



*Ocena dawki skutecznej dla  
mieszkańców Polski od wchłonięcia  
aerozoli atmosferycznych drogą  
oddechową  
– sieć stacji ASS-500 (rok 2020)*



**KRZYSZTOF ISAJENKO**  
**BARBARA PIOTROWSKA**  
**OLGA STAWARZ**  
**KAROL WOJTKOWSKI**  
**MARCIN KOZDÓJ**  
**ANITA KIELBASIŃSKA**

# Finansowanie

**Praca finansowana przez  
Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki  
na podstawie  
Umowy numer 41/OR/2019/345  
z dnia 31 grudnia 2019 r.**

**pt. „Wykonanie usługi polegającej na ocenie dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową”**

**Wysokość finansowania: 500 000,- PLN**



## Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową

$$D = \sum_i D_i$$

### Gdzie:

$D$  – jest obliczoną dawką skuteczną otrzymaną od izotopów wchłanianych układem oddechowym,

$D_i$  – jest dawką skuteczną od pojedynczego (i-tego) izotopu. W niniejszej pracy bierzemy pod uwagę tylko dawki otrzymane od następujących izotopów: naturalnych – berylu  $^7\text{Be}$ , potasu  $^{40}\text{K}$ , ołowiu  $^{210}\text{Pb}$ , radu  $^{226}\text{Ra}$  i aktynu  $^{228}\text{Ac}$  oraz od wszystkich izotopów pochodzenia sztucznego, których stężenia zostały określone na poziomach przekraczających limity detekcji (przy czym cez  $^{137}\text{Cs}$  oraz jod  $^{131}\text{I}$  uwzględniamy zawsze).

**UWAGA** – jeśli stężenie jakiegoś radionuklidu zostało zmierzone na poziomie niższym od limitu detekcji (LLD), to do obliczenia dawki skutecznej przyjmujemy wartość LLD. W ten sposób oczywiście obliczone dawki skuteczne są zawyżone w stosunku do rzeczywistych dawek otrzymywanych przez mieszkańców Polski.

## Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (2)

Dawkę skuteczną otrzymaną od wchłonięcia poprzez układ oddechowy pojedynczego radionuklidu promieniotwórczego ( $D_i$ ) dla osoby z grupy wiekowej  $g$  obliczamy, stosując następujący wzór:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{odd} \cdot T$$

### Gdzie:

$D_i$  – jest dawką skuteczną od pojedynczego izotopu,

$A_{w,i}$  – jest aktywnością właściwą (stężeniem promieniotwórczym) i-tego izotopu w powietrzu atmosferycznym (zmierzonego w sieci stacji ASS-500 w danej lokalizacji),

$e(g)_i$  – jest wartością obciążającej dawki skutecznej dla i-tego izotopu dla osoby z grupy wiekowej  $g$ ,

$V(g)_{odd}$  – jest wydajnością (prędkością) oddychania osoby z grupy wiekowej  $g$ ,

$T$  – jest to czas dla którego jest liczona dawka skuteczna (czyli tydzień, miesiąc, kwartał lub rok).

## Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (3)

Działania na jednostkach:  $D_i : \left[ \frac{Bq}{m^3} \right] \cdot \left[ \frac{Sv}{Bq} \right] \cdot \left[ \frac{m^3}{doba} \right] \cdot [doba] = [Sv]$

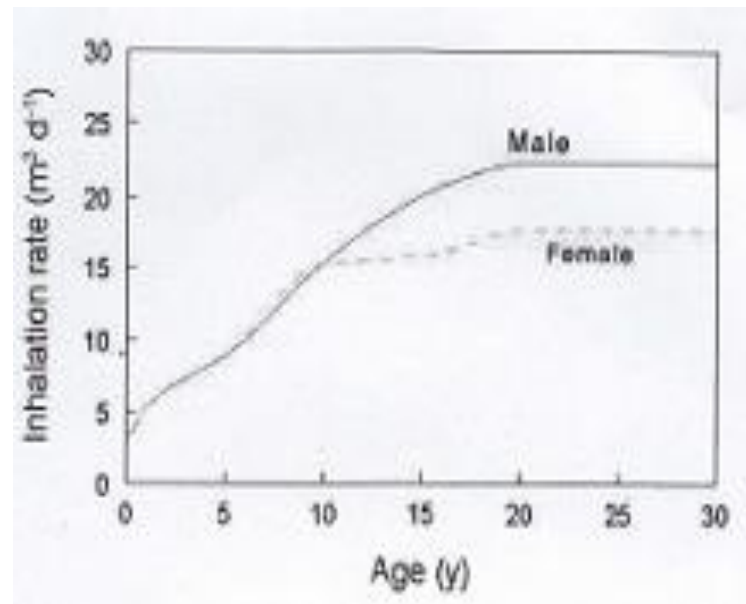
Obciążająca dawka skuteczna e(g) dla osób z ogółu ludności od wniknięcia radionuklidu o aktywności 1 Bq drogą oddechową (*Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168)*).

| Izotop            | Okres połowicznego rozpadu | Wartości e(g) w [Sv/Bq] dla grupy wiekowej g: |                      |                      |                      |                      |                      |
|-------------------|----------------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                   |                            | ≤ 1 roku                                      | 1÷2 lat              | 2÷7 lat              | 7÷12 lat             | 12÷17 lat            | > 17 lat             |
| <sup>137</sup> Cs | 30,0 lat                   | $8,8 \cdot 10^{-9}$                           | $5,4 \cdot 10^{-9}$  | $3,6 \cdot 10^{-9}$  | $3,7 \cdot 10^{-9}$  | $4,4 \cdot 10^{-9}$  | $4,6 \cdot 10^{-9}$  |
| <sup>131</sup> I  | 8,04 dnia                  | $7,2 \cdot 10^{-8}$                           | $7,2 \cdot 10^{-8}$  | $3,7 \cdot 10^{-8}$  | $1,9 \cdot 10^{-8}$  | $1,1 \cdot 10^{-8}$  | $7,4 \cdot 10^{-9}$  |
| <sup>7</sup> Be   | 53,3 dnia                  | $2,5 \cdot 10^{-10}$                          | $2,1 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $8,3 \cdot 10^{-11}$ | $6,2 \cdot 10^{-11}$ | $5,0 \cdot 10^{-11}$ |
| <sup>40</sup> K   | $1,28 \cdot 10^9$ lat      | $2,4 \cdot 10^{-8}$                           | $1,7 \cdot 10^{-8}$  | $7,5 \cdot 10^{-9}$  | $4,5 \cdot 10^{-9}$  | $2,5 \cdot 10^{-9}$  | $2,1 \cdot 10^{-9}$  |
| <sup>210</sup> Pb | 22,3 lat                   | $4,7 \cdot 10^{-6}$                           | $2,9 \cdot 10^{-6}$  | $1,5 \cdot 10^{-6}$  | $1,4 \cdot 10^{-6}$  | $1,3 \cdot 10^{-6}$  | $9,0 \cdot 10^{-7}$  |
| <sup>226</sup> Ra | $1,60 \cdot 10^3$ lat      | $1,5 \cdot 10^{-5}$                           | $1,1 \cdot 10^{-5}$  | $7,0 \cdot 10^{-6}$  | $4,9 \cdot 10^{-6}$  | $4,5 \cdot 10^{-6}$  | $3,5 \cdot 10^{-6}$  |
| <sup>228</sup> Ac | 6,13 godz.                 | $1,8 \cdot 10^{-7}$                           | $1,6 \cdot 10^{-7}$  | $9,7 \cdot 10^{-8}$  | $5,7 \cdot 10^{-8}$  | $2,9 \cdot 10^{-8}$  | $2,5 \cdot 10^{-8}$  |

## Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (4)

Współczynniki inhalacyjne dla dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych zostały określone w „*Human respiratory tract model for radiological protection*”. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994”.

| Grupa wiekowa                | Współczynnik inhalacyjny [m <sup>3</sup> /doba] | Współczynnik inhalacyjny [m <sup>3</sup> /s] |
|------------------------------|---|--|
| Dorosły (pracownik siedzący) | 22,18   | $2,57 \cdot 10^{-4}$                         |
| Dziecko 10-cio letnie        | 15,28   | $1,77 \cdot 10^{-4}$                         |
| Noworodek (do 1-go roku)     | 5,20  | $6,02 \cdot 10^{-5}$                         |



## Sposób oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową (5)

Prędkości oddychania dla dzieci w różnych grupach wiekowych oraz dla osób dorosłych przyjęte do oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym.

| Grupa wiekowa                              | ≤ 1 rok | 1÷2 lat | 2÷7 lat | 7÷12 lat | 12÷17 lat | > 17 lat |
|--|---------|---------|---------|----------|-----------|----------|
| Prędkość oddychania [m <sup>3</sup> /doba] | 5,2     | 6,5     | 12,2    | 17,2     | 21,4      | 22,2     |

# Stężenia radionuklidów w powietrzu w Polsce w 2020 roku

| Radionuklid       | Stężenie w powietrzu,<br>$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ | Zakres                 | Miejscowość i okres wystąpienia<br>maksymalnego<br>stężenia |
|-------------------|--|------------------------|---|
| $^{137}\text{Cs}$ | <b><math>0,47 \pm 0,02</math></b>                  | ( $<0,09 \div 6,92$ )  | Gdynia, 6.04 - 14.04  |
| $^{131}\text{I}$  | <b><math>0,69 \pm 0,06</math></b>                  | ( $<0,10 \div 33,60$ ) | Szczecin, 20.04 – 27.04                                     |
| $^7\text{Be}$     | $3279 \pm 63$                                      | ( $437 \div 9535$ )    | Katowice, 10.08 – 17.08                                     |
| $^{40}\text{K}$   | $12,0 \pm 0,3$                                     | ( $2,2 \div 72,0$ )    | Lublin, 14.04 – 20.04                                       |
| $^{210}\text{Pb}$ | $384 \pm 12$                                       | ( $43 \div 3531$ )     | Katowice, 7.12 – 14.12                                      |
| $^{226}\text{Ra}$ | $6,1 \pm 0,2$                                      | ( $<2,0 \div <29,6$ )  | Wrocław,<br>30.12.2019 – 7.01.2020                          |
| $^{228}\text{Ra}$ | $1,1 \pm 0,0$                                      | ( $<0,3 \div <6,1$ )   | Katowice, 21.12 – 28.12                                     |



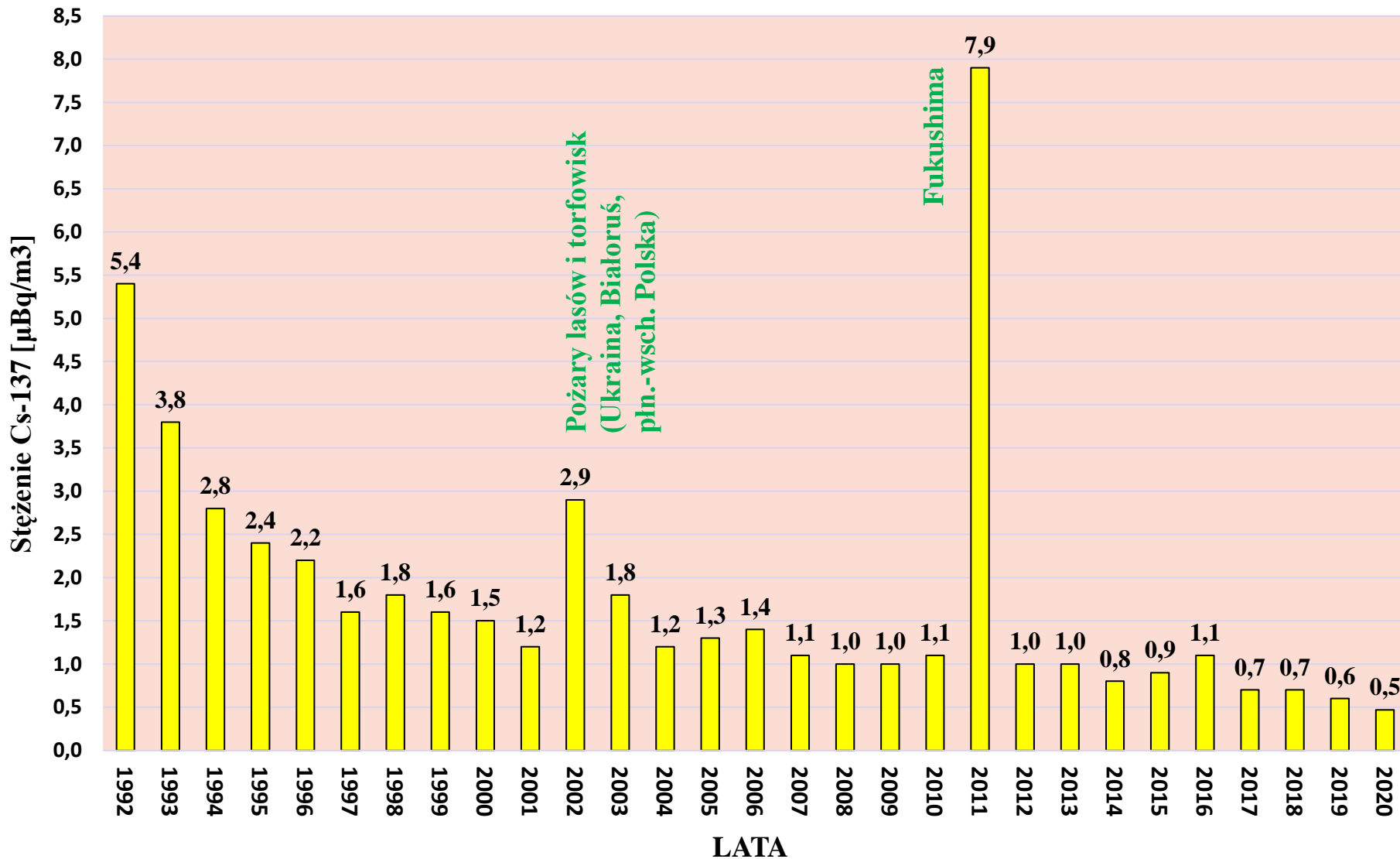
**Wartości kwartalnej dawki skutecznej dla różnych grup  
wiekowych od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych  
drogą oddechową  
WARSZAWA [ $\mu\text{Sv}$ ]**

| GRUPY<br>WIEKOWE | WARSZAWA - 2020 ROK |            |             |              |
|------------------|---------------------|------------|-------------|--------------|
|                  | I KWARTAŁ           | II KWARTAŁ | III KWARTAŁ | IV KWARTAŁ   |
| $\leq 1$ roku    | 0,712               | 0,624      | 0,885       | 1,306        |
| 1÷2 lat          | 0,556               | 0,487      | 0,689       | 1,013        |
| 2÷7 lat          | <b>0,548</b>        | 0,481      | 0,678       | 0,991        |
| 7÷12 lat         | 0,706               | 0,619      | 0,876       | 1,290        |
| 12÷17 lat        | 0,815               | 0,714      | 1,011       | <b>1,490</b> |
| > 17 lat         | 0,590               | 0,517      | 0,731       | 1,074        |

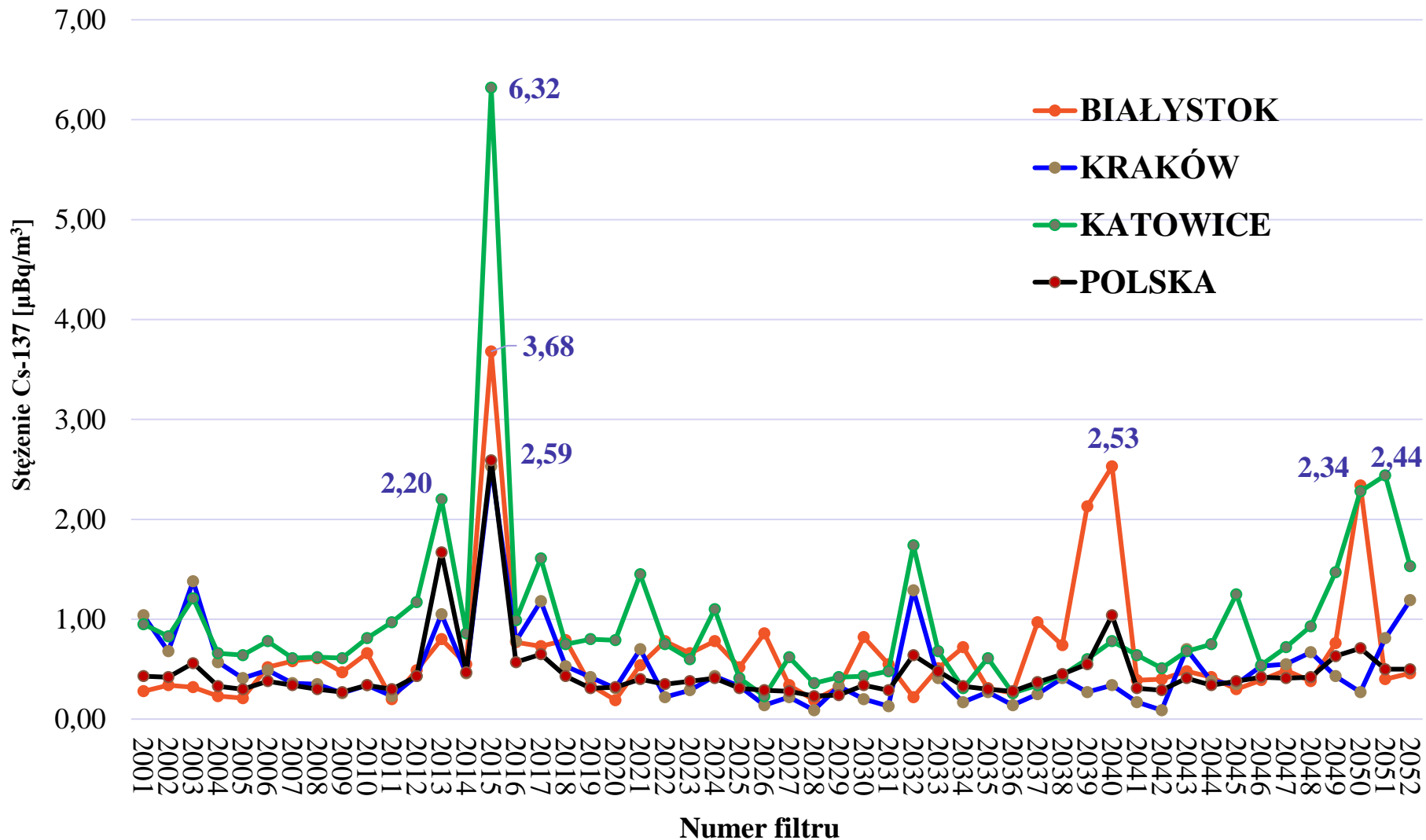
## Wartości rocznej dawki skutecznej dla różnych grup wiekowych od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową w roku 2020 w miejscu lokalizacji stacji [ $\mu\text{Sv}$ ]

| LOKALIZACJA STACJI ASS-500 | GRUPY WIEKOWE |              |         |          |              |          |
|----------------------------|---------------|--------------|---------|----------|--------------|----------|
|                            | $\leq 1$ rok  | 1÷2 lat      | 2÷7 lat | 7÷12 lat | 12÷17 lat    | > 17 lat |
| WARSZAWA                   | 3,528         | 2,745        | 2,698   | 3,491    | 4,030        | 2,912    |
| BIAŁYSTOK                  | 2,859         | 2,219        | 2,174   | 2,826    | 3,263        | 2,354    |
| GDYNIA                     | 3,298         | 2,559        | 2,506   | 3,259    | 3,763        | 2,714    |
| KATOWICE                   | 4,569         | 3,563        | 3,512   | 4,527    | <b>5,225</b> | 3,781    |
| KRAKÓW                     | 3,512         | 2,724        | 2,665   | 3,470    | 4,007        | 2,889    |
| LUBLIN                     | 4,547         | 3,531        | 3,460   | 4,495    | 5,190        | 3,745    |
| ŁÓDŹ                       | 3,358         | 2,614        | 2,570   | 3,324    | 3,837        | 2,774    |
| SANOK                      | 3,093         | 2,402        | 2,356   | 3,058    | 3,531        | 2,549    |
| SZCZECIN                   | 2,635         | <b>2,053</b> | 2,022   | 2,609    | 3,012        | 2,178    |
| TORUŃ                      | 3,976         | 3,090        | 3,033   | 3,932    | 4,540        | 3,278    |
| WROCŁAW                    | 4,014         | 3,163        | 3,165   | 3,998    | 4,612        | 3,362    |
| ZIELONA GÓRA               | 4,093         | 3,177        | 3,113   | 4,046    | 4,672        | 3,370    |

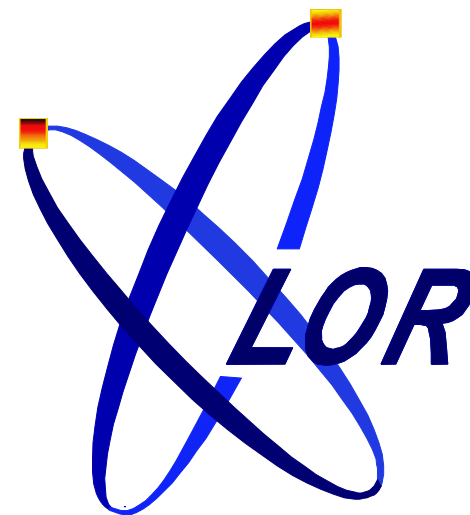
# Stężenia cezu-137 w Polsce w latach 1992-2020 [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]



# Średnie tygodniowe stężenia cezu-137 w wybranych miastach oraz w Polsce w roku 2020 [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]



**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!!!**



**CZY SĄ JAKIEŚ PYTANIA?**