktuacje), która cechuje zjawiska promieniotwórcze. Możemy zauważyć różnice uzyskanych wartości parametrów związane z porami roku. Jest to związane z tym, że opad deszczu zwiększa mierzone wartości mocy dawki promieniowania gamma a zmniejsza radioaktywność alfa i beta w powietrzu.

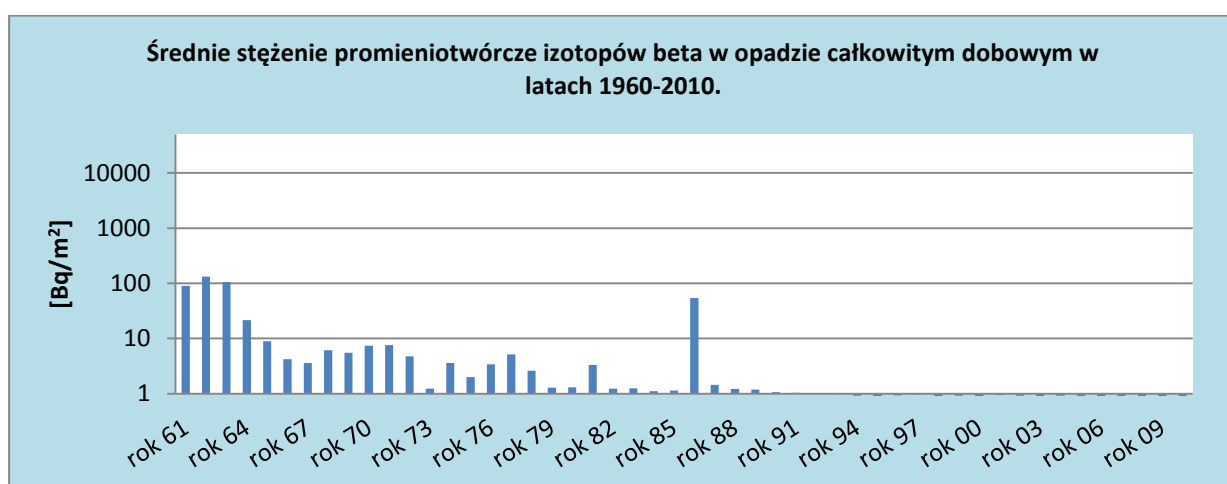
Natomiast pokrywa śnieżna ekranuje promieniowanie pochodzące z powierzchni ziemi.

Aby ocenić wyniki uzyskane podczas 50 lat pomiarów konieczne jest zestawienie ich w postaci, która pozwoli na wygodną analizę zmian w przyziemnej warstwie atmosfery i efektów działalności człowieka. Taką czytelną formą dla danego rodzaju pomiaru są wykresy wartości średnich dla całego omawianego w publikacji przedziału czasowego.

Do wykresów dla łatwiejszej oceny użyto średnich wartości dla danego roku ze wszystkich stacji. Wartości średnie są przedstawione w tabelach w poprzednich rozdziałach.

W dalszej części tekstu omówimy poszczególne rodzaje pomiarów prowadzone od roku 1961.

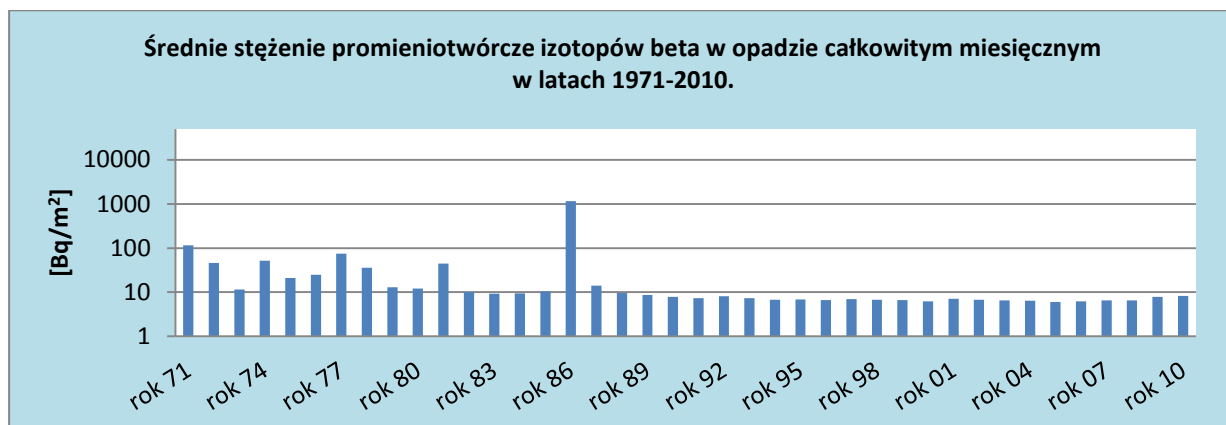
Stężenie promieniotwórcze izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym oraz miesięcznym.



Rys. 141. Średnie stężenie izotopów beta w opadzie całkowitym dobowym w latach 1961-2010.

Analizując dane zawarte na wykresach nr 141 i 142 można się przekonać, że lata 60-te oraz 70-te cechowały się dużymi wartościami stężeń izotopów promieniotwórczych beta, które było mierzone w próbkach opadu całkowitego

dobowego i miesięcznego. W przypadku opadu dobowego w roku 1962 wartość stężenia była równa 133 Bq/m^2 i okazała się być najwyższą w całym analizowanym okresie.



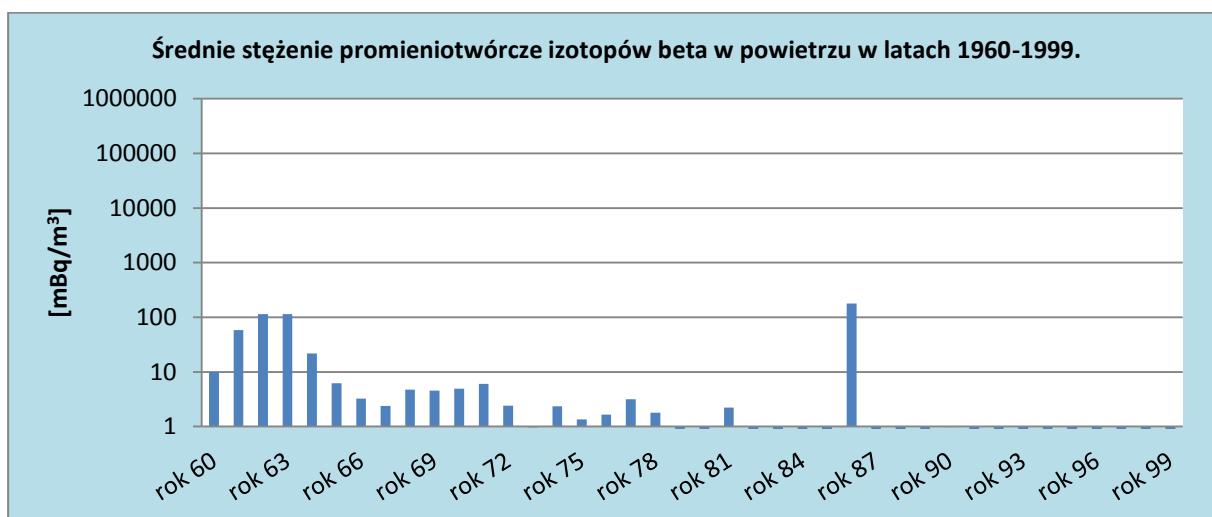
Rys. 142. Średnie stężenie izotopów beta w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 1961-2010.

Lata 1961 i 1963 przyniosły również bardzo wysokie poziomy stężenie izotopów promieniotwórczych beta w opadzie dobowym, odpowiednio 89 Bq/m^2 i 106 Bq/m^2 .

Kolejne lata cechowały się również dużymi wartościami stężeń, ale zdecydowanie niższymi niż na początku lat 60-tych. Ostatni naziemny test atomowy miał miejsce pod koniec roku 1980 dlatego też skutki w postaci zwiększonego stężenia widoczne były w roku 1981, średnie stężenie wyniosło wtedy 3 Bq/m^2 . W roku awarii w Czarnobylu stężenie było równe 54 Bq/m^2 . Kolejne lata aż do roku 2010 przyniosły znaczne zmniejszenie wartości stężeń do poziomu nie przekraczającego 1 Bq/m^2 .

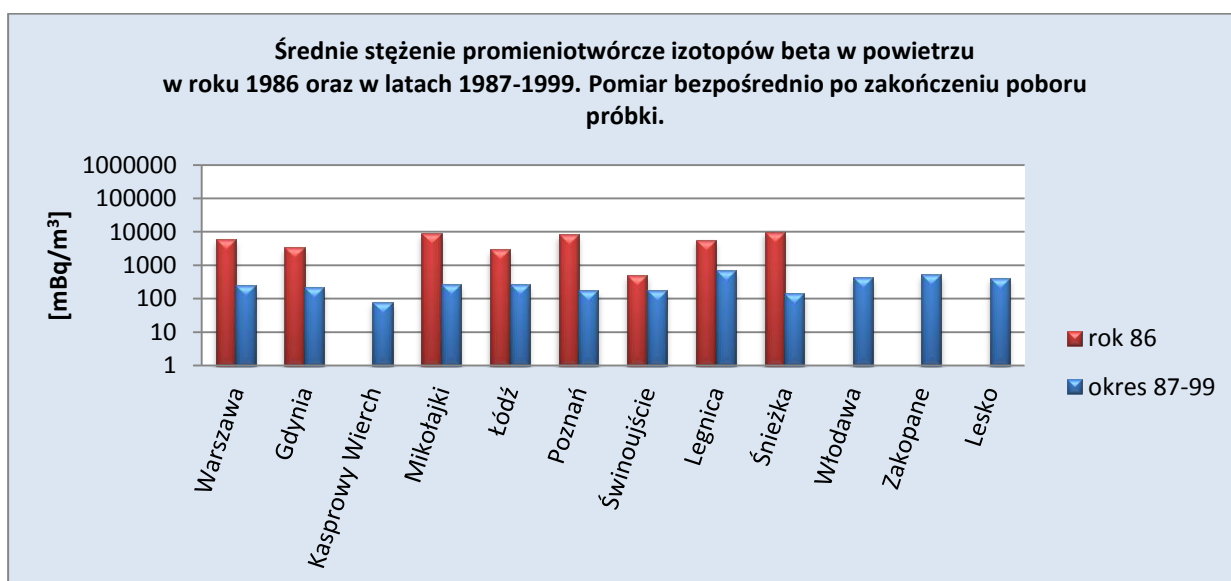
Pomiary stężeń promieniotwórczych w opadzie miesięcznym od początku lat 70-tych również charakteryzowały się wysokimi wartościami stężeń (rys. 142). Już pierwszy rok czyli 1971 przyniósł średnią wartość stężenia w opadzie miesięcznym równą 115 Bq/m^2 . Kolejne lata, aż do roku 1981 włącznie cechowały się poziomem stężeń promieniotwórczych w zakresie od 11 do 115 Bq/m^2 . W latach 1982-85 średnie wartości stężeń były w zakresie od 9 do 10 Bq/m^2 .

W 1986 roku kiedy to powietrze zostało skażone izotopami uwolnionymi podczas awarii Elektrowni Czarnobylskiej średnie stężenie promieniotwórcze w opadzie całkowitym miesięcznym wyniosło 1160 Bq/m^2 co jest największą wartością w całym omawianym okresie. W roku 1987 nastąpiło już znaczne zmniejszenie stężenia, które było równe 14 Bq/m^2 . Kolejne lata czyli lata 1998-2010 cechują się już bardzo niskimi wartościami stężeń, nie przekraczającymi 10 Bq/m^2 . Są to najniższe stężenia rejestrowane w całym omawianym okresie.



Rys. 143. Średnie stężenie izotopów beta w powietrzu w latach 1961-2010.

Podobnie jak dla opadu całkowitego tak i dla pomiarów stężeń promieniotwórczych izotopów beta w powietrzu analizując cały zakres czasowy dla tego rodzaju pomiaru możemy zauważyć że maksimum aktywności przypada na lata 60-te i 70-te (rys. 143). I tak najwyższe w tym okresie wartości równe $0,114 \text{ Bq/m}^3$ uzyskano dla lat 1962 i 1963. Po ostatnim naziemnym teście atomowym w roku 1980 bardzo szybko stężenie osiągnęło poziom wartości mieszczący się w przedziale $0,000-0,001 \text{ Bq/m}^3$. Awaria Elektrowni w Czarnobylu spowodowała silny wzrost wartości stężenia do poziomu $0,178 \text{ Bq/m}^3$. W kolejnych latach stężenia izotopów beta w powietrzu nie przekraczały $0,001 \text{ Bq/m}^3$.

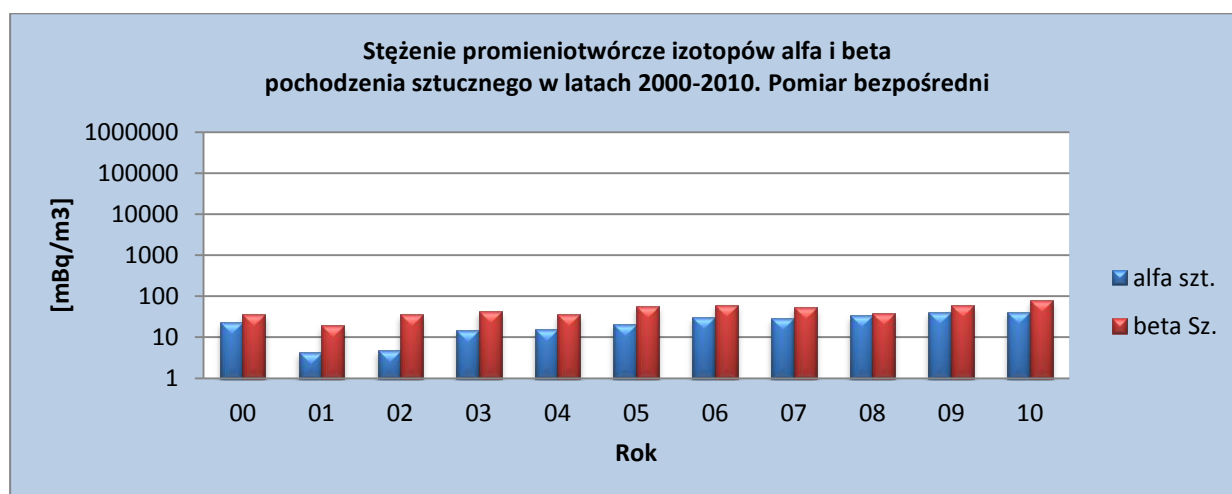


Rys. 144. Średnie stężenie promieniotwórcze izotopów beta w powietrzu w latach 1986-1999.

Pomiary stężeń promieniotwórczych izotopów beta bezpośrednio po zakończeniu poboru próbki powietrza zostały rozpoczęte w roku 1986 w związku z awarią Czarnobylską i kontynuowane do roku 1999. Celem pomiarów prowadzonych w ten sposób było szybkie wykrycie izotopów pochodzenia sztucznego w powietrzu.

Na rysunku nr 144 przedstawiono średnie wartości stężeń dla roku 1986 oraz dla zakresu lat 1987-1999 dla każdej stacji. Analizując to zestawienie widzimy, że wartości średnich stężeń uzyskane w okresie awarii w Czarnobylu (kwiecień 1986 r.) są znacznie wyższe niż w kolejnych latach. I tak najwyższa w roku 1986 wartość wynosi $9,870 \text{ Bq/m}^3$ dla Śnieżki oraz $8,841 \text{ Bq/m}^3$ dla Mikołajek. Kolejne lata już nie wykazywały stężenia izotopów beta w powietrzu powyżej $0,7 \text{ Bq/m}^3$, maksymalny wynik średniej uzyskano dla stacji w Legnicy tj. $0,683 \text{ Bq/m}^3$ a najniższy na Kasprowym Wierchu tj. $0,078 \text{ Bq/m}^3$.

Warto zaznaczyć, że w pomiarze stężeń bezpośrednio po wykonaniu poboru próbki duży udział mają izotopy pochodzenia naturalnego. Aktywność próbki zmniejsza się wyraźnie po kilku dniach. Jest to wynik zachodzących procesów rozpadu promieniotwórczego naturalnych nuklidów obecnych w próbce.

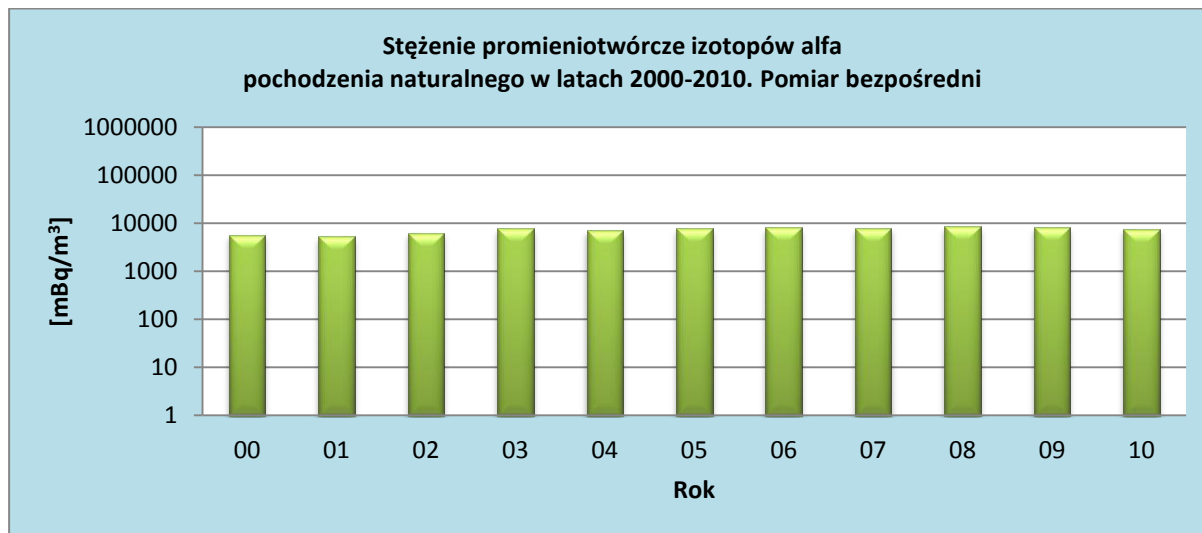


Rys. 145. Średnie stężenie alfa i beta pochodzenia sztucznego w latach 2000-2010. Pomiar bezpośredni.

Pomiar stężeń promieniotwórczych izotopów alfa i beta pochodzenia sztucznego w powietrzu odbywa się za pomocą aparatury mierzącej stężenie promieniotwórcze izotopów bezpośrednio w trakcie zasysania powietrza na filtrze. W związku z czym otrzymywane wartości są znacznie wyższe niż w przypadku pomiaru mierzącego stężenie promieniotwórcze po 5 dniach od zdjęciach próbki.

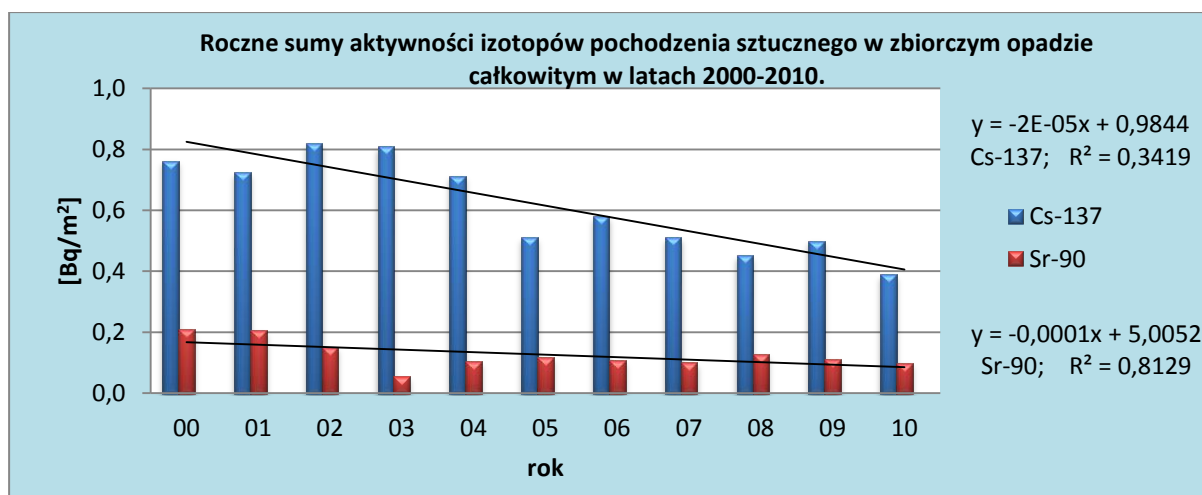
Otrzymane średnie roczne wartości zarówno dla izotopów alfa i beta nie przekraczają $0,1 \text{ Bq/m}^3$ (rys. 145) i utrzymują się na podobnym poziomie na

przestrzeni ostatnich 11 lat. Ze względu na relatywnie krótką serię pomiarową jak również brak awarii w tym okresie trudno odnieść wyniki zmierzone w ten sposób do pomiaru stężeń aerozoli prowadzonego przed rokiem 2010 za pomocą innej aparatury.



Rys. 146. Średnie stężenie promieniotwórcze w latach 2000-2010.

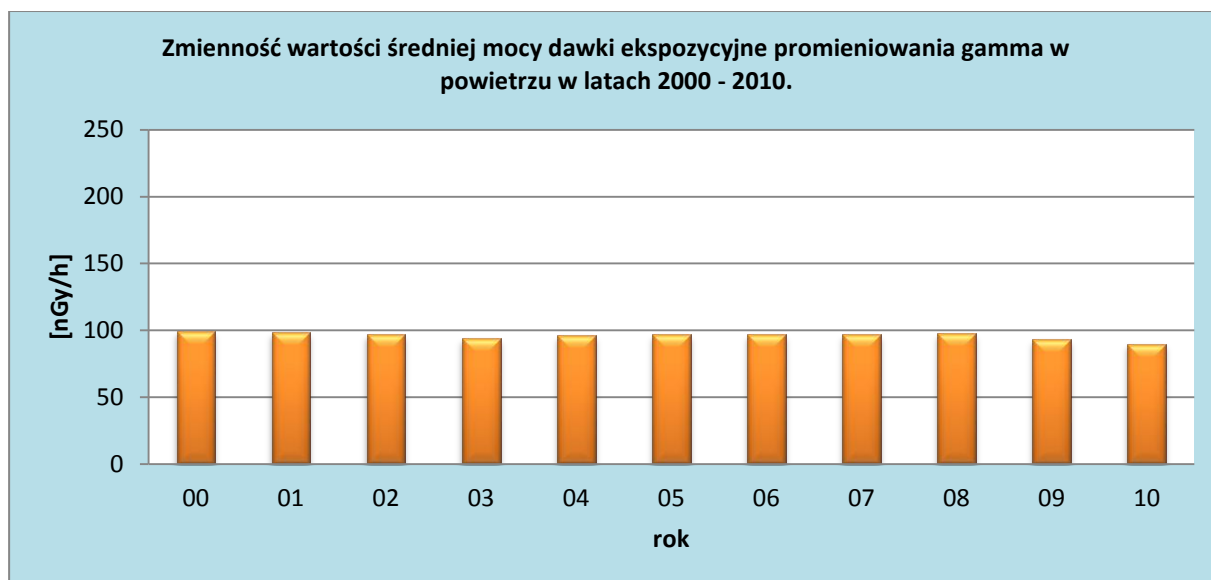
Pomiaru stężeń promieniotwórczych izotopów alfa pochodzenia naturalnego w powietrzu dokonuje się za pomocą takiej samej aparatury jak w przypadku izotopów alfa i beta pochodzenia sztucznego. Pomiar jest również dokonywany bezpośrednio podczas poboru powietrza. Uzyskane średnie wartości 10 Bq/m³ (rys. 146) i utrzymują się na podobnym poziomie od początku pomiaru czyli od roku 2000. Podobnie jak w przypadku izotopów alfa i beta pochodzenia sztucznego w powietrzu tak i teraz trudno odnieść uzyskane wyniki pomiarów do wartości stężeń promieniotwórczych izotopów beta w powietrzu mierzonych przed rokiem 2010 za pomocą innej aparatury.



Rys. 147. Roczne sumy stężenia promieniotwórczych izotopów pochodzenia sztucznego w opadzie całkowitym miesięcznym w latach 2000-2010.

Wyniki uzyskane w pomiarach stężeń izotopów pochodzenia sztucznego w zbiorczym opadzie całkowitym, które były prowadzone od roku 2000 wskazują na ich powolną tendencję spadkową mimo okresowych wzrostów w poszczególnych latach. Widać ten efekt podczas analizowania rocznych sum stężeń. Na wykresie nr 147 przedstawiającym roczne sumy na tle kolejnych lat dodane są linie trendów zarówno dla izotopu Cs-137 oraz dla izotopu Sr-90. Maksymalna wartość sumy rocznej dla izotopu Cs-137 była uzyskana w roku 2002 i wyniosła $0,819 \text{ Bq/m}^2$. Z kolei w roku 2000 suma roczna Sr-90 w opadzie miesięcznym wyniosła $0,209 \text{ Bq/m}^2$ i była największa w przedziale lat 2000-2010.

Przyczyną tych rocznych maksymalnych wartości były pożary lasów na terenie Ukrainy i Białorusi.



Rys. 148. Średnia moc dawki promieniowania gamma w latach 2000-2010.

Pomiary mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania gamma w powietrzu, pokazują, że średnia moc dawki w ciągu ostatnich 11 lat ulega bardzo niewielkim wahaniom i jest na bardzo niskim poziomie ok. 100 nGy/h (rys. 148).

Podsumowując wszystkie wyniki z całego okresu pomiarowego, dochodzimy do następujących wniosków:

- Lata 60-te oraz 70-te cechowały się wysokim poziomem radioaktywności w powietrzu w porównaniu z wartościami mierzonymi w latach 2000-2010.
- Przyczyną podwyższenia poziomu radioaktywności w ww. latach były naziemne testy atomowe, których przeprowadzono kilkaset (ponad 200) od roku 1960 do 1980 kiedy to miał miejsce ostatni test.
- Awaria w Elektrowni w Czarnobylu spowodowała znaczne podwyższenie poziomu promieniowania w powietrzu w roku 1986, jednak bardzo szybko zaczęło ono spadać do poziomu sprzed awarii i w roku 1988 można było mówić o czystej atmosferze. Część izotopów pochodzenia sztucznego wciąż jest mierzona dzięki czulej aparaturze. Są to bardzo niskie wartości i nie można jednoznacznie określić ich źródła.
- Dysponując 50-letnią serią pomiarową wyników pomiarów stężeń promieniotwórczych w opadzie całkowitym dobowym a także 40-letnią serią pomiarową wyników pomiarów stężeń promieniotwórczych w powietrzu możemy również powiedzieć, że obecne wyniki ww. rodzajów pomiarów są najniższe w całym omawianym w publikacji okresie.
- Przyziemna warstwa atmosfery zanieczyszczona izotopami promieniotwórczymi pochodzenia sztucznego oczyszcza się w ciągu maksymalnie 2 lat. Śladowe ilości stężeń są wykrywane w powietrzu tylko dzięki specjalistycznej aparaturze pomiarowej.
- Niemniej jednak nie możemy zapominać, że mimo niskiej zawartości izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego w przyziemnej warstwie atmosfery mogą one nadal być obecne i krążyć w środowisku naturalnym tzn. w glebie, w wodzie oraz wysokich warstwach atmosfery jak również w organizmach żywych.

V. Rys historyczny sieci Stacji Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW.

Pierwsza stacja poboru prób opadów atmosferycznych i pomiaru ich radioaktywności rozpoczęła działalność 11 lipca 1957 roku w Legionowie w Zakładzie Aerologii. Od 29 grudnia 1959 rozpoczęto zbieranie próbek opadu całkowitego, które kontynuowano do 21 maja 1962 roku. Pobór prób aerozoli powietrza rozpoczęto od 29 marca 1957 roku i kontynuowano do 15 grudnia 1962 roku.

W 1962 roku pomiary prowadzone w Legionowie zostały przeniesione do Warszawy do nowo wybudowanego budynku Instytutu Hydrologiczno – Meteorologicznego, gdzie zaczęto pobór prób opadu całkowitego od 9 maja 1962 roku, a aerozoli powietrza od 16 lipca 1962 roku.

Całodobowe pomiary mocy dawki rozpoczęto w roku 1987 po wyposażeniu stacji w aparaturę typu SAPOS z sondą typu EPP i drukarką rejestrującą bieżące wyniki. Oznaczanie radiochemiczne izotopów Cs-137, Sr-9 w zbiorczych próbkach opadu całkowitego rozpoczęto w roku 2000. Metodyki oznaczania izotopów w opadzie całkowitym zostały opracowane i udostępnione przez Centralny Ośrodek Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych działający w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Kolejna, druga stacja powstała w Gdyni. Pobór próbek opadów atmosferycznych i pomiar ich aktywności beta zapoczątkowany został 16 listopada 1957 roku. Pobór próbek aerozoli powietrza rozpoczęto 1 października 1958 roku. Od 1962 roku stacja prowadzi pomiary radioaktywności beta próbek opadu całkowitego dobowego, tygodniowego i miesięcznego. W okresie od listopada 1991 do 31 lipca 1994 roku mierzono również całkowitą aktywność gamma opadu tygodniowego.

W kolejnych latach rozpoczęto radiochemiczne oznaczanie Sr-90 w próbkach miesięcznego opadu całkowitego. Obecnie w Gdyni prowadzi się radiochemiczne oznaczanie Sr-90 w zbiorczych próbkach opadu całkowitego zebranych na wszystkich stacjach Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych. Przed rokiem 2000 zaczęto również prowadzić spektrometryczne pomiary miesięcznych zbiorczych próbek opadu całkowitego, które są kontynuowane. Pracownia przygotowana jest do wykonywania analiz w warunkach zagrożenia związanych z podwyższonym poziomem radioaktywności w powietrzu. Przygotowanie placówki do analiz potwierdzone jest systematycznym udziałem w pomiarach porównawczych organizowanych na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki.

Trzecią stację założono w Obserwatorium Wysokogórskim na Kasprowym Wierchu. Pobór prób opadu całkowitego rozpoczęto 22 lipca 1959 roku, a próbek aerozoli powietrza 1 maja 1960 roku. Zakończenie pomiarów radioaktywności nastąpiła w roku 1993.

Stację pomiarów skażeń promieniotwórczych w Mikołajkach założono w wybudowanym Obserwatorium Regionalnym IMGW w grudniu 1959 roku. Na stacji mierzono stężenie promieniotwórcze izotopów beta w próbkach opadu całkowitego: dobowego, tygodniowego i miesięcznego. Pobór prób aerozoli powietrza rozpoczęto 1 stycznia 1961 roku. W latach od 1985 do 1993 działała również pracownia w wykonująca analizy radiochemiczne.

Stację w Łodzi założono w końcu roku 1959 w budynku mieszkalnym znajdującym się w ścisłej zabudowie miejskiej. Pobór próbek opadu całkowitego i pomiar ich aktywności rozpoczęto 1 stycznia 1960 roku. Pomiar aktywności aerozoli osadzonych na filtry zaczęto prowadzić od 26 marca 1962 roku. Pomiary radioaktywności prowadzone były do lipca 1993 roku.

Stacja w Poznaniu została założona w budynku Oddziału Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Początek poboru i pomiaru próbek opadu całkowitego i aerozoli datuje się na 1 października 1960 roku. Stacja przewidziana jest do wykonywania radiochemicznych analiz w przypadku awarii jądrowej.

Stacja w Gorzowie Wielkopolskim została uruchomiona w związku z zakupem i uruchomieniem na stacjach skażeń nowej aparatury aerozolowej typu FHT59Si, którą z powodu lokalowych nie można było zainstalować na stacji w Poznaniu

Stacja w Świnoujściu została założona w budynku Stacji Meteorologicznej. Początek poboru prób powietrza datuje się na 1 stycznia 1962 roku. W kwietniu 1966 r. miejsce poboru prób aerozoli przeniesiono do ogródka meteorologicznego. Początek pomiaru aktywności prób opadu całkowitego miał miejsce 2 maja 1961 roku

Stacja we Wrocławiu zlokalizowana była na terenie Oddziału Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Pobór prób aerozoli i opadu całkowitego rozpoczęto 9 września 1962 i prowadzono do 31 grudnia 1975 roku. Likwidacja stacji nastąpiła z powodu złych warunków lokalizacyjnych i stacja została przeniesiona do Legnicy.

Stacja w Legnicy została założona w nowo wybudowanej stacji meteorologicznej. Pomiar radioaktywności próbek opadu całkowitego prowadzone są od 1 października 1975 roku, a próbek aerozoli od 4 listopada 1975 roku. Wyniki od 1 stycznia 1976 roku stanowią przedłużenie ciągu pomiarowego z Wrocławia. Stacja przewidziana jest do wykonywania radiochemicznych analiz w przypadku awarii.

Stacja na Śnieżce zlokalizowana była w budynku Obserwatorium Meteorologicznego IMGW. Próby pobierane były od 1 stycznia 1979 do roku 1993.

Stacja we Włodawie zlokalizowana jest na terenie Stacji Meteorologicznej. Pobór prób opadu atmosferycznego i aerozoli rozpoczęto 2 lipca 1989 roku.

Stacja w Zakopanem zlokalizowana jest w Obserwatorium Meteorologicznym. Początek poboru prób opadu całkowitego i aerozoli miał miejsce 6 stycznia 1991 r. Stacja Zakopane początkowo prowadziła pomiary radioaktywności próbek pobieranych na Kasprowym Wierchu.

Stacja w Lesku prowadzi pomiar radioaktywności w opadzie całkowitym dobowym i miesięcznym oraz w powietrzu a także mocy dawki promieniowania gamma oraz stężeń alfa i beta pochodzenia sztucznego w powietrzu od 1 listopada 1991 r.

W roku 2000 roku w ramach modernizacji sieci Stacji Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych na stacjach uruchomiono nowoczesną aparaturę do pomiarów radioaktywności atmosfery:

1. Zestaw do pomiaru mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu (sonda „inteligentna” – FHZ 601A/621G-L)
2. Zestaw do pomiaru promieniowania beta w próbkach opadu całkowitego
3. Zestaw do analizy spektrometrycznej promieniowania gamma (Genie 2000).
4. Zestaw do poboru i pomiaru radioaktywności izotopów alfa i beta w powietrzu FHT 59Si.
5. Zestaw do poboru radioaktywności jodu w postaci gazowej RAS-2

Powyższe zestawy urządzeń zostały zakupione ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

VI. Rys historyczny funkcjonowania stacji w Legnicy.

mgr Józef Jadach

IMGW Oddział Wrocław –Stacja Hydrologiczno Meteorologiczna w Legnicy

Niniejszy rozdział opisuje historię pomiarów na przykładzie stacji Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych w Legnicy.

Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX w. w wielu krajach, zwłaszcza w Europie, powstaje sieć stacji zajmujących się pomiarami skażeń promieniotwórczych. W Polsce taka sieć powstaje w roku 1961, jako Służba Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych przy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR). Do jej zadań należało wykrywanie skażeń środowiska i żywności sztucznymi izotopami promieniotwórczymi, dokonywanie ich pomiarów oraz opracowywanie analiz i ocen sytuacji radiologicznej kraju.

Placówka Pomiaru Skażeń we Wrocławiu (P-8) utworzona została we wrześniu 1962 r. i była zlokalizowana w budynku Oddziału Wrocławskiego IMGW przy ul. Norwida 34. W 1973r. (15 stycznia) placówkę pomiarów skażeń przeniesiono do laboratorium w baraku na wyspie przy ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 39. Stacja zajmowała się pomiarami skażenia powietrza, jak i pomiarami stężeń promieniotwórczych w opadzie całkowitym. Do 31 grudnia 1968 r. pomiar aktywności wykonywany był po 3 dniach od zakończenia ekspozycji. Po tym okresie zaczęto wykonywać pomiary po 5 dniach od momentu zmiany filtra, jak i kuwety.

We wrześniu 1975 r. z powodu trudnych warunków lokalowych we Wrocławiu placówkę pomiaru skażeń promieniotwórczych przeniesiono do nowo wybudowanej stacji meteorologicznej w Legnicy, a pomiarami zaczął zajmować się pan mgr Józef Jadach. Od 1 października do grudnia 1975 r. były prowadzone równocześnie pomiary porównawcze w Legnicy i Wrocławiu.

W początkowym okresie pomiary obejmowały: aktywność beta całkowitego opadu oraz aktywność beta aerozoli w powietrzu. Pomiary te były wykonywane za pomocą zestawu aparatury pomiarowej składającej się z: przelicznika elektronowego LL-1 i liczników Geigera-Müllera (G-M) umieszczonych w osłonach ołowianych (Fot 1).



Fot.1. Przelicznik elektronowy LL-1 (Fot. Józef Jadach)

Dodatkowym wyznaczanym parametrem było zapylenie, które określano za pomocą filtrów Synpor-2. Filtr umieszczony był w specjalnym uchwycie w „budce skażeń” (Fot. 2). Pomiary zapylenia kontynuowano do lutego 2000 roku..



Fot. 2. Budka skażeń (Fot. Józef Jadach)

W 1978 r. placówkę wyposażono w nową aparaturę pomiarową ZAPKS-1 (Fot. 3) i sondę do pomiaru mocy dawki (EPP) produkcji POLON. Była to bardzo nowoczesna aparatura, oparta na tranzystorach i układach scalonych w porównaniu z aparaturą przestarzałą opartą na lampach (Przelicznik LL-1). Aparatura ta używana jest do chwili obecnej.

We wrześniu 1978 roku stację wyposażono w aparaturę do pomiaru aerozoli powietrza EAR-620 (Fot. 3), która w sposób ciągły mierzyła promieniowanie α i β . Pomiary te były prowadzone do maja 1985 roku. Z uwagi na przestarzałość i brak części zapasowych, zaniechano dalszej eksploatacji tej aparatury.



Fot. 3. Aparatura pomiarowa w pokoju skażeń w Legnicy w roku 1978 (Fot. Józef Jadach)

Charakterystycznym okresem w historii 50-letnich pomiarów prowadzonych przez stację Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych był czas awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu na Ukrainie (26.04.1986). Skażenie radioaktywne dotarło nad Polskę 28 kwietnia w godzinach rannych ze wschodu, a w południe było już notowane w Legnicy. W pierwszych dniach maja nastąpił spadek wartości skażenia powietrza związany ze zmianą cyrkulacji atmosferycznej. Ponowny wzrost wynikający ze zmiany cyrkulacji na wschodnią oraz z kłopotów z rdzeniem reaktora odnotowano w dniach od 4 do 8 maja. Od 11 maja obserwowano powolny, ale systematyczny spadek poziomu skażenia aż do połowy czerwca, kiedy wartości powracają do poziomu przed 28.04.86 r. W okresie awarii stacja wykonywała pomiary skażenia powietrza co

2 godziny. Wyniki były przekazywane do Pracowni Radioaktywności Atmosfery w Warszawie i do CLOR. Informowane były również władze wojewódzkie, lokalne, a pracownik skażeń mgr Józef Jadach został powołany do Wojewódzkiego Sztabu Kryzysowego. Stacja współpracowała również z instytucjami takim jak: SANEPID i WIOŚ.

Po okresie Czarnobyla (17.04.1989r.) stacja została wyposażona w bardziej nowoczesną aparaturę SAPOS-90 do pomiarów promieniowania beta i gamma, oraz SAPOS-90M do pomiaru mocy dawki (Fot. 4).



Fot. 4. SAPOS-90 i SAPOS-90M



Fot. 5. Sonda FHZ 601A

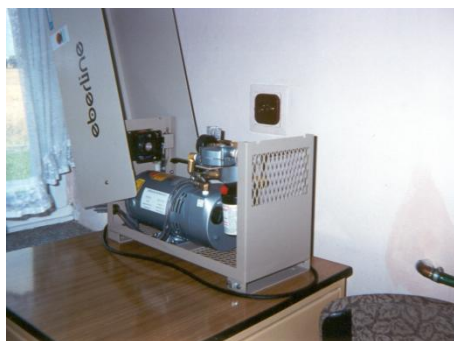
Po 1986 r. stacja rozpoczęła również pomiary opadu atmosferycznego tygodniowego, który był mierzony do lipca 1995 roku, a wyniki przekazywano do Pracowni Radioaktywności Atmosfery w IMGW w Warszawie.

Nowy okres w historii Placówki rozpoczyna się w 1999 roku, kiedy to IMGW w ramach modernizacji Stacji Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych wyposaża stację w nowoczesny sprzęt oraz oprogramowanie do pomiarów radioaktywności atmosfery:

- Zestaw do pomiaru mocy dawki (sonda inteligentna – FHZ 601A) – 16 luty 1998r. (Fot. 5)
- Zestaw do pomiaru promieniowania beta (sonda) – 16 luty 1998r.
- Zestaw do analizy spektrometrycznej promieniowania gamma i beta (Genie 2000) - 16 luty 1998r.
- Zestaw do poboru i pomiaru radioaktywności aerozoli powietrza FHT 59Si - 26 listopad 1998r. (Fot. 6)
- Zestaw do poboru radioaktywności jodu w postaci gazowej RAS-2 (Fot.7)



Fot. 6. Stacja aerozolowa FHT 59 Si



Fot. 7. Pompa do poboru jodu RAS-2

Nowoczesna aparatura, a zwłaszcza stacja FHT 59Si ma za zadanie ciągle monitorowanie aerozoli alfa i beta pochodzenia sztucznego występujących w powietrzu, a w przypadku przekroczenia ustalonych wartości, sygnalizowanie ich oraz przesyłanie do komputera do odpowiedniego programu „Monitor”, który redaguje odpowiednie depesze. Podobne zadanie spełnia sonda „inteligentna” FHZ 601A/621GL do pomiaru mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu. Wyposażenie urządzenia w odpowiednie oprogramowanie komputerowe (Netview, Monitor) pozwala na wizualizację zarejestrowanych wyników i ciągle monitorowanie uzyskanych wyników.

Wyposażenie stacji w zestaw do analizy spektrometrycznej promieniowania gamma Genie 2000 i pompy jodowej pozwala w warunkach podwyższonego skażenia promieniotwórczego na wstępną ocenę zagrożenia spowodowaną awarią elektrowni atomowej lub próby z bronią jądrową.

Obecnie stacja w Legnicy wchodząca w skład Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW wykonuje następujące pomiary:

- ciągły pomiar mocy dawki promieniowania gamma w powietrzu na wysokości 1m od podłoża z rejestracją średnich godzinnych i dobowych wartości;
 - ciągły pomiar stężeń radioizotopów alfa- i beta-promieniotwórczych w aerozolu powietrza;
 - stężeń promieniotwórczych beta próbek dobowych i miesięcznych opadu całkowitego;
- Ponadto jeśli zachodzi potrzeba stacja posiada możliwości pomiarów aktywności radioizotopów Cs-137 i Sr-90 metodą radiochemiczną w kwartalnym opadzie całkowitym.

VII. Współpraca z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

W 1961 roku powołano Uchwałą Nr 177/61 Rady Ministrów oraz na podstawie zarządzenia Pełnomocnika do spraw pokojowego wykorzystania energii jądrowej tymczasową Służbę Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych (SPSP) w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Zadaniem SPSP było wykrywanie skażeń promieniotwórczych w środowisku i żywności, dokonywanie ich pomiarów oraz analizy i oceny sytuacji radiacyjnej na obszarze kraju. Sieć funkcjonujących stacji Państwowego Instytutu Hydrologiczno - Meteorologicznego (obecnie IMGW) została włączona do SPSP wraz ze stosowanymi w Instytucie metodami pomiarowymi.

Jednocześnie Instytut otrzymał ze strony SPSP dostęp do odpowiednich urządzeń a także co było bardzo ważne źródeł kalibracyjnych.

CLOR również tworzył metodyki pomiarów radiologicznych prowadzonych w stacjach IMGW.

Współpraca między IMGW a SPSP w CLOR trwała nieprzerwanie do roku 2002 kiedy to SPSP zakończyła działalność.

Pod koniec roku 2002 decyzją¹² Rady Ministrów stacje Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych IMGW zostały włączone do stacji podstawowych odpowiedzialnych za monitoring radioaktywności na terenie kraju. W ww. decyzji są określone zadania stacjach podstawowych jak i częstotliwość przekazywania wyników pomiarów do Państwowej Agencji Atomistyki.

Literatura.

1. Atlas Radiologiczny Polski, CLOR-GIOS, 2006.
2. Słownik Terminów Radiologicznych, <http://www.clor.waw.pl/ochrona/slownik.htm>
3. Opracowania wyników pomiarów zmierzonych w Sieci Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych wykonywane w IMGW w latach 1998-2010. Autorzy: Andrzej Czuryłowski, Zbigniew Dmitruk, Jadwiga Dżumak, Hubert Karpiński, Franciszek Łukasiewicz, Roman Tomaszenko, Jan Tomczak, Tamara Zalewska

¹² Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. <http://www.paa.gov.pl/?frame=8.3>