



Justyna Kubicz

OCENA RYZYKA ZDROWOTNEGO OGRODÓW DZIAŁKOWYCH WROCŁAWIA

Justyna Kubicz, dr inż. – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

adres korespondencyjny:
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: justyna.kubicz@up.wroc.pl

HEALTH RISK ASSESSMENT FOR ALLOTMENT GARDENS IN WROCŁAW

SUMMARY: The paper assesses the human health risk for users of allotment gardens in Wrocław. The assessment is made on the basis of heavy metals (Cd, Cu, Zn) hazard. It takes the two main routes of exposure into account: accidental ingestion of contaminated soil and dermal contact with contaminated soil. Attention was focused on recreational scenario of hazard. The methods used have been recommended by the US Environmental Protection Agency. Results of the analysis show the highest value of the hazard index can be observed for children, in the allotment gardens located in Wrocław – Grabiszyn, in the area of environmental impact of Hutmen factory.

KEYWORDS: human health risk, heavy metals, hazard index, allotment gardens

Wstęp

Ogrody pracownicze lub rodzinne, zwane potocznie działkami lub ogrodami działkowymi, są bardzo popularnym miejscem wypoczynku i rekreacji mieszkańców miast. Niejednokrotnie wykorzystywane są także w amatorskiej uprawie warzyw i owoców. Z uwagi na spełniane funkcje powinny być zlokalizowane na obszarach wolnych od zanieczyszczeń powietrza, gleb oraz wód gruntowych. Niestety, w większości polskich aglomeracji ogrody działkowe są rozmieszczone w okolicach zakładów przemysłowych, tras komunikacyjnych oraz na terenach poddanych rekultywacji, gdzie często obserwuje się zanieczyszczenie metalami ciężkimi i innymi substancjami¹.

Kadm, miedź, cynk i ołów należą do grupy najbardziej toksycznych metali ciężkich². Do organizmów żywych metale te dostają się najczęściej drogą pokarmową, na drodze absorpcji przez wdychanie i wchłanianie przez skórę, czyli tak zwany transport folikularny³. Absorpcja metali ciężkich przez wdychanie jest najszybszą drogą pochłaniania i wiąże się z szybkim rozprawieniem substancji toksycznej przez układ krążenia⁴. Konsekwencje zdrowotne ciągłego narażenia nawet na niewielkie dawki metali ciężkich mogą ujawnić się po wielu latach. Ich toksyczne działanie na ludzi i zwierzęta ma bardzo szerokie spektrum. Metale ciężkie szczególnie łatwo ulegają kumulacji w organach wewnętrznych, a ich rakotwórcze oddziaływanie występuje, gdy poziom metalu w danym organizmie osiągnie lub przekroczy tak zwaną dawkę progową. Często narządami najbardziej atakowanymi są te, które są związane z detoksykacją lub eliminacją metalu. Dlatego metale ciężkie głównie atakują wątrobę i nerki. Dodatkowo często stwierdza się kumulację metali w kościach, mózgu i mięśniach. Mogą wywołać natychmiastowe ostre zatrucia lub stany przewlekłe. Z omawianych w opra-

¹ T. Chodak, L. Szerszeń, C. Kabała, *Metale ciężkie w glebach i warzywach ogrodów działkowych Wrocławia*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych” 1995 nr 418(1), s. 291-298; K. Czarnowska, B. Gworek, *Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy*, „Roczniki Gleboznawcze” 1991 nr 42, s. 26-38; K. Czarnowska, J. Walczak, *Distribution of zinc, lead and manganese in soils of Łódź city*, „Roczniki Gleboznawcze” 1999 nr 39 (1), s. 22-34; F. Gambuś, J. Wiczorek, *Metale ciężkie w glebach i warzywach z krakowskich ogrodów działkowych*, „Acta Agraria et Silvustria” 1995 nr 33, s. 12-24; P. Malczyk, W. Kędzia, M. Nowak, *Metale ciężkie w glebach miasta Bydgoszczy*, „Roczniki Gleboznawcze” 1996 nr 47, s. 45-55; J. Potarzycki, W. Grzebisz, J. B. Diatta, A. Błochowiak, *Ocena możliwości uprawy warzyw w strefie wielkomiejskiej na przykładzie Poznania*, „Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu” 1997 nr 19, s. 3-15.

² J. M. Hellawell, *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*, Springer, Netherlands 1986; A. Ociepa-Kubicka, E. Ociepa, *Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska” 2012 t. 15, nr 2, s. 169-180.

³ A. Ociepa-Kubicka, E. Ociepa, op. cit.

⁴ S. E. Manahan, *Toksykologia środowiska. Aspekty chemiczne i biochemiczne*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2006.

cowaniu zatrucia ostre powodują kadm i cynk, a zatrucia przewlekłe mogą wywoływać cynk, kadm, miedź i ołów. Choroby przewlekłe występują przez długi czas w formie utajonej. A dopiero po upływie pewnego czasu mogą powodować niebezpieczne zmiany mutagenne lub uszkodzenia centralnego systemu nerwowego. Zmiany mutagenne mogą w dalszej kolejności prowadzić do schorzeń nowotworowych⁵.

Z uwagi na to, że problem zanieczyszczenia substancjami chemicznymi, w tym metalami ciężkimi, dotyczy coraz większej liczby terenów, należy podjąć próbę oszacowania, na ile te zanieczyszczenia mogą wpłynąć na zdrowie ludzi użytkujących dany obszar. Można tego dokonać wykonując oceny ryzyka zdrowotnego terenów zanieczyszczonych.

Materiał i metody

Informacje dotyczące stężenia metali ciężkich w glebach ogrodów działkowych zaczerpnięto z publikacji Kabały i Chodaka⁶. W swoich badaniach przeanalizowali stężenia ołowiu, miedzi, cynku i kadmu w glebach wrocławskich ogrodów działkowych z podziałem na osiedla (Psie Pole, Zalesie, Kozańów, Szczepin, Kowale, Grabiszyn – zach, Grabiszyn – wsch, Gajowice, Krzyki, Wojszyce, Księżę Wielkie). Wyniki analiz gleb przedstawiono w tabeli 1.

Zastosowana w opracowaniu metodyka badań oceny ryzyka zdrowotnego opiera się na modelu rekomendowanym przez *United States Environmental Protection Agency* (US EPA). Dla metali ciężkich zgodnie z nią oblicza się ilaraz zagrożenia. Dane toksykologiczne do analiz pobiera się z bazy danych *Integrated Risk Information System* (IRIS). Ilość substancji pobranej przez daną osobę oblicza się jako tak zwaną dawkę pobraną, czyli ilość substancji szkodliwej, z którą styka się organizm na danej drodze narażenia w ciągu 1 doby w przeliczeniu na 1 kilogram masy ciała.

W opracowaniu przyjmuje się rekreacyjny scenariusz narażenia na metale ciężkie. Zakłada się, że substancja szkodliwa jest pobierana na drodze dwóch szlaków narażenia: przypadkowe spożycie zanieczyszczonej gleby oraz kontakt dermalny z zanieczyszczoną glebą. Pomija się wdychanie cząstek zanieczyszczonej gleby jako szlak narażenia, z uwagi na minimalne prawdopodobieństwo zaistnienia procesów erozji gleby podczas użytkowania ogrodów działkowych oraz spożycie z zanieczyszczonymi warzywami i owocami, z uwagi na brak dostępnych danych o zawartości w nich metali ciężkich. Ponadto zakłada się, że osoba korzystająca z ogrodu może być narażona na zanieczyszczenie w czasie od 1/3 dni okresu wegetacyjnego w roku, w przypadku rodzin z dziećmi i osób pracujących, do 2/3 dni okresu wegetacyjnego w roku, dla emerytów i rencistów, w cza-

⁵ A. Ociepa-Kubicka., E. Ociepa, op. cit.

⁶ C. Kabała, T. Chodak, *Gleby*, w: *Środowisko Wrocławia – Informator 2002*, red. K. Smolnicki, M. Szykasiuk, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław 2002, s. 66-73.

Tabela 1
Całkowite zawartości metali ciężkich w glebach ogródków działkowych Wrocławia

Osiedle	Miedź [$\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$]		Kadm [$\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$]		Cynk [$\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$]	
	min	max	min	max	min	maks
Psie pole, Zakrzów	13	25	0,3	0,8	38	107
Kozanów	28	30	0,3	0,5	110	148
Kuźniki, Szczepin	14	89	0,3	1,3	45	550
Kowale	13	115	0,2	1,3	68	750
Grabiszyn (Zach.)	36	63	1	1,2	198	272
Grabiszyn (rejon Hutmenu)	34	595	0,3	9,9	112	2100
Gajowice	50	93	1,5	3,7	250	560
Krzyki, Wojszyce	19	67	b.d.	b.d.	51	283
Księżę Wlk.	14	250	0,1	0,5	48	300

Źródło: C. Kabała, T. Chodak, op. cit., s. 66-73.

Tabela 2
Domyślne wartości parametrów narażenia przyjęte w scenariuszu

Parametr	Dzieci	Osoby czynne zawodowo / Rodzice	Osoby obecnie nieaktywne zawodowo	
			W okresie aktywności zawodowej	W okresie przebywania na rencie i emeryturze
Częstotliwość narażenia [$\text{dni} \times \text{rok}^{-1}$]	66	66	66	132
Czas trwania narażenia [lata]	6	20	20	10
Masa ciała [kg]	15	65,4 (kobiety) 78,10 (mężczyźni)	65,4 (kobiety) 78,10 (mężczyźni)	65,4 (kobiety) 78,10 (mężczyźni)
Wskaźnik dobowego przypadkowego spożycia gleby [$\text{mg} \times \text{dzień}^{-1}$]	200	100	100	100
Powierzchnia skóry w kontakcie z glebą [cm^2]	2800	5700	5700	5700
Współczynnik przyczepności gleby do skóry [$\text{mg} \times \text{cm}^{-2} \times \text{dzień}^{-1}$]	0,2	0,07	0,07	0,07
Wielkość dobowej wentylacji płuc [$\text{m}^3 \times \text{dzień}^{-1}$]	10	20	20	20

Źródło: M. Biesiada, *Materiały do wniosku o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięcia p.n. „Drogowa trasa średnicowa Katowice-Gliwice, część „Zachód” od węzła z DK88 w Gliwicach do km 11+100 z Zabrza, odcinki G1, G2, Z3, Z4 z uwzględnieniem oddziaływań skumulowanych z aktualnie realizowanych odcinków Z1 i Z2 w Zabrze”*, t. VI – Ocena oddziaływania na zdrowie ludzi wraz z oceną ryzyka zachorowalności, www.grupainicjatywna.pl [11-09-2013].

sie 6 lat dla dzieci, 20 lat dla osób czynnych zawodowo (w tym rodziców) oraz 30 lat dla osób na rencie lub emeryturze, przy średnim dobowym czasie narażenia odpowiednio 2 h (rodziny z dziećmi, osoby czynne zawodowo) i 5 h (osoby nieaktywne zawodowo). Domyślne wartości parametrów narażenia wykorzystywane do obliczeń przedstawia tabela 2. W analizie przyjęto najbardziej pesymistyczny scenariusz narażenia. W związku z tym, jeżeli wyniki oceny ryzyka wskazują na brak zagrożenia ze strony substancji toksycznych, można uznać, że założenie o braku istotnych oddziaływań zdrowotnych jest silnie umotywowane. Natomiast jeżeli jest przeciwnie oznacza to, że wynik należy szczegółowo przeanalizować oraz dopracować i urealnić scenariusz narażenia (tabela 2).

Niestety, z dalszych analiz wykluczono ołów z uwagi na fakt, że US EPA nie wyznaczyła odpowiednich parametrów dotyczących dawek referencyjnych.

Przypadkowe spożycie zanieczyszczonej gleby najczęściej następuje poprzez zabrudzone ręce. Ilość pobranej substancji z tego szlaku szczególnie zależy od wieku osoby. Największe jest w okresie dzieciństwa i zmniejsza się z wiekiem. Według US EPA pobranie substancji zanieczyszczającej przez przypadkowe spożycie gleby (CI) oblicza się według wzoru (1)⁷:

$$CI = \frac{CS \times EF \times ED \times IR_0 \times CF_1}{BW \times AT}, \quad (1)$$

gdzie:

CS – stężenie substancji w glebie, EF – częstotliwość narażenia, ED – czas trwania narażenia, IR_0 – wskaźnik dobowego przypadkowego spożycia gleby, BW – masa ciała, AT – czas uśredniania narażenia, CF_1 – współczynnik konwersji [$10^{-6} \text{ kg} \times \text{mg}^{-1}$].

Na szlaku kontaktu dermalnego z zanieczyszczoną glebą dawkę substancji wchłoniętą (AD) przez skórę w czasie kontaktu skórnoo oszacowuje się wykorzystując równanie (2)¹²:

$$AD = \frac{CS \times EF \times ED \times SA \times AF \times ABS_d \times CF_1}{BW \times AT}, \quad (2)$$

gdzie:

CS – stężenie substancji w glebie, EF – częstotliwość narażenia, ED – czas trwania narażenia, SA – powierzchnia skóry w kontakcie z glebą, AF – współczynnik przyczepności gleby do skóry, ABS_d – współczynnik wchłaniania dermalnego, BW – masa ciała, AT – czas uśredniania narażenia, CF_1 – współczynnik konwersji [$10^{-6} \text{ kg} \times \text{mg}^{-1}$].

W dalszym etapie prac dysponując wartością dawki referencyjnej (RfD) dla danej substancji dokonuje się porównania jej z rzeczywistą dawką pochodzącą z pojedynczego szlaku narażenia obliczając tak zwany iloraz narażenia (3):

$$HQ = \text{Dawka/RfD}. \quad (3)$$

W omawianym przypadku następuje integracja dwóch dróg narażenia oraz kilku substancji toksycznych, w związku z tym wymagane jest obliczenie ryzyka

⁷ E. Wcisło, *Ocena ryzyka zdrowotnego w procesie remediacji terenów zdegradowanych chemicznie – procedury i znaczenie*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2009.

całkowitego, które jest sumą HQ wszystkich analizowanych substancji na wszystkich szlakach narażenia¹². W ten sposób obliczony zostaje indeks zagrożenia, oznaczany jako HI. Przyjmuje się, że jeżeli $HI \geq 1$ istnieje możliwość wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych w wyniku długotrwałego narażenia na dane substancje. W przeciwnym razie przyjmuje się, że zagrożenie to jest minimalne. W przypadku, gdy HI jest większy od jedności, celowe jest pogrupowanie substancji powodujących ten sam efekt zdrowotny lub działających według tego samego mechanizmu oraz obliczenie indeksów zagrożenia oddzielnie dla każdej grupy substancji.

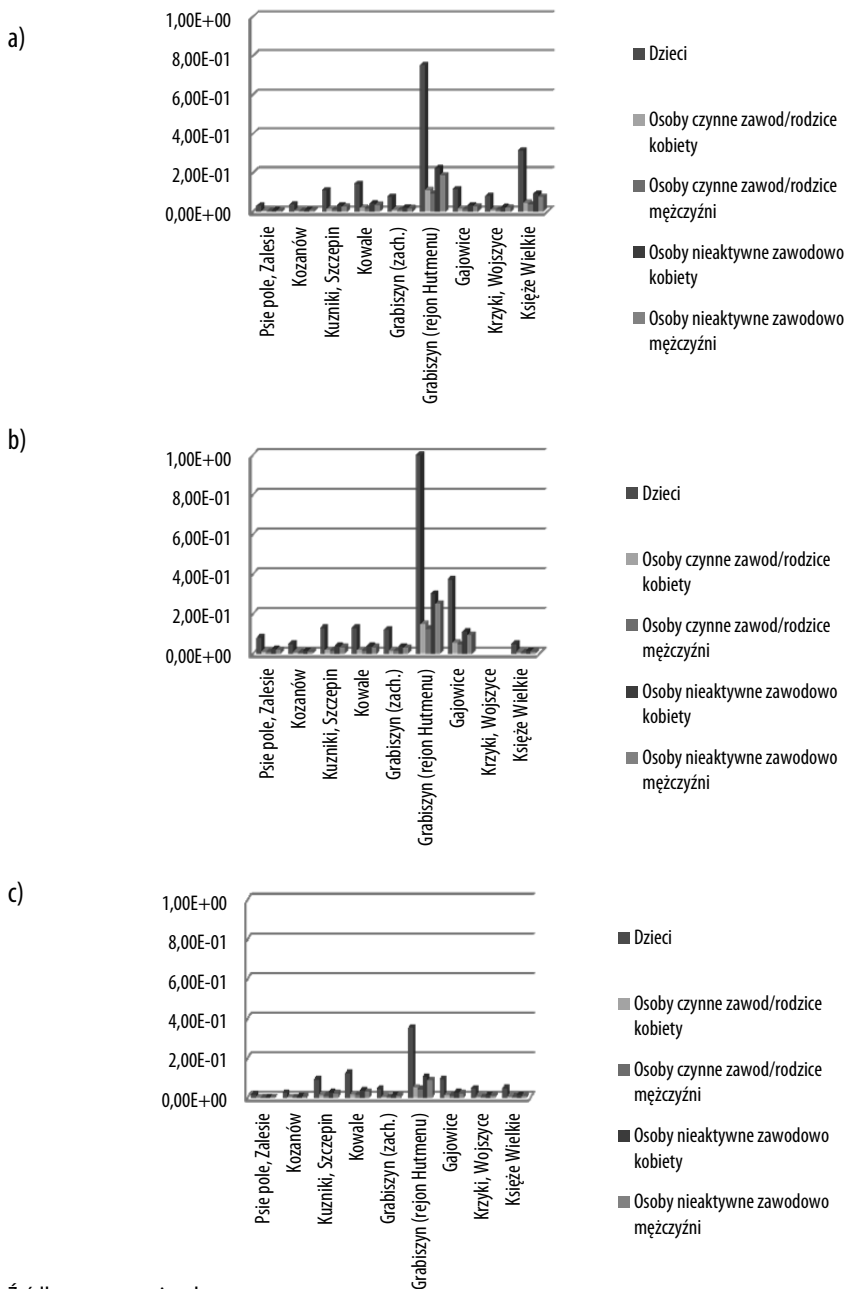
Wyniki

Opierając się na dostępnych danych dotyczących dawki referencyjnej dla omawianych metali ciężkich i wcześniej policzonych możliwych maksymalnych i minimalnych dawek obliczono ilorazy narażenia dla każdej z wymienianych grup użytkowników ogrodów z podziałem na lokalizację wykorzystywanych terenów rekreacyjnych. W ten sposób określono ryzyko zdrowotne związane z narażeniem na substancje toksyczne występujące w glebach ogrodów działkowych. W pierwszym etapie HQ (iloraz narażenia) obliczono osobno dla każdego szlaku narażenia dla każdej substancji. W kolejnym etapie wykonano analizę narażenia spowodowanego poprzez wchłonięcie dawki na drodze kontaktu dermalnego i przypadkowego spożycia dla pojedynczego metalu, a następnie całkowitego narażenia, czyli tak zwanego indeksu narażenia, który połączył obydwa omawiane szlaki narażenia i wszystkie wytypowane do badań metale ciężkie.

Według obliczeń największe wartości HQ dla obu szlaków narażenia występują dla przypadku pobrania maksymalnych dawek kadmu przez dzieci w rejonie ogrodów na osiedlu Grabiszyn w okolicach Hutmenu ($HQ=1$), na drugim miejscu znajduje się HQ dla dzieci narażonych na maksymalne dawki kadmu na terenie działek zlokalizowanych na osiedlu Gajowice (0,37). W przypadku osób czynnych zawodowo wartości HQ dla maksymalnych dawek kadmu na terenie wszystkich ogrodów działkowych kształtują się w zakresie 0,006–0,15, a dla osób nieaktywnych zawodowo 0,01–0,03. Maksymalny iloraz narażenia na miedź również charakteryzuje obszar działek w rejonie Hutmenu (dla dzieci wynosi on 0,75), w dalszej kolejności w rejonie Księża Wielkiego (dla dzieci 0,32), w pozostałych lokalizacjach ma on wartość poniżej 0,14. Biorąc pod uwagę maksymalne dawki cynku potwierdza się, że najbardziej narażeni na toksyczne działanie tego metalu są użytkownicy ogrodów na osiedlu Grabiszyn (największą wartość HQ osiąga dla dzieci 0,35 a najmniejszą dla mężczyzn aktywnych zawodowo 0,04). Drugi w kolejności iloraz zagrożenia opisuje osiedle Kowale (w zakresie od 0,01 dla mężczyzn aktywnych zawodowo do 0,12 dla dzieci). W przypadku dawek minimalnych omawianych metali iloraz narażenia osiąga bardzo niskie wartości w przedziale 10^{-3} - 10^{-1} . Wartości wszystkich HQ dla założenia narażenia na maksymalne dawki metali ciężkich w podziale na grupy użytkowników i lokalizację ogrodów przedstawia rysunek 1.

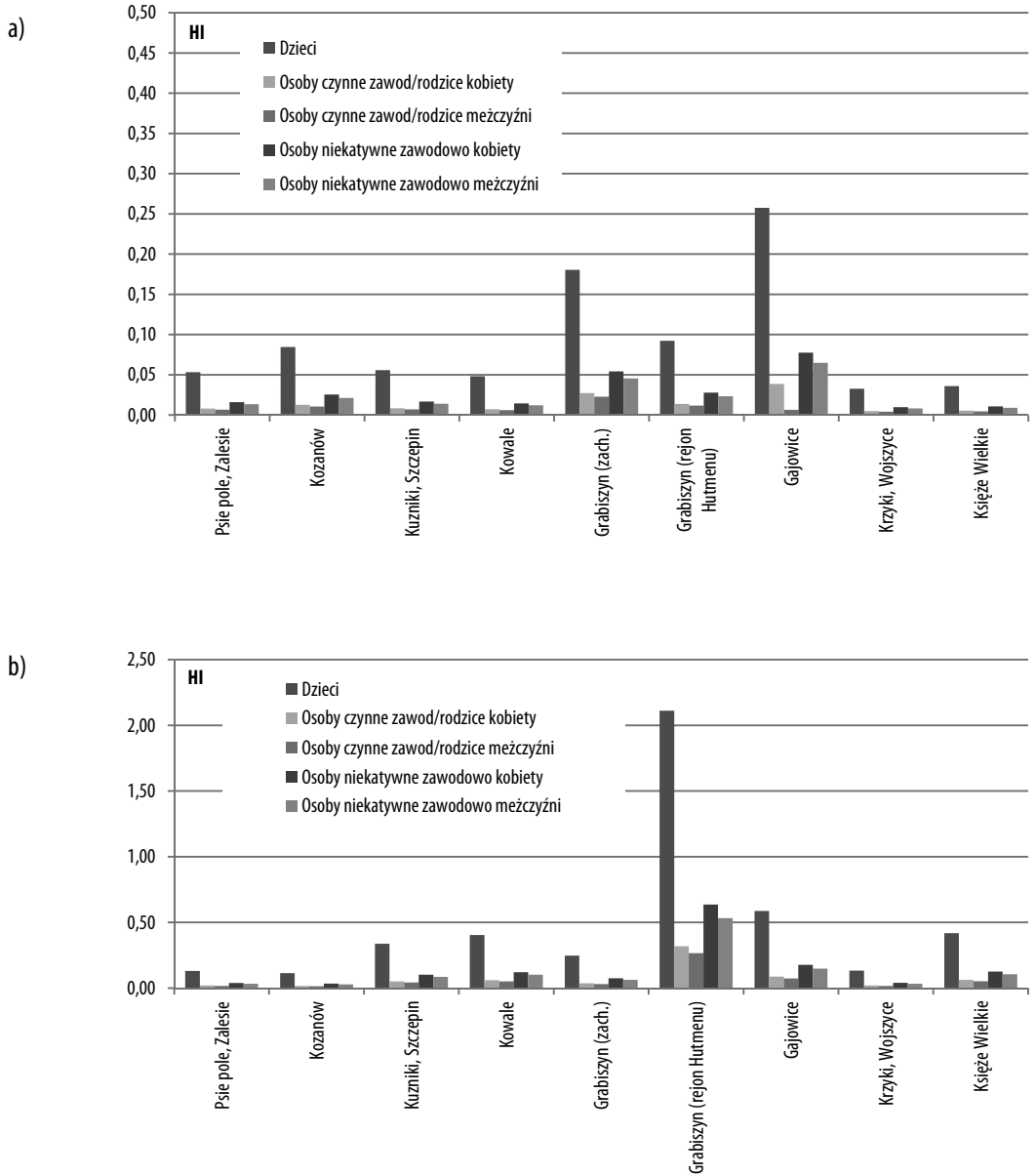
Rysunek 1

Wartości ilorazu zagrożenia (HQ) na obu szlakach narażenia przy założeniu pobrania maksymalnych dawek a) miedzi, b) kadmu, c) cynku



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2
Wartości indeksu zagrożenia (HI) przy założeniu pobrania
a) minimalnych dawek metali ciężkich b) maksymalnych dawek metali ciężkich



Źródło: opracowanie własne.

Ostatnim etapem prac jest obliczenie indeksu zagrożenia. Jest on sumą oddziaływania wszystkich omawianych metali ciężkich na drodze dwóch wyszczególnionych wcześniej dróg narażenia. Wynikiem tego etapu jest stwierdzenie, że wyraźnym zagrożeniem mogą być dawki substancji toksycznych dla dzieci wycieczających na terenie ogrodów działkowych na osiedlu Grabiszyn w rejonie Hutmenu. Wartość HI wynosi tutaj 2,11. W przypadku pozostałych użytkowników nie zauważa się wyraźnego negatywnego oddziaływania (wartości HI kształtują się odpowiednio 0,64 w przypadku kobiet nieaktywnych zawodowo, 0,53 w przypadku mężczyzn nieaktywnych zawodowo, 0,38 dla kobiet pracujących i 0,26 dla mężczyzn pracujących). W przypadku pozostałych terenów wartości maksymalne indeksu zagrożenia znajdują się w przedziałach 0,11 (Kozanów) – 0,58 (Gajowice) dla dzieci, 0,03 (Kozanów, Psie Pole, Zakrzów) – 0,17 (Gajowice) dla kobiet niepracujących, 0,03 (Psie Pole, Zakrzów, Kozanów, Wojszyce) – 0,15 (Gajowice) w przypadku mężczyzn nieaktywnych zawodowo.

Dla mężczyzn i kobiet pracujących zawodowo HI charakteryzuje się bardzo niskimi maksymalnymi wartościami od 0,01 do 0,08. Z obliczeń wynika, że minimalne wartości całkowitego indeksu zagrożenia są na bardzo niskim poziomie od 0,004 (w przypadku mężczyzn aktywnych zawodowo, korzystających z terenów działkowych w rejonie Księża Wielkiego) do 0,2 (dla dzieci wykorzystujących ogrody na osiedlu Gajowice). Wszystkie wyniki obliczeń indeksu zagrożenia dla dawek maksymalnych i minimalnych przedstawiają wykresy na rysunku 2.

Podsumowanie

Wykonana ocena ryzyka zdrowotnego jest wstępnym elementem opracowania mającego na celu stwierdzenie, czy istnieje zagrożenie dla zdrowia użytkowników miejskich ogrodów działkowych. Wzięto w niej pod uwagę dwa najprostsze szlaki dostawania się substancji toksycznych do organizmu: przypadkowe spożycie i kontakt dermalny oraz metale ciężkie, których stężenia najczęściej wykazują przekroczenia norm na terenach użytkowych.

Wynikiem tej analizy jest stwierdzenie znikomego oddziaływania metali ciężkich zawartych w glebach wrocławskich ogrodów działkowych na zdrowie większości działkowiczów. Dalszego urealistycznienia wymagałyby jedynie scenariusz dotyczący dzieci korzystających z terenów rekreacyjnych na osiedlu Grabiszyn w rejonie Hutmenu. Tam wartość indeksu zagrożenia wyraźnie przekracza 1. Według Kabały i Chodaka⁸ obszar na którym zlokalizowane są te ogrody działkowe to teren żyznych gleb, szczególnie przydatnych do produkcji ogrodniczej. Niestety, obok gleb dobrych jakościowo, niezanieczyszczonych występują gleby silnie zanieczyszczone cynkiem, miedzią, ołowiem oraz kadmem, na których

⁸ C. Kabała, T. Chodak, op. cit.

powinna być wyeliminowana produkcja żywności. Według tych autorów stopień skażenia omawianego obszaru jest silnie zróżnicowany (stwierdzono nawet 20-krotne różnice w zawartości cynku) i wyraźnie maleje wraz ze wzrostem odległości od źródła emisji, czyli zakładu Hutmen.