

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 2.1. Monitoring skażeń promieniotwórczych powodowanych
działalnością górniczą (wody i osady)

RAPORT KWARTALNY 2.1.4.

za okres 01.10.2024 – 31.12.2024

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Jan Bondaruk
Z-ca Dyrektora
ds. Inżynierii Środowiska

dr hab. inż. Michał Bonczyk,
prof. GIG-PIB
Kierownik Zadania

Zawartość raportu:

1. Opis metodyki badań
2. Obszar prowadzenia badań
3. Wyniki pomiarów
4. Podsumowanie

Załączniki:

1. Kopia protokołów pobrania próbek

GIG-PIB

1. Opis metodyki badań

Zgodnie z §3 ust. 7 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. poz. 1579 w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego, do zadań Instytutu należy monitorowanie skażeń promieniotwórczych powodowanych działalnością górniczą.

W ramach tego zadania, wykonywany jest regularny pobór próbek wody i osadu w miejscach zrzutu wody kopalnianej. Dodatkowo, pobierane są próbki wody przed i za zrzutem.

Próbki wody są pobierane zgodnie z wymaganiami normy PN-ISO 5667-6:2016-12 Jakość wody. Pobieranie próbek, część 6. Próbki osadów będą pobierane zgodnie z PN-EN ISO 5667-1:2023-10.

Próbki wody są przekazywane do badania zawartości izotopów radu (^{226}Ra oraz ^{228}Ra) metodą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej zgodnie z wewnętrzną akredytowaną procedurą badawczą SCR/ZLGIG/1-002 wyd. 7 z 25.08.2023. Próbki poddawane są preparatyce radiochemicznej, dedykowanej do oznaczania izotopów radu. Separacja chemiczna obejmuje następujące etapy:

- współstrącenie BaRaSO_4 ,
- separacja od interferującego ^{210}Pb poprzez skompleksowanie w amoniakalnym roztworze EDTA,
- przygotowanie źródła promieniotwórczego w roztworze ciekłego scyntylatora InstaGel,
- pomiar za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej (ultraniskotłowy licznik Quantulus).

Próbki osadu pobrane w miejscu zrzutu są przekazywane do badania zawartości izotopów radu (^{226}Ra oraz ^{228}Ra), metodą spektrometrii promieniowania gamma, zgodnie z wewnętrzną akredytowaną procedurą badawczą SCR/ZLGIG/2-004 wyd. 8 z 25.08.2023.

Pomiary wykonywano za pomocą spektrometrów promieniowania gamma - HPGe (High Purity Germanium), chłodzonych ciekłym azotem (LN2). Rodzaje detektorów używane do pomiarów: HPGe koaksjalny 30%, BEGe planarny 50%, XtRa koaksjalny 40%, BEGe planarny 35%, HPGe wnękowy 35%.

Kalibrację energetyczną i wydajnościową przeprowadzono z użyciem źródła multi-gamma zawierającego izotopy emitujące linie gamma w szerokim zakresie (46 – 2000 keV). Źródło to przygotowano przy użyciu materiałów odniesienia (RM) zawierających naturalne radionuklidy – RGU-1, RGTh-1 i RGK-1, dostarczonych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (IAEA - International Atomic Energy Agency). Kalibracyjne wyznaczono przy użyciu oprogramowania Canberra Genie 2000. Niepewności oszacowano na podstawie statystyki zliczeń i podano z błędem 2σ .

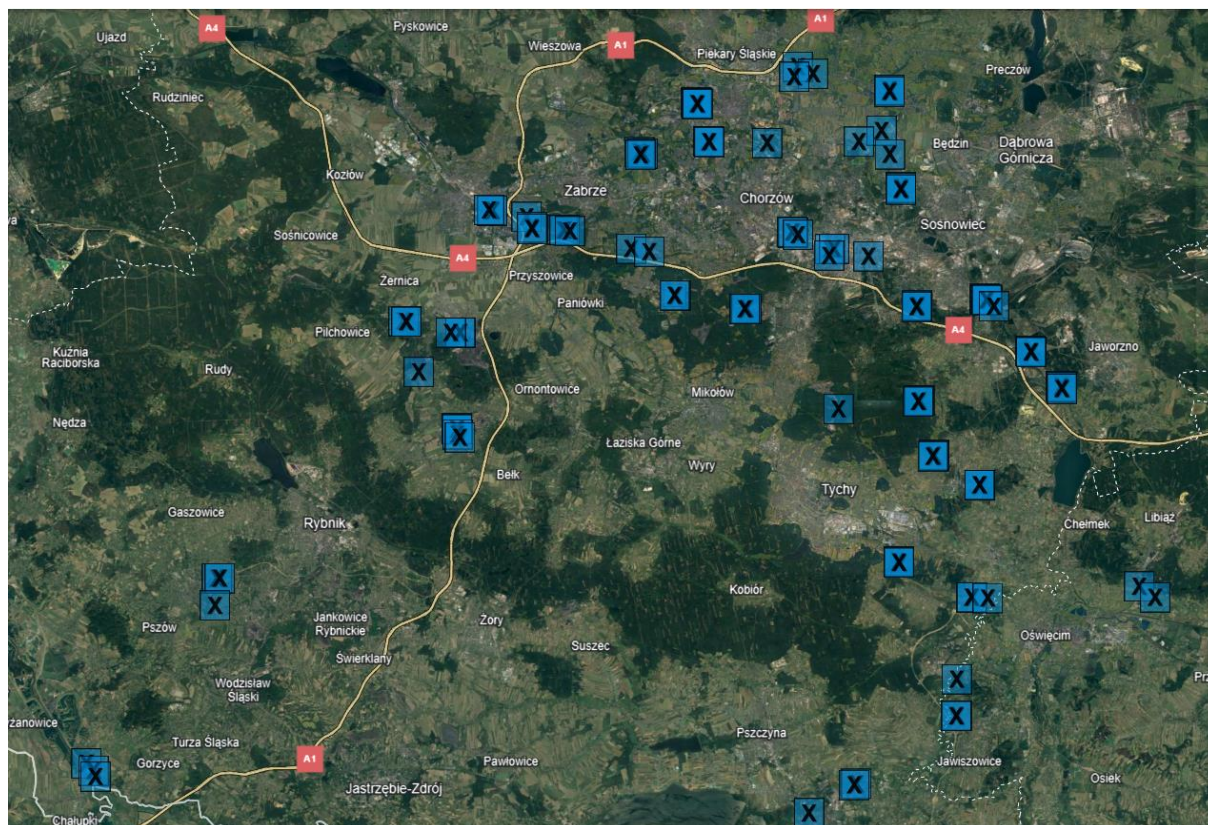
Stężenia aktywności izotopów ^{226}Ra i ^{228}Ra określono przy użyciu następujących linii energetycznych: ^{226}Ra (186, 351, 609 keV) i ^{228}Ra (911 keV).

2. Obszar prowadzenia badań



Rys. 1. Orientacyjny obszar prowadzenia monitoringu

Zidentyfikowano i potwierdzono 37 zrzutów wody kopalnianej do rzek znajdujących się w województwie śląskim i małopolskim.



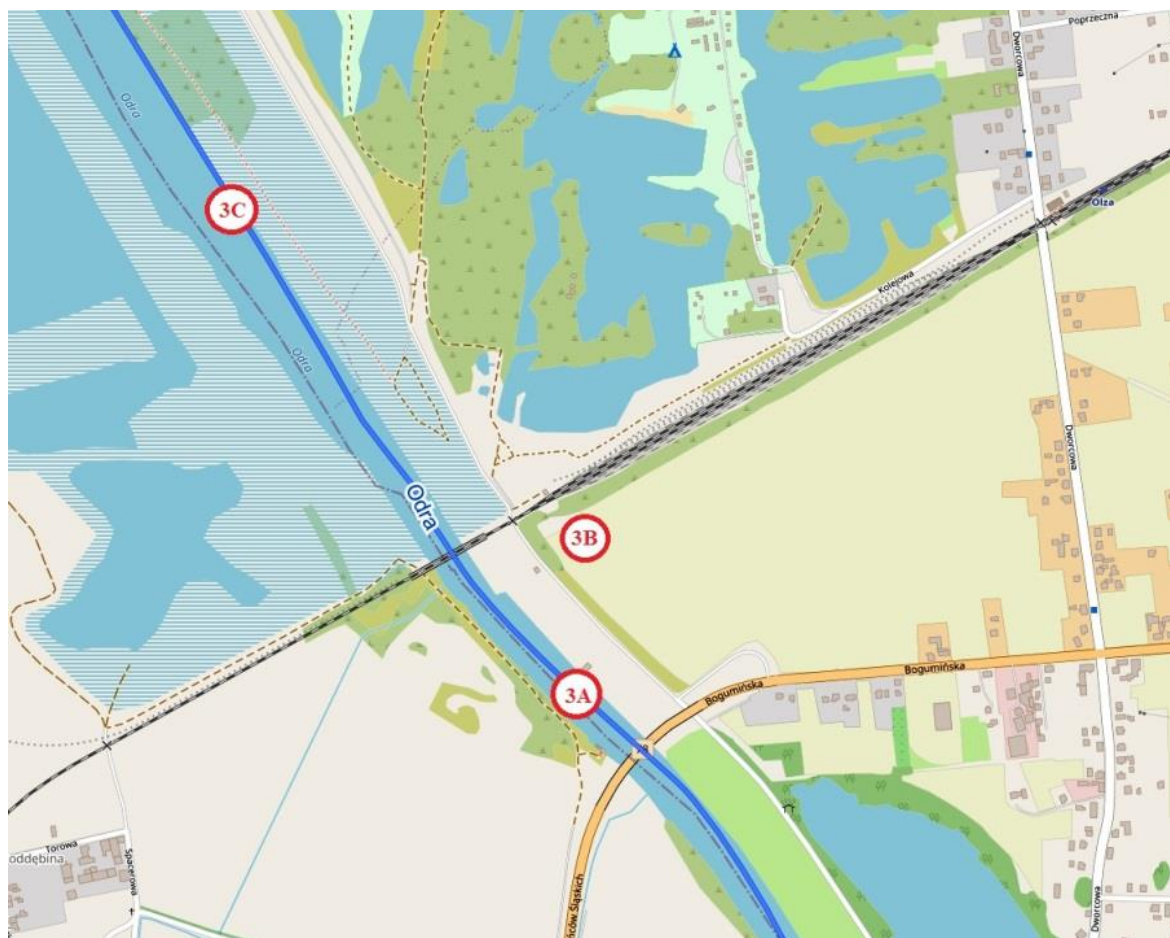
Rys. 2. Lokalizacja 37 zrzutów wody kopalnianej w województwie śląskim i małopolskim, z których pobierane były próbki w 3. kwartale 2024

W ramach prowadzonego monitoringu początkowo zidentyfikowano 39 punktów zrzutu podziemnych wód kopalnianych. Dwa, zidentyfikowane na podstawie map, punkty okazały się być nieaktywne, co w praktyce oznacza, że kopalnia już od dłuższego czasu nie prowadzi zrzutu w tej lokalizacji (np. punkt w Knurowie).

Wody dołowe za pomocą systemów odwadniania pompowane są na powierzchnię, a następnie poprzez cieki wodne lub niewielkie rzeki trafiają do zlewni dwóch największych polskich rzek, mianowicie Wisły i Odry. Zgodnie z założeniami monitoringu, do badań pobierano próbki wody dołowej oraz próbki wód powierzchniowych z rzek lub potoków w pobliżu punktu zrzutu. W celu łatwiejszej identyfikacji próbek wprowadzono następujący sposób kodowania: 1A, 1B, 1C, 2A, 2B itd., Liczba odnosi się do konkretnego punktu zrzutu, natomiast poszczególne litery oznaczają odpowiednio:

- A – próbka wody pobrana z rzeki powyżej punktu zrzutu,
- B – próbka wody zrzutowej,
- C – próbka wody pobrana poniżej punktu zrzutu.

Na poniższym rysunku przedstawiono schematycznie miejsca oraz sposób kodowania próbek na przykładzie punktu nr 3.



Rys. 3 Schemat kodowania próbek w punkcie zrzutu oznaczonym jako 3.

Ostatecznie po weryfikacji w terenie okazało się, że wody dołowe są zrucane do wód powierzchniowych w 37 punktach. Niestety nie w każdej lokalizacji udało się pobrać próbki zgodnie z założeniami (tzn. próbka wody powierzchniowej powyżej zrzutu, zrzut oraz próbka wody poniżej zrzutu). W punkcie oznaczonym jako 5 woda dołowa pompowana jest na powierzchnię, a następnie betonowym korytem wprowadzana ponownie do rurociągu biegnącego pod powierzchnią ziemi. Stąd nie było możliwości poboru wody poniżej ani powyżej punktu zrzutu.

W kilku miejscach woda dołowa odprowadzana na powierzchnię stanowi początek cieku, co z kolei uniemożliwiło pobranie próbki wody powierzchniowej powyżej punktu zrzutu (np. punkt 23).

W punkcie 24 woda dołowa zrucana jest do osadnika powierzchniowego, z którego odprowadzana jest za pomocą cieku Kopalniówka, a więc nie było możliwości pobrania wody powyżej punktu zrzutu. Ogółem, do analizy pobrano i przebadano 104 próbki wody.

Dodatkowo, powyżej i poniżej punktu rzutu wód dołowych pobierano osady z dna rzeki, cieklu wodnego lub potoków. W okolicy kilku punktów zrzutu okazało się, że dno rzeki lub cieklu wodnego jest wybetonowane co uniemożliwiło pobranie próbki osadu (np. punkt 12). Osadów również nie pobrano tam, gdzie wody dołowe stanowiły początek cieklu wodnego lub były odprowadzane do osadników powierzchniowych (np. punkt 23 lub 24). Ogółem do analizy pobrano i przebadano 68 próbek osadów.

Tabela 1 Wykaz punktów poboru wody i osadów

| Nr punktu | Opis | Współrzędne N | Współrzędne E | Data poboru | Uwagi |
|-----------|--|---------------|---------------|-------------|------------------------------|
| 1a | Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Saturn | 50.3006 | 19.07198 | 22.08.2024 | |
| 1b | Zrzut SRK CZOK Saturn | 50.29985 | 19.07188 | 22.08.2024 | |
| 1c | Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Saturn | 50.29915 | 19.0717 | 22.08.2024 | |
| 2a | Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Siemianowice | 50.3340 | 19.05404 | 11.09.2024 | |
| 2b | Zrzut SRK CZOK Siemianowice | 50.32748 | 19.033 | 11.09.2024 | |
| 2c | Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Siemianowice | 50.32003 | 19.06165 | 11.09.2024 | |
| 3a | Wielonka powyżej zrzutu SRK CZOK Grodziec | 50.35820 | 19.06145 | 26.09.2024 | |
| 3b | Zrzut SRK CZOK Grodziec | 50.35778 | 19.06181 | 26.09.2024 | |
| 3c | Wielonka poniżej zrzutu SRK CZOK Grodziec | 50.35699 | 19.06166 | 26.09.2024 | |
| 4a | Brynica powyżej zrzutu SRK CZOK Bolko | 50.37201 | 18.9767 | 26.09.2024 | |
| 4b | Zrzut SRK CZOK Bolko | 50.36602 | 18.97345 | 26.09.2024 | |
| 4c | Brynica poniżej zrzutu SRK CZOK Bolko | 50.36769 | 18.99071 | 26.09.2024 | |
| 5b | Zrzut SRK CZOK Chorzów | 50.32692 | 18.94807 | 26.09.2024 | |
| 6a | Rawa powyżej zrzutu SRK CZOK Kleofas | 50.27421 | 18.97098 | 26.09.2024 | brak osadu - betonowe koryto |
| 6b | Zrzut SRK CZOK Kleofas | 50.27396 | 18.97187 | 26.09.2024 | |
| 6c | Rawa poniżej zrzutu SRK CZOK Kleofas | 50.27268 | 18.9763 | 26.09.2024 | |
| 7a | Kłodnica powyżej zrzutu SRK CZOK Śląsk | 50.22909 | 18.92838 | 26.09.2024 | |
| 7b | Zrzut SRK CZOK Śląsk | 50.22903 | 18.92773 | 26.09.2024 | |

| Nr punktu | Opis | Współrzędne N | Współrzędne E | Data poboru | Uwagi |
|-----------|---|---------------|---------------|-------------|-------|
| 7c | Kłodnica poniżej zrzutu SRK CZOK Śląsk | 50.22892 | 18.92686 | 26.09.2024 | |
| 8a | Kłodnica powyżej zrzutu PGG RUDA Halemba | 50.23676 | 18.86416 | 26.09.2024 | |
| 8b | zrzut PGG RUDA Halemba | 50.23703 | 18.86284 | 26.09.2024 | |
| 8c | Kłodnica poniżej zrzutu PGG RUDA Halemba | 50.23699 | 18.86195 | 26.09.2024 | |
| 9a | Potok Bielszowicki powyżej kopalni PGG RUDA Bielszowice | 50.26281 | 18.83878 | 26.09.2024 | |
| 9b | Zrzut PGG RUDA Bielszowice | 50.26297 | 18.83192 | 26.09.2024 | |
| 9c | Potok Bielszowicki poniżej kopalni PGG RUDA Bielszowice | 50.26470 | 18.82208 | 26.09.2024 | |
| 10a | Kłodnica powyżej zrzutu SRK CZOK Gliwice | 50.28730 | 18.69383 | 31.07.2024 | |
| 10b | Zrzut SRK CZOK Gliwice | 50.28737 | 18.69313 | 31.07.2024 | |
| 10c | Kłodnica poniżej zrzutu SRK CZOK Gliwice | 50.28766 | 18.69079 | 31.07.2024 | |
| 11a | Czarniawka powyżej zrzutu SRK CZOK Makoszowy | 50.27514 | 18.76551 | 31.07.2024 | |
| 11b | Zrzut SRK CZOK Makoszowy | 50.27572 | 18.76051 | 31.07.2024 | |
| 11c | Czarniawka poniżej zrzutu SRK CZOK Makoszowy | 50.27590 | 18.75878 | 31.07.2024 | |
| 2b1 | Zrzut PGG Ziemowit3 | 50.12442 | 19.14264 | 11.09.2024 | |
| 2b2 | Zrzut PGG Ziemowit2 | 50.12436 | 19.14267 | 11.09.2024 | |
| 12c | Potok Goławiecki poniżej zrzutów 2 i 3 PGG Ziemowit | 50.12433 | 19.14279 | 05.08.2024 | |
| 13a | Gostynia powyżej zrzutu PGG Piast | 50.05794 | 19.13460 | 05.08.2024 | |
| 13b | Zrzut PGG Piast | 50.05796 | 19.13503 | 05.08.2024 | |
| 13c | Gostynia poniżej zrzutu PGG Piast | 50.05739 | 19.14983 | 05.08.2024 | |
| 14a | Gostynia powyżej zrzutu PGG Bolesław Śmiały | 50.07941 | 19.06778 | 05.08.2024 | |
| 14b | Zrzut PGG Bolesław Śmiały | 50.07921 | 19.06783 | 05.08.2024 | |

| Nr punktu | Opis | Współrzędne N | Współrzędne E | Data poboru | Uwagi |
|-----------|---|---------------|---------------|-------------|-------|
| 14c | Gostynia poniżej zrzutu PGG Bolesław Śmiały | 50.07865 | 19.0683 | 05.08.2024 | |
| 15a | Przyrwa powyżej zrzutu PGG Ziemowit | 50.14234 | 19.10095 | 05.08.2024 | |
| 15b | Zrzut PGG Ziemowit1 | 50.14193 | 19.1007 | 05.08.2024 | |
| 15c | Przyrwa poniżej zrzutu PGG Ziemowit | 50.1414 | 19.09979 | 05.08.2024 | |
| 16a | Przemsza powyżej zrzutu ZG Sobieski | 50.18241 | 19.2189 | 05.08.2024 | |
| 16b | Zrzut ZG Sobieski | 50.18168 | 19.21942 | 05.08.2024 | |
| 16c | Przemsza poniżej zrzutu ZG Sobieski | 50.18081 | 19.21969 | 05.08.2024 | |
| 17a | Odra powyżej zrzutu PGWiR Olza | 49.95214 | 18.32917 | 12.08.2024 | |
| 17b | Zrzut PGWiR Olza | 49.95569 | 18.32741 | 12.08.2024 | |
| 17c | Odra poniżej zrzutu PGWiR Olza | 49.95994 | 18.32083 | 12.08.2024 | |
| 18a | Nacyna powyżej zrzutu PGG ROW Rydułtowy | 50.05371 | 18.43873 | 12.08.2024 | |
| 18b | Zrzut PGG ROW Rydułtowy | 50.06981 | 18.44058 | 12.08.2024 | |
| 18c | Nacyna poniżej zrzutu PGG ROW Rydułtowy | 50.06986 | 18.44305 | 12.08.2024 | |
| 19a | Bolina powyżej zrzutu PGG Murcki-Staszic | 50.22978 | 19.08557 | 22.08.2024 | |
| 19b | Zrzut PGG MurckiStaszic | 50.23031 | 19.08597 | 22.08.2024 | |
| 19c | Bolina poniżej zrzutu PGG Murcki-Staszic | 50.2305 | 19.08627 | 22.08.2024 | |
| 20a | Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Mysłowice-Wesoła | 50.23456 | 19.14883 | 22.08.2024 | |
| 20b | Zrzut SRK CZOK Mysłowice-Wesoła | 50.23398 | 19.14967 | 22.08.2024 | |
| 20c | Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Mysłowice-Wesoła | 50.23367 | 19.15048 | 22.08.2024 | |
| 21a | Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Niwka | 50.23369 | 19.15048 | 22.08.2024 | |
| 21b | Zrzut SRK CZOK Niwka | 50.23335 | 19.1511 | 22.08.2024 | |
| 21c | Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Niwka | 50.22979 | 19.15712 | 22.08.2024 | |

| Nr punktu | Opis | Współrzędne N | Współrzędne E | Data poboru | Uwagi |
|-----------|--|---------------|---------------|-------------|-------|
| 22a | Przemsza powyżej zrzutu SRK CZOK Jan Kanty | 50.20335 | 19.19078 | 22.08.2024 | |
| 22b | Zrzut SRK CZOK Jan Kanty | 50.20296 | 19.19112 | 22.08.2024 | |
| 22c | Przemsza poniżej zrzutu SRK CZOK Jan Kanty | 50.20257 | 19.19118 | 22.08.2024 | |
| 23b | Zrzut SRK CZOK Boże Dary | 50.16963 | 19.01296 | 22.08.2024 | |
| 24b | Zrzut ZG Janina | 50.063632 | 19.289719 | 26.08.2024 | |
| 24c | Kopalniówka poniżej zrzutu ZG Janina | 50.05702 | 19.30431 | 26.08.2024 | |
| 25a | Wisła powyżej zrzutu ZG Brzeszcze | 49.98777 | 19.12017 | 26.08.2024 | |
| 25b | Zrzut ZG Brzeszcze | 49.98824 | 19.1207 | 26.08.2024 | |
| 25c | Wisła poniżej zrzutu ZG Brzeszcze | 50.00956 | 19.12082 | 26.08.2024 | |
| 26a | Wisła powyżej zrzutu PG Silesia | 49.93087 | 18.98442 | 26.08.2024 | |
| 26b | Zrzut PG Silesia | 49.94743 | 19.02609 | 26.08.2024 | |
| 26c | Wisła poniżej zrzutu PG Silesia | 49.94806 | 19.02804 | 26.08.2024 | |
| 27a | Bierawka powyżej zrzutu PGWiR ZO Dębieńsko | 50.15327 | 18.66403 | 11.09.2024 | |
| 27b | Zrzut PGWiR ZO Dębieńsko | 50.15514 | 18.66158 | 11.09.2024 | |
| 27c | Bierawka poniżej zrzutu PGWiR ZO Dębieńsko | 50.15801 | 18.66137 | 11.09.2024 | |
| 28a | Bierawka powyżej zrzutu SRK CZOK Dębieńsko | 50.15809 | 18.66129 | 11.09.2024 | |
| 28b | Zrzut SRK CZOK Dębieńsko | 50.15823 | 18.66121 | 11.09.2024 | |
| 28c | Bierawka poniżej zrzutu SRK CZOK Dębieńsko | 50.15882 | 18.66062 | 11.09.2024 | |
| 29a | Bierawka powyżej zrzutu JSW Knurów 1 | 50.22154 | 18.61447 | 11.09.2024 | |
| 29b | Zrzut JSW Knurów 1 | 50.22166 | 18.61406 | 11.09.2024 | |
| 29c | Bierawka poniżej zrzutu JSW Knurów 1 | 50.22206 | 18.61182 | 11.09.2024 | |
| 30a | Bierawka powyżej zrzutu JSW Knurów 2 | 50.21518 | 18.66408 | 11.09.2024 | |
| 30b | Zrzut JSW Knurów 2 | 50.21508 | 18.66416 | 11.09.2024 | |
| 30c | Bierawka poniżej zrzutu JSW Knurów 2 | 50.21521 | 18.65539 | 11.09.2024 | |

| Nr punktu | Opis | Współrzędne N | Współrzędne E | Data poboru | Uwagi |
|-----------|--|---------------|---------------|-------------|------------------------------|
| 31a | Kłodnica powyżej zrzutu PGG Sośnica | 50.27654 | 18.73052 | 11.09.2024 | |
| 31b | Zrzut PGG Sośnica | 50.27749 | 18.73018 | 11.09.2024 | |
| 31c | Kłodnica poniżej zrzutu PGG Sośnica | 50.28355 | 18.7255 | 11.09.2024 | |
| 32a | Pstrąжник powyżej zrzutu PGG Wesoła | 50.17443 | 19.08768 | 11.09.2024 | |
| 32b | Zrzut PGG Wesoła | 50.17424 | 19.08739 | 11.09.2024 | |
| 32c | Pstrąжник powyżej zrzutu PGG Wesoła | 50.17379 | 19.00562 | 11.09.2024 | |
| 33a | Rawa powyżej zrzutu PGG Murcki-Staszic 3 | 50.26419 | 19.00562 | 11.09.2024 | |
| 33b | Zrzut PGG Murcki-Staszic 3 | 50.26026 | 19.00498 | 11.09.2024 | |
| 33c | Rawa poniżej zrzutu PGG Murcki-Staszic 3 | 50.26427 | 19.00957 | 11.09.2024 | brak osadu - betonowe koryto |
| 34a | Bytomka powyżej zrzutu SRK CZOK Pstrowski | 50.32091 | 18.83273 | 19.09.2024 | |
| 34b | Zrzut SRK CZOK Pstrowski | 50.32165 | 18.82978 | 19.09.2024 | |
| 34c | Bytomka poniżej zrzutu SRK CZOK Pstrowski | 50.32002 | 18.83095 | 19.09.2024 | |
| 35a | Powyżej zrzutu SRK Centrum | 50.35111 | 18.88221 | 19.09.2024 | |
| 35b | Zrzut SRK Centrum | 50.35075 | 18.88271 | 19.09.2024 | |
| 35c | Poniżej zrzutu SRK Centrum | 50.35061 | 18.88291 | 19.09.2024 | |
| 36a | Powyżej zrzutu WĘGLOKOKS KRAJ S.A. | 50.3505 | 18.88286 | 19.09.2024 | |
| 36b | Zrzut WĘGLOKOKS KRAJ S.A. | 50.3502 | 18.88322 | 19.09.2024 | |
| 36c | Powyżej zrzutu WĘGLOKOKS KRAJ S.A. | 50.35006 | 18.88374 | 19.09.2024 | |
| 37a | Bytomka powyżej zrzutu SRK CZOK Szombierki | 50.32769 | 18.8945 | 19.09.2024 | |
| 37b | Zrzut SRK CZOK Szombierki | 50.32786 | 18.89409 | 19.09.2024 | |
| 37c | Bytomka poniżej zrzutu SRK CZOK Szombierki | 50.32801 | 18.89351 | 19.09.2024 | |
| 38b | Zrzut JSW Szczygłowice | 50.19195 | 18.62592 | 26.09.2024 | |
| 39b | Zrzut SRK KWK Katowice | 50.25977 | 19.04134 | 26.09.2024 | |

3. Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów stężenia izotopów radu w próbkach wody przedstawia tabela 2. Stężenie zostało wyrażone w Bq/L (bekerelach na litr).

Tabela 2 Stężenie izotopów radu w wodach

| Nr punktu | ²²⁶ Ra [Bq/L] | ²²⁸ Ra [Bq/L] |
|-----------|--------------------------|--------------------------|
| 1a | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 1b | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 1c | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 2a | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 2b | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 2c | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 3a | < 0,02 | < 0,06 |
| 3b | < 0,02 | 0,12 ± 0,08 |
| 3c | 0,02 ± 0,01 | < 0,06 |
| 4a | < 0,02 | < 0,06 |
| 4b | 0,02 ± 0,01 | < 0,06 |
| 4c | 0,02 ± 0,01 | < 0,06 |
| 5b | 0,03 ± 0,01 | < 0,06 |
| 6a | 0,02 ± 0,01 | < 0,06 |
| 6b | 0,02 ± 0,01 | < 0,06 |
| 6c | 0,04 ± 0,01 | < 0,06 |
| 7a | < 0,02 | < 0,06 |
| 7b | 0,16 ± 0,01 | 0,29 ± 0,08 |
| 7c | 0,09 ± 0,01 | 0,15 ± 0,06 |
| 8a | 0,05 ± 0,01 | < 0,06 |
| 8b | 0,41 ± 0,02 | 0,24 ± 0,08 |
| 8c | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 9a | < 0,02 | < 0,08 |
| 9c | < 0,02 | < 0,08 |
| 10a | < 0,02 | < 0,08 |
| 10b | 0,09 ± 0,01 | 0,10 ± 0,06 |
| 10c | 0,06 ± 0,01 | 0,13 ± 0,06 |
| 11a | < 0,02 | < 0,08 |
| 11b | < 0,02 | < 0,08 |
| 11c | < 0,02 | < 0,08 |
| 12b | 1,02 ± 0,05 | 1,90 ± 0,20 |
| 12c | 0,03 ± 0,01 | < 0,08 |
| 13a | 0,06 ± 0,01 | < 0,08 |
| 13b | 1,38 ± 0,07 | 1,97 ± 0,20 |
| 13c | 0,04 ± 0,01 | 0,08 ± 0,06 |
| 14a | < 0,02 | < 0,08 |
| 14b | 0,09 ± 0,01 | 0,08 ± 0,06 |

| | | |
|------------|-------------|-------------|
| 14c | 0,03 ± 0,01 | < 0,08 |
| 15a | < 0,02 | < 0,08 |
| 15b | < 0,02 | < 0,08 |
| 15c | < 0,02 | < 0,08 |
| 16a | < 0,02 | < 0,08 |
| 16b | 0,14 ± 0,01 | 0,22 ± 0,08 |
| 16c | < 0,02 | < 0,08 |
| 17a | < 0,02 | < 0,08 |
| 17b | 0,10 ± 0,01 | 0,16 ± 0,08 |
| 17c | < 0,02 | < 0,08 |
| 18a | < 0,02 | < 0,08 |
| 18b | 0,16 ± 0,02 | 0,25 ± 0,12 |
| 18c | 0,05 ± 0,01 | < 0,08 |
| 19a | 0,07 ± 0,01 | < 0,08 |
| 19b | 0,22 ± 0,02 | 0,1 ± 0,06 |
| 19c | 0,05 ± 0,01 | 0,08 ± 0,06 |
| 20a | 0,03 ± 0,01 | < 0,08 |
| 20b | 0,10 ± 0,01 | 0,10 ± 0,06 |
| 20c | < 0,02 | < 0,08 |
| 21a | < 0,02 | < 0,08 |
| 21b | 0,04 ± 0,01 | < 0,08 |
| 21c | < 0,02 | < 0,08 |
| 22a | < 0,02 | < 0,08 |
| 22b | 0,23 ± 0,02 | 0,2 ± 0,08 |
| 22c | < 0,02 | < 0,08 |
| 23b | 0,03 ± 0,01 | < 0,08 |
| 24b | 1,71 ± 0,11 | 2,34 ± 0,24 |
| 24c | < 0,02 | < 0,08 |
| 25a | 0,09 ± 0,01 | < 0,08 |
| 25b | 0,26 ± 0,02 | 0,12 ± 0,06 |
| 25c | 0,11 ± 0,01 | < 0,08 |
| 26a | < 0,02 | < 0,08 |
| 26b | 1,07 ± 0,06 | 0,77 ± 0,12 |
| 26c | 0,92 ± 0,05 | 0,63 ± 0,12 |
| 27a | < 0,02 | < 0,08 |
| 27b | 0,14 ± 0,01 | < 0,08 |
| 27c | 0,06 ± 0,01 | < 0,08 |
| 28a | < 0,02 | < 0,08 |
| 28b | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 28c | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 29a | < 0,02 | < 0,08 |
| 29b | < 0,02 | < 0,08 |
| 29c | < 0,02 | < 0,08 |

| | | |
|------------|-------------|--------|
| 30a | < 0,02 | < 0,08 |
| 30b | < 0,02 | < 0,08 |
| 30c | < 0,02 | < 0,08 |
| 31a | < 0,02 | < 0,08 |
| 31b | < 0,02 | < 0,08 |
| 31c | < 0,02 | < 0,08 |
| 32a | 0,07 ± 0,01 | < 0,08 |
| 32b | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 32c | 0,04 ± 0,01 | < 0,08 |
| 33a | < 0,02 | < 0,08 |
| 33b | < 0,02 | < 0,08 |
| 33c | < 0,02 | < 0,08 |
| 34a | < 0,02 | < 0,08 |
| 34b | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 34c | < 0,02 | < 0,08 |
| 35a | < 0,02 | < 0,08 |
| 35b | < 0,02 | < 0,08 |
| 35c | < 0,02 | < 0,08 |
| 36a | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 36b | 0,02 ± 0,01 | < 0,08 |
| 36c | 0,03 ± 0,01 | < 0,08 |
| 37a | < 0,02 | < 0,08 |
| 37b | < 0,02 | < 0,08 |
| 37c | < 0,02 | < 0,08 |

Wyniki pomiarów stężenia izotopów radu w próbkach osadów dennych przedstawia tabela 3. Stężenie zostało wyrażone w Bq/kg (bekerelach na kilogram suchej masy).

Tabela 3 Stężenie izotopów radu w osadach dennych

| Nr punktu | ²²⁶ Ra [Bq/kg] | ²²⁸ Ra [Bq/kg] | ²²⁸ Th [Bq/kg] |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1a | 16,7 ± 1,2 | 22,4 ± 1,7 | 18,5 ± 1,4 |
| 1c | 34,2 ± 1,4 | 91,1 ± 5,4 | 57,0 ± 3,5 |
| 2a | 11,6 ± 0,8 | 12,4 ± 0,9 | 12,7 ± 0,9 |
| 2c | 11,8 ± 0,9 | 11,4 ± 0,9 | 9,0 ± 0,7 |
| 3a | 9,1 ± 1,0 | 9,3 ± 1,1 | 6,8 ± 3,4 |
| 3c | 9,4 ± 0,8 | 8,9 ± 0,8 | 7,8 ± 0,7 |
| 4a | 13,4 ± 1,0 | 11,4 ± 1,0 | 11,7 ± 0,9 |
| 4c | 21,5 ± 1,5 | 18,2 ± 1,5 | 19,2 ± 1,5 |
| 5c | 129 ± 10 | 228 ± 13 | 175 ± 13 |

| | | | |
|------------|-------------|------------|------------|
| 6c | 15,6 ± 1,6 | 17,7 ± 1,7 | 15,0 ± 1,2 |
| 7a | 7,2 ± 0,7 | 6,7 ± 1,3 | 6,5 ± 0,5 |
| 7c | 21,8 ± 1,5 | 38,5 ± 2,3 | 19,3 ± 1,4 |
| 8a | 5,3 ± 0,8 | 10,2 ± 1,3 | 5,6 ± 0,5 |
| 8c | 10,2 ± 1,1 | 12,2 ± 1,3 | 8,9 ± 0,8 |
| 9a | 11,3 ± 1,3 | 9,2 ± 1,5 | 10,3 ± 0,9 |
| 9c | 77,3 ± 4,6 | 65,6 ± 4,6 | 33,4 ± 2,6 |
| 10a | 33,2 ± 3 | 26,4 ± 3,4 | 25,2 ± 2,4 |
| 10c | 25,8 ± 1,7 | 21,9 ± 1,8 | 20,9 ± 1,5 |
| 11a | 26,8 ± 1,9 | 20,3 ± 1,7 | 18,5 ± 1,5 |
| 11c | 30,9 ± 2,1 | 16,4 ± 1,6 | 18,0 ± 1,5 |
| 12c | 1 246 ± 100 | 886 ± 40 | 770 ± 48 |
| 13a | 47,0 ± 3,9 | 89,2 ± 6,4 | 29,4 ± 2,7 |
| 13c | 41,1 ± 2,7 | 120 ± 10 | 51,2 ± 3,5 |
| 14a | 57,4 ± 4,0 | 117 ± 10 | 51,9 ± 4,6 |
| 14c | 28,4 ± 1,8 | 26,9 ± 1,9 | 23,3 ± 1,6 |
| 15a | 22,7 ± 1,5 | 18,4 ± 1,4 | 19,1 ± 1,5 |
| 15c | 12,2 ± 1,5 | 18,2 ± 1,6 | 13,6 ± 1,1 |
| 16a | 60,7 ± 2,9 | 54,3 ± 3,3 | 39,7 ± 2,7 |
| 16c | 47,8 ± 3,2 | 85,8 ± 5,0 | 38,1 ± 2,7 |
| 17a | 24,1 ± 1,9 | 20,4 ± 1,5 | 22,0 ± 1,6 |
| 17c | 28,3 ± 2,2 | 21,8 ± 2,1 | 21,3 ± 1,9 |
| 18a | 13,3 ± 1,3 | 10,8 ± 1,2 | 10,8 ± 0,9 |
| 18c | 79,7 ± 3,7 | 36,7 ± 2,4 | 38,9 ± 2,8 |
| 19a | 114 ± 10 | 90,5 ± 4,4 | 65,7 ± 4,2 |
| 19c | 193 ± 10 | 166 ± 10 | 61,3 ± 3,8 |
| 20a | 44,0 ± 2,9 | 35,4 ± 2,8 | 31,3 ± 2,5 |
| 20c | 46,9 ± 2,1 | 44,4 ± 2,4 | 33,5 ± 2,3 |
| 21a | 33,1 ± 2,3 | 33,1 ± 2,6 | 24,8 ± 1,9 |
| 21c | 62,4 ± 8,5 | 106 ± 10 | 43,9 ± 4,3 |
| 22a | 25,5 ± 1,9 | 25,4 ± 2,1 | 19,8 ± 1,6 |
| 22c | 26,7 ± 1,5 | 24,2 ± 1,6 | 23,3 ± 1,6 |
| 23b | 81,7 ± 4,4 | 97,4 ± 5,9 | 63,6 ± 4,7 |
| 24b | 27,2 ± 2,5 | 33,1 ± 2,7 | 67,1 ± 4,3 |
| 24c | 619 ± 19 | 1050 ± 50 | 398 ± 24 |
| 25a | 46,6 ± 1,7 | 42,4 ± 2,0 | 37,3 ± 2,4 |
| 25c | 120 ± 10 | 112 ± 10 | 50,9 ± 3,8 |
| 26a | 15,0 ± 1,4 | 18,0 ± 1,5 | 17,1 ± 1,2 |
| 26c | 126 ± 10 | 66,3 ± 3,5 | 59,7 ± 4,1 |
| 27a | 27,8 ± 2,4 | 24,1 ± 2,5 | 20,9 ± 2,0 |
| 27c | 24,6 ± 1,3 | 19,2 ± 1,2 | 17,4 ± 1,2 |
| 28a | 37,4 ± 3,4 | 20,6 ± 4,4 | 19,4 ± 2,9 |
| 28c | 32,5 ± 1,6 | 37,7 ± 2,0 | 17,7 ± 1,2 |

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| 29a | 22,2 ± 1,9 | 23,2 ± 2,1 | 21,0 ± 1,4 |
| 29c | 18,6 ± 1,7 | 17,2 ± 1,8 | 14,3 ± 1,0 |
| 30a | 14,3 ± 1,1 | 10,6 ± 1,0 | 9,2 ± 0,7 |
| 30c | 42,8 ± 2,6 | 26,0 ± 2,3 | 21,4 ± 1,6 |
| 31a | 63,8 ± 2,7 | 47,8 ± 2,6 | 38,9 ± 2,5 |
| 31c | 96,2 ± 3,9 | 80,9 ± 4,2 | 45,5 ± 3,0 |
| 32a | 117 ± 10 | 48,9 ± 3,0 | 56,6 ± 3,7 |
| 33a | 17,8 ± 1,3 | 23,0 ± 1,7 | 16,7 ± 1,3 |
| 34a | 36,8 ± 2,2 | 39,2 ± 2,5 | 30,7 ± 2,1 |
| 34c | 62,0 ± 2,7 | 48,1 ± 2,7 | 37,4 ± 2,5 |
| 35a | 43,2 ± 2,0 | 40,9 ± 2,2 | 32,3 ± 2,1 |
| 35c | 32,1 ± 1,8 | 37,0 ± 2,3 | 23,0 ± 1,6 |
| 36a | 104 ± 10 | 169 ± 10 | 69,7 ± 4,8 |
| 36c | 63,2 ± 2,9 | 71,6 ± 5,2 | 44,9 ± 3,6 |
| 37a | 57,0 ± 3,0 | 41,5 ± 2,8 | 39,8 ± 2,9 |
| 37c | 45,1 ± 1,8 | 34,5 ± 1,8 | 34,9 ± 2,2 |

4. Podsumowanie

W polskich kopalniach występują dwa typy wód radowych – barowe i bezbarowe. Współstrącanie się radu wraz z barem z wód typu A zachodzi lub prowadzone jest w wyrobiskach podziemnych, co powoduje powstawanie osadów o podwyższonej promieniotwórczości i wzrost narażenia radiacyjnego załóg górniczych. Proces ten zachodzi czasami jako zjawisko spontaniczne, a niekiedy jest rezultatem oczyszczania wód kopalnianych z radu. Procesy te powodują obniżenie całkowitej aktywności radu zrzucanego do rzek, gdyż wytrącanie zachodzi częściowo w wyrobiskach podziemnych. W wodach typu B, bar nie występuje, dlatego wytrącanie radu z takich wód nie zachodzi i bez zastosowania procesów oczyszczania takich wód, cały rad zawarty w tych wodach trafia do osadników powierzchniowych, a stamtąd do wód powierzchniowych (np. do rzek).

Badania stężeń radu w wodach prowadzone są w kopalniach GZW przez Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej Głównego Instytutu Górniczego – Państwowego Instytutu Badawczego od połowy lat 70-tych. W większości kopalń węgla w GZW znaleziono wody, w których stężenie izotopów radu przekraczało 1,0 Bq/L. Stężenie to zostało uznane za poziom, powyżej którego wody należy traktować jako wody o podwyższonej promieniotwórczości naturalnej. W wodach dołowych, maksymalne stężenie ²²⁶Ra w wynosiło około 390 Bq/L, a stężenie ²²⁸Ra około 90 Bq/L. W przypadku wód zrzutowych do osadników

i cieków powierzchniowych stężenie izotopów radu (od początku wykonywania pomiarów) osiągała maksymalna wartość 25 Bq/L dla ^{226}Ra oraz 13 Bq/L w przypadku ^{228}Ra .

Szczególnie wysokie stężenia izotopów radu w wodach zrzutowych obserwowano w latach 80-tych ubiegłego stulecia. Oszacowana aktywność radu zrzucanego na powierzchnię, do osadników kopalnianych w roku 1995 wynosiła około 225 MBq/dobę ^{226}Ra oraz 380 MBq ^{228}Ra dziennie. W późniejszych latach, aktywności te ulegały stopniowemu zmniejszeniu ze względu na wprowadzenie technologii oczyszczania wód z radu, także w przypadku wód bezbarowych. Pod koniec lat 90-tych we wszystkich wyrobiskach podziemnych wszystkich kopalń na Śląsku powstawało w postaci osadów około 500 MBq ^{226}Ra oraz około 380 MBq ^{228}Ra dziennie.

Obecnie stężenia izotopów radu w wodach zrzutowych są w większości przypadków niższe. Powodem jest między innymi zamknięcie niektórych kopalń, gdzie występowały wysokie stężenia izotopów radu (np. kopalnia Krupiński) czy odwadnianie już zamkniętych kopalń z płytszych głębokości, co dzięki stratyfikacji wód o różnym zasoleniu znacząco obniżyło promieniotwórczość wód zrzutowych.

Niemniej jednak nadal prowadzi się eksploatację w kilku kopalniach, gdzie występują słone wody o podwyższonej zawartości izotopów radu, a ilości dopływających wód są duże. To przede wszystkim kopalnia Piast-Ziemowit, ZG Janina oraz ZG Silesia. Ich odprowadzanie na powierzchnię i zrzut do cieków powierzchniowych (dotyczy to przede wszystkim dorzecza Wisły) powoduje podwyższone stężenia radu, w niektórych przypadkach przekraczające 1,0 Bq/L. Dotyczy to przede wszystkim Wisły w górnym biegu (Silesia), Potoku Goławieckiego (Ziemowit) i Potoku Gromiec (Janina) a w mniejszym stopniu rzeki Gostyni (Piast i Ziemowit) – w tych przypadkach wody te trafiają do Wisły. W dorzeczu Odry nieco podwyższone stężenia obserwujemy w Kłodnicy (Śląsk i Halemba) czy na wylocie Kolektora Wód Słonnych „Olza”.

W ramach niniejszego zadania zmierzono stężenie izotopów radu w 68 próbkach osadów. Uzyskane wyniki wahały się w granicach od 5,3 do 1246 Bq/kg dla ^{226}Ra oraz od 6,7 do 886 Bq/kg dla ^{228}Ra . Według raportu UNSCEAR 2000 (SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume 1), typowe stężenia radu ^{226}Ra w glebie wahały się w granicach 17-60 Bq/kg (średnie mediany z poszczególnych regionów).

Uzyskane wyniki umożliwiły przeprowadzenie wstępnej analizy wpływu zrzutu wody kopalnianej na zawartość izotopów radu w osadach dennych dla 15 punktów zrzutowych. W 8 punktach zaobserwowano istotnie podwyższone stężenie radu w osadach pobranych za zrzutem (punkty c) w stosunku do osadów pobranych przed zrzutem (punkty a). W 7 przypadkach, różnice te były niejednoznaczne lub nieistotne statystycznie.

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- *Błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- *Wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- *Wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością,*
- *Dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*