

## Narażenie mieszkańców Zabrze na metale ciężkie emitowane z hałd przemysłowych

Agata Piekut<sup>1</sup>, Lucyna Krzysztofik<sup>2</sup>, Klaudia Gut<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Zdrowia Środowiskowego, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, ul. Poniatowskiego 15, 40-055 Katowice, e-mail: kgut@sum.edu.pl

<sup>2</sup> Absolwentka Wydziału Zdrowia Publicznego w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

### STRESZCZENIE

Celem pracy była ocena pozażywnościowego narażenia mieszkańców Zabrze na metale ciężkie zawarte w odpadach pogórnictwa i pchutniczych, składowanych na terenie tego miasta w postaci hałd. Próbki materiału odpadowego pobrane z pięciu hałd znajdujących się w Zabrzu, poddano analizie chemicznej na Cd, Pb, Zn, Hg, As, Ni, Cr, Cu. Wyniki analizy chemicznej posłużyły do szacunkowej oceny narażenia mieszkańców Zabrze, drogą pozażywnościową, na kadm, ołów i rtęć i stanowiły podstawę do oceny ryzyka zdrowotnego związanego z wtórnym pyleniem z hałd przemysłowych. Większość przebadanych próbek pobranych z hałd przemysłowych w Zabrzu (70%) wykazała stężenia metali ciężkich (As, Cd, Pb, Zn) przekraczające wielokrotnie najwyższe dopuszczalne wartości, przez co stanowią istotne źródło narażenia mieszkańców miasta na te metale. Maksymalna wartość dopuszczalna stężenia przekroczona była 27-krotnie. Szacunkowa ocena narażenia mieszkańców Zabrze drogą pozażywnościową na Pb obecny w odpadach zgromadzonych na jednej z hałd wskazuje na istotne zagrożenie dla osób spacerujących lub biegających na tym terenie, w wyniku pylenia wtórnego powierzchni. Obecność wysokich stężeń metali w analizowanych próbkach, zwłaszcza toksycznego i kancerogennego kadmu, ołowiu oraz arsenu, wskazuje na konieczność zabezpieczenia powierzchni hałd przed wtórnym pyleniem oraz wdrożenie innych działań prewencyjnych, zmniejszających narażenie mieszkańców Zabrze na metale ciężkie.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, narażenie pozażywnościowe, szacowanie narażenia, wtórne pylenie, hałdy

## Exposure of Zabrze residents to heavy metals emitted from post-industrial waste heaps

### ABSTRACT

The aim of the study was to assess the non-dietary exposure of Zabrze residents to the heavy metals contained in the post-mining waste stored in this city in the form of heaps. The samples of waste material taken from five heaps located in Zabrze, were subjected to the chemical analysis related to the Cd, Pb, Zn, Hg, As, Ni, Cr, and Cu content. The results of the chemical analysis were used to estimate the exposure of Zabrze residents by non-dietary ingestion to cadmium, lead and mercury and they were the basis for assessing the health risk associated with secondary dusting from post-industrial dumps. The vast majority (70%) of the tested samples taken from the industrial waste in Zabrze showed the concentrations of heavy metals (As, Cd, Pb, Zn) exceeding the highest acceptable values many times, which could constitute a significant source of exposure of the city residents to these metals. In the extreme case, the maximum admissible concentrations were exceeded 27 times. Estimation of the non-dietary exposure of Zabrze inhabitants to the Pb present in the waste collected on one of the dump indicates a significant risk for people walking or running on this area, as a result of secondary dusting. The presence of such high concentrations of heavy metals, especially very toxic and carcinogenic cadmium, lead and arsenic in the analyzed samples indicates the need to protect the surface of waste dumps from secondary dusting and to implement other preventive measures that reduce the exposure of Zabrze residents to heavy metals.

**Keywords:** heavy metals, exposure through non-dietary ingestion, exposure estimation, secondary dusting, heaps

## WSTĘP

Dążenie do wzrostu rozwoju gospodarczego, którego podstawę stanowią surowce mineralne i możliwość ich przetwarzania, przekłada się na stały wzrost zapotrzebowania na te zasoby naturalne oraz ich wydobycie. Ocenia się, że na każdą tonę wydobytego węgla kamiennego przypada od 400 do 700 kg skały odpadowej, skutkiem czego w pierwszych latach XXI wieku eksploatacja węgla kamiennego w Polsce doprowadziła do wyprodukowania ok. 40 mln ton odpadów rocznie [Korban 2011, Jabłońska 2004]. Szacunki wskazują, że tylko na obszarze województwa śląskiego zalega obecnie ponad 100 mln ton odpadów pogórnich [Gawor et al. 2014]. Wśród istotnych problemów, z jakimi mierzy się branża wydobywcza, należy wymienić obok m.in. znacznej ilości odpadów poeksploatacyjnych, brak spójnej polityki w zakresie zagospodarowania powstających przez lata składowisk odpadów wydobywczych, zwanych potocznie hałdami [Korban 2011].

Duża zawartość frakcji gruboziarnistej w odpadach wydobywczych sprawia, że hałdy charakteryzują się zwiększoną wodoprzepuszczalnością, co powoduje m.in. wymywanie zawartych w tych odpadach związków chemicznych i przenikanie ich do gleby oraz wód podziemnych. Ponadto odpady pogórnice zawierają często dużą ilość składników palnych – węgla oraz pirytu (odpowiednio 30% i 8%), które w kontakcie z tlenem ulegają procesowi samozagrzewania, co może przyczynić się do samozapłonu hałdy. W procesie tym do atmosfery emitowane są liczne gazy, takie jak dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, węglowodory aromatyczne, siarkowodór, dwusiarczek węgla, co powoduje nie tylko dyskomfort zapachowy, ale znacznie pogarsza jakość życia i jest bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia mieszkańców [Hanczaruk and Gołąb 2016].

Największa liczba, czyli 219 zwałowisk odpadów poprodukcyjnych powstałych w wyniku wydobycia węgla kamiennego, zlokalizowana jest w jednym z trzech zagłębi węglowych w Polsce – Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Fakt ten związany jest z największą liczbą kopalń węgla kamiennego funkcjonujących na tym obszarze zarówno w przeszłości, jak i obecnie. W porównaniu do innych miast województwa śląskiego, najwyższą koncentrację zwałowisk odnotowuje się w centralnej części GZW na terenie miasta Zabrze (34 zwałowiska) [Gawor et al. 2014].

Z uwagi na ich specyficzną budowę i skład, hałdy przemysłowe stanowią istotne zagrożenie zarówno dla środowiska, jak i dla zdrowia ludzi. Tereny przykopalniane pokryte grubą warstwą odpadów i osadów węglowych emitują toksyczne związki do gleby i atmosfery. W wyniku wymywania, pylenia czy samozapłonów, powodują emisję do środowiska szkodliwych gazów, pyłów oraz pierwiastków, w tym metali toksycznych, takich jak ołów, kadm, rtęć i in. [Gawor et al. 2014].

Metale ciężkie, które do organizmu człowieka wchłaniane są przede wszystkim drogą pokarmową i oddechową, ze względu na swoje toksyczne właściwości i często stwierdzoną kancerogenność (Cd, As) stanowią istotne zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwłaszcza dzieci [Tchounwou et al. 2012]. Narażenie na działanie toksycznych pierwiastków jest główną przyczyną występowania schorzeń takich jak choroby układu sercowo-naczyniowego, choroby wątroby, nerek, krwi, choroby układu nerwowego i kostno-stawowego [Piontek et al. 2014]. Ponadto metale ciężkie charakteryzują się znaczną trwałością oraz nie podlegają degradacji i rozpadowi co powoduje, iż pozostają w środowisku, szczególnie w glebie, przez wiele lat [Su 2014].

Ze względu na wieloletnią działalność przemysłu, zwłaszcza wydobywczego i przetwórczego rud metali nieżelaznych, znaczne obciążenie środowiska toksycznymi pierwiastkami jest wciąż aktualnym problemem na obszarze Górnego Śląska [Dziubanek et al. 2012, Nieć et al. 2013]. Przyjęto na tej podstawie założenie, że zawartość metali ciężkich w materiale odpadowym z hałd pogórnich i pohutniczych w Zabrzu jest znaczna, co może stanowić zagrożenie dla zdrowia mieszkańców w wyniku narażenia na te pierwiastki drogą pozażywnościową. Celem pracy była ocena pozażywnościowego narażenia mieszkańców Zabrze na metale ciężkie zawarte w odpadach pogórnich i pohutniczych, składowanych na terenie tego miasta w postaci hałd.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 50 próbek materiału odpadowego, które pobrano z 5 hałd przemysłowych, zlokalizowanych w okolicy funkcjonujących niegdyś kopalń oraz hut na terenie Zabrze. Z obszaru każdej z hałd pobrano po 10 próbek, przy czym każda próbka składała

się z kilkunastu pojedynczych pobrań materiału odpadowego. Zgromadzony materiał badawczy dokładnie wymieszano, przesiano (sita o grubości oczek <1,25 mm) oraz wysuszono w temp. 105 °C. Analiza chemiczna próbek obejmowała mineralizację ciśnieniową (mineralizator mikrofalowy Magnum II), przy użyciu 10 ml kwasu azotowego ultraczystego. Zawartość wybranych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn, Hg, As, Ni, Cr, Cu) oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą – ICP OES. Stężenie rtęci w próbkach oznaczono za pomocą analizatora rtęci całkowitej Milenium Merlin 10.025 firmy PSA, metodą generacji zimnych par (CV) w połączeniu z atomową spektrometrią fluorescencyjną (AFS). Otrzymane wyniki przeliczono na stężenie metali ciężkich w jednostce mg/kg suchej masy.

Wyniki analizy chemicznej posłużyły do szacunkowej oceny narażenia mieszkańców Zabrze, drogą pożywnościową na kadm, ołów oraz rtęć i stanowiły podstawę do oceny ryzyka zdrowotnego związanego z wtórnym pyleniem z hałd poprzemysłowych.

Ocena ryzyka zdrowotnego została przeprowadzona na podstawie scenariusza narażenia opracowanego przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (U.S. EPA), który zakłada przypadkowe spożycie zanieczyszczonej metalami ciężkimi gleby i pyłu (kurzu), zarówno przez dzieci, jak i dorosłych [U.S. EPA 2014]. Potencjalne średnie dawki metali ciężkich obliczono na podstawie wartości zawartych w tabeli 1, korzystając z poniższego wzoru:

$$ADD = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

gdzie: ADD – potencjalna średnia dzienna dawka metalu ciężkiego [mg/kg<sup>-dzień</sup>],  
C – średnie stężenie metalu ciężkiego oznaczonego w próbce [mg/g],

IR – wskaźnik pobrania pozażywnościowego [g/dzień],

EF – częstotliwość narażenia [dni],

ED – częstotliwość ekspozycji [lata],

BW – średnia masa ciała [kg],

AT – uśredniony czas narażenia [dni].

Wartości dawek referencyjnych, potrzebne do obliczenia ilorazu narażenia (HQ), określono na poziomie: 0,001 mg/kg/dzień dla kadmu [U.S. EPA 1987], 0,0036 mg/kg/dzień do ołowiu [FAO/WHO 2011], oraz 0,0001 mg/kg/dzień dla rtęci [U.S. EPA 1995].

Wyniki ilorazu narażenia rozpatruje się zgodnie z poniższą interpretacją:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

HQ <1 – oznacza, że ryzyko wystąpienia negatywnych efektów w populacji narażonej jest niezauważalne,

HQ ≥1 – oznacza, że ryzyko wystąpienia negatywnych efektów zdrowotnych w populacji narażonej jest prawdopodobne.

## WYNIKI I DISKUSJA

W Polsce, szczególnie w jednym z najbardziej uprzemysłowionych przez lata województw – województwie śląskim, poza problemem zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, niepokojąca jest również kwestia ogromnej ilości odpadów poprzemysłowych, produkowanych przez lata i w dalszym ciągu obecnych na terenach sąsiadujących z zakładami je wytwarzającymi (kopalnie i huty).

Analiza zebranego materiału wskazuje na zróżnicowany poziom zanieczyszczenia metalami ciężkimi próbek materiału odpadowego pochodzącego z terenu pięciu hałd poprzemysłowych, zlokalizowanych w Zabrzu. Oceny za-

**Tabela 1.** Parametry wykorzystane przy szacowaniu narażenia [U.S. EPA 2014]

**Table 1.** Parameters used in the estimation of exposure [U.S. EPA 2014]

Parametr	Sposób obliczenia
C	średnia stężenie Cd/Pb/Hg oznaczonych w próbkach pobranych z terenu poszczególnych hałd objętych badaniem
IR	dzienna wartość pobrania gleby i kurzu, która wynosi: dla dzieci od roku do 6 lat – 0,1 g/dzień; dla dorosłych – 0,2 g/dzień
EF	365 dni
ED	dla dzieci od 1-6 r.ż. – 5 lat, dla dorosłych – 70 lat
BW	dla dzieci od 1-6 r.ż. przyjęto średnią – 25 kg, dla dorosłych – 70 kg
AT	iloczyn EF × ED: dla dzieci od 1-6 r.ż. – 1825 dni, dla dorosłych – 25550 dni

nieczyszczenia pod kątem zawartości wybranych pierwiastków toksycznych w zgromadzonych próbkach dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi [Dz.U. z 2016, poz. 1395]. Dla grupy IV gruntów, do której zalicza się m.in. tereny przemysłowe oraz użytki kopalne, Rozporządzenie określa najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) metali ciężkich na poziomie: 600 mg/kg s.m. – Cu, 500 mg/kg s.m. – Ni, 1000 mg/kg s.m. – Cr, 100 mg/kg s.m. – As, 15 mg/kg s.m. – Cd, 2000 mg/kg s.m. – Zn, 600 mg/kg s.m. – Pb, 30 mg/kg s.m. – Hg.

Średnie stężenia poszczególnych pierwiastków w analizowanych próbkach określono na poziomie 73,31 mg/kg s.m. dla cynku, 37,99 mg/kg s.m. dla niklu, 52,08 mg/kg s.m. dla chromu, 144,923 mg/kg s.m. dla arsenu, 12,64 mg/kg s.m. dla kadmu, 1018,10 mg/kg s.m. cynku, dla 474,79 mg/kg s.m. dla ołowiu oraz 0,22 mg/kg

s.m. dla rtęci. Wyniki zawartości metali ciężkich w próbkach odpadów przemysłowych pobranych na terenie poszczególnych hałd kopalnianych w mieście Zabrze przedstawiono w tabeli 2.

Śród wszystkich próbek, w 76% z nich zostało stwierdzone przekroczenie najwyższego dopuszczalnego stężenia co najmniej jednego z ośmiu analizowanych pierwiastków (Cd, Pb, Zn, As, Ni, Cr, Cu, Hg). Najczęściej przekroczenia NDS dotyczyły arsenu, którego wartość normalna, wynosząca 100 mg/kg s. m., została przekroczona aż w 72% próbek. Odsetki przekroczeń NDS ustalonego dla arsenu mieściły się w zakresie od 109% do nawet 698%. Szczególny niepokój budzi fakt, iż arsen i jego związki zostały uznane przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem za kancerogenne, należące do grupy I, o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla człowieka [Kulik-Kupka et al. 2016].

Poza arsenem, pozostałe przypadki przekroczeń dotyczyły takich metali ciężkich jak kadm

**Tabela 2.** Zawartość metali ciężkich w próbkach odpadów przemysłowych, pobranych z pięciu hałd zlokalizowanych na terenie Zabrza

**Table 2.** The content of heavy metals in industrial waste samples taken from five waste dumps located in Zabrze

Zawartość metali ciężkich w próbkach odpadów przemysłowych [mg/kg s.m.]								
Parametr	Cu	Ni	Cr	As	Cd	Zn	Pb	Hg
Hałda I								
średnia	79,79	56,30	59,97	183,94	2,29	186,37	339,38	0,31
min.	46,31	29,94	34,50	109,38	0,81	1,50	2,46	0,04
max.	133,15	70,39	79,48	219,30	4,42	380,43	2426,28	2,18
odch. stand.	22,48	11,19	14,65	33,28	1,05	127,81	735,39	0,67
Hałda II								
średnia	45,53	24,81	42,63	118,39	12,28	1940,54	558,88	0,19
min.	8,67	8,37	19,25	5,00	1,91	352,80	44,55	0,04
max.	123,33	52,58	78,79	253,77	45,01	5153,85	1614,40	0,88
odch. stand.	34,99	13,48	19,21	69,09	13,26	1737,99	477,29	0,27
Hałda III								
średnia	169,86	34,46	62,60	213,33	46,56	2662,70	1408,56	0,45
min.	10,74	1,43	5,98	5,00	0,39	66,14	36,74	0,04
max.	470,88	79,96	151,87	697,67	404,68	18313,75	10100,51	1,80
odch. stand.	140,85	21,76	36,94	181,43	126,08	5594,09	3084,72	0,57
Hałda IV								
średnia	28,70	37,93	39,89	51,71	1,43	163,54	15,20	0,10
min.	11,95	16,40	10,53	7,43	0,39	3,00	2,46	0,04
max.	79,56	114,43	119,24	170,97	1,54	410,20	69,80	0,30
odch. stand.	22,73	31,11	35,16	52,86	0,36	151,99	20,39	0,09
Hałda V								
średnia	42,65	36,46	55,32	157,28	0,64	137,37	51,92	0,07
min.	13,12	15,81	30,62	90,93	0,39	83,23	33,89	0,04
max.	58,35	51,83	77,05	224,75	1,44	298,71	70,02	0,17
odch. stand.	14,44	10,40	12,98	41,45	0,31	60,56	12,84	0,04
NDS*	600	500	1000	100	15	2000	600	30

\* NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [Dz.U. 2016 poz. 1395]

(8% próbek), cynk (12% próbek) oraz ołów (12% próbek). Najwyższe stężenia wszystkich czterech wyżej wymienionych metali ciężkich oznaczono w jednej z próbek pobranych z terenu hałdy III, zlokalizowanej w centrum miasta. Oznaczone w tej próbce wartości arsenu, kadmu, cynku i ołowiu przekraczały NDS ustalone dla tych metali odpowiednio: niemal 7-krotnie w przypadku As (697,7 mg/kg s. m.), aż 27-krotnie w przypadku Cd (404,7 mg/kg s. m.), ponad 9-krotnie w przypadku Zn (18313,75 mg/kg s. m.) oraz niemal 17-krotnie w przypadku Pb (10100,57 mg/kg s. m.) (tab. 2).

Wysokie stężenia badanych metali ciężkich w pobranym materiale powinny niepokoić tym bardziej ze względu na fakt, iż mieszkańcy często wykorzystują te tereny w celach rekreacyjnych, biegając bądź spacerując po nich, również z dziećmi. Jest to szczególnie niebezpieczne, gdy na tak zanieczyszczonym terenie, z pominięciem badań jakości gleb, tworzone są obszary rekreacyjne, np. dla dzieci, co często ma miejsce w wyniku działań rekultywacyjnych terenów przemysłowych. Każda aktywność – szczególnie na terenie hałd, które nie są porośnięte roślinnością – może powodować wzniesienie pyłu i kurzu z powierzchni, co jest przyczyną przedostawania się metali ciężkich, zaabsorbowanych na powierzchni cząsteczek gleby, do organizmów użytkowników zanieczyszczonych terenów bezpośrednio przez ich układ oddechowy i pokarmowy. Szczególnie narażone na tego typu zagrożenie są dzieci, co wiąże się z ich charakterystycznymi, odmiennymi od dorosłych uwarunkowaniami behawioralnymi oraz fizjologicznymi. Niewielki wzrost, który przekłada się na większe narażenie na metale ciężkie w wyniku wtórnego pylenia, a także częste wkładanie do ust brudnych rąk i zabawek, a w związku z tym przypadkowe spożycie np. zanieczyszczonej

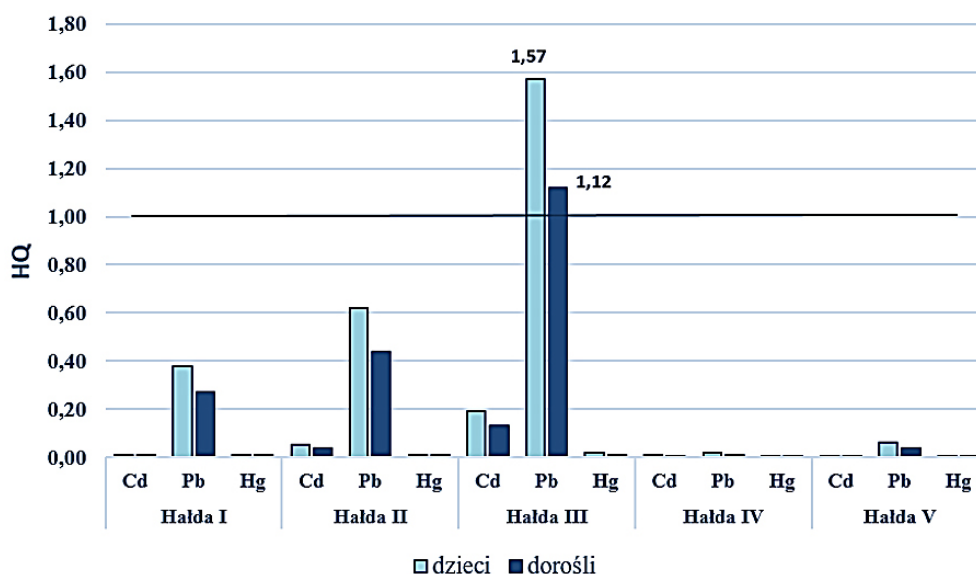
gleby sprawia, iż jest to grupa szczególnego ryzyka [U.S. EPA 2007, WHO 2005].

Przeprowadzona ocena ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na Cd, Pb i Hg drogą pozażywnościową (związaną z przypadkowym spożyciem zanieczyszczonej gleby i pyłu powstałego w wyniku pylenia wtórnego), wskazuje na istotne zagrożenie mieszkańców Zabrze na ołów obecny w odpadach zgromadzonych na jednej z hałd (tab. 3). Ocena narażenia wykazała znaczne przekroczenia pobranych dawek Pb w odniesieniu do HQ, zarówno u dzieci, jak i u dorosłych. Oszacowane wartości HQ przekraczały 1, co oznacza możliwe wystąpienie w populacji narażonej określonych skutków niekancerogennego działania toksycznego. W przypadku pozostałych pierwiastków, iloraz narażenia był mniejszy niż 1 (rys. 1).

Biorąc pod uwagę znaczne przekroczenia maksymalnych dopuszczalnych wartości normatywnych As, Cd, Pb i Zn w próbkach pobranych z hałd przemysłowych zlokalizowanych na terenie Zabrze, konieczne jest podjęcie działań ograniczających narażenie mieszkańców na te metale. Działania w tym zakresie powinny obejmować modernizację i rekultywację zwałowisk przemysłowych w taki sposób, aby ograniczyć wtórne pylenie. Na hałdach, na których planowana jest budowa i organizacja miejsc rekreacji, szczególnie dla dzieci (placów zabaw lub boisk), powinny być wykonane badania zawartości metali ciężkich nie tylko w zastanym podłożu, ale także w glebach, które mogą być sprowadzane w celu niwelacji nierówności terenu w czasie przygotowywania miejsca pod zabudowę. Dodatkowo miejsca rekreacji dla dzieci zlokalizowane na zwałowiskach, na których zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi jest znaczne ze względu na wieloletnią działalność przemysłu, powinny być objęte cyklicznym monitoringiem chemizmu tych gleb. Istotne są także działania prewencyjne,

**Tabela 3.** Potencjalna średnia dzienna dawka metalu ciężkiego [mg/kg<sup>-dzień</sup>]  
**Table 3.** Average daily potential dose of heavy metal [mg/kg<sup>-day</sup>]

Lokalizacja	Potencjalna średnia dzienna dawka (ADD)					
	Cd		Pb		Hg	
	dzieci	dorośli	dzieci	dorośli	dzieci	dorośli
Hałda I	$9,2 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,22 \times 10^{-6}$	$8,7 \times 10^{-7}$
Hałda II	$4,9 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$7,48 \times 10^{-7}$	$5,3 \times 10^{-7}$
Hałda III	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$	$6,0 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$1,82 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-6}$
Hałda IV	$5,7 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$6,1 \times 10^{-5}$	$4,3 \times 10^{-5}$	$0,84 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-7}$
Hałda V	$2,5 \times 10^{-6}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$2,88 \times 10^{-7}$	$2,1 \times 10^{-7}$



Rys. 1. Iloraz narażenia (HQ) obliczony dla poszczególnych pierwiastków (Cd, Pb, Hg)  
 Fig. 1. Hazard Quotient (HQ) calculated for individual elements (Cd, Pb, Hg)

zmierzające do zwiększenia świadomości mieszkańców Zabrze, w tym rodziców i opiekunów dzieci tam mieszkających, dotyczącej środowiskowego narażenia na metale ciężkie oraz jego skutków zdrowotnych.

## WNIOSKI

- Większość przebadanych próbek pobranych z hałd przemysłowych w Zabrzu (70%) wykazała stężenia metali ciężkich (As, Cd, Pb, Zn) przekraczające, w przypadkach skrajnych nawet 27-krotnie, najwyższe dopuszczalne wartości, stanowiąc istotne źródło narażenia mieszkańców miasta na te metale.
- Obecność wysokich stężeń metali, zwłaszcza bardzo toksycznego i kancerogennego kadmu, arsenu i ołowiu w analizowanych próbkach, wskazuje na konieczność zabezpieczenia powierzchni hałd przed wtórnym pyleniem.
- Szacunkowa ocena pozażywnościowego narażenia mieszkańców Zabrze na Pb obecny w próbkach pobranych na jednej z hałd wskazuje na istotne zagrożenie dla osób spacerujących lub biegających na tym terenie, w wyniku pylenia wtórnego powierzchni.
- Konieczne jest podjęcie kampanii edukacyjno-informacyjnych dotyczących odpowiednich zachowań prozdrowotnych, a także wdrożenie działań prewencyjnych, które skutecznie mogłyby zmniejszyć narażenie mieszkańców Zabrze na metale ciężkie.

## BIBLIOGRAFIA

- Dziubanek G., Baranowska R., Oleksiuk K. 2012. Metale ciężkie w glebach Górnego Śląska – problem przeszłości czy aktualne zagrożenie? *Journal of Ecology and Health*, 16(4), 169-176.
- Food and Agriculture Organization of the World Health Organization (FAO/WHO), 2011. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods. Fifth Session CF/5INF/1,21-25.
- Gawor Ł., Warcholik W., Dolnicki P. 2014. Możliwości eksploatacji złóż wtórnych (zwałowisk pogórnicych) jako przykład zmian w sektorze przemysłu wydobywczego. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 27, 256-266.
- Hanczaruk R., Gołąb N. 2016. Wybrane problemy rekultywacji zwałowiska odpadów pogórnicych na przykładzie zwałowiska „Ruda” w Zabrzu-Biskupicach. *Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 464, 65-75.
- Jabłońska M. 2004. Problem do rozwiązania: tysiące ton odpadów. *Górnicza Izba Przemysłowo-Handlowa. Biuletyn Górnicy*, 11-12, 113-114.
- Korban Z. 2011. Problem odpadów wydobywczych i oddziaływania ich na środowisko, na przykładzie zwałowiska nr 5A/W-1 KWK „X”. *Górnictwo i ekologia*, 6(1), 109-120.
- Kulik-Kupka K., Koszowska A., Brończyk-Puzoń A., i in. 2016. Arsen – trucizna czy lek? *Medycyna pracy*, 67(1), 89-96.
- Nieć J., Baranowska R., Dziubanek G., i in. 2013. Narażenie środowiskowe dzieci na metale ciężkie zawarte w glebach z placów zabaw, boisk, pias-

- kownic i terenów przedszkoli z obszaru Górnego Śląska. *J Ecol Health*, 17(2), 55-62.
9. Piontek M., Fedyczak Z., Łuszczynska K., Lechów H. 2014. Toksyczność miedzi, cynku oraz kadmu, rtęci i ołowiu dla człowieka, kręgowców i organizmów wodnych. *Zeszyty Naukowe. Inżynieria Środowiska/Uniwersytet Zielonogórski*.
  10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 roku w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. (Dz.U. 2016 poz. 1395).
  11. Su C. 2014. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. *Environmental Skeptics and Critics*, 3(2), 24-38.
  12. Tchounwou PB., Yedjou CG., Patlolla A., et al. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. In *Molecular, clinical and environmental toxicology*, 133-164.
  13. U.S. EPA. 1987. Integrated Risk Information System (IRIS). Cadmium (CASRN 7440-43-9). URL: <http://www.epa.gov/iris/subst/0141.htm> [dostęp z dnia: 23.06.2018 r.].
  14. U.S. EPA. 1995. Reference Dose for Methylmercury (External Review Draft). URL: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=20873> [dostęp z dnia: 23.06.2018 r.].
  15. U.S. EPA. 2007. A Decade of Children's Environmental Health Research. Highlights from EPA's Science to Achieve Results Program. Summary Report. EPA/600/S-07/038.
  16. U.S. EPA. 2014. Child-Specific Exposure Scenarios Examples.
  17. WHO 2005. Intergovernmental Forum on Chemical Safety (IFCS). Children and Chemical Safety Working Group: Chemical Safety and Children's Health. Protecting the world's children from harmful chemical exposures: a global guide to resources. Dostępne na stronie: [http://www.who.int/ifcs/champions/booklet\\_web\\_en.pdf](http://www.who.int/ifcs/champions/booklet_web_en.pdf) [Data dostępu: 07.07.2018].