



OZNACZENIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA

A. FULARA, A. MATYSIAK, K. TRZPIL

Pracę wykonano zgodnie z
Umową nr 32/OR/2019/260
zawartą w dniu 5.11.2019r.

pomiędzy Skarbem Państwa - Państwową Agencją
Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony
Radiologicznej



Warszawa 4 ujęcia:

- Zakład Centralny SUW Filtry
- Zakład Centralny SUW Falenica
- Zakład Centralny SUW Praga
- Zakład Północny Stacja Strefowa Białoleka

Bydgoszcz 2 ujęcia:

- Stacja Wodociągowa SW1 „Las Gdański”
- Stacja Wodociągowa SW4 „Czyżkówko”

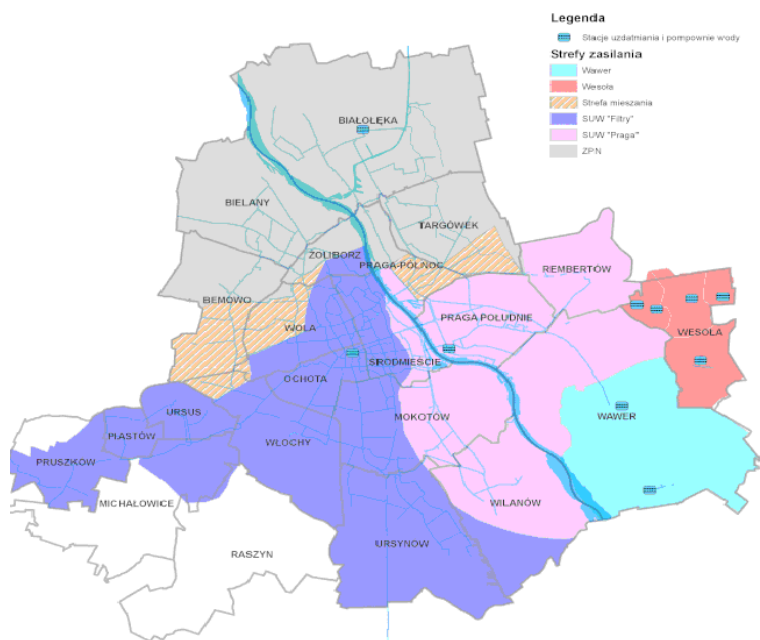
Wykonanie oznaczeń:

- stężenia promieniotwórczego Cs-137;
- stężenia promieniotwórczego Sr-90;
- stężenia promieniotwórczego H-3;
- całkowitej promieniotwórczości α oraz całkowitej promieniotwórczości β ;
- stężenia Ra-226 i izotopów uranu (U-238, U-234, U-235); w przypadku przekroczenia wartości 0,1 Bq/l całkowitej promieniotwórczości α ;
- stężenia K-40 i Ra-228, w przypadku przekroczenia wartości 1 Bq/litr całkowitej promieniotwórczości β .

dla każdej z pobranych próbek wody.

Opracowanie i analizę wyników otrzymanych dla próbek wody.
Przygotowanie sprawozdania.

Charakterystyka ujęć



Rys. 1 Strefy zasilania w wodę miasta stołecznego Warszawy.

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m. st. Warszawie Spółka Akcyjna ujmuje wodę infiltracyjną spod dna Wisły, co pokrywa ok. 76% zapotrzebowania na wodę przeznaczoną do spożycia przez mieszkańców miasta. Pozostałe ok. 24% stanowi woda powierzchniowa z Jeziora Zegrzyńskiego oraz niewielkie ilości wody głębinowej. Woda spod dna Wisły jest uzdatniania w Zakładzie Centralnym, natomiast ta ujmowana z Jeziora Zegrzyńskiego kierowana jest do Zakładu Północnego w Wieliszewie, który zaopatruje północne dzielnice prawo- i lewobrzeżnej Warszawy.

Warszawa

Miasto	Wodociąg	Źródło zaopatrzenia w wodę
Warszawa	Zakład Centralny SUW Filtry	Stacja zaopatruje w wodę tereny centralnej i południowo-zachodniej lewobrzeżnej części Warszawy oraz następujące miejscowości: Piaseczno, Lesznowola, Stare Babice, Raszyn, Pruszków, Piastów, Michałowice. Dla potrzeb uzdatniania woda jest ujmowana spod dna Wisły czterema ujęciami infiltracyjnymi, które znajdują się na terenie Stacji Pomp Rzecznych na Czerniakowie oraz w rejonie Siekierok. Infiltracja stanowi pierwszy etap uzdatniania wody wiślanej. Ponadto do Stacji Pomp Rzecznych przesyłana jest część wody z ujęć infiltracyjnych SUW „Praga” położonych wzdłuż Wału Miedzeszyńskiego.
	Zakład Centralny SUW Falenica	Teren dzielnicy Warszawy Wawer zaopatrywany jest w wodę z lokalnych stacji uzdatniania wody ujmujących wody głębinowe.
	Zakład Centralny SUW Praga	Zaopatruje w wodę ok. 20% mieszkańców Warszawy z terenów: Rembertowa, Pragi Płd., Mokotowa, Wilanowa, Wawra, Wesołej. SUW „Praga” ujmuje wodę spod dna Wisły trzema ujęciami infiltracyjnymi, które pozwalają na pobór wody z zachowaniem pierwszego, efektywnego stopnia jej uzdatniania poprzez wykorzystanie procesu infiltracji na naturalnym złożu piaskowo- żwirowym.
	Zakład Północny Stacja Strefowa Białołęka	Zakład Północny, uruchomiony w 1986 roku, zaopatruje w wodę północne dzielnice lewo- i prawobrzeżnej Warszawy, m.in.: Białołękę, Bielany, Bemowo, Targówek, Pragę Północ, część Woli, Żoliborza, Pragi Południe i Rembertowa. Zakład ujmuje wodę powierzchniową z Jeziora Zegrzyńskiego poprzez ujęcie typu brzegowego.

Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy pozyskują wodę surową z ujęcia wód podziemnych „Las Gdański” i ujęcia wody powierzchniowej „Czyżkówko”.



Rys. 2 Schemat sieci miejskiej ze wskazaniem ujęć wody w Bydgoszczy.

Bydgoszcz

Stacja Wodociągowa SW1
„Las Gdański”

Ujęcie wody podziemnej wykorzystujące wodę z 13 studni głębinowych, czerpiących wodę z poziomu kredowego (o głębokości do 360 m) oraz 6 studni czerpiących wodę z poziomu czwartorzędowego (o głębokości do 80 m). Ujęcie posiada zasoby 1825 m³/h, zaś pobór wody wynosi średnio 24 tys. m³/dobę, co zaspokaja 50% zapotrzebowania mieszkańców na wodę pitną.

Stacja Wodociągowa SW4
„Czyżkówko”

Stacja wodociągowa czerpie wodę z rzeki Brdy wykorzystując do tego celu ujęcie brzegowe. Infiltracyjne ujęcie wody Czyżkówko ma wydajność nominalną 75 tys. m³/dobę. Zostało zaprojektowane na obszarze o całkowitej powierzchni 35,24 ha. Składa się z 9 stawów infiltracyjnych, 4 kwater wody powierzchniowej i 16 rowów. Woda jest czerpana przy pomocy 173 studni pionowych (106 studni głębinowych, 67 studni lewarowych), 3 studni zbiorczych drenaży i przepompowana zostaje na stację uzdatniania wody.

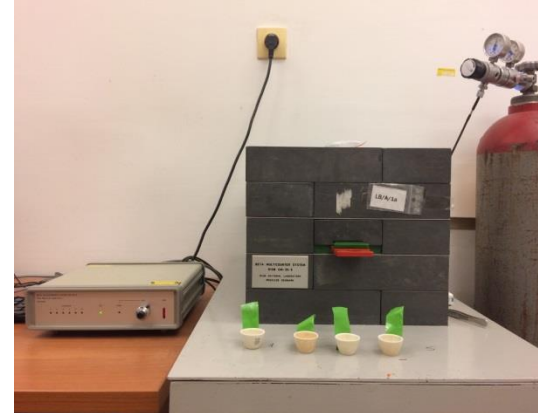


METODY ANALITYCZNE

Cs-137 i Sr-90 w wodzie

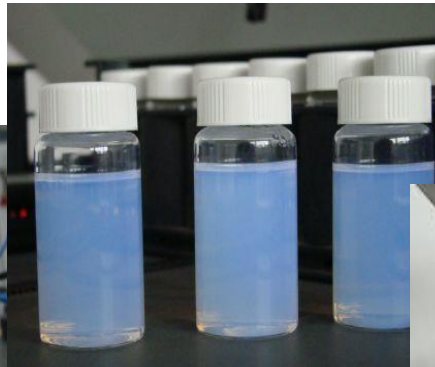
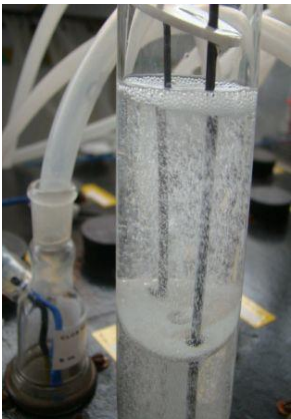
Metoda oznaczania Cs-137 polega na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu.

Do oznaczeń ^{90}Sr stosowano metodę polegającą na oznaczeniu ^{90}Y , krótkożyciowego izotopu ($T_{1/2}$ - 64,2 h) powstającego w wyniku rozpadu ^{90}Sr . Do pomiaru aktywności ^{137}Cs i ^{90}Sr stosowano niskotłowy zestaw aparaturowy, produkcji duńskiej, oparty na licznikach przepływowych GM (Riso GM-25-5) o biegu własnym około 0,2 imp/min.



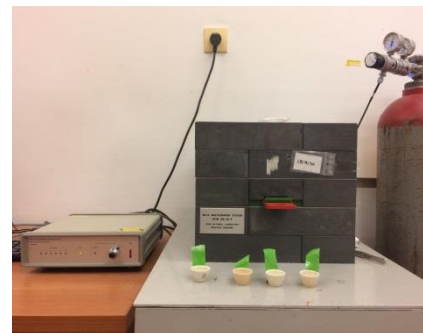
H-3

Tryt oznaczano metodą, polegającą na wzbogaceniu trytu metodą elektrolityczną i pomiarze aktywności beta w spektrometrze ciekłoscyntylacyjnym. W tym samym cyklu wykonywana jest elektroliza wody martwej (ślepa próba) i wody martwej z dodaną znaną ilością trytu (próba wzorcowa). Na skutek różnicy ruchliwości jonów wodoru stabilnego i trytu, rozkład cząsteczek wody nie zawierających trytu następuje szybciej, dzięki czemu w miarę postępowania elektrolizy pozostałość zawiera coraz większy procent HTO. Zastosowanie tej metody pozwala obniżyć granicę wykrywalności trytu w wodzie z ok. 10 Bq/l do 0.5 Bq/l.



Całkowita promieniotwórczość alfa i beta

Próbkę wody o objętości 4 litrów odparowano do 50 ml. Przenoszono do parownicy porcelanowej, dodano kilka kropli H_2SO_4 i odparowano do sucha. Parownicę umieszczono w piecu i pozostawiono w temp. $350^{\circ}C$ przez 30 min. Po wystudzeniu suchą pozostałość ucierano w parownicy i ważono. Przenoszono 250 mg suchej pozostałości do miseczki pomiarowej. Do pomiaru aktywności beta zastosowano niskotłowy zestaw aparaturowy, produkcji duńskiej, zbudowany z liczników przepływowych GM (Riso GM-25-5) o biegu własnym około 0,2 imp/min. Pomiar radioaktywności beta prowadzono dwukrotnie po 180 min. Układ pomiarowy kalibrowano za pomocą chlorku potasu, umieszczonego w takiej samej geometrii jak sucha pozostałość po odparowaniu wody. Granica detekcji całkowitej promieniotwórczości beta dla czasu 180 min. wynosi 0,014 Bq/l.





WYNIKI I PODSUMOWANIE

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach wodociągowych

Lp.	Miasto	Wodociąg	^{137}Cs [mBq/l]	^{90}Sr [mBq/l]
1.	Warszawa	Zakład Centralny SUW Filtry	4,03±0,47 ^{a)}	3,51±0,40
		Zakład Centralny SUW Falenica	1,93±0,26	4,36±0,49
		Zakład Centralny SUW Praga	4,45±0,52	3,09±0,35
		Zakład Północny Stacja Strefowa Białoleka	3,52±0,43	3,36±0,38
2.	Bydgoszcz	Ujęcie SW01 Las Gdański	3,38±0,41	1,35±0,15
		Ujęcie SW04 Czyżkówko	2,04±0,28	1,26±0,14

a) Wartość ± całkowita niepewność przy poziomie ufności 95% (k=2).

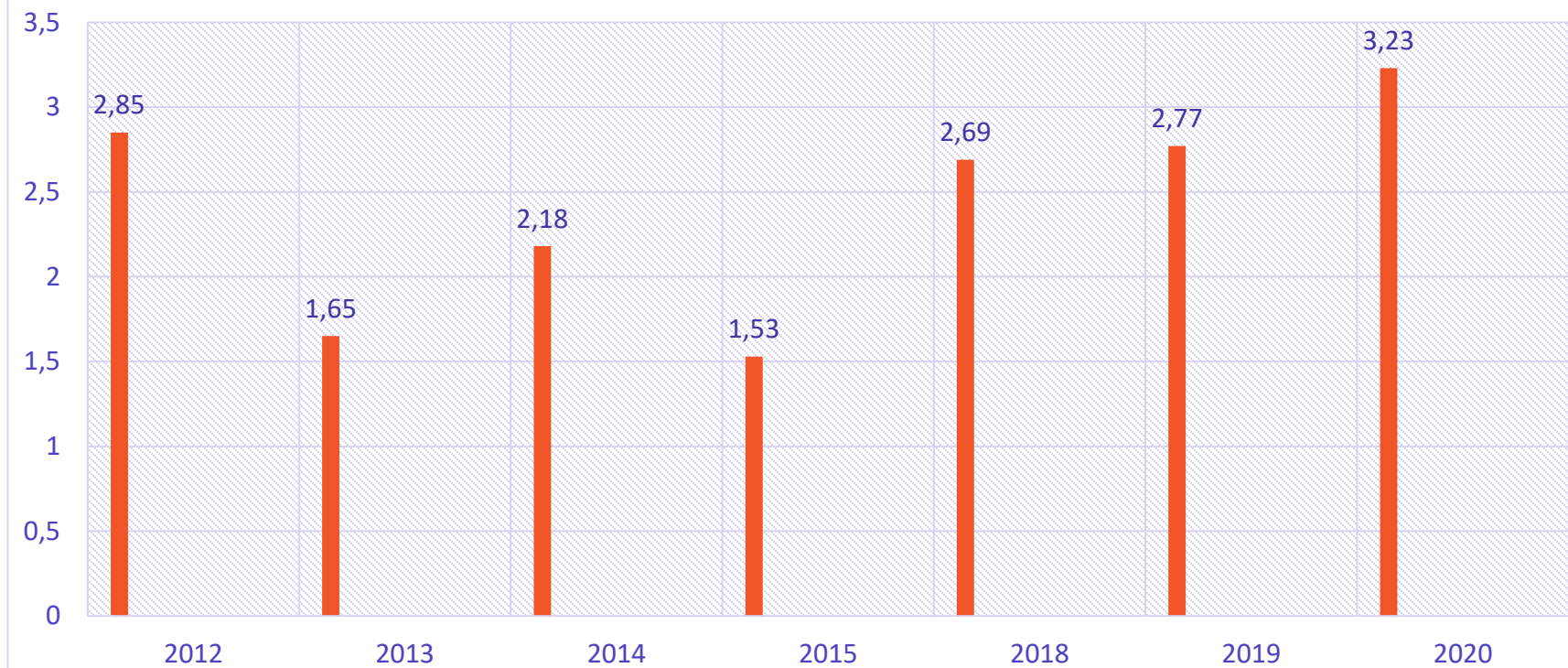
Stężenie promieniotwórcze trytu oraz całkowitej promieniotwórczości β i α w wodach wodociągowych badanych w 2020 roku

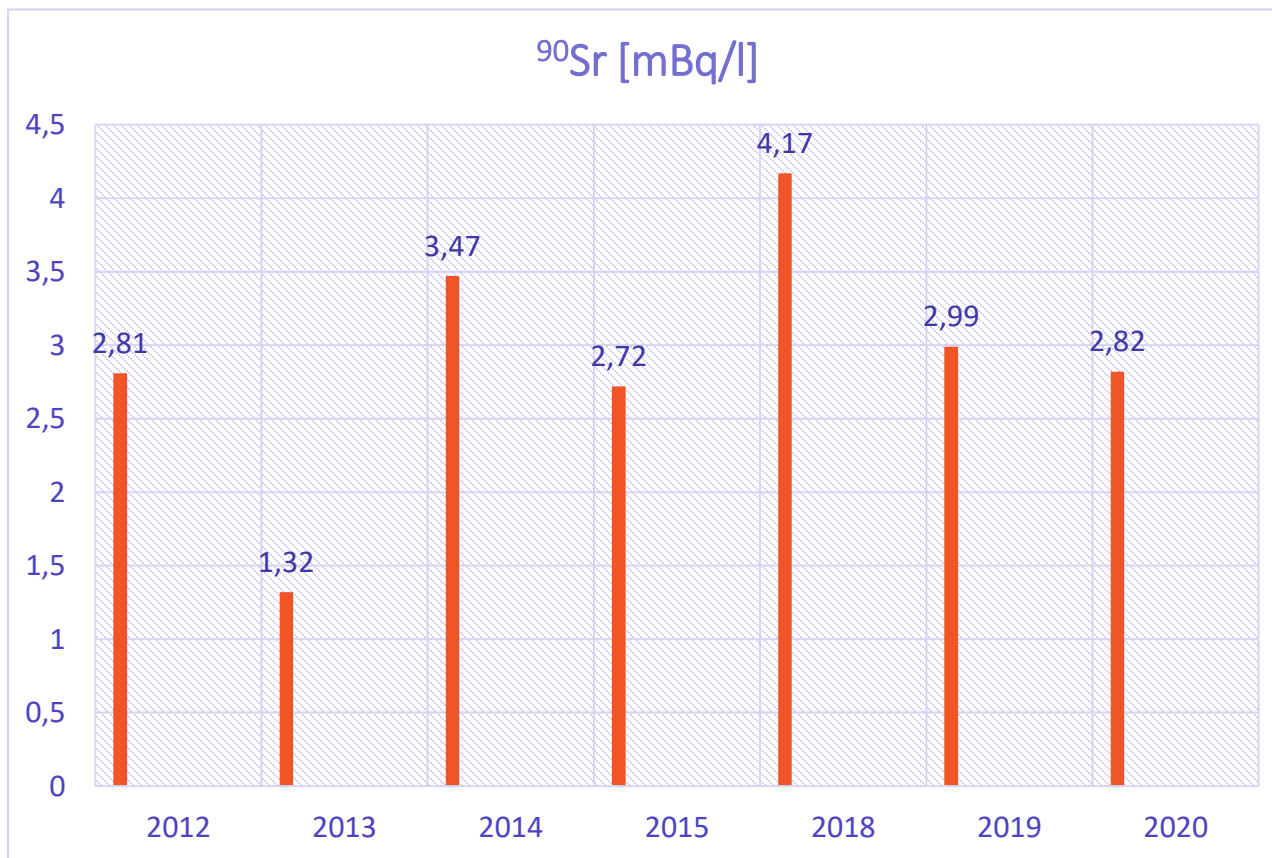
Miasto	Wodociąg	Stężenie trytu Bq/l	Całkowita promieniotwórczość β Bq/l	Całkowita promieniotwórczość α Bq/l
Warszawa	Zakład Centralny SUW Filtry	2,0±0,3	0,19±0,03 ^{a)}	0,023±0,006
	Zakład Centralny SUW Falenica	1,7±0,3	0,22±0,03	0,030±0,007
	Zakład Centralny SUW Praga	1,7±0,3	0,19±0,03	<0,015
	Zakład Północny Stacja Strefowa Białoleka	1,9 ±0,3	0,13±0,02	<0,015
Bydgoszcz	Ujęcie SW01 Las Gdański	1,2±0,2	0,20±0,03	<0,015
	Ujęcie SW04 Czyżkówko	0,9±0,1	0,10±0,01	<0,015

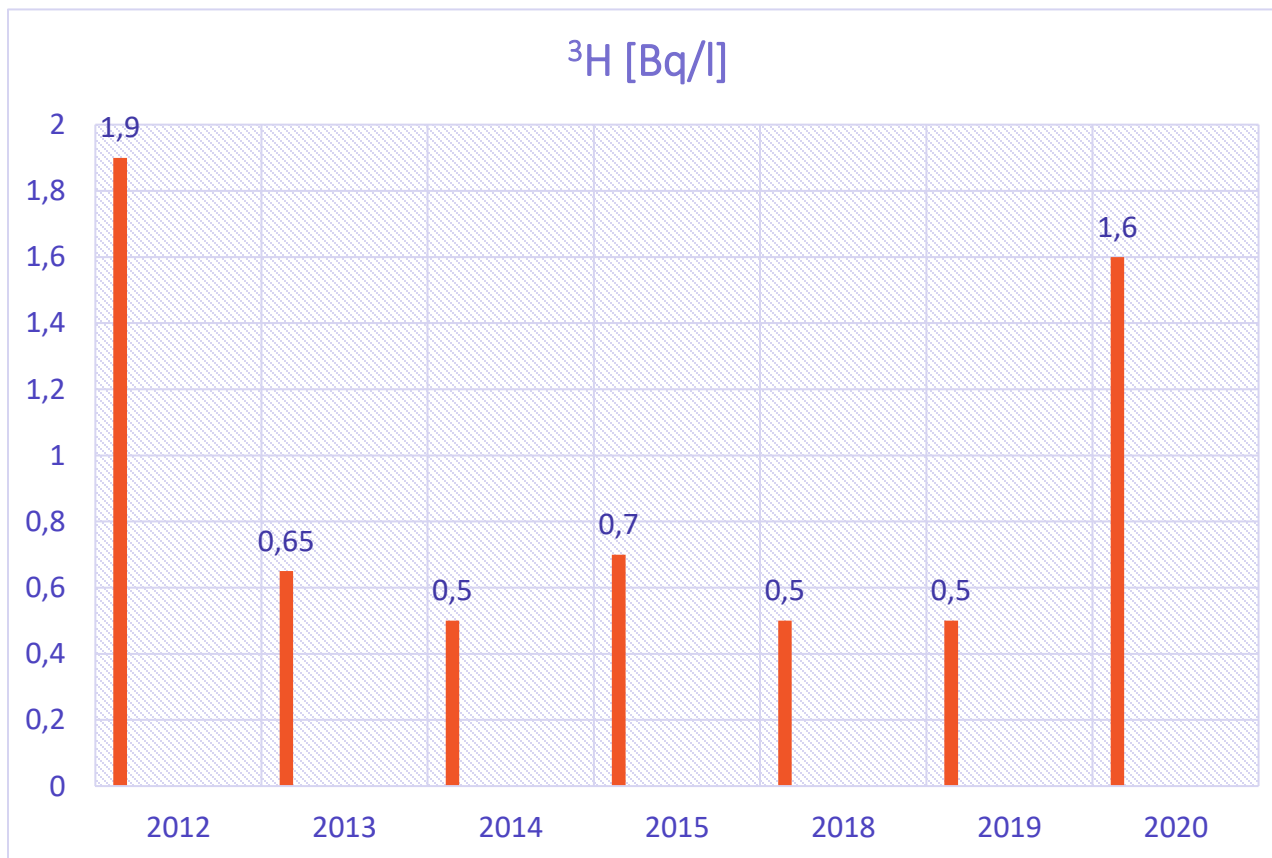
a) Wartość \pm całkowita niepewność przy poziomie ufności 95% (k=2).

Badany izotop	Średnia	Zakres
Cs-137	3,23±1,03 mBq/l	1,93 – 4,45mBq/l
Sr-90	2,82±1,25 mBq/l	1,26– 4,36mBq/l
H-3	1,6±0,4 Bq/l	0,9 -2,0 Bq/l
Całkowita promieniotwórczość beta	0,17±0,05 Bq/l	0,10- 0,22 Bq/l

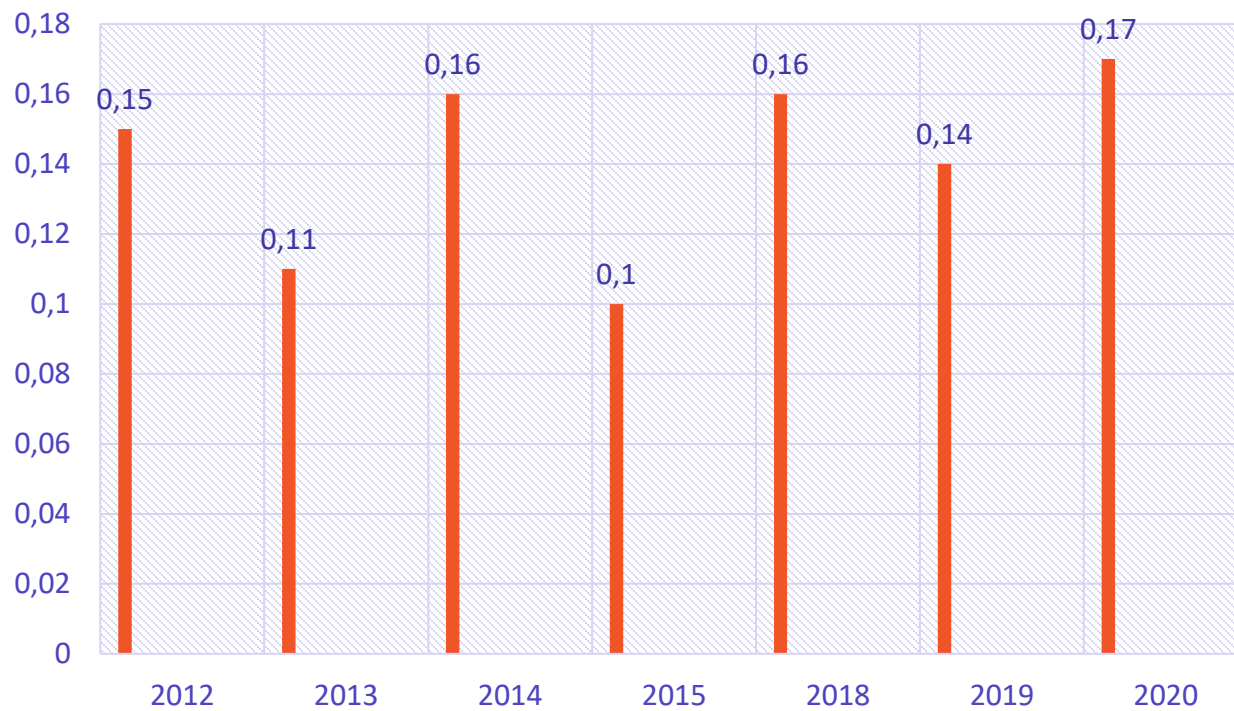
^{137}Cs [mBq/l]







Całkowita promieniotwórczość beta [Bq/l]



Grupa wiekowa	<1 rok	1-10 lat	11-17 lat	Dorośli
^{137}Cs				
Współczynnik przeliczeniowy, [$\mu\text{Sv/Bq}$]	$2,1 \times 10^{-2}$	$1,05 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$
Roczne spożycie wody, [l]	250	350	540	730
Roczne wchłonięcie, [Bq]	$0,81 \pm 0,26^{\text{a}}$	$1,13 \pm 0,36$	$1,74 \pm 0,56$	$2,35 \pm 0,75$
Obciążająca dawka skuteczna, [$\mu\text{Sv/rok}$]	$0,017 \pm 0,005$	$0,012 \pm 0,004$	$0,023 \pm 0,007$	$0,031 \pm 0,010$
^{90}Sr				
Współczynnik przeliczeniowy, [$\mu\text{Sv/Bq}$]	$2,3 \times 10^{-1}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-2}$
Roczne wchłonięcie, [Bq]	$0,71 \pm 0,31^{\text{a}}$	$0,99 \pm 0,44$	$1,52 \pm 0,67$	$2,06 \pm 0,91$
Obciążająca dawka skuteczna, [$\mu\text{Sv/rok}$]	$0,162 \pm 0,072$	$0,059 \pm 0,026$	$0,122 \pm 0,054$	$0,058 \pm 0,026$

a) Średnia \pm odchylenie standardowe

Dawki od wchłonięć Cs-137 mieszczą się w zakresach od 0,012 do 0,031 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$ co stanowi niewielki procent (0,0012-0,0031%) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 (1mSv/rok).

Od wchłonięć Sr-90 dawki mieszczą się w zakresie od 0,058 do 0,162 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$ co stanowi 0,0058% - 0,0162% dawki granicznej.

Otrzymane wyniki wskazują, że dawki te są zanedbywalnie małe a wody wodociągowe we wszystkich badanych miastach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r.

Dziękuję za uwagę!
