

Busko-Zdrój, 10.08.19r.

# **Projekt Edukacyjny „Promieniowanie wokół nas”**

Licznik Geigera-Müllera

**Autorzy:**  
Michał Ściubisz  
Bartosz Bartoszewski

**Opiekunowie projektu:**  
Jarosław Dębicki  
Mariusz Chodór

## Spis treści

<b>1. Motywacja.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Przedmioty badań.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Dawka promieniowania.....</b>	<b>3</b>
Dawki promieniowania naturalnego.....	4
Dawki, a prawo.....	5
3.1 Błąd pomiaru.....	6
<b>4. Promieniowanie w Busku-Zdroju i obróbka danych.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Żywność.....</b>	<b>10</b>
<b>6. Wpływ odległości na wartości promieniowania.....</b>	<b>11</b>
<b>7. Źródła.....</b>	<b>13</b>

# 1. Motywacja

Motywacją do wykonania projektu była wycieczka szkolna do Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerk - Otwock, gdzie mieliśmy okazję zwiedzić jedyny czynny reaktor jądrowy w Polsce (profil badawczy nie energetyczny). Podczas pobytu na terenie ośrodka naukowego, naszą uwagę przykuwały urządzenia monitorujące promieniowanie. Pracownik naukowy wyjaśnił nam, że mimo znajdowania się nad reaktorem, promieniowanie jest niewiele większe od tego na zewnątrz. Byliśmy ciekawi jaką wartość promieniowania można zarejestrować na terenie naszego miasta. Czy pożywienie może być napromieniowane i jak odległość od źródła promieniowania wpływa na otrzymywaną dawkę.

## 2. Przedmioty badań

Nawiązując do tytułu projektu chcemy zbadać, czy miasto w którym mieszkamy - Busko-Zdrój jest promieniotwórczo skażone. Ponadto sprawdzimy czy pożywienie może być promieniotwórcze oraz jak odległość ma wpływ na odbieraną dawkę.

## 3. Dawka promieniowania

Wyróżniamy 3 dawki:

- Pochłonięta - ilość energii, która została przekazana lub pochłonięta w masie danej materii. Podstawową jednostką jest Gy [czyt. grej], czyli J/kg. Niestety ta dawka mało nam mówi, bo różne rodzaje promieniowania będą oddziaływać na materię lub ciała. W celu uwzględnienia tych rzeczy wymyślono dawkę równoważną.

- Równoważna - dawka pochłonięta przemnożona przez podstawowy, bezwymiarowy współczynnik wagowy promieniowania (ten współczynnik może wynosić 1, 5, 10 lub 20 w zależności od rodzaju promieniowania). Jednostką jest Sv [czyt. siwert], ale dalej jest to J/kg.
- Skuteczna (efektywna) - jest to dawka równoważna pomnożony przez współczynnik wagowy tkanek, narządów lub organów. Te wartości są największe dla m.in. szpiku kostnego i organów rozrodczych. Jednostką jest znowu Sv.

*Ze względu na to, że posiadamy współczynnik konwersji tuby, jesteśmy w stanie obliczyć dawkę równoważna w jednostce czasu, a tym samym obliczyć „moc źródła”.*

### **Dawki promieniowania naturalnego**

Człowiek jest nieustannie wystawiony na działanie promieniowania jądrowego przez całe życie. Pochodzi ono z naturalnych izotopów pierwiastków, które niestabilnie i samorzutnie ulegają przemianie promieniotwórczej (tzw. radionuklidów). Znajdują się one w skorupie ziemskiej, z promieniowania kosmicznego oraz z izotopów promieniotwórczych znajdujących się w atmosferze w wyniku reakcji jądrowych wywołanych przez promieniowanie kosmiczne. To promieniowanie również oddziałuje na nas wewnątrz w wyniku rozpadów tych izotopów wchłanianych drogą pokarmową, czy oddechową. Normalne promieniowanie tła wynosi do 1  $\mu\text{Sv/h}$ .

## Przeliczanie jednostek promieniowania

R [Rentgen]	Sv [Siwert]	mSv [miliSiwert]	μSv [mikroSiwert]
100	1	1000	1.000.000
10	0,1	100	100.000
1	0,01	10	10.000
0,1	0,001	1	1000
0,01	0,0001	0,1	100
0,001	0,00001	0,01	10
0,0001	0,000001	0,001	1
0,00001	0,0000001	0,0001	0,1
0,000001	0,00000001	0,00001	0,01

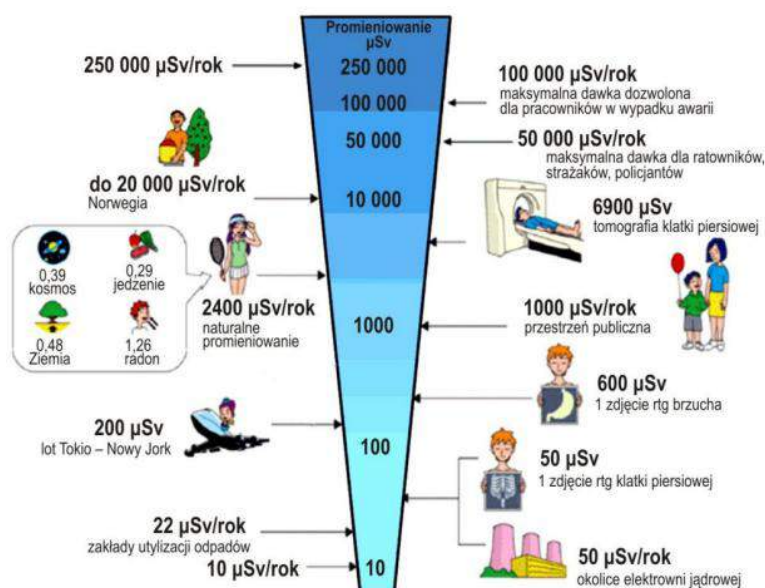
### Dawki, a prawo

Przeciętny człowiek otrzymuje dawkę 1 mSv/rok, uczniowie i praktykanci w wieku od 16 do 18 lat otrzymują 6 mSv/rok, a pracownicy, uczniowie, studenci i praktykanci po ukończeniu 18 lat nawet 20 mSv/rok.

Ta dawka dla pracowników może zostać rozszerzona nawet do 50 mSv/rok pod warunkiem, że sumaryczna dawka promieniowania w ciągu następnych 5 lat nie przekroczy 100 mSv. Ponadto kobieta od momentu powiadomienia kierownika jednostki organizacyjnej o ciąży nie może być zatrudniona na stanowisku gdzie mające się narodzić dziecko mogłoby przyjąć dawkę większą niż 1mSv. Wszystkie dawki podawane są z pominięciem promieniowania tła. Jeżeli promieniowanie tła jest nieznanne przyjmuje się je na poziomie 2.4 mSv.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [http://if.pw.edu.pl/~sala/papers/Dozymetria.pdf?fbclid=IwAR3nNSUCPCJOkuEyvdh2ewxGtbjKkXvS585oDuXZ\\_g3wqWssbzu7MW2XCdo](http://if.pw.edu.pl/~sala/papers/Dozymetria.pdf?fbclid=IwAR3nNSUCPCJOkuEyvdh2ewxGtbjKkXvS585oDuXZ_g3wqWssbzu7MW2XCdo)

### Przyjmowane dawki promieniowania jonizującego w życiu codziennym



2

## 3.1 Błąd pomiaru

Obliczając niepewności pomiarów bezpośrednich, został zastosowany wzór:

$$u_A(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

gdzie  $x_i$  to wynik pomiaru nr  $i$ ,  $\bar{x}$  to średnia ze wszystkich pomiarów, a  $n$  to liczba pomiarów.

Do obliczenia niepewności linijki użyliśmy wzoru:

$$u_B(x) = \frac{\Delta_p x}{\sqrt{3}}$$

$\Delta_p x$  wyznaczamy na różne sposoby w zależności od typu przyrządu pomiarowego:

- Dla prostych przyrządów posiadających podziałkę (np. linijki, suwmiarki, kątomierze itd.) przyjmujemy  $\Delta_p x$  równe najmniejszej działce przyrządu.

<sup>2</sup> [http://koza.if.uj.edu.pl/files/adc90109bb82fd65f2e0cdc45e3882c9/02\\_dawki\\_2011.pdf](http://koza.if.uj.edu.pl/files/adc90109bb82fd65f2e0cdc45e3882c9/02_dawki_2011.pdf)

- Dla analogowych mierników elektrycznych przyjmujemy  $\Delta p_x = C \cdot Z$ , gdzie C to klasa przyrządu (zazwyczaj wyrażona w procentach), a Z to zakres pomiarowy.

## 4. Promieniowanie w Busku-Zdroju i obróbka danych.

Wykonaliśmy szereg badań w miejscowości uzdrowskiej i na jej obrzeżach. Na każde jedno miejsce wykonywaliśmy 10 pomiarów, każde po 100 s. Dzięki temu zabiegowi byliśmy w stanie obliczyć średnią wartość promieniowania tła w danym miejscu oraz błąd niepewności. Na fotografii nr 1 znajdują się zebrane przez nas dane dot. ilość wykrytych cząstek w czasie 100 s.

Miejsce badania	tagiewniki			czas pomiaru (s)	100
	L.p	Wyniki			
	1	29			
	2	36			
	3	26			
	4	27			
	5	37			
	6	28			
	7	41			
	8	25			
	9	29			
	10	37			
	średnia	31,5			
<b>Warunki atmosferyczne</b>					
	Godzina	Tempér.	Ciśnienie		
Przy pierwszym pomiarze	9:15	22°C	1012 hPa		
Przy ostatnim pomiarze:	9:30	23°C	1012 hPa		

Ilość wykrytych cząstek w czasie 100 s / Zdjęcie nr 1

Następnie musieliśmy przeliczyć zliczenia na  $t = 60$  s. Zrobiliśmy to poprzez proporcje i tym samym otrzymaliśmy CPM (Counts Per Minute). Na zdjęciu nr 2 są przeliczone dane na CPM.

L.P.	CPM	zliczeń na minutę	minuta (s)	60
1	17			
2	22			
3	16			
4	16			
5	22			
6	17			
7	25			
8	15			
9	17			
10	22			
Średnia	18,9			

Ilość wykrytych cząstek w czasie 60 s / Zdjęcie nr 2

Mając współczynnik konwersji tuby G-M możemy obliczyć źródło promieniowania w  $\mu\text{Sv/h}$ , dzieląc CPM przez współczynnik tuby (w tym przypadku wynosi 158)

$$\text{CPM} / \text{współczynnik konwersji} = \mu\text{Sv/h}^3$$

Łatwym sposobem można obliczyć otrzymaną dawkę mnożąc moc źródła promieniowania razy czas (h).

Na zdjęciu nr 3 w tabeli są przedstawione uzyskane przez nas dane w  $\mu\text{Sv/h}$  dla Łągiewnik.

L.P.	$\mu\text{Sv/h}$
1	0,110
2	0,137
3	0,099
4	0,103
5	0,141
6	0,106
7	0,156
8	0,095
9	0,110
10	0,141
Średnia	0,120
<b>Błąd pomiaru w <math>\mu\text{Sv/h}</math></b>	0,007

<sup>3</sup> [https://sites.google.com/site/divgeigercounter/technical/gm-tubes-supported?fbclid=IwARiYTPkwoVLTs4Ci268NuDv4yTcYY2nNGPHWqJJOXJMxGGUH5XkA9DSSy\\_k](https://sites.google.com/site/divgeigercounter/technical/gm-tubes-supported?fbclid=IwARiYTPkwoVLTs4Ci268NuDv4yTcYY2nNGPHWqJJOXJMxGGUH5XkA9DSSy_k)



Czyli w Łagiewnikach promieniowanie tła wynosi  $0,120 \pm 0,007 \mu\text{Sv/h}$ .

***Dla innych miejsc w sposób analogiczny zmierzaliśmy i obliczyliśmy dane.***

Na naszej interaktywnej mapie, która znajduje się na stronie można znaleźć wartości promieniowania tła dla danych miejsc.

**Łagiewniki:**  $0,120 \pm 0,007 \mu\text{Sv/h}$ .

**Wolica:**  $0,130 \pm 0,009 \mu\text{Sv/h}$

**Zalew w Radzanowie:**  $0,097 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h}$

**Strzelnica Skotniki Małe:**  $0,110 \pm 0,004 \mu\text{Sv/h}$

**Owczary:**  $0,109 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h}$

**Sanatorium Marconi:**  $0,107 \pm 0,005 \mu\text{Sv/h}$

**Karabosy:**  $0,112 \pm 0,007 \mu\text{Sv/h}$

**Pizzeria 105 Express:**  $0,116 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h}$

**Dworzec Kolejowy:**  $0,096 \pm 0,005 \mu\text{Sv/h}$

**Starostwo Powiatowe:**  $0,114 \pm 0,007 \mu\text{Sv/h}$

**Rynek:**  $0,110 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h}$

**Cmentarz:**  $0,118 \pm 0,013 \mu\text{Sv/h}$

**Staw obok cmentarza:**  $0,097 \pm 0,006 \mu\text{Sv/h}$

**Gdynia Orłowo:**  $0,122 \pm 0,007 \mu\text{Sv/h}$

Wszystkie badanie przez nas miejsca charakteryzują się małym promieniowaniem. Tym samym mogę stwierdzić, że Busko nie jest promieniotwórczo skażone, a tym samym jest bezpieczne. Ponadto wybraliśmy się z licznikiem na północ Polski w celu porównania

otrzymanych przez nas danych. Otrzymany wynik również nie odbiega od norm oraz wyniósł tyle samo ile w certyfikowanym detektorze znajdującym się w parku w Gdyni obydwie pomiary były wykonywane o 8:56 ([http://www.gmcmap.com/historyData.asp?param\\_ID=6682687599&curpage=4](http://www.gmcmap.com/historyData.asp?param_ID=6682687599&curpage=4)).

## 5. Żywność

Promieniowanie stosuje się do zwiększenia terminu przydatności danego produktu spożywczego. Dzieje się to poprzez wyeliminowanie mikroorganizmów i insektów. Chcemy zbadać, czy promieniowanie występuje w produktach spożywczych.

W tym celu najpierw zbadaliśmy tło promieniowania, a następnie, w jak najbliższej odległości od tuby zrobiliśmy 5 pomiarów po 100 s.

W celu uzyskania promieniowania artykułów odjęliśmy ilość cząstek promieniowania artykułu z tłem od mierzonego wcześniej tła. Postępując analogicznie jak w 2 rozdziale, obliczyliśmy źródło promieniowania w  $\mu\text{Sv/h}$ .

Na zdjęciu nr 4 są pokazane nasze pomiary bez i z uwzględnieniem tła.

Produkt badany	Banany ze skórką								
Czas pomiarów (s):	100					Warunki atmosferyczne			
Badania tła:	9					Godzina	11:36		
						Temperatura	25°C		
						Ciśnienie	1014 hPa		
Odległość produktu od tuby:	1 cm								
L.P.	Wyniki					L.P.	Wyniki		
1	20					1	11		
2	22					2	13		
3	27					3	18		
4	31					4	22		
5	20					5	11		
Średnia	24	cps	0,24			Średnia	15	cps	0,15
Wyniki bez uwzględnienia tła					Wyniki z uwzględnieniem tła				

Zdjęcie nr 4

Na zdjęciu nr 5 można zobaczyć, że promieniowanie bananów ze skórką jest niewielkie, bo wynosi tylko  $0.057 \pm 0.0082 \mu\text{Sv/h}$ .

Wyniki z uwzględnieniem tła							
L.P.	CPM	L.P.	μSv/h	xi - x	Niepewność z tłem w μSv/h		
1	7	1	0,042	-0,015189873	0,00823272		
2	8	2	0,049	-0,007594937			
3	11	3	0,068	0,011392405			
4	13	4	0,084	0,026582278			
5	7	5	0,042	-0,015189873			
Średnia	9	Średnia	0,057				

Zdjęcie nr 5

Banany ze skórką	0.057 ± 0.008 μSv/h
Banany bez skórki	0.063 ± 0.011 μSv/h
Węgiel przed spaleniem	0.043 ± 0.010 μSv/h
Węgiel po spaleniu	Detektor uległ przegrzaniu
Orzechy pekan	0.067 ± 0.009 μSv/h
Orzechy makadamia	0.040 ± 0.003 μSv/h
Orzechy ziemne w skorupie	0.010 ± 0.004 μSv/h

Inne badane produkty

Promieniowanie oddziałuje na nas w sposób wewnętrzny po spożyciu różnego rodzaju produktów, czy wdychaniu powietrza. Nie ma się niczego obawiać, ponieważ otrzymane dawki są bardzo małe, a podczas trawienia promieniowanie jest praktyczne wyeliminowane.

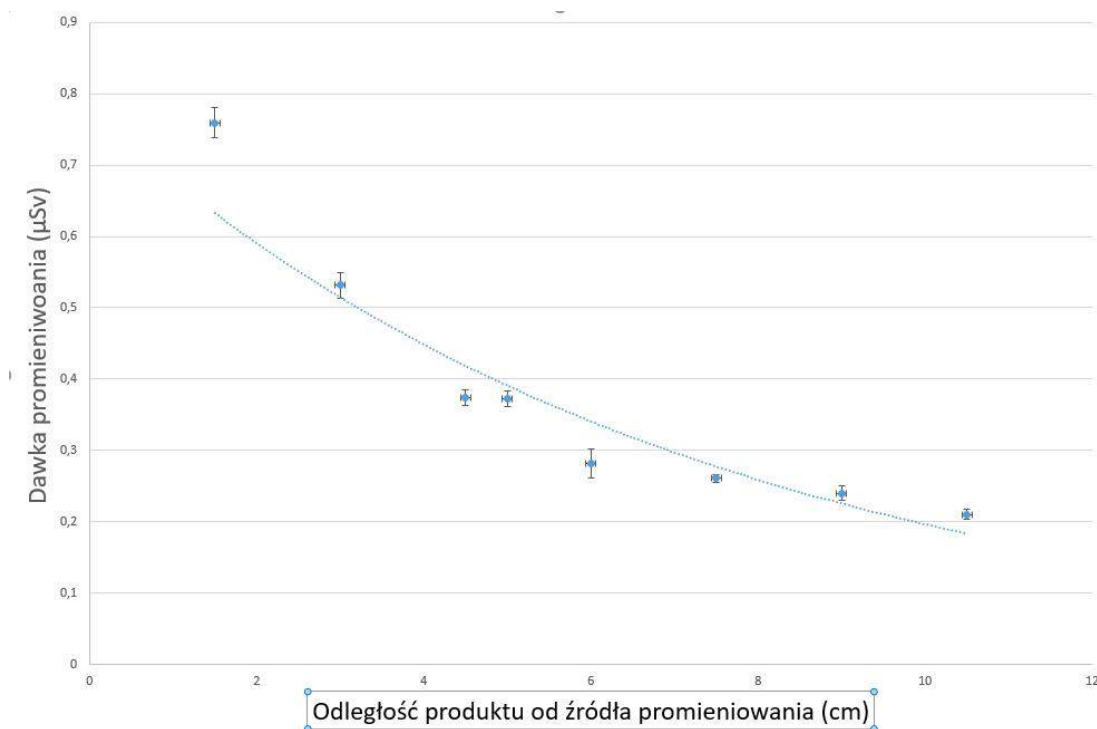
## 6. Wpływ odległości na wartości promieniowania

W celu sprawdzenia jak odległość wpływa na odbierane promieniowanie, użyliśmy pałeczek wolframowych które zawierają Tor. Jest to pierwiastek mocniej promieniotwórczy, bo gdy pałeczka była prawie bezpośrednio obok tuby, to dawka wynosiła 0.8 μSv/h. Dzięki temu mogliśmy komfortowo przeprowadzić badania. Początkowo przyjęliśmy odległość tuby od źródła na 1,5 cm a następnie sukcesywnie zwiększaliśmy odległość o następne 1,5cm. Następnie otrzymane wyniki przeanalizowaliśmy i stworzyliśmy poniższą tabelę ukazującą rzeczywisty wpływ odległości na wartości promieniowania.

Odległość	$\mu\text{Sv/h}$	Niepewność pomiaru w $\mu\text{Sv/h}$	Niepewność linijki w cm
1.5 cm	0.759	0.022	0.058
3 cm	0.532	0.018	0.058
4,5 cm	0.374	0.012	0.058
6 cm	0.282	0.020	0.058
7.5 cm	0.261	0.006	0.058
9 cm	0.240	0.010	0.058
10.5 cm	0.210	0.007	0.058

Otrzymywane promieniowanie w zależności od odległości

Następnie otrzymane wyniki wraz z błędami pomiarów narysowaliśmy na wykresie oraz wygenerowaliśmy krzywą, która przebiega przez jak największą ilość punktów.



Można zauważyć, że na krzywej wartości maleją do kwadratu odległości. Zatem zachowanie odpowiednio dużej odległości od źródła jest bardzo dobrym sposobem ochrony przed promieniowaniem.

## 7. Źródła

[http://koza.if.uj.edu.pl/files/dd7ee632664a232843246931348d941f/01%20Radon\\_foton\\_Moskal\\_naj.pdf](http://koza.if.uj.edu.pl/files/dd7ee632664a232843246931348d941f/01%20Radon_foton_Moskal_naj.pdf)

<https://www.prawo.pl/akty/m-p-1988-14-124,16822117.html>

[http://www.imp.lodz.pl/upload/oficyna/czasopisma/MP\\_3-2012\\_A\\_Kraska.pdf](http://www.imp.lodz.pl/upload/oficyna/czasopisma/MP_3-2012_A_Kraska.pdf)

<http://www.paa.gov.pl/>

[https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P30001831335539182278&html\\_tresc\\_root\\_id=21379&html\\_tresc\\_id=21919&html\\_klucz=19558&html\\_klucz\\_spis=](https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=21379&html_tresc_id=21919&html_klucz=19558&html_klucz_spis=)

[http://wiki.biol.uw.edu.pl/w/Chemia\\_j%C4%85drowa/Jednostki\\_promieniowania](http://wiki.biol.uw.edu.pl/w/Chemia_j%C4%85drowa/Jednostki_promieniowania)