

BOŻENA WIADROWSKA, TADEUSZ SYROWATKA

OCENA CAŁKOWITEJ ZAWARTOŚCI RTĘCI
W TKANKACH LUDZI *Z Zakładu Toksykologii Sanitarnej Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. T. Syrowatka*Oznaczono całkowitą zawartość rtęci we krwi ludzi z populacji generalnej pochodzących z różnych regionów Polski oraz narażonych zawodowo na pary tego metalu, a zamieszkałych na terenie Warszawy i okolic.*

WSTĘP

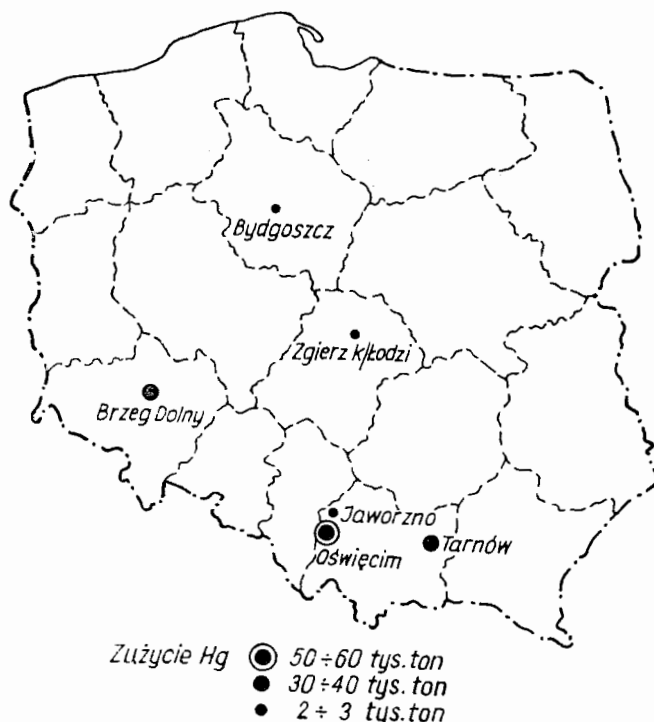
Skażenie środowiska rtęcią i jej związkami związane jest nie tylko z działalnością człowieka, lecz również z właściwościami chemicznymi tego pierwiastka oraz jego zdolnością do rozprzestrzeniania się w przyrodzie. Metaliczna rtęć rzadko występuje w przyrodzie, a z rud rtęciowych największe gospodarcze znaczenie ma cynober [10, 12, 18, 26, 33]. Poziomy rtęci nie są jednakowe i różnią się znacznie w uzależnieniu od lokalnych warunków [1, 2, 4, 27]. Przeciętna zawartość rtęci w skorupie ziemskiej wynosi 0,5 mg/kg, a najwyższe poziomy sięgają nawet 30 mg/kg [14]. Również paliwa naturalne jak ropa naftowa, węgiel kamienny i brunatny zawierają pewne domieszki rtęci, która ulatnia się do atmosfery przy ich spalaniu [3, 5, 16]. Jest to dość pokaźne źródło skażeń, porównywalne ze skażeniami pochodzącymi ze źródeł przemysłowych. Pewną rolę pod tym względem odgrywa również produkcja i stosowanie w rolnictwie zapraw rtęciowych [6].

Do Polski importuje się średnio rocznie 240 ton rtęci. Głównym odbiorcą jest przemysł chemiczny (80%). Według dostępnych danych [28] w Polsce stosuje się na skalę przemysłową metody elektrolizy rtęciowej w 6 zakładach (ryc. 1), w których rocznie zużywa się średnio 114 ton rtęci. Pozostałą część zużywają Polskie Odczynniki Chemiczne. Do produkcji grzybobójczych zapraw nasiennych przeznaczają się 2,5—12,6% rocznego zużycia rtęci.

Poważnym źródłem emisji rtęci do środowiska jest uwalnianie tego pierwiastka w procesie spalania naturalnych surowców energetycznych oraz w trakcie jego stosowania w technologiach przemysłowych.

Rozmieszczenie większych ośrodków przemysłowych ilustruje ryc. 2. Szerokie stosowanie rtęci i jej połączeń organicznych i nieorganicznych w różnych gałęziach przemysłu, w rolnictwie oraz zrzuty ścieków przemysłowych, stwarzają duże możliwości zatruć wśród ludzi i zwierząt tym bardziej, że rtęć wykazuje właściwości do kumulowania się w organizmie żywym [15].

* Fragment pracy doktorskiej. Praca wykonana w ramach problemu międzyresortowego MR-12.



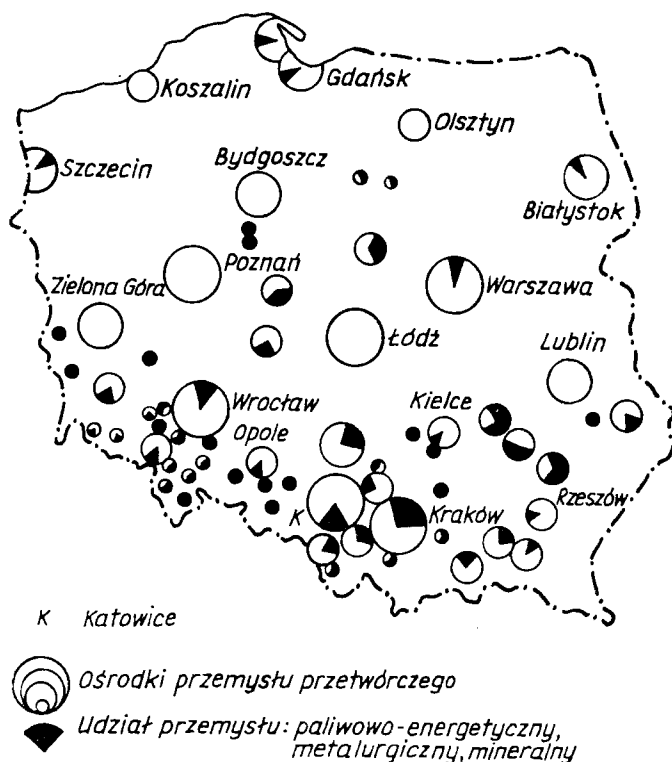
Ryc. 1. Rozmieszczenie zakładów chemicznych stosujących metody elektrolizy rtęciowej.

Ostatnie dwudziestolecie przyniosło szereg danych informujących o zatruciach tym pierwiastkiem nie tylko pojedynczych osób, ale całych grup ludności. Jednym z przykładów mogą być zatrucia jakie miały miejsce w Japonii u ludności mieszkającej nad zatoką Minamata, do której wpuszczono ze ściekami chlorek rtęciowy z pobliskich zakładów przemysłowych [17, 21].

Dotychczas w piśmiennictwie polskim ukazało się wiele prac poruszających problem toksyczności rtęci i jej związków, w tym także badań dotyczących skażenia środowiska tym pierwiastkiem. Najwięcej publikacji odnosi się do zawartości rtęci w produktach żywnościowych i w tkankach zwierzęcych [11, 22, 25, 29, 32, 34].

Określenie stopnia narażenia ludności na rtęć stanowi istotną trudność i wymaga zbadania dużej liczby próbek tkanek i płynów ustrojowych, pobranych od mieszkańców różnych obszarów geograficznych oraz w celach porównawczych od osobników z grup o różnym znanym, przynajmniej w przybliżeniu stopniu narażenia.

Celem przedstawionej pracy było określenie stopnia ekspozycji na rtęć ludzi zamieszkałych w różnych regionach Polski na podstawie oznaczeń całkowitej zawartości tego pierwiastka we krwi osobników z populacji generalnej i narażonych zawodowo. Ponadto określono relacje zachodzące między zawartością tego metalu we krwi i wiekiem osobników, od których pobrano próbki do badań.



Ryc. 2. Rozmieszczenie większych ośrodków przemysłowych (wg. Rocznika Statystycznego, 1979).

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Materiał do badań stanowiła krew [843 próbek] otrzymana z różnych Szpitali i Klinik w Warszawie oraz ze wszystkich Wojewódzkich Stacji Krwiodawstwa z wyjątkiem Koszalina [wg. dawnego podziału administracyjnego].

Próbki krwi z populacji generalnej pobrano od 152 kobiet w wieku 18—79 lat, 674 mężczyzn w wieku 18—80 lat, 17 dzieci w wieku 5—14 lat.

Palacze kotłowni i galwanizerzy oraz pracownicy zakładu produkującego lampy rtęciowe stanowili grupę osobników narażonych zawodowo od których pobierane były próbki do badań. Razem otrzymano 142 próbki krwi, w tym 18 próbek pobranych od palaczy i galwanizerów w wieku 21—64 lata oraz 124 próbki pobrane od pozostałej grupy pracowników w wieku 19—53 lata.

Do analizy pobierano po 1 cm³ krwi i oznaczenia wykonywano wg zmodyfikowanej metody Brauna [7, 31]. Metoda ta polegała na mineralizacji materiału biologicznego za pomocą stężonego H₂SO₄ w temp. 70°C, a następnie utlenianiu roztworem KMnO₄ w tej samej temperaturze i redukcji do rtęci metalicznej roztworem SnCl₂.

Oznaczenia wykonywano przy użyciu spektrofotometru atomowo-absorpcyjnego, zestawionego zgodnie z piśmiennictwem [31, 20].

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyniki oznaczeń zawartości rtęci całkowitej we krwi osób dorosłych i dzieci z populacji generalnej a także osób narażonych zawodowo, zamieszkałych na terenie Warszawy i okolic przedstawiono w tabeli I.

Tabela I. Zawartość rtęci we krwi osób dorosłych i dzieci z populacji generalnej miasta Warszawy i okolic oraz osób narażonych zawodowo

Badane grupy		Wiek (lata)	Liczba próbek	Średnia zawartość rtęci $\frac{\bar{X} + S_x}{\mu\text{g/cm}^3}$	Zakres $\mu\text{g/cm}^3$	Mediana $\mu\text{g/cm}^3$
Populacja generalna	Osoby dorosłe	16–55	354	$0,012 \pm 0,0002$	0,0–0,05	0,010
	Dzieci	5–14	17	$0,006 \pm 0,001$	0,0–0,02	0,001
Narażeni zawodowo	Osoby dorosłe	16–58	142	$0,062 \pm 0,007$	0,0–0,15	0,058

Stwierdzono, że średnia zawartość rtęci we krwi ludzi dorosłych z populacji generalnej była dwukrotnie wyższa od zawartości w grupie dzieci, ale 5-krotnie niższa od zawartości w grupie ludzi zawodowo narażonych na pary tego metalu. Również mediana w grupie osób dorosłych z populacji generalnej była 5-krotnie niższa aniżeli w grupie narażonych zawodowo.

Wśród osób narażonych zawodowo znajdowała się grupa palaczy kotłowych i galwanizerów, u których średnia zawartość we krwi wynosiła $0,083 \pm 0,008 \mu\text{g Hg/cm}^3$.

W zakładach produkujących lampy rtęciowe, próbki krwi pobierano od ludzi zatrudnionych na dwóch wydziałach produkcyjnych tzw. „03” i „06”. Wydział „03” uważany jest ze względu na proces technologiczny przy produkcji lamp rtęciowych za bardziej szkodliwy dla zdrowia.

Średnia zawartość rtęci we krwi w tej grupie osób wynosiła $0,082 \mp 0,003 \mu\text{g/cm}^3$ a więc kształtowała się na tym samym poziomie jak w grupie palaczy kotłowych i galwanizerów.

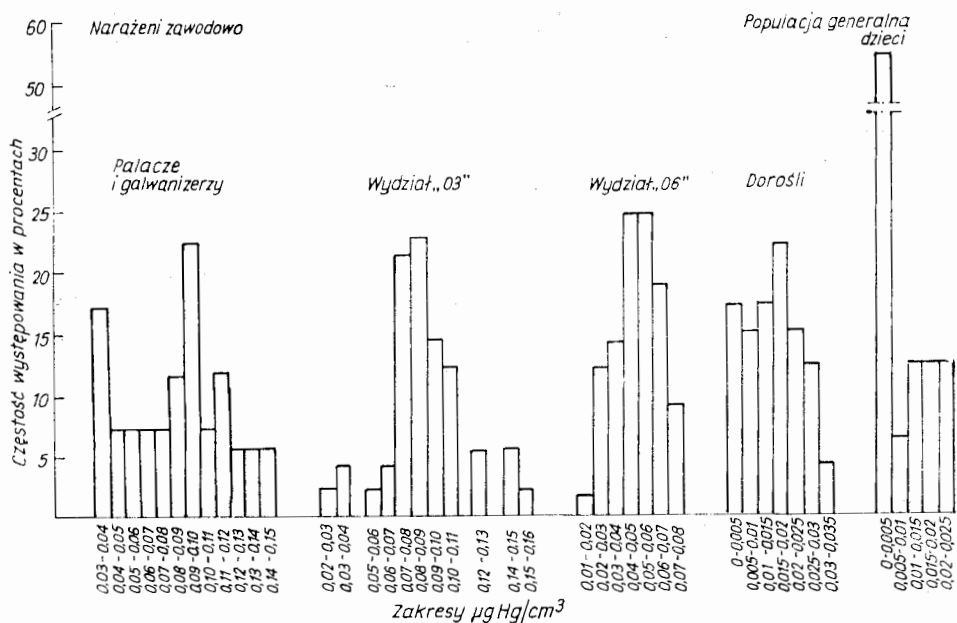
W próbkach krwi pobranych od pracowników z wydziału „06” średnia zawartość rtęci była ponad dwukrotnie niższa i wynosiła $0,039 \mp 0,002 \mu\text{g/cm}^3$. Powyższe wyniki zostały zobrazowane graficznie na rycinie 3.

Obliczono również współzależność między zawartością rtęci w próbkach krwi osobników z populacji generalnej a ich wiekiem. Tę zależność przedstawiono w postaci krzywej regresji (ryc. 4), stwierdzając słabą korelację przy współczynniku $r = 0,539$.

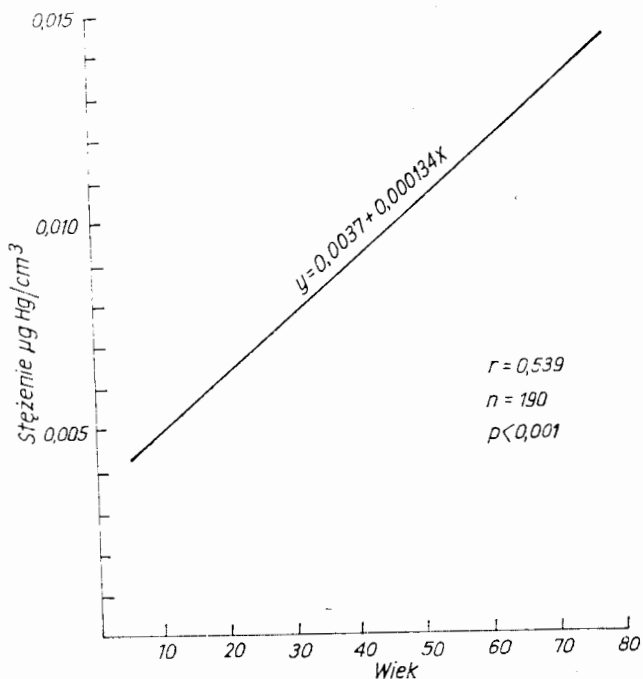
W dalszym etapie badań oznaczono całkowitą zawartość rtęci we krwi ludzi z populacji generalnej, zamieszkałych na terenie różnych regionów Polski, a ich wyniki zostały przedstawione w tabeli II i na ryc. 5.

W próbkach krwi pochodzących z 12 miast wojewódzkich najczęściej wykrywane stężenia rtęci mieściły się w zakresie $0,0–0,05 \mu\text{g/cm}^3$. Zakres ten obejmował 82,22–100% wszystkich próbek z terenu i okolic miast: Białegostoku, Bydgoszczy, Gdańska, Katowic, Kielc, Lublina, Łodzi, Olsztyna, Opola, Poznania, Rzeszowa i Warszawy. W pozostałych czterech miastach procent ten wahał się od 50–72. W tej ostatniej grupie aż 22–43% próbek mieściło się w zakresie stężeń $0,051–0,1 \mu\text{g Hg/cm}^3$.

W niektórych przypadkach (w 2–7% próbek pochodzących z miast: Bydgoszczy, Gdańska, Kielc, Krakowa, Poznania, Rzeszowa, Szczecina i Zielonej Góry) wykrywane zawartości rtęci były wyjątkowo wysokie,



Ryc. 3. Zawartość Hg we krwi ludzi z populacji generalnej i narażonych zawodowo — dane dla miasta Warszawy i okolic.



Ryc. 4. Korelacja wiekowa zawartości Hg we krwi mieszkańców Warszawy i okolic.

Tabela II. Zawartość rtęci we krwi osób z populacji generalnej pochodzących z różnych regionów Polski oraz częstość występujących zakresów stężeń w procentach

Miasta wojewódzkie	Liczba badanych próbek	Zakres ($\mu\text{g}/\text{Hg}/\text{cm}^3$)					Średnia zawartość rtęci $\bar{X} + S_x$ $\mu\text{g}/\text{cm}^3$	Mediana
		0,00—0,05	0,051—0,1	0,11—0,15	0,16—0,2	0,21—0,25		
Białystok	43	100	—	—	—	—	0,010 \pm 0,002	0,008
Bydgoszcz	41	90,24	7,31	2,45	—	2,45	0,023 \pm 0,006	0,012
Gdańsk	45	82,22	15,56	2,22	—	—	0,036 \pm 0,003	0,035
Katowice	49	97,9	2,1	—	—	—	0,016 \pm 0,012	0,013
Kielce	47	89,36	8,51	2,13	—	—	0,027 \pm 0,003	0,022
Kraków	36	72,22	22,22	5,56	—	—	0,055 \pm 0,018	0,025
Lublin	48	97,9	2,1	—	—	—	0,008 \pm 0,004	0,005
Łódź	50	100	—	—	—	—	0,015 \pm 0,005	0,014
Olsztyn	34	100	—	—	—	—	0,013 \pm 0,002	0,012
Opole	34	100	—	—	—	—	0,012 \pm 0,003	0,012
Poznań	45	93,2	2,3	4,5	—	—	0,016 \pm 0,004	0,001
Rzeszów	49	85,71	12,24	2,05	—	—	0,024 \pm 0,003	0,014
Szczecin	43	62,79	32,57	2,32	2,32	—	0,044 \pm 0,006	0,039
Warszawa	190	100	—	—	—	—	0,018 \pm 0,002	0,017
Wrocław	30	64,52	35,48	—	—	—	0,042 \pm 0,003	0,044
Zielona Góra	42	50	42,86	7,14	—	—	0,049 \pm 0,006	0,043

co może świadczyć o przekroczeniu stężenia, przyjętego przez niektórych autorów za „bezpieczne”.

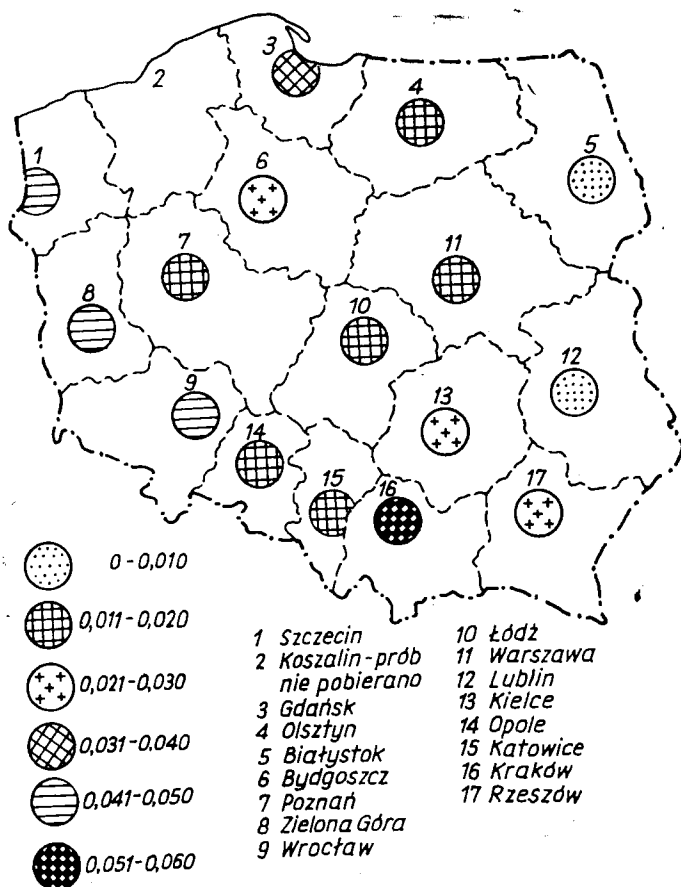
Analiza statystyczna (analiza wariancyjna i test wielokrotnego rozstępu N.I.R.) wykazała, że średnie zawartości rtęci w próbkach krwi otrzymanych z miast: Gdańska, Kielc, Krakowa, Wrocławia, Zielonej Góry i Szczecina były istotnie wyższe w porównaniu z pozostałymi analizowanymi grupami, co zobrazowano w tabeli III i na ryc. 6.

W postaci krzywej regresji [ryc. 7] przedstawiono zależność między zawartością rtęci we krwi wszystkich badanych próbek z terenu całej Polski, a wiekiem osób, od których pobrano próbki do badań.

W przeanalizowanych próbach nie stwierdzono statystycznie znacznej korelacji [współczynnik korelacji $r = 0,023$].

Jak wynika z przedstawionych danych całkowite zawartości rtęci we krwi osób z populacji generalnej, a także osób narażonych zawodowo są zbliżone do uzyskanych w innych krajach. Średnie zawartości we krwi ludzi z całej Polski wahają się w granicach od 0,008 do 0,055 $\mu\text{g}/\text{Hg}/\text{cm}^3$. Największa liczba próbek pochodzących od osobników dorosłych (100% próbek z 9 Woj. Stacji Krwiodawstwa) zawierała rtęć w stężeniu 0,0—0,05 $\mu\text{g}/\text{Hg}/\text{cm}^3$. W badanej grupie dzieci 60% próbek mieściło się w zakresie stężeń od 0,0—0,005 $\mu\text{g}/\text{Hg}/\text{cm}^3$.

Według Löfrotha [19] stężenie rtęci we krwi człowieka nie powinno przekraczać 0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. W niektórych krajach wartość tę określono na znacznie niższym poziomie: 0,03 $\mu\text{g}/\text{Hg}/\text{cm}^3$. Goldwater [13] uważa, że poziomy rtęci rzędu 0,02—0,03, a nawet 0,05 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ wykrywane we krwi ludzi z populacji generalnej nie stanowią zagrożenia dla organizmu (w 80% próbek przebadanych przez Goldwatera zawartość rtęci we krwi wynosiła jednak 0,02 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$). Podobne stężenia zawartości rtęci we krwi ludzi z populacji generalnej z regionu Saglawiya i Hillali w Iraku znajdował Kazantis [8].



Ryc. 5. Zakresy średnich stężeń we krwi ludzi z populacji generalnej w różnych regionach kraju (µg Hg/cm³).

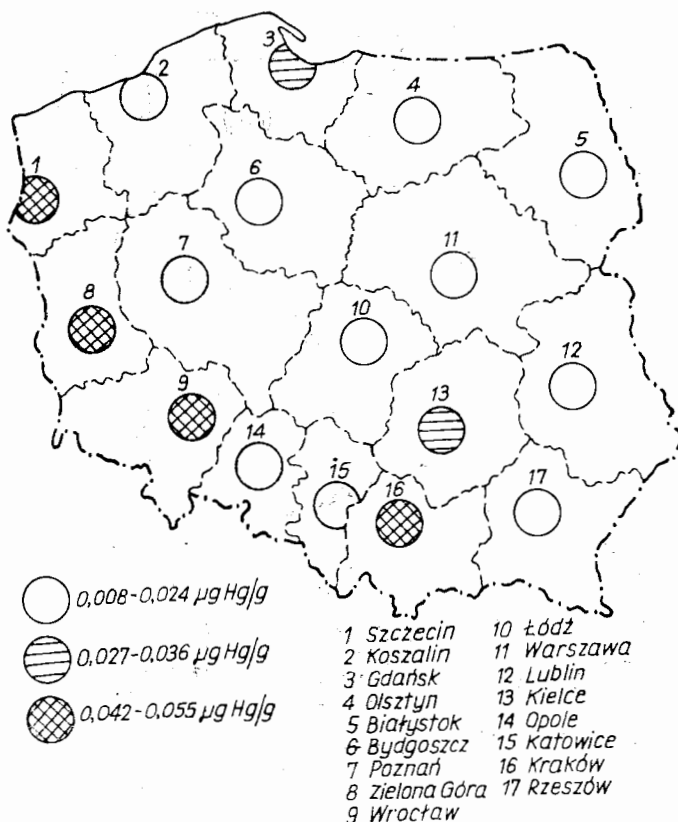
Tabela III. Analiza wariancyjna — krew

Źródło zmienności	Suma kwadratów odchyłeń	Stopnie swobody	Średnia kwadratów odchyłeń	F
Między grupami	0,647761	$f_1 = 15$	0,043184	88,49
Wewnątrz grup	0,395947	$f_2 = 810$	0,000488	
Suma	1,043708	825		

Wartość krytyczna F odczytana z tabeli wynosi 2,04 przy $P = 0,01$

Jervis i Kitamura [cyt. 30] (w próbkach z Kanady i Japonii) a także Underwood (próbki z terenu Szwecji) [cyt. 30] znajdowali we krwi osób z populacji generalnej znacznie niższe poziomy rtęci. W pierwszym przypadku wartości te wynosiły 0,005—0,01 µg Hg/cm³, natomiast w badaniach Underwooda 74% próbek zawierało mniej niż 0,005 µg Hg/cm³.

U mieszkańców Szwecji i Japonii, którzy spożywali duże ilości ryb również zawartość rtęci we krwi była wyższa i dochodziła do 0,1 µg

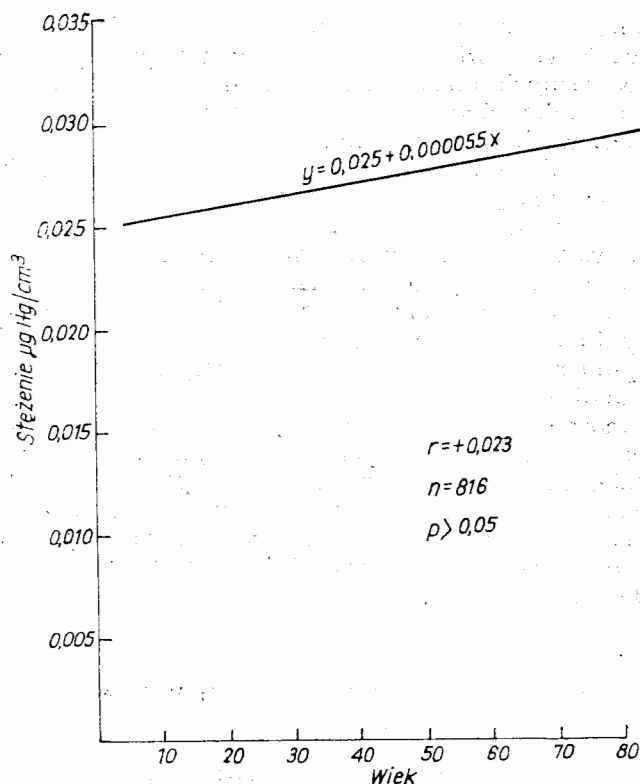


Ryc. 6. Zawartość rtęci we krwi osób z populacji generalnej w różnych regionach Polski.

Hg/cm³. Wartości inne niż uzyskane w tych badaniach otrzymał *Buliński* i wsp. [9], którzy we krwi mieszkańców Lublina i okolic zanotowali średnio 0,025 µg Hg/cm³, stwierdzając przy tym, że zawartości rtęci mieściły się najczęściej w zakresach stężeń: 0—0,005 i 0,0201—0,05 µg/cm³. Są to wyniki trzykrotnie wyższe w porównaniu z wartościami otrzymanymi w niniejszej pracy z tego samego regionu. Zawartości rtęci we krwi dzieci, oznaczone przez *Bulińskiego* były podobne do uzyskanych w prezentowanej pracy i mieściły się w zakresie 0—0,005 µg Hg/cm³.

Grupa osób zawodowo narażonych na działanie par rtęci obejmowała palaczy kotłowych i galwanizerów oraz pracowników zatrudnionych przy produkcji lamp rtęciowych. Zawartości rtęci wahały się w tym przypadku w granicach od 0,039 do 0,082 µg/cm³, przy czym najwyższe stężenia wykrywano w grupie pracowników zatrudnionych przy produkcji lamp rtęciowych.

Podobne wartości (0,081 µg Hg/cm³) znajdował *Pach* i wsp. [23] u pracowników narażonych na działanie par rtęci przy produkcji chloru i aldehydu octowego. Badania *Rossiego* i wsp. [24] przeprowadzone u osób ulegających ekspozycji zawodowej wskazują również na zgodność uzyskanych przez nich wyników z wynikami przedstawionymi w niniejszej pracy.



Ryc. 7. Korelacja wiekowa Hg we krwi mieszkańców różnych regionów Polski.
 $r = +0,023$; $n = 816$; $P > 0,05$.

Berlin [cyt. 30] na podstawie obszernych badań stwierdził, że w przypadku narażenia zawodowego na działanie par rtęci stężenie we krwi wynoszące $0,03 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ jest wyrazem znacznej ekspozycji; natomiast w warunkach narażenia na pochodne metylowe stężenia przekraczające $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ są oznaką niebezpiecznej ekspozycji. Jervis [cyt. 30] u osobników zatrutych metylortęcią w wyniku narażenia zawodowego wykrył bardzo wysokie wartości wynoszące $1,3$ — $4,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$.

WNIOSKI

1. Całkowita zawartość rtęci we krwi ludzi zamieszkujących różne regiony Polski jest zbliżona do analogicznych zawartości występujących w innych krajach.

2. Największa liczba próbek krwi pobranych od osób z populacji generalnej zamieszkujących różne regiony Polski zawierała rtęć w ilości 0 — $0,05 \mu\text{g}/\text{cm}^3$. W 2 — 7% próbek wykrywano zawartości rtęci przekraczające wartość $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, którą niektórzy autorzy przyjmują jako wartość graniczną.

3. Średnia zawartość rtęci we krwi ludzi dorosłych z populacji generalnej była 5-krotnie niższa od zawartości w grupie ludzi zawodowo narażonych na parę rtęci.

4. Nie stwierdzono statystycznie znamiennej korelacji między zawartością rtęci we krwi a wiekiem osobników z populacji generalnej, zamieszkałych w różnych miastach Polski. W grupie osób pochodzących z Warszawy i okolic stwierdzono słabą korelację zachodzącą między zawartością rtęci we krwi i wiekiem.

5. Uzyskane wyniki wskazują na to, że regionem o największej ekspozycji ludności na rtęć jest miasto Wrocław i jego okolice, a w następnej kolejności Kraków, Zielona Góra i Szczecin z okolicami.

6. Ocena statystyczna całkowitej zawartości rtęci wykazała, że próbki o znamienne wysokiej jak i znamienne niskiej zawartości rtęci pochodziły zarówno z regionów silnie jak i słabo uprzemysłowionych. Wskazywałoby to na fakt, że rtęć emitowana z różnych źródeł jest w znacznym stopniu rozpraszana na obszarze całej Polski.

Tak więc, analiza statystyczna wykazała, że o ile w poszczególnych przypadkach można by doszukiwać się określonego źródła ekspozycji (regiony przemysłowe, nieprzemysłowe), o tyle dokonanie uogólnienia w tym zakresie, dla badanych grup osób z populacji generalnej, nie wydaje się możliwe. Co więcej, można przypuszczać, że rtęć emitowana z różnych źródeł jest w mniejszym lub większym stopniu rozpraszana na obszarze całego kraju przez czynniki atmosferyczne a także wynikające z działalności ludzkiej.

Б. Вядровска, Т. Сыроватка

ОЦЕНКА ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В ТКАНЯХ ЛЮДЕЙ

Резюме

Определяли общее содержание ртути в крови людей из генеральной популяции проживающих в разных районах Польши а также людей профессионально подвержённых действию пар этого металла, проживающих в Варшаве и окрестностях.

Было установлено, что максимальное количество проб крови взятой от лиц из генеральной популяции содержит ртуть в пределах 0—0,05 мкг/мл. В 2—7% проб содержание ртути превышало 0,1 мкг/мл, что некоторые авторы считают предельным значением.

Среднее содержание ртути в крови взрослых лиц из генеральной популяции было в 5 раз меньше чем у лиц профессионально подвержённых действию пар этого металла. Полученные результаты показывают, что в максимальной степени люди подвергаются действию ртути в городе Wrocław и его окрестностях, а затем в городах Краков, Зелёна Гура и Щецин вместе с его окрестностями.

B. Wiadrowska, T. Syrowatka

ASSESSMENT OF TOTAL MERCURY LEVEL IN HUMAN TISSUES

Summary

Total mercury level was determined in human blood in the general population in different regions of Poland and in subjects exposed occupationally to vapours of this metal who were living in Warsaw and its environs.

It was found that the greatest number of blood samples obtained from the general population contained mercury levels from 0 to 0.05 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$. In 2—7% of samples the determined mercury level exceeded 0.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ which is accepted by certain authors as borderline value.

The mean mercury level in the blood of adults in the general population was fivefold lower than in the group of subjects with occupational exposure to vapours of this metal. The obtained results show that the region of greatest exposure of the population to mercury was the City of Wrocław and its environs, followed by Cracow, Zielona Góra and Szczecin with surrounding areas.

PIŚMIENNICTWO

1. Aaronson T.: Mercury in the environment. *Environment*, 1973, 13, 16. —
2. Analytical Methods Committee: The determination of small amounts of mercury in organic matter. *Analyst*, 1965, 90, 515. —
3. Anderson A. A., Anderson J. M.: System stymulation to identify environmental research needs. Mercury contamination 85—115 w: *Toward global equilibrium: collected papers. D. L. Medows, Wright — Allen Press, Inc., Cambridge Mass., 1973.* —
4. Berlin M., Crawford A. G., Hellberg J., Hellström J.: Neurotoxicity of methylmercury in squirrel monkeys cerebral cortical pathology, interference with scotopic vision and changes in operant behavior. *Arch. Environ. Health*, 1975, 30, 340. —
5. Bertine K. K., Goldberg E. D.: Fossil fuel combustion and major sedimentary cycle. *Science*, 1971, 173, 7233. —
6. Bojanowska A.: Persistencja związków rtęci po stosowaniu zapraw rtęciowych. *Biul. IOR*, 1971, 50, 55. —
7. Braun R., Husbands A. P.: Determination of low levels of mercury by cold vapour atomic absorption. *Spectrovision*, 1971, 26, 2. —
8. Bulletin of the World Health Organization Supplement, Vol. 53, 1976. „Conference on intoxication due to alkylmercury-treated seed. Bahdad Irac, 9—13 September 1974” —
9. Buliński R., Dąbrowska D., Koktyś N., Kot A., Michniewski J., Szydłowska E.: Badania zawartości rtęci całkowitej w tkankach ludzi populacji generalnej województwa lubelskiego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1979, 12, 67. —
10. Eshelman A., Siegel S. M., Siegel B. Z.: Ismercury from Hawaii in volcanoes a natural source of pollution. *Nature*, 1971, 233, 471.
11. Gajewska R., Nabrzyski M.: Zawartość rtęci, kadmu i ołowiu w rybach morskich i słodkowodnych. *Roczn. PZH*, 1979, 28, 215. —
12. Grant N.: Mercury in man. *Environment* 1971, 13, 3. —
13. Goldwater L. J.: Mercury in our environment. *J. Food Cosmet. Toxicol.*, 1965, 3, 120. —
14. Heide F., Lerz H., Böhm G.: Gehalt des Saalewassers an Blei und Quecksilber. *Naturwissen*, 1957, 44, 441. —
15. Holøen A. V.: Present levels of mercury in man and his environment. *Inter. Atom. Ener. Agency; Technical Reports No 137, Vienna 1972*, 143. —
16. Joensun O. J.: Fossil fuels as a source mercury pollution. *Science*, 1971, 172, 1027. —
17. Kojima K., Fujita M.: Summary of recent studies in Japan on methyl mercury poisoning. *Toxicology*, 1973, 1, 43. —
18. Leatherland T. M., Burton J. D., McCartney M. J., Culkin F.: Mercury in north-eastern atlantic ocean water. *Nature*, 1971, 232, 112. —
19. Löfroth G.: Ecological Research Committee 1969, *Bull. No 4*, ed. by Swedish Natural Research Council. —
20. Lindstedt G.: A rapid method for the determination of mercury in urine. *Analyst*, 1970, 95, 264.
21. McAlpine D., Araki S.: Minamata disease an unusual neurological disorder caused by contaminated fish. *Lancet*, 1958, 2, 629. —
22. Nabrzyski M.: Zawartość rtęci, miedzi i cynku w tkance mięsnej tuńczyków oraz w tkance mięsnej kalmarów i krewetek. *Bromat. Chem. Toksykol.* 1975, 8, 171. —
23. Pach J. i wsp.: Ocena toksycznego działania par rtęci u pracowników narażonych zawodowo w świetle badań środowiskowych, celowanych badań okresowych i badań klinicznych. *Przegląd Lekarski*, 1976, 33, 926. —
24. Rossi L. C., Clemente G., Santaroni G.: Mercury and selenium distribution in a defined area and in its population. *Archiv. Environ. Health*, 1976, 31, 160. —
25. Rusiecki W., Osicka A., Podleśny J.: Organiczne związki rtęci w artykułach żywności i ich znaczenie toksykologiczne. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1972, 5, 101. —
26. Siegel B. Z., Siegel S. M., Thomarinsson F.: Icelandic geothermal activity and the mercury of the Greenland icecap. *Nature*, 1973, 241, 526. —
27. Schroeder H. A.: Metals in the air. *Environment* 1971, 13, 18. —
28. Szprengier T.: Badania nad zawartością rtęci w tkankach zwierząt domowych w Polsce. *Praca doktorska; Puławy*, 1976. —
29. Szprengier T.: Problem skażeń rtęcią środowiska biologicznego i zwierząt domowych. *Medycyna Wet.* 1971, 27, 82. —
30. Szucki B., Majczakowa W., Podolak M., Krzyżanowski J.: Chemiczne środki ochrony roślin. *Toksykologia i Higiena Pracy. Rozdział: Rtęć i jej związki. PWRiL, Warszawa*, 1978.
31. Wiadrowska B., Syrowatka T.: Metoda oznaczania rtęci całkowitej za pomocą spektrofotometrii atomowo-absorpcyjnej. *Roczn. PZH*, 1974, 25, 701. —
32. Wierzychowski J., Nabrzyski M.: Badania nad oznaczaniem śladowych ilości rtęci w niektórych produktach spożywczych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1971, 4, 299. —
33. Weissberg B. G., Zobel M. G. R.: Geothermal mercury pollution in New Zealand. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 1973, 9, 148. —
34. Zerbe J.: Związki rtęci w środowisku człowieka i żywności. *Przem. Spoż.* 1971, 25, 390.