

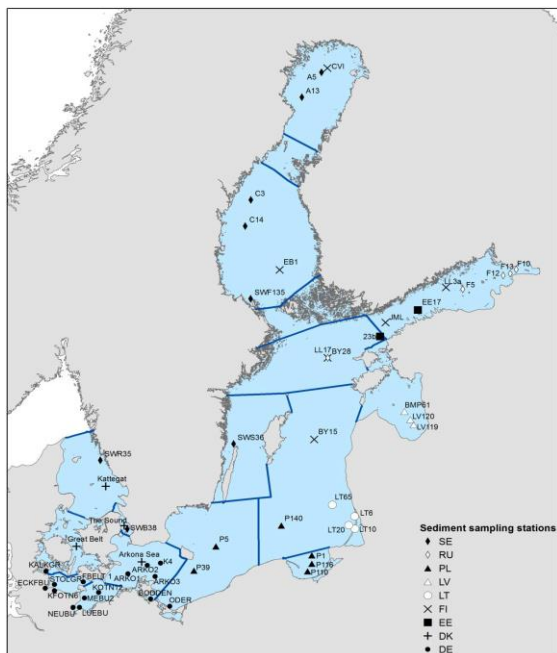


**Pomiary skażeń promieniotwórczych  
w próbkach wody, osadów dennych i w rybach  
w ramach prowadzonego monitoringu  
skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego**

---

*M. Suplińska, M. Krdaś, K. Wiatr, A. Fulara, K. Pachocki*

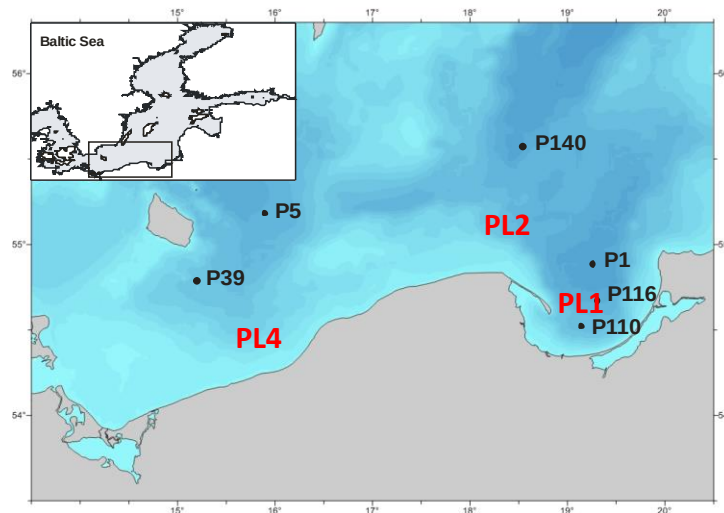
**PRACA WYKONANA ZGODNIE Z UMOWĄ Z PAA NR 12/OR/2020/133**



**Badania prowadzone zgodnie z wymaganiami PAA:**

- Rekomendacja HELCOM 26/3
- oraz oznaczenia:  
 $^{90}\text{Sr}$  w osadach dennych  
 $^3\text{H}$  i  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie

**Prace związane z monitoringiem Morza Bałtyckiego pod auspicjami HELCOM prowadzone są w CLOR od roku 1985.**



# POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W WODZIE MORSKIEJ

Oznaczenia wykonano w próbkach wody z warstwy powierzchniowej oraz przydennej



1.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  - spektrometria gamma
2.  $^{226}\text{Ra}$  - metoda emanacyjna, poprzez pomiar aktywności alfa radonu i jego krótkożyciowych produktów rozpadu metodą scyntylacyjną
3.  $^3\text{H}$  - metodę polegającą na elektrolitycznym ilościowym wzbogaceniu trytu w próbkach, destylacji koncentratów i pomiarze ich radioaktywności za pomocą spektrometrii ciekło-scyntylacyjnej

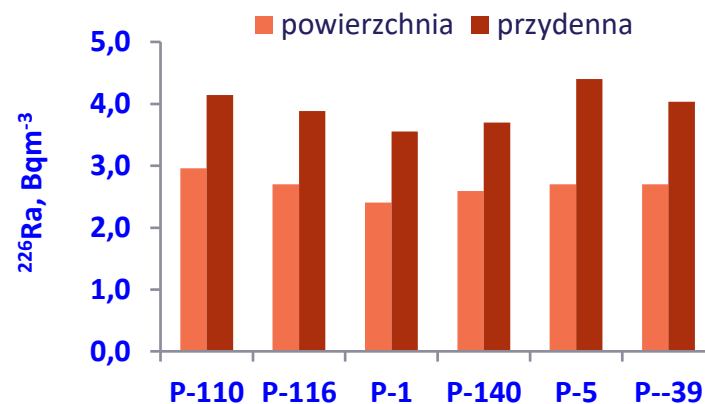
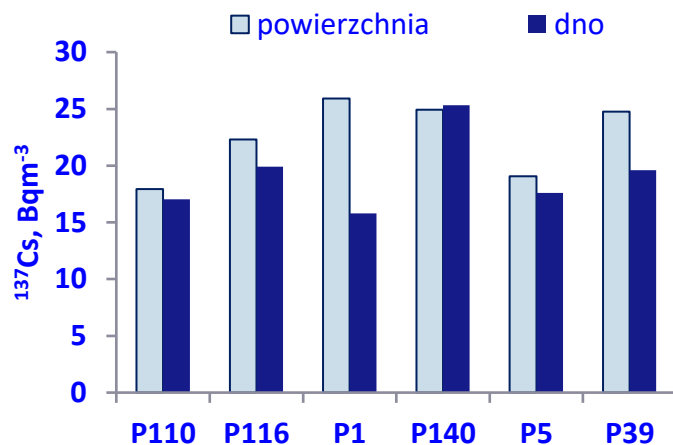
**Tabela 1. Stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  i  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie bałtyckiej w 2020 roku**

| Stacja | Współrzędne geograficzne | Głębokość | Zasolenie | $^{137}\text{Cs}$<br>[Bq m <sup>-3</sup> ] | $^{40}\text{K}$<br>[Bq m <sup>-3</sup> ] | $^{226}\text{Ra}$<br>[Bq m <sup>-3</sup> ] |
|--------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| P-110  | 54°30,0'N<br>19°06,8'E   | 0         | 7,37      | 17,9 ± 7,7                                 | 2748 ± 221                               | 2,96 ± 0,48                                |
|        |                          | 66        | 10,45     | 17,0 ± 6,7                                 | 3733 ± 259                               | 4,14 ± 0,67                                |
| P-116  | 54°39,1'N<br>19°17,6'E   | 0         | 7,47      | 22,3 ± 3,3                                 | 2794 ± 213                               | 2,70 ± 0,48                                |
|        |                          | 84        | 12,25     | 19,9 ± 7,2                                 | 4560 ± 290                               | 3,89 ± 0,56                                |
| P-1    | 54°50,0'N<br>19°19,0'E   | 0         | 7,63      | 25,9 ± 7,6                                 | 2825 ± 230                               | 2,41 ± 0,52                                |
|        |                          | 104       | 12,50     | 15,8 ± 7,4                                 | 4410 ± 280                               | 3,55 ± 0,56                                |
| P-140  | 55°33,3'N<br>18°23,0'E   | 0         | 7,55      | 24,9 ± 3,1                                 | 2685 ± 208                               | 2,59 ± 0,52                                |
|        |                          | 84        | 11,11     | 25,3 ± 6,0                                 | 4082 ± 262                               | 3,70 ± 0,52                                |
| P-5    | 55°14,0'N<br>15°59,0'E   | 0         | 7,28      | 19,1 ± 6,7                                 | 2946 ± 223                               | 2,70 ± 0,52                                |
|        |                          | 83        | 16,63     | 17,6 ± 3,4                                 | 6084 ± 350                               | 4,40 ± 0,59                                |
| P-39   | 54°44,0'N<br>15°08,0'E   | 0         | 7,88      | 24,8 ± 6,8                                 | 2776 ± 217                               | 2,70 ± 0,52                                |
|        |                          | 59        | 13,93     | 19,6 ± 6,1                                 | 4752 ± 294                               | 4,03 ± 0,59                                |

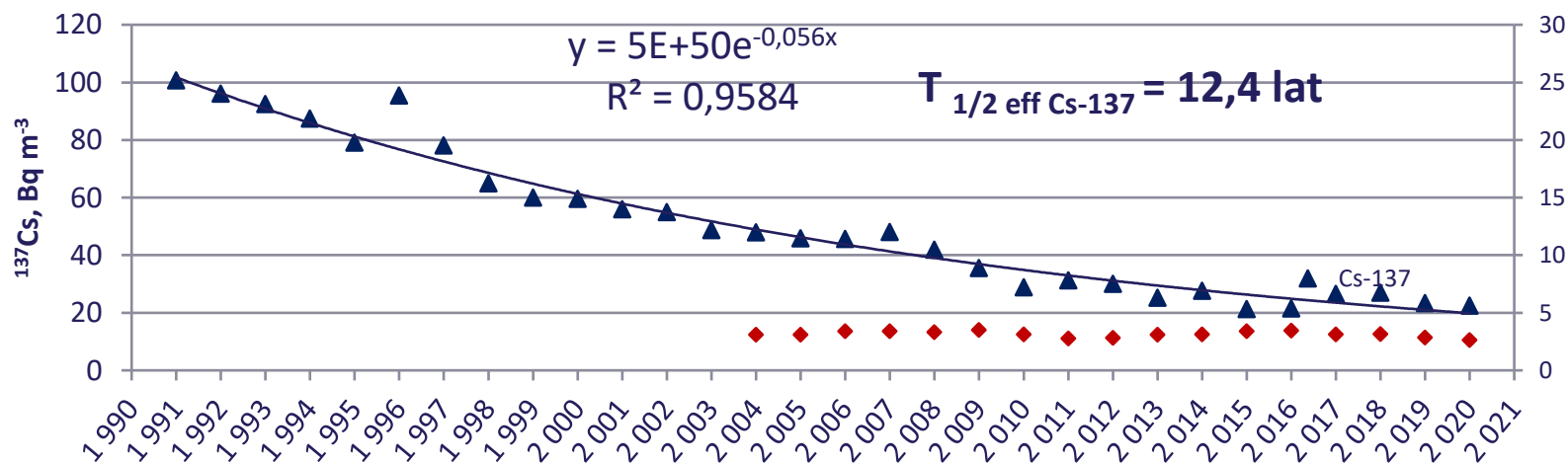
**Tabela 2. Średnie stężenia promieniotwórcze  $^3\text{H}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{226}\text{Ra}$  w próbkach wody z południowego Bałtyku w roku 2020**

|                            | $^3\text{H}$                    | $^{40}\text{K}$                 | $^{137}\text{Cs}$                | $^{226}\text{Ra}$                 |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                            | <b>kBq m<sup>-3</sup></b>       |                                 | <b>Bq m<sup>-3</sup></b>         |                                   |
| <b>Woda powierzchniowa</b> | <b><math>2,6 \pm 0,4</math></b> | <b><math>2,8 \pm 0,1</math></b> | <b><math>22,5 \pm 3,3</math></b> | <b><math>2,68 \pm 0,18</math></b> |
| <b>Woda przydenna</b>      | <b><math>2,2 \pm 0,3</math></b> | <b><math>4,6 \pm 0,8</math></b> | <b><math>19,2 \pm 3,4</math></b> | <b><math>3,95 \pm 0,31</math></b> |

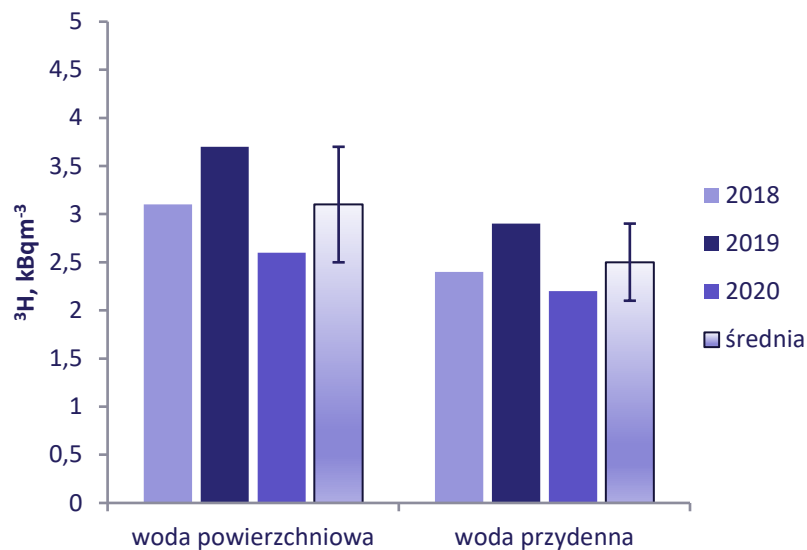
# Stężenia promieniotwórcze $^{137}\text{Cs}$ i $^{226}\text{Ra}$ w wodzie południowego Bałtyku



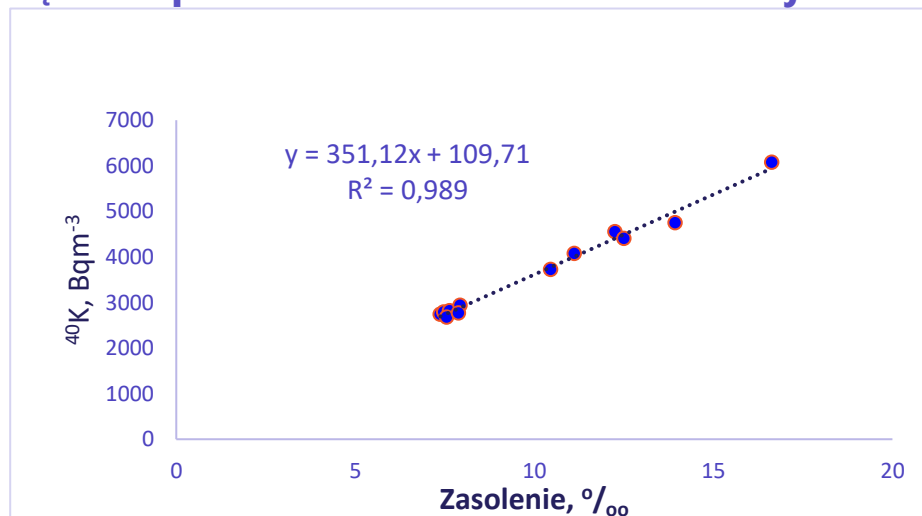
## Średnie stężenia $^{137}\text{Cs}$ i $^{226}\text{Ra}$ w wodzie powierzchniowej w latach 1990-2020



## Stężenie promieniotwórcze $^3\text{H}$ w latach 2018-2020



## Stężenie promieniotwórcze $^{40}\text{K}$ w funkcji zasolenia, 2020 r.



W przypadku  $^{40}\text{K}$  obserwuje się dodatnią korelację pomiędzy zasoleniem i stężeniem.

zasolenie wód obejmowało zakres  $7,28 \div 16,63 \text{ ‰}$ .

stężenia  $^{40}\text{K}$  było w zakresie  $2685 \div 6084 \text{ Bq m}^{-3}$

# Ryby



Tabela 3. Próbkı ryb pobrane w 2020 roku

| Nr próbki | Gatunek | Obszar | Głębokość [m] | Liczba ryb | Zakres długości ryb [cm] |
|-----------|---------|--------|---------------|------------|--------------------------|
| 1         | szprot  | PL1    | 28            | 45         | 11-12                    |
| 2         |         | PL4    | 55            | 45         | 10-12                    |
| 3         |         | PL4    | 49            | 40         | 9-12                     |
| 4         |         | PL2    | 59            | 60         | 9-11                     |
| 5         |         | PL1    | 53            | 55         | 9-11                     |
| 6         | dorsz   | PL2    | 92            | 6          | 25-31                    |
| 7         |         | PL4    | 25            | 5          | 29-30                    |
| 8         |         | PL1    | 72            | 5          | 30-36                    |
| 9         |         | PL4    | 55            | 6          | 27-30                    |
| 10        |         | PL1    | 53            | 6          | 26-31                    |
| 11        | śledź   | PL4    | 25            | 20         | 20-22                    |
| 12        |         | PL2    | 59            | 27         | 16-21                    |
| 13        |         | PL1    | 23            | 20         | 17-22                    |
| 14        |         | PL2    | 65            | 25         | 17-20                    |
| 15        |         | PL1    | 53            | 30         | 17-21                    |
| 16        | stornia | PL4    | 25            | 8          | 26-28                    |
| 17        |         | PL1    | 23            | 9          | 23-28                    |
| 18        |         | PL2    | 92            | 8          | 22-29                    |
| 19        |         | PL1    | 53            | 7          | 24-28                    |
| 20        |         | PL4    | 55            | 7          | 26-30                    |

$^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  - spektrometria gamma

$^{226}\text{Ra}$  - metoda emanacyjna, poprzez pomiar aktywności alfa radonu i jego krótkożyciowych produktów rozpadu metodą scyntylacyjną

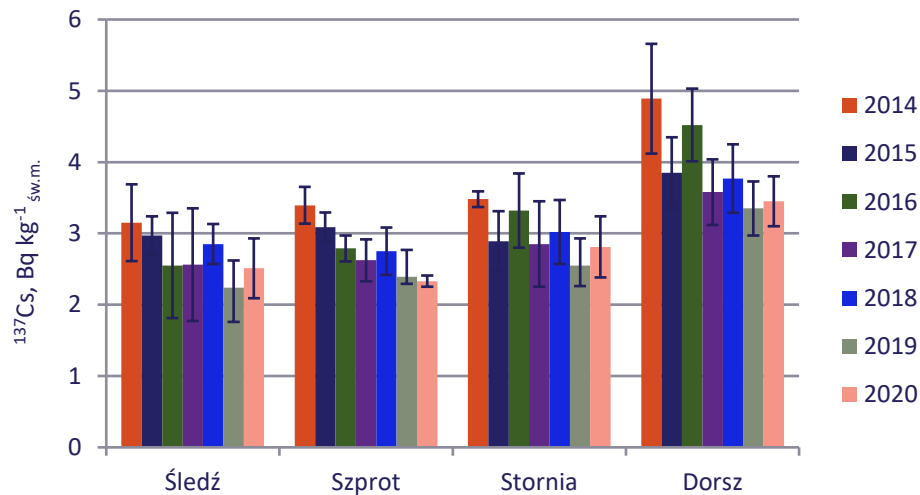
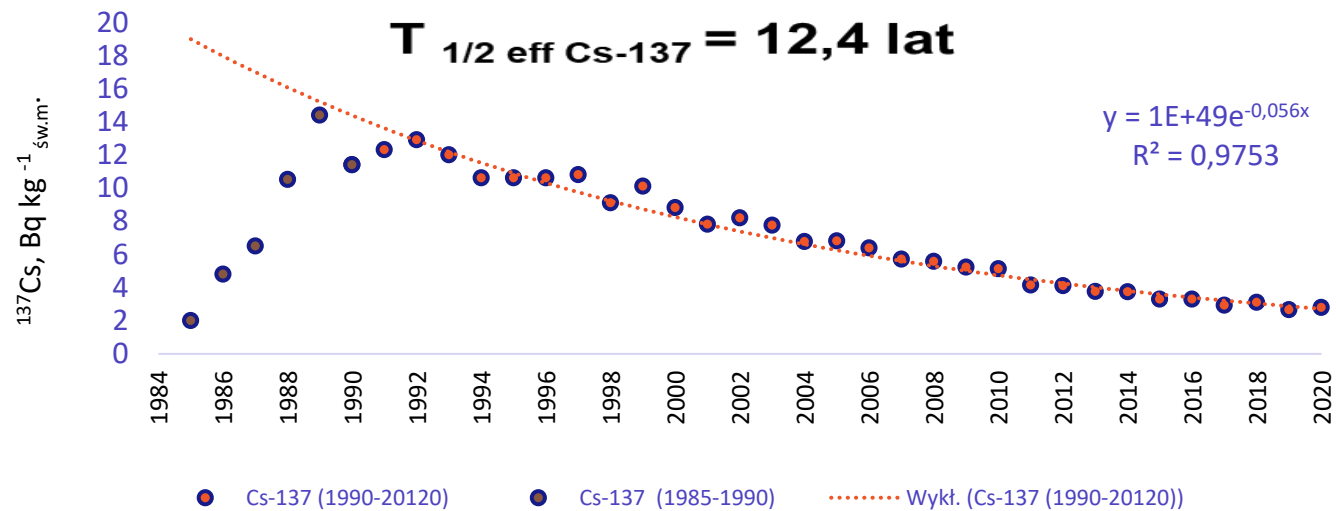
Materiał do badań stanowiło 20 próbek ryb



**Tabela 4. Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  i  $^{226}\text{Ra}$  oraz zakresy ich stężeń w rybach z Bałtyku Południowego, w roku 2020**

| Liczba próbek | Gatunek/<br>Liczba sztuk | Masa próbek [g] | $^{137}\text{Cs}$<br>[Bq kg <sup>-1</sup> św.m] | $^{40}\text{K}$<br>[Bq kg <sup>-1</sup> św.m] | $^{226}\text{Ra}$<br>[Bq kg <sup>-1</sup> św.m] |
|---------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 5             | Szprot<br>215            | 500-620         | $2,33 \pm 0,08$ *<br>2,20 ÷ 2,42                | $111,4 \pm 3,6$<br>107 ÷ 117                  | $0,077 \pm 0,005$<br>0,071 - 0,080              |
| 5             | Dorsz<br>31              | 500-560         | $3,45 \pm 0,35$<br>2,92 ÷ 3,89                  | $121,6 \pm 4,1$<br>118 ÷ 122                  | $0,081 \pm 0,005$<br>0,076-0,090                |
| 5             | Śledź<br>105             | 500-540         | $2,51 \pm 0,42$<br>2,12 ÷ 3,18                  | $127,2 \pm 8,7$<br>112 ÷ 135                  | $0,022 \pm 0,001$<br>0,021 - 0,024              |
| 5             | Stornia<br>52            | 500-510         | $2,81 \pm 0,43$<br>2,25 ÷ 3,34                  | $98,4 \pm 5,7$<br>93,4 ÷ 108                  | $0,064 \pm 0,005$<br>0,058 - 0,061              |
|               | Średnia<br>2020          |                 | $2,78 \pm 0,49$                                 | $114,6 \pm 12,6$                              | $0,061 \pm 0,027$                               |

# Średnie stężenia promieniotwórcze $^{137}\text{Cs}$ w mięsie ryb bałtyckich, 1985-2020



**Średnie stężenia  $^{137}\text{Cs}$   
w czterech gatunkach ryb  
w latach 2014-2020**

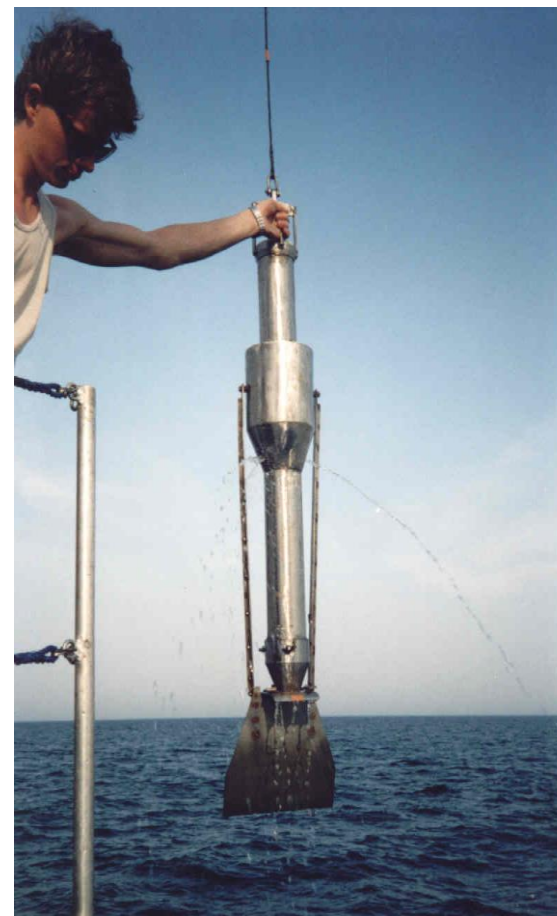
## Oznaczenia wykonywane były w stratyfikowanych próbkach rdzeniowych

W każdej lokalizacji pobierano sześć próbek rdzeniowych, które dzielono na 12 warstw. Próbki z tych samych warstw łączono.

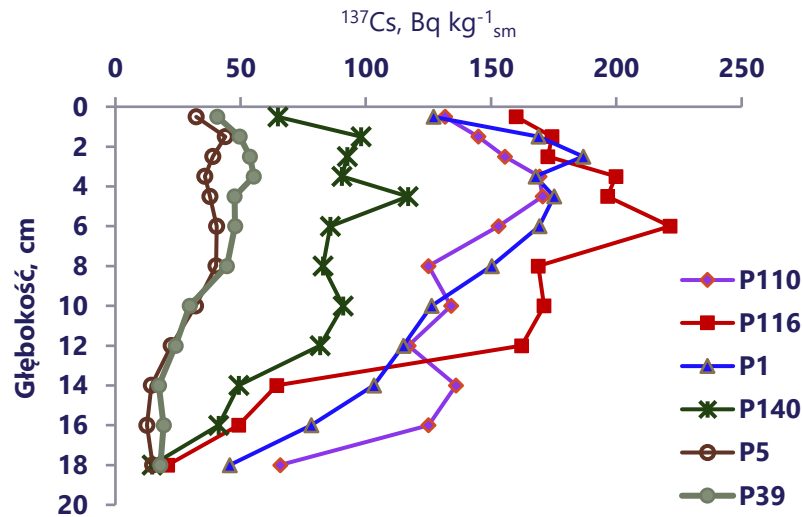
W każdej lokalizacji pobierano także po jednej próbce rdzeniowej bez podziału (warstwa 0-19cm)

Materiał do badań stanowiło 78 próbek osadów dennych.

1.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  - spektrometria gamma
2.  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  - metoda radiochemiczna, z zastosowaniem znacznika  $^{242}\text{Pu}$ . Pomiar aktywności plutonu po jego elektrodepozycji wykonywano metodą spektrometrii alfa
3.  $^{90}\text{Sr}$  - metoda radiochemiczna poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego  $^{90}\text{Y}$ , po ustaleniu równowagi promieniotwórczej  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$



## Rozmieszczenie stężeń promieniotwórczych $^{137}\text{Cs}$ w głębi osadów dennych



Najwyższe stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  w poszczególnych stacjach:

P-110  $171 \pm 12 \text{ Bq kg}^{-1}$  (4-5 cm)

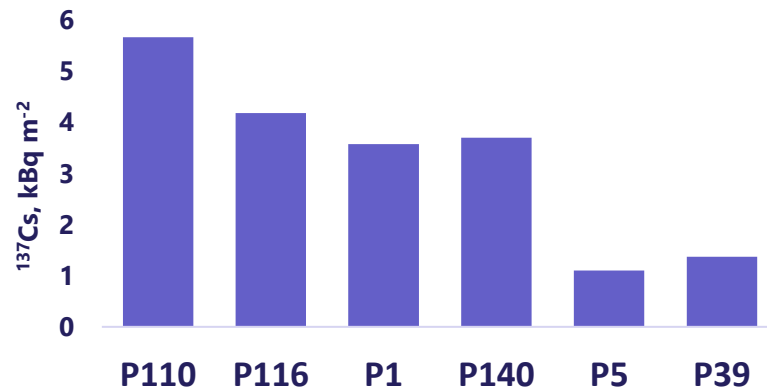
P-116  $211 \pm 12 \text{ Bq kg}^{-1}$  (5-7 cm)

P-1  $187 \pm 14 \text{ Bq kg}^{-1}$  (2-3 cm)

P-140  $117 \pm 10 \text{ Bq kg}^{-1}$  (4-5 cm)

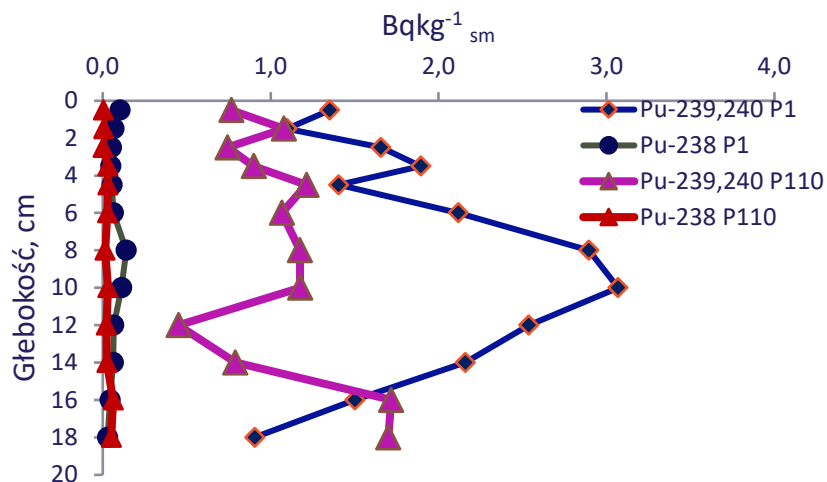
P-5  $43,9 \pm 4,1 \text{ Bq kg}^{-1}$  (1-2 cm)

P-39  $55,2 \pm 3,0 \text{ Bq kg}^{-1}$  (3-4 cm)



Zawartość (depozycja)  $^{137}\text{Cs}$   
w osadach dennych w 2020 roku

# Rozmieszczenie stężeń izotopów plutonu w głąb osadów dennych

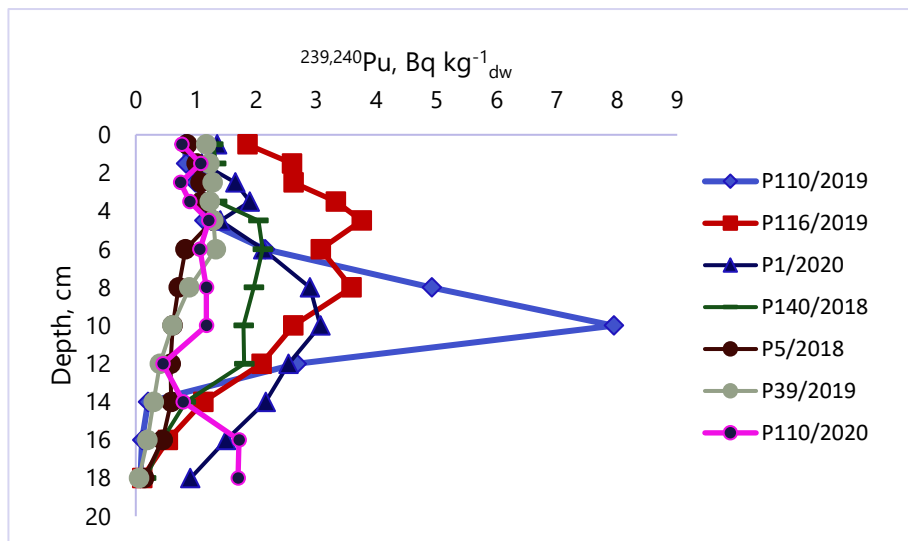


W P 1 obserwuje się maksimum stężenia  $^{239,240}\text{Pu}$   
 $3,07 \pm 0,13 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$  (9-11 cm)

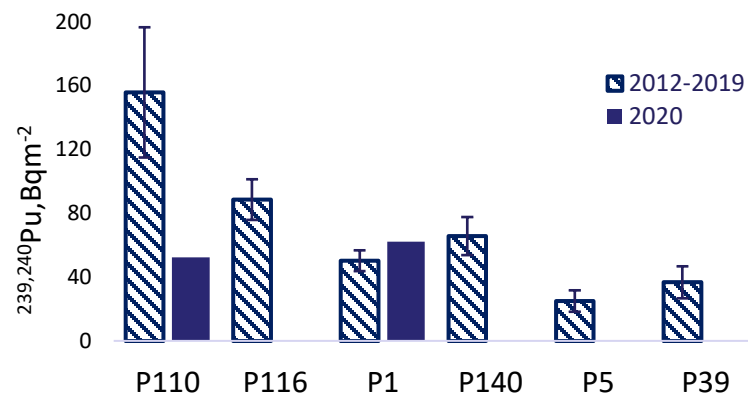
W P 110 maksymalne stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  oznaczono  
 warstwach od 15 cm do 19 cm  
 $1,7 \pm 0,06 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$

Średnie stężenie  $^{238}\text{Pu}$  w warstwach  $0 \div 9 \text{ cm}$  wynosiło  
 w P 1  $0,070 \pm 0,032 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$   
 w P 110  $0,026 \pm 0,018 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$

Stosunek aktywności izotopów  $^{238}\text{Pu} / ^{239,240}\text{Pu}$  wynosił  
 średnio  $0,03 \pm 0,014$



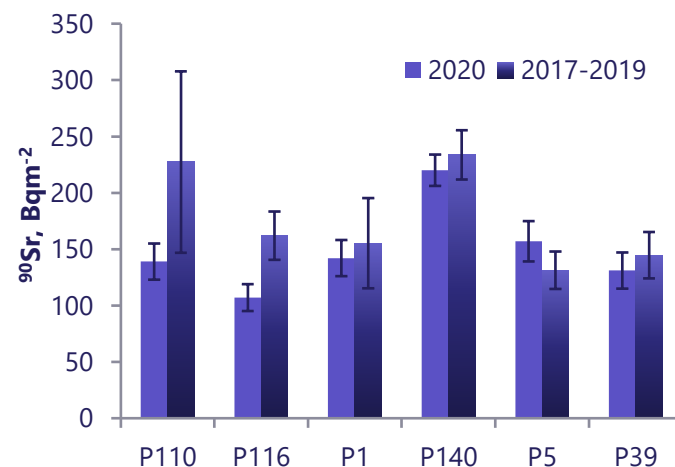
## Zawartość $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych



**Tabela 5. Stężenia promieniotwórcze  $^{90}\text{Sr}$  w osadach dennych oraz stężenia  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239,240}\text{Pu}$  w warstwie 0-19 cm w 2020 roku**

| Punkt poboru                  | $^{90}\text{Sr}$<br>[Bqkg <sup>-1</sup> ]<br>2020 | $^{137}\text{Cs}$<br>[Bqkg <sup>-1</sup> ]<br>2020 | $^{239,240}\text{Pu}$<br>[Bqkg <sup>-1</sup> ]<br>2018-2020 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| P 110<br>Zatoka Gdańska       | $3,82 \pm 0,37$                                   | $125 \pm 2,7$                                      | $1,16 \pm 0,08$                                             |
| P 116<br>Zatoka Gdańska       | $3,66 \pm 0,31$                                   | $120 \pm 3,0$                                      | $1,86 \pm 0,10$                                             |
| P 1<br>Głębia Gdańska         | $4,05 \pm 0,21$                                   | $114 \pm 2,6$                                      | $1,97 \pm 0,12$                                             |
| P 140<br>Basen Gotlandzki     | $3,98 \pm 0,21$                                   | $66,4 \pm 2,4$                                     | $1,27 \pm 0,06$                                             |
| P 5<br>Gołębia<br>Bornholmska | $3,81 \pm 0,36$                                   | $26,4 \pm 1,1$                                     | $0,62 \pm 0,03$                                             |
| P 39<br>Basen<br>Bornholmski  | $3,44 \pm 0,26$                                   | $31,0 \pm 1,3$                                     | $0,47 \pm 0,03$                                             |

**Zawartość  $^{90}\text{Sr}$  w osadach dennych, Bq m<sup>-2</sup>**





## Geochronology of the southern Baltic Sea sediments derived from $^{210}\text{Pb}$ dating

Tamara Zalewska<sup>a,\*</sup>, Paweł Przygodzki<sup>a</sup>, Maria Suplińska<sup>b</sup>, Michał Saniewski<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute, Waszyngtona 42, 81-342, Gdynia, Poland  
<sup>b</sup> Central Laboratory for Radiological Protection, Konwiktowa 7, 03-194, Warsaw, Poland

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
 Geochronology  
 Bottom sediments  
 Southern Baltic sea  
 Maps

### ABSTRACT

Based on the vertical distribution of  $^{210}\text{Pb}$  activity concentrations in bottom sediment, linear accumulation rates (LAR) and mass accumulation rates (MAR) were determined for 31 locations in the southern Baltic Sea region by applying models: Constant Flux Constant Sedimentation Rate (CF-CS) and Constant Rate of Supply (CRS). The dating of sediment layers in selected locations was also carried out. The reliability of the results was verified using radiotracers:  $^{137}\text{Cs}$  and, for the first time,  $^{90}\text{Sr}$ . The results obtained were the basis for the development of maps of continuous distributions of LAR and MAR values in the areas where a particular type of bottom sediments were found: silt-clay, sandy silt, silty sand and mixtures covering the region of the southern Baltic. The maps constitute a tool supporting basic and applied research. Data for marine open areas were supplemented with sediment accumulation rate data for the areas of the Słuszcz Lagoon and the Vistula Lagoon. The linear accumulation rates of bottom sediments of the southern Baltic varied from 0.61 to 3.54  $\text{mm y}^{-1}$  while mass accumulation rates ranged from 390  $\text{g m}^{-2} \text{y}^{-1}$  to 910  $\text{g m}^{-2} \text{y}^{-1}$ , largely reflecting the LAR values.

### 1. Introduction

Marine bottom sediments play a huge role in studies of the marine environment (eg. Szefer et al., 1995; Beldowski and Pempkowiak, 2003; Glasby et al., 2004; Zajaczkowski et al., 2004; Szefer et al., 2009; Hutri et al., 2013; Zaborska, 2014; Zaborska et al., 2014). One of the main pieces of information that can be obtained from sedimentary profiles is the history of environmental change in terms of specific parameters or phenomena. At the same time, to be able to use any information derived from the studies of sediment, the key issue is to determine the rate of sediment accumulation specific to the studied areas. Information on sediment accumulation rate and the age of the sediment is key to understand the dynamics of sediment accumulation and the formation of bottom sediments. (Rubio et al., 2003; Rao and Valiela, 2006; Szmajkiewicz and Zalewska, 2014; Zaborska, 2014). Such information can be used to determine the inflow of chemical substances, with particular emphasis on hazardous substances associated with human activities, and consequently to identify sources of contamination. (Pempkowiak, 1991; de Carvalho Gomes et al., 2009; Diaz-Asencio et al., 2009; Hille et al., 2006; Kading et al., 2009; Mulkow et al., 2009; Li et al., 2012; Brady et al., 2013; Huang et al., 2014; Zalewska et al., 2015). Information on

the rate of sediment layer formation is also crucial to the strategy of monitoring the marine environment and assessing contaminants deposited in bottom sediments. Sediment accumulation rate data also allows us to assess when we will observe the effects of decreases in environmental contaminants following the implementation of mitigating actions to improve the environment. An example may be actions resulting directly from regional conventions such as the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area (Helsinki Convention) and developed the Baltic Sea Action Plan (HELCOM, 2007a). Other activities result from the need to implement legal acts in force in the European Union, such as the Marine Strategy Framework Directive (Directive of the European Parliament and of the Council, 2008/56/EC of June 17, 2008 establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy).

Sediments begin to accumulate following the transportation of suspended matter to the bottom of the sea floor. Deposits include both material of biological origin (including products of marine organism decomposition, zooplankton, phytoplankton, fungi, bacteria) and mineral material (various types of mineral particles originating from eroded rocks, atmospheric dusts, cosmic dusts, volcanic dusts as well as the bed load carried by rivers into the sea). The speed at which the sediment

\* Corresponding author.

E-mail address: [tamara.zalewska@imgw.pl](mailto:tamara.zalewska@imgw.pl) (T. Zalewska).

<https://doi.org/10.1016/j.quageo.2019.101039>

Received 17 April 2019; Received in revised form 13 November 2019; Accepted 13 November 2019

Available online 19 November 2019

1871-1014/© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.



Dziękuję za uwagę