

Małgorzata Trzcinka-Ochocka

Marek Jakubowski

Grażyna Raźniewska

OCENA NARAŻENIA ZAWODOWEGO NA OŁÓW W POLSCE*

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO LEAD IN POLAND

Z Zakładu Zagrożeń Chemicznych

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE

Celem pracy była ocena aktualnego narażenia zawodowego na ołów w przemyśle w Polsce oraz ocena kompetencji laboratoriów wykonujących badania z zakresu monitoringu biologicznego w narażeniu zawodowym na ołów. Według aktualnych informacji, w kontakcie z ołowiem zatrudnionych jest 26 500 pracowników w 517 zakładach pracy. W stężeniach ołowiu w powietrzu przekraczającym wartość 1 NDS (0,05 mg/m³) zatrudnionych jest obecnie 1895 osób, o 257 więcej w stosunku do roku 2000. Jednak badania z zakresu monitoringu biologicznego prowadzone są tylko w 22% (112) zakładach i obejmują 20 300 wszystkich osób (76%) pracujących w kontakcie z ołowiem. Tylko 2 laboratoria, spośród 18 wykonujących takie oznaczenia, posiadają certyfikat akredytacji.

Uzyskane dane wskazują, że narażenie zawodowe na ołów stanowi ciągle istotny problem w polskim przemyśle. Liczba pracowników objętych badaniami monitoringu biologicznego (76%), wskazuje na brak powszechności stosowania zaleceń zawartych w rozporządzeniu ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1996 r., jak również Dyrektywy Unii Europejskiej (Dyrektywa 98/24/EC). Laboratoria analityczne, wykonujące oznaczenia stężeń ołowiu we krwi, nie posiadają odpowiednich uprawnień do prowadzenia badań z zakresu monitoringu biologicznego dla potrzeb bezpieczeństwa zdrowia. W większości wypadków kompetencje tych laboratoriów są niewystarczające z powodu braku dostosowania do obowiązujących systemów zapewnienia jakości zawartych w polskiej wersji normy europejskiej PN-EN ISO / IEC 17 025.

Posiadanie akredytacji przez laboratoria analityczne w Polsce, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia „W sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” z dnia 20 kwietnia 2005, będzie obowiązujące od początku 2008 r. Med. Pr., 2005;56(5):395–404

Słowa kluczowe: ołów, narażenie zawodowe, laboratoria, analizy, akredytacja

ABSTRACT

The aim of the study was to assess the current occupational exposure to lead in Poland and to evaluate the competence of laboratories responsible for biological monitoring and analysis of health risks in workers exposed to lead. According to the current data, 26 500 workers are employed in 517 factories, including 1895 persons working under condition of exposure exceeding the Polish MAC level of 0.050mg/m³. The biological monitoring analysis includes measurements of blood lead (Pb-B). Levels and concentrations of one of the markers of early health effect are carried out only in 22% (112) of plants, covering only 76% (20 300) of all workers. Of the 18 laboratories performing this kind of determinations, only 2 are granted the analytical laboratory accreditation certificate. The obtained data indicate that occupational exposure to lead is still a problem in Polish industry. The proportion (76%) of the workers covered with biological monitoring analysis show that neither the recommendations laid down in the decree of 1996 issued by the Minister of Health and Social Welfare, and reinforced by the Minister of Health in 2004, nor the EU directive (98/24/EC) is universally observed. Both these documents provide for that Pb-B determinations in employees occupationally exposed to lead are compulsory. The competences of the majority of analytical laboratories are not sufficient to evaluate biological monitoring analysis in workers occupationally exposed to lead. They have not yet adopted the obligatory Polish versions of European standards of the quality assurance set in PN-EN ISO/IEC 17025.

The Minister of Health issued another decree, dated 20 April 2005, according to which from 1 January 2008 every analytical laboratory will have to possess accreditation. Med. Pr., 2005;56(5):395–404

Key words: lead, occupational, exposure, laboratory, analysis, accreditation

Adres autorów: św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: ochocka@imp.lodz.pl

Nadesłano: 18.08.2005

Zatwierdzono: 5.09.2005

© 2005, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi

WSTĘP

W Polsce na początku lat dziewięćdziesiątych utworzono elementy systemu monitoringu biologicznego.

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 4.8 pt. „Ocena wykonywania zaleceń dotyczących oznaczania ołowiu we krwi i jego wczesnych skutków działania u osób narażonych zawodowo. Stworzenie bazy danych o narażeniu na ołów w przemyśle w Polsce”. Kierownik tematu: dr M. Trzcinka-Ochocka.

W roku 1996 ukazało się Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja, uznające wykonywanie oznaczeń ołowiu we krwi za obowiązujące (1). Rozporządzenie ustalało zasady postępowania z pracownikami w narażeniu zawodowym na ołów, określało zakres i częstotliwość badań lekarskich a także zakres profilaktycznej opieki zdrowotnej i wa-

runki odsunięcia pracowników od pracy. W chwili obecnej obligatoryjność badań z zakresu monitoringu biologicznego, w narażeniu zawodowym na ołów, została ponownie potwierdzona Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. (2), co znajduje oparcie w Dyrektywie 98/24/EC Unii Europejskiej (3) uznającej wykonywanie oznaczeń ołowiu we krwi za obowiązkowe we wszystkich krajach członkowskich UE.

Sposób interpretacji wyników oznaczeń stężeń ołowiu we krwi oraz wczesnych biomarkerów efektu działania ołowiu, zgodny z zaleceniami zawartymi w Rozporządzeniach (1,2), został zamieszczony w opracowaniu Jakubowskiego i wsp. „Zalecenia dotyczące rozpoznawania i profilaktyki medycznej ołowicy” (4).

W roku 1991 w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi (IMP) zorganizowano pierwszy w Polsce i jedyny jak do tej pory system międzylaboratoryjnej kontroli jakości oznaczeń ołowiu i kadmu we krwi dla laboratoriów wykonujących rutynowe oznaczenia tych metali techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej. W trakcie trwania programu ujednolicono metody badawcze, przeszkolono pracowników uzyskując znaczną, zadawalającą poprawę w jakości pracy laboratoriów. W ramach prowadzonego programu porównawczych badań, zrealizowano kilkanaście sprawdzianów kontrolnych, obejmujących około dwadzieścia laboratoriów, z których kilka prowadzi oznaczenia ołowiu we krwi dla potrzeb zakładów przemysłowych (5).

Kompleksowe, w pełni poddane kontroli jakości badania, oceniające narażenie zawodowe na ołów, zostały przeprowadzone w latach 1995–1997 przez IMP w ramach Strategicznego Programu Rządowego „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” (6). Badaniami objęto wówczas 2503 pracowników różnych gałęzi przemysłu, w tym: hut szkła kryształowego, hut metali nieżelaznych, zakładów produkcji akumulatorów, stoczni remontowej oraz innych drobnych zakładów. Według zebranych informacji w kontakcie z ołowiem zatrudnieni byli, w tym czasie, pracownicy 1301 zakładów, a badania z zakresu monitoringu biologicznego prowadzono w 84 zakładach. Najwyższe narażenie występowało podczas produkcji szkła kryształowego (śr. geometr. \bar{x} = 481 $\mu\text{g/l}$), produkcji akumulatorów (od \bar{x} w małym zakładzie = 41,5 $\mu\text{g/l}$ do \bar{x} w dużym zakładzie = 503,4 $\mu\text{g/l}$), w hucie cynku (\bar{x} = 433,3 $\mu\text{g/l}$) oraz przy produkcji kitu mniowego (\bar{x} = 385,4 $\mu\text{g/l}$). Wartości średnich stężeń geometrycznych ołowiu we krwi (Pb-B) były wyższe

w małych wytwórniach akumulatorów niż w dużym zakładzie posiadającym odpowiednie służby medycyny i higieny pracy. Wyniki oznaczeń u pracowników tych samych oddziałów w poszczególnych zakładach wskazywały na istnienie dużego zróżnicowania stężeń, co świadczyło o możliwości dodatkowego wchłaniania ołowiu z przewodu pokarmowego w wyniku zanieczyszczenia rąk i braku nawyków higienicznych oraz nieprzestrzegania zasad BHP przez pracowników.

Uzyskane wartości stężeń Pb-B, z tego okresu czasu, były wyższe od obowiązującej wartości 500 $\mu\text{g/l}$ u ponad 50% badanych pracowników huty szkła kryształowego i małych zakładów produkujących akumulatory, u ok. 40% pracowników huty cynku, i 20% dużego zakładu produkującego akumulatory.

Po upływie kilku lat od realizacji wspomnianego wyżej Strategicznego Programu Rządowego, sytuacja w przemyśle w Polsce uległa diametralnym zmianom, co spowodowało istotne zmiany także w liczbie zakładów, w których pracownicy są narażeni na działanie ołowiu. Według danych IMP w roku 2000 liczba zatrudnionych na stanowiskach pracy, gdzie stężenia ołowiu przekraczały wartość 1 NDS (Najwyższe Dopuszczalne Stężenie) wynosiła 1638 osób, przy czym najwięcej – 1202 zatrudnionych było w województwie dolnośląskim, 304 – śląskim, 98 – wielkopolskim, 22 – małopolskim, 4 – kujawsko-pomorskim, po 3 osoby mazowieckim i pomorskim oraz 2 osoby w zachodnio-pomorskim. Wysokie narażenie zawodowe na ołów (Działy wg Europejskiej Klasyfikacji Działalności, EKD) związane było głównie z produkcją metali (966 osoby), produkcją metalowych wyrobów gotowych (314 osoby), produkcją wyrobów z pozostałych surowców niemetalicznych (166 osób), produkcją maszyn i aparatury elektrycznej (135 osób), zagospodarowywanie odpadów 923 osoby i inne (16 osób) (7).

W ramach tematu „Ocena wykonywania zaleceń dotyczących oznaczania ołowiu we krwi i jego wczesnych skutków działania u osób narażonych zawodowo. Stworzenie bazy danych o narażeniu na ołów w przemyśle w Polsce” (finansowanego z dotacji na działalność statutową IMP nr 4.8), zrealizowanego w roku 2004 w IMP w Łodzi, dokonano oceny stopnia wdrożenia rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1996 r. oraz Ministra Zdrowia z 2004 r. w zakresie obligatoryjności wykonywania oznaczeń ołowiu we krwi u pracowników w zakładach, w których występuje narażenie na ołów. Określono skalę aktualnego narażenia zawodowego na ołów w przemyśle w Polsce, jak również oceniono kompetencje labora-

torów, wykonujących badania z zakresu monitoringu biologicznego w narażeniu zawodowym na ołów.

MONITORING BIOLOGICZNY W OCENIE NARAŻENIA NA OŁÓW

W przypadku ołowiu, podstawowe znaczenie dla oceny narażenia posiada monitoring biologiczny. Jest to spowodowane krzywoliniową zależnością stężenia Pb-B (odpowiednika wchłoniętej dawki ołowiu) od stężenia w powietrzu, możliwością bezpośredniego powiązania poszczególnych efektów zdrowotnych ze stężeniem Pb-B oraz ewentualnością nadmiernego wchłaniania ołowiu w miejscu pracy np. spowodowanego dodatkową absorpcją ołowiu z przewodu pokarmowego, jak również potencjalnym narażeniem poza miejscem pracy (4,8–12). Dodatkowo, w ocenie narażenia zawodowego na ołów zaleca się oznaczanie stężenia cynkoprotoporfiryn (ZnPP) we krwi lub oraz kwasu δ aminolewulinowego (ALA-U) w moczu. Badania te, wchodzące w zakres monitoringu biologicznego wczesnych skutków działania, mają na celu wczesne wykrycie osób nadwrażliwych na działanie ołowiu na układ krwiotwórczy i odpowiednio jak najszybsze odsunięcie zatrudnionych od pracy w narażeniu (4,9,10).

Ołów jest jednym z nielicznych czynników toksycznych, dla których istnieje duża liczba danych w postaci zależności dawka–efekt i dawka–odpowiedź, uzyskanych w wyniku badań populacji ludzi narażonych w środowisku pracy i w środowisku bytowania. Ołów w wyniku narażenia środowiskowego i zawodowego może być przyczyną zatruc przewlekłych, działając na szereg układów i narządów. U osób dorosłych układami krytycznymi są centralny układ nerwowy, układ krwiotwórczy, nerki, układ rozrodczy, u dzieci ośrodkowy układ nerwowy. Zależności dawka–efekt i dawka–odpowiedź odnoszone są do wielkości dawki wyrażanej zwykle w formie stężenia ołowiu we krwi i mogą być istotne z punktu widzenia interpretacji wyników oznaczeń Pb-B.

Zależności występowania efektów działania toksycznego ołowiu od stężeń Pb-B u osób dorosłych przedstawia następujący schemat:

- **Pb-B 100–299 $\mu\text{g/l}$:** próg efektu w postaci wzrostu stężenia protoporfiryny związanej z cynkiem (ZPP).
- **Pb-B 200–299 $\mu\text{g/l}$:** wzrost stężenia ZPP u około 50% kobiet i 15% mężczyzn.
- **Pb-B 300–399 $\mu\text{g/l}$:** wzrost stężenia ZPP u około 90% kobiet i około 40% mężczyzn. U 15% mężczyzn i 40% kobiet wzrost wydalania kwasu deltaaminolewulinowego (ALA) w moczu powyżej 5 mg/l.

■ **Pb-B 400–499 $\mu\text{g/l}$:** zwiększone poziomy ZPP u wszystkich kobiet i ponad 50% mężczyzn. Dalszy wzrost odsetek osób ze wzmożonym wydalaniem ALA w moczu. Obserwowano niewielkie obniżenie szybkości przewodzenia w ruchowych włóknach wolnoprzewodzących nerwu łokciowego. Stwierdzano wzrost wydalania w moczu wczesnych wskaźników biochemicznych, związanych z możliwym wpływem ołowiu na nerkę (6-keto-PGF1 α , tromboksan, kwas sialowy, NAG) przy braku zależności dawka–efekt. Stwierdzono obniżenie liczby plemników, zwiększenie liczby zniekształconych plemników.

■ **Pb-B 500–599 $\mu\text{g/l}$:** 100% wartości ZPP powyżej poziomów normalnych. ALA-U podwyższone u 50% mężczyzn i prawie 100% kobiet. U około 10–20% osób obniżenie przewodzenia w jednym lub dwóch nerwach obwodowych. U 20–30% osób obniżenie sprawności wykonywania testów psychomotorycznych i testów inteligencji wzrokowej. Wzrasta częstość zgłaszania objawów subiektywnych. Zmniejszenie wytwarzania hemoglobiny. Możliwość niewielkiego wzrostu liczby spontanicznych poronień w wyniku narażenia ojców.

■ **Pb-B 600–699 $\mu\text{g/l}$:** wydalanie ALA-U przekracza 10 mg/l u ponad 50% osób. Nasila się objaw obniżenia szybkości przewodzenia w nerwach obwodowych. Utrzymują się objawy ze strony ośrodkowego układu nerwowego oraz pojawienie się objawów subiektywnych. Obserwuje się zmniejszanie poziomu hemoglobiny oraz skrócenie czasu przeżycia erytrocytów. Podwyższenie poziomu wapnia w nerce zwierząt doświadczalnych może stanowić wczesny i prawdopodobnie odwracalny objaw działania ołowiu na komórki kanalika proksymalnego. Proponowano wartość Pb-B 600 $\mu\text{g/l}$ jako progową dla działania toksycznego ołowiu na nerkę.

■ **Pb-B około 600–800 $\mu\text{g/l}$:** może wystąpić niedokrwistość.

■ **Pb-B 1000–3000 $\mu\text{g/l}$:** encefalopatia ołowicza, kolka ołowicza (może wystąpić także przy niższych stężeniach), przewlekła nefropatia.

ISTNIEJĄCE WARTOŚCI NDS I DSB

W Polsce dla ołowiu i jego związków nieorganicznych obowiązuje wartość NDS 0,05 mg/m³ (13). Wartość MAK (Maximum Workplace Concentration) wynosi w Niemczech 0,15 mg/m³ (14), a TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) w USA 0,05 mg/m³ (15). WHO (2000) zaleciła jako dopuszczalne z punktu widzenia możliwości uniknięcia skutków zdrowotnych

narażenia stężenie Pb-B 400 $\mu\text{g/l}$ (16). Według American Conference Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) (2004) wartość ta powinna wynosić 300 $\mu\text{g/l}$ (15). Zgodnie z Dyrektywą Unii Europejskiej (Council Directive 1998 r.) dopuszczalne stężenie Pb-B wynosi 700 $\mu\text{g/l}$, a dopuszczalne stężenie ołowiu w powietrzu 0,15 mg/m^3 , przy czym opieką medyczną powinni być objęci pracownicy już ze stężeniami Pb-B > 400 $\mu\text{g/l}$ (3). Zaleca się także wykonywanie oznaczeń z zakresu monitoringu wczesnych skutków narażenia na ołów (ALA-U, ZnPP, ALAD). W Niemczech dla mężczyzn przyjęto wartość Pb-B 400 $\mu\text{g/l}$, a dla kobiet w wieku <45 lat 100 $\mu\text{g/l}$ (14). W Zjednoczonym Królestwie zaleca się odsuwanie pracowników od pracy w narażeniu na ołów, gdy wyniki stężeń Pb-B są wyższe niż 600 $\mu\text{g/l}$ (500 $\mu\text{g/l}$ dla ludzi młodych i 300 $\mu\text{g/l}$ dla kobiet w wieku rozrodczym), przy czym postępowanie medyczne powinno być wdrożone przy stężeniach Pb-B 500 $\mu\text{g/l}$ (400 $\mu\text{g/l}$ dla ludzi młodych i 250 $\mu\text{g/l}$ dla kobiet w wieku rozrodczym) przy obowiązującej wartości stężenia w powietrzu 0,15 mg/m^3 (17).

W Polsce, zgodnie z opracowaniem Jakubowskiego i wsp. i rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004, wartość DSB (Dopuszczalne Stężenie Biologiczne) dla Pb-B dla osób w narażeniu zawodowym wynosi 500 $\mu\text{g/l}$ krwi oraz dla kobiet w wieku do 45 roku życia 300 $\mu\text{g/l}$ (tab. 1) (2,4).

Równoległe z oznaczeniami Pb-B, które należy traktować jako obowiązujące, zaleca się, w przypadku zawodowego narażenia na ołów, wykonywanie oznaczeń jednego z wczesnych, krytycznych efektów działania ołowiu, stężenia FEP (wykonuje się pomiar ZnPP) lub kwasu δ aminolewulinowego (ALA) w moczu. Poziom referencyjny (DSB) ZnPP, u osób dorosłych w popu-

lacji nienarażonej zawodowo wynosi 35 $\mu\text{g}\%$, a w narażeniu zawodowym 70 $\mu\text{g}\%$, dla ALA-U wartość ta wynosi 8 mg/l moczu (tab. 1).

Pracownicy w narażeniu zawodowym na ołów powinni być poddawani okresowym badaniom profilaktycznym, których częstotliwość określa następujący schemat:

- Przed zatrudnieniem, tj. w czasie badania wstępnego. U pracowników rozpoczynających pracę w narażeniu na ołów, co miesiąc przez 3 kolejne miesiące, a następnie, co 3 miesiące w pierwszym roku zatrudnienia.

- U pracowników, u których stężenie ołowiu we krwi utrzymuje się w granicach 300–500 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i 200–300 $\mu\text{g/l}$ u kobiet co 6 miesięcy.

- U pracowników, u których stężenie ołowiu we krwi utrzymuje się poniżej 300 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i poniżej 200 $\mu\text{g/l}$ u kobiet co 12 miesięcy.

Wskazaniem do profilaktycznego czasowego odsunięcia od pracy w narażeniu zawodowym na ołów są przypadki:

- gdy dwa pomiary stężeń ołowiu we krwi wykonane w odstępie 3 miesięcy wykazują wartość powyżej 500 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i 300 $\mu\text{g/l}$ u kobiet do 45 roku życia;

- gdy jeden pomiar stężenia ołowiu we krwi wykazuje wartość powyżej 600 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i powyżej 400 $\mu\text{g/l}$ u kobiet do 45 roku życia;

- gdy stężenie ołowiu we krwi wynosi powyżej 500 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i 300 $\mu\text{g/l}$ u kobiet do 45 roku życia a stężenie przynajmniej jednego wskaźnika biochemicznego (kwasu δ amino-lewulinowego – ALA-U lub cynkoproporfiryn we krwi – ZnPP) przekracza wartość DSB (tab. 1).

Warunkiem przywrócenia zdolności do pracy w narażeniu na ołów po zastosowaniu czasowego odsunięcia od pracy jest obniżenie stężenia ołowiu poniżej 400 $\mu\text{g/l}$ u mężczyzn i 200 $\mu\text{g/l}$ u kobiet do 45 roku życia oraz obniżenie wskaźników biochemicznych ALA-U lub ZnPP poniżej wartości DSB.

IDENTYFIKACJA ZAKŁADÓW, W KTÓRYCH WYSTĘPUJE NARAŻENIE ZAWODOWE NA OŁÓW

W maju 2004 r. wystąpiono do państwowych wojewódzkich inspektorów sanitarnych 16 województw Polski, z prośbą o przekazanie informacji na temat liczby zakładów pracy oraz procesów technologicznych, w których pracownicy pracują w kontakcie z ołowiem, jak również liczby pracowników zatrudnionych w stężeniach > 1 NDS.

Tabela 1. Zalecane wartości DSB

Dopuszczalne stężenia w materiale biologicznym	Pb $\mu\text{g/l}$	ZnPP $\mu\text{g}\%$	ALA-U mg/l
Dla populacji nienarażonej zawodowo*	<100 (dla 98 populacji)	<35	6
Dla osób narażonych zawodowo (DSB)**			
- mężczyźni + kobiety powyżej 45 roku życia	<500	<70	8
- kobiety poniżej 45 roku życia	<300	-	

* Zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia: Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publication. European Series No. 91. World Health Organization, Copenhagen 2000;

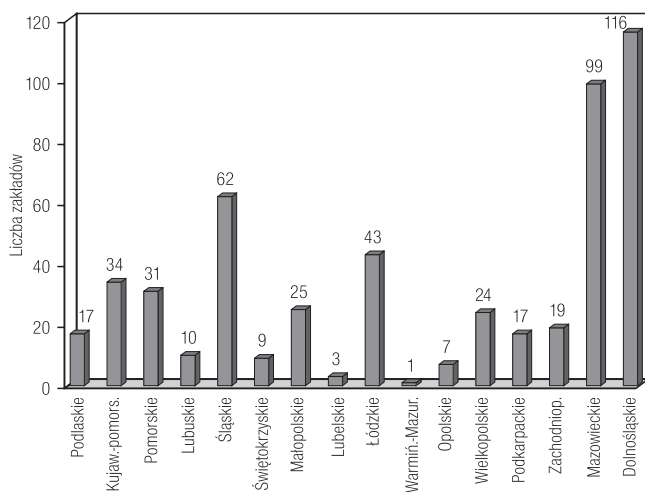
** Wg Jakubowski M., Marek K., Piotrowski J.K., Iżycki J.: Zalecenia dotyczące rozpoznawania i profilaktyki medycznej ołowicy. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1997.

Informacje dostarczone przez państwowych wojewódzkich inspektorów sanitarnych pozwoliły ustalić, że narażenie na ołów występuje w 517 zakładach pracy, w których zatrudnionych jest 26 500 pracowników, w tym 1895 w stężeniach ołowiu w powietrzu przekraczającym wartość 1 NDS (0,05 mg/m³) (tab. 2, ryc. 1, 2).

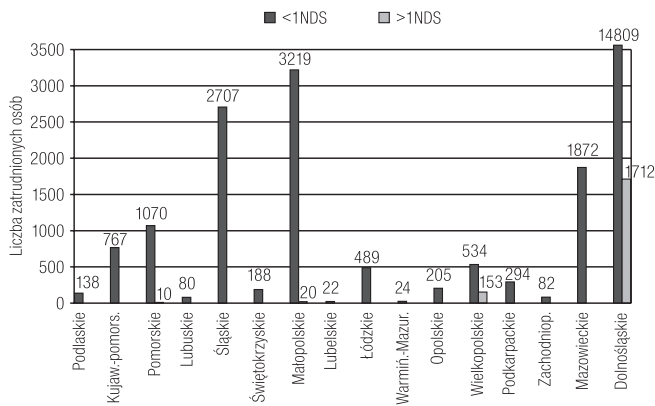
Według zebranych informacji, największa ilość zakładów występuje w województwie dolnośląskim (116), mazowieckim (99), śląskim (62) oraz łódzkim (43). Zdecydowanie największa ilość osób pracująca w kontakcie z ołowiem (tab. 2) zatrudniona jest w województwie dolnośląskim (14 809), małopolskim (3219), śląskim (2707) mazowieckim (1872) oraz pomorskim (1070). Zgodnie z dostarczonymi informacjami w na-

Tabela 2. Wykaz zakładów pracy z narażeniem zawodowym na ołów wraz z ilością pracowników zatrudnionych w kontakcie z ołowiem w poszczególnych województwach

Lp.	Województwo	Liczba zakładów pracy z narażeniem na ołów	Liczba pracowników zatrudnionych w kontakcie z Pb	
			<1 NDS	>1 NDS
1	Podlaskie (Białystok)	17	138	
2	Kujawsko-pomorskie (Bydgoszcz)	34	767	
3	Pomorskie (Gdańsk)	31	1070	10
4	Lubuskie (Gorzów Wielkopolski)	10	80	
5	Śląskie (Katowice)	62	2707	
6	Świętokrzyskie (Kielce)	9	188	
7	Małopolskie (Kraków)	25	3219	20
8	Lubelskie (Lublin)	3	22	
9	Łódzkie (Łódź)	43	489	
10	Warmińsko-Mazurskie (Olsztyn)	1	24	
11	Opolskie (Opole)	7	205	
12	Wielkopolskie (Poznań)	24	534	153
13	Podkarpackie (Rzeszów)	17	294	
14	Zachodniopomorskie (Szczecin)	19	82	
15	Mazowieckie (Warszawa)	99	1872	
16	Dolnośląskie (Wrocław)	116	14809	1712
	Ogółem	517	26500	1895



Ryc. 1. Liczba zakładów pracy z narażeniem na ołów w poszczególnych województwach.



Ryc. 2. Liczba osób narażonych na ołów w poszczególnych województwach.

rażeniu na ołów w stężeniu >1 NDS pracują obecnie 1895 osoby, z czego 1712 osoby w województwie dolnośląskim, 153 wielkopolskim, 20 małopolskim oraz 10 osób w województwie pomorskim.

W roku 2004 liczba osób zatrudnionych w narażeniu zawodowym na ołów w stężeniach > 1 NDS wzrosła w stosunku do roku 2000 o 257 osób, zwiększając się o 512 osób w województwie dolnośląskim (1712 osób w 2004/1202 osób w 2000), 65 w wielkopolskim (153 w 2004/98 w 2000), 7 osób w mazowieckim (10 w 2004/3 w 2000) pozostając bez zmian w województwie małopolskim (tab. 3) (7).

Brak zarejestrowanych osób pracujących w stężeniu > 1 NDS, w województwie katowickim świadczyć może o zmianach w profilu produkcji, podjętych w tym regionie. Na rynku tego województwa pozostały tylko dwa kombinaty związane z produkcją metali: Huta Cynku „Miasteczko Śląskie”, „Orzeł Biały” w By-

Tabela 3. Liczba osób narażonych na ołów w stężeniach > 1 NDS na przestrzeni lat 1991–2004

Rok	Liczba osób zatrudnionych w stężeniu >1 NDS	Dane źródłowe
1991	5076	Dane IMP*
1994	1792	Dane IMP
2000	1638	Dane IMP
2004	1895	Dane własne

* Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. J. Nofera w Łodzi.

tomiu oraz jeden zakład zajmujący się przetwórstwem stali stopowych i metali kolorowych (Walcownia Metali „Dziedzice”). Inne przedsiębiorstwa na tym terenie zajmują się głównie wytwórczością szkła kryształowego, wytwarzaniem akumulatorów itp.

Województwem z najwyższą liczbą pracowników zatrudnionych w kontakcie z ołowiem jest obszar Dolnego Śląska. W 116 zakładach tego regionu zatrudnionych jest około 15 tysięcy ludzi (tab. 2, ryc. 1, 2) w tym, około 12%, w stężeniach >1 NDS. W rejonie tym usytuowane są wielkie zakłady odlewnicze takie jak: „Hutmen”, „Alwro”, „Abco”, produkująca tlenek ołowiu – Huta „Oława”, wreszcie takie kombinaty, jak: KGHM POLSKA MIEDŹ SA (Legnica i Głogów), produkujące miedź i metale towarzyszące, jak również wiele spółek współpracujących przy pozyskiwaniu i przerobie rudy miedzi, zagospodarowaniu odpadów poflotacyjnych, przerobie miedzi (topienie, odlewanie, walcowanie), podziemnym wydobyciu rud miedzi itp. Działają też na tym terenie inne zakłady, jak np. huty szkła kryształowego, a także wytwórnie urządzeń elektronicznych, montownie wyposażenia elektrycznego do silników i pojazdów, tudzież fabryki porcelany jak również inne firmy zajmujące się recyklingiem i pracami naprawczymi.

Według zebranych informacji to właśnie województwo dolnośląskie stanowi bazę ciągle dobrze prosperującego przemysłu, głównie skupiającego się na przetwórstwie miedzi oraz odlewnictwie metali. Prawie połowa ludzi – 14 809 w stosunku do 26 500 – wszystkich zatrudnionych w kontakcie z technologiami stanowiącymi narażenia na ołów, rekrutuje się z tego województwa.

Innym województwem, gdzie występuje istotne zagrożenie zdrowotne, z powodu zidentyfikowanego jako typowe źródło narażenia zawodowego na ołów, jest produkcja akumulatorów, szczególnie rozwinięta w obszarze poznańskim. Z produkcją akumulatorów związane są prace w warunkach, gdzie stężenie ołowiu w powietrzu przekracza 1 NDS. Około 30% wszystkich zatrudnionych osób w tym regionie pracuje w warun-

kach szczególnie niebezpiecznych (tab. 2, ryc. 2). Rekrutują się one nie tylko z dużych zakładów produkcji akumulatorów (138 osób), lecz także z małych przedsiębiorstw, gdzie procesy technologiczne nie są identyfikowane jako źródło stanowiące narażenie zawodowe na ołów (14 osób), np. niewielkie odlewnie oraz zakłady elektrotechniczne, gdzie lutowanie i cynowanie zestawów głośnikowych stanowi podstawę produkcji.

Innym województwem, gdzie ponad 3000 osób (z czego 6% > 1 NDS) zatrudnionych jest w narażeniu na ołów jest województwo małopolskie. W regionie tym decydującą rolę odgrywają Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”, wraz ze spółkami towarzyszącymi, zatrudniającymi pracowników przy produkcji cynku elektrolitycznego i stopów cynku oraz cynkowania blach, produkcji wyrobów cynkowych i prac pomocniczych, np. przewóz odpadów poflotacyjnych, zawierających ołów, zagospodarowaniu metalowych materiałów odpadowych i złomu. Innym liczącym się zakładem na tym terenie są Zakłady ZG „Trzebieńka” SA zajmujące się wydobywaniem rudy cynku i ołowiu oraz produkcją koncentratów cynku i ołowiu. Pozostałe liczące się procesy w tym regionie to lutowanie urządzeń elektrotechnicznych i rezystorów, procesy galwanizacyjne itp.

W województwach mazowieckim i pomorskim zajmującymi czwarte i piąte miejsce pod względem ilości zatrudnionych osób w kontakcie z ołowiem (tab. 2), głównie rozwinięte są procesy produkcyjne, związane z wytwarzaniem sprzętu elektrotechnicznego (lutowanie) i prowadzeniem prac remontowo-budowlanych (lutowanie). Dodatkowo w regionie warszawskim jest to: produkcja szkła kryształowego, akumulatorów, cynowanie, produkcja panelek, ręczny skład zecerski itp. W województwie pomorskim procesem, gdzie 10 osób zatrudnionych jest w stężeniach ołowiu w powietrzu > 1 NDS jest produkcja łożysk ślizgowych – produkcja taśmy bimetalowej – obróbka termiczna i mechaniczna z zastosowaniem proszku stopu brązu (ołów + miedź). Inne technologie niestanowiące elementu zagrożenia, to procesy lutowania ręcznego, malowanie ręczne i natryskowe wyrobów porcelanowych farbami zawierającymi ołów.

Podsumowując, przegląd województw i zlokalizowanych w nich zakładów, w których występuje narażenie zawodowe na ołów, wyraźnie od pozostałych odcina się, stopniem nasilenia przemysłu, region Dolnego Śląska. To w tym województwie istnieje wyraźna ilościowa przewaga zarówno zakładów, gdzie procesy technologiczne stanowią wysoki stopień ryzyka, jak

i osób zatrudnionych w stężeniach powyżej 1 NDS. Wydaje się, że technologie skupione w innych regionach, z wyjątkiem województwa wielkopolskiego, stanowią dla osób pracujących umiarkowany stopień ryzyka.

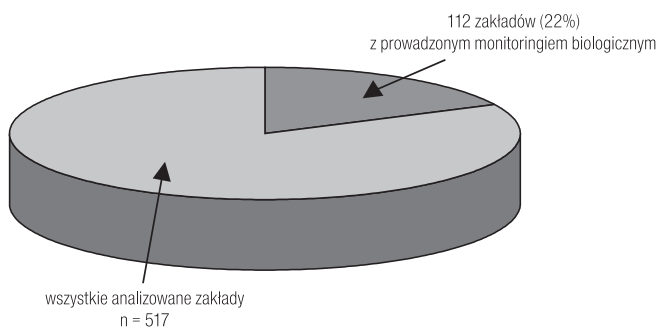
OCENA PROWADZONYCH BADAŃ Z ZAKRESU MONITORINGU BIOLOGICZNEGO W ZAKŁADACH

Dane zebrane, w tabeli 4 wskazują, że tylko w 8 województwach z 16, pracownicy objęci są badaniami z zakresu monitoringu biologicznego, a więc mają wykonywane oznaczenia stężenia ołowiu we krwi (Pb-B) oraz przynajmniej stężenie jednego z biochemicznych wskaźników toksycznego działania ołowiu ALA-U lub ZnPP. W pozostałych województwach, jak np. lubelskie, warmińsko-mazurskie i zachodniopomorskie nie prowadzi się badań oceniających narażenie zawodowe na ołów. Z województw podlaskiego, lubuskiego, świętokrzyskiego, opolskiego i mazowieckiego brak jest informacji na ten temat.

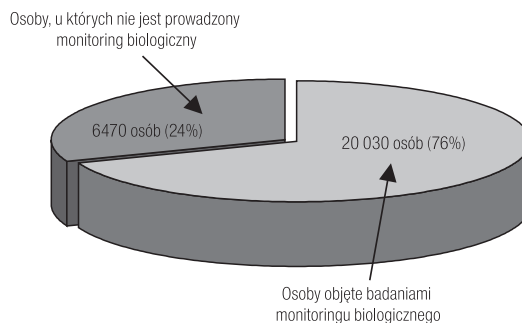
W województwach, gdzie prowadzi się monitoring biologiczny, procent zakładów, w których pracownicy objęci są takimi badaniami, waha się w granicach od 13% (pomorskie) do 52% (małopolskie) (tab. 4, ryc. 3). Tylko w dwóch województwach wynosi on około 40%, a tylko w jednym ponad 50%. Wiele jednak procesów technologicznych, stanowiących przyczynę narażenia zawodowego, a widniejących w sporządzonym przez nas rejestrze, w ogóle nie jest objęta oceną narażenia i dotyczy to nie tylko małych, prywatnych zakładów pracy.

Znacznie korzystniej przedstawia się sytuacja, gdy analizuje się liczbę pracowników objętych badaniami, oceniającymi narażenie zawodowe na ołów (tab. 5). Okazuje się, że aż 20 030 pracowników z 26 500 zatrudnionych w narażeniu na ołów objętych jest takimi badaniami. Stanowi to 76% wszystkich zatrudnionych osób (ryc. 4). Tak duża liczba pracowników wynika z faktu, że np. w województwie dolnośląskim w 48 zakładach pracy w kontakcie z ołowiem pracuje aż 13 755 osób, skupionych głównie w wielkich kombinatach takich jak Huta Miedzi (Legnica, Głogów), Huta Oława itp.

Badania z zakresu monitoringu biologicznego dla 20 030 pracowników 8 województw prowadzi 18 laboratoriów analitycznych z terenu Polski (tab. 5). Prawie wszyscy pracownicy pracujący w stężeniach ołowiu w powietrzu > 1NDS (z wyjątkiem 15 osób z województwa wielkopolskiego) objęci są monitoringiem biologicznym. Jednak tylko w województwie dolnośląskim i wielkopolskim laboratoria, wykonujące takie



Ryc. 3. Procent zakładów pracy z prowadzonymi badaniami z zakresu monitoringu biologicznego.



Ryc. 4. Procentowy udział osób objętych badaniami z zakresu monitoringu biologicznego.

oznaczenia, charakteryzują się wysoką jakością badań. Najwięcej, bo aż 7 laboratoriów obsługuje województwo śląskie, natomiast analizy dla 13 755 pracowników województwa dolnośląskiego wykonują tylko 3 laboratoria (tab. 5).

W dyrektywach Unii Europejskiej, akredytacja laboratorium jest warunkiem koniecznym do wykonywania analiz związanych z oceną narażenia zawodowego i środowiskowego na metale.

W Polsce, niestety, do chwili obecnej nie jest to jednoznacznie uregulowane i brak jest przepisów określających kompetencje laboratorium do wykonywania tego typu analiz. Jednak laboratoria wykonujące pomiary i badania dla potrzeb bezpieczeństwa zdrowia i środowiska powinny zagwarantować właściwą jakość wyników stanowiących podstawę oceny narażenia.

Laboratoria wykonujące oznaczenia stężenia ołowiu we krwi powinny wyróżniać się wysokim stopniem umiejętności w dziedzinie oznaczania metali, np. techniką bezplomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Laboratoria te powinny cechować się dbałością o prawidłowość wykonywanych oznaczeń weryfikowanych poprzez rutynowe stosowanie systemu zewnętrznej (udział w międzylaboratoryjnej kontroli jakości oznaczeń) i wewnętrznej (stosowanie certy-

Tabela 4. Wykaz zakładów pracy z prowadzonymi badaniami z zakresu monitoringu biologicznego

Lp.	Województwo	Liczba zakładów pracy z narażeniem na ołów	Liczba zakładów pracy gdzie pracownicy objęci są badaniami z zakresu monitoringu biologicznego	% zakładów z monitoringiem biologicznym w danym województwie
1	Podlaskie (Białystok)	17	brak informacji o monitoringu biologicznym	
2	Kujawsko-pomorskie (Bydgoszcz)	34	13	38
3	Pomorskie (Gdańsk)	31	4	13
4	Lubuskie (Gorzów Wielkopolski)	10	brak informacji o monitoringu biologicznym	
5	Śląskie (Katowice)	62	15	24
6	Świętokrzyskie (Kielce)	9	brak informacji o monitoringu biologicznym	
7	Małopolskie (Kraków)	25	13	52
8	Lubelskie (Lublin)	3	brak stosowania badań monitoringu biologicznego	
9	Łódzkie (Łódź)	43	9	21
10	Warmińsko-Mazurskie (Olsztyn)	1	brak stosowania badań monitoringu biologicznego	
11	Opolskie (Opole)	7	brak informacji o monitoringu biologicznym	
12	Wielkopolskie (Poznań)	24	7	29
13	Podkarpackie (Rzeszów)	17	3	18
14	Zachodniopomorskie (Szczecin)	19	brak stosowania badań monitoringu biologicznego	
15	Mazowieckie (Warszawa)	99	brak informacji o monitoringu biologicznym	
16	Dolnośląskie (Wrocław)	116	48	41
Ogółem		517	112	

Tabela 5. Liczba pracowników objętych monitoringiem biologicznym wraz z wykazem laboratoriów prowadzących badania z zakresu monitoringu biologicznego

Lp.	Województwo	Liczba pracowników objętych monitoringiem biologicznym	Liczba laboratoriów prowadzących badania z zakresu monitoringu biologicznego
1	Kujawsko-pomorskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Bydgoszczy)	495	■ 1 laboratorium (Łódź)
2	Pomorskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Gdańsku)	93	■ 4 laboratoria (Gdańsk)
3	Śląskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Katowicach)	2 006	■ 1 laboratorium (Miasteczko Śląskie) ■ 1 laboratorium (Zawiercie) ■ 1 laboratorium (Bielsko-Biała) ■ 1 laboratorium (Czechowice-Dziedzice) ■ 1 laboratorium (Sosnowiec) ■ 1 laboratorium (Gliwice) ■ 1 laboratorium (Katowice)
4	Świętokrzyskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Kielcach)	113	■ 1 laboratorium (Łódź)
5	Małopolskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Krakowie)	3 143	■ 1 laboratorium (Kraków) ■ 1 laboratorium (Trzebinia)
6	Łódzkie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Łodzi)	74	■ 1 laboratorium (Warszawa) ■ 1 laboratorium (Łódź)
7	Wielkopolskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Poznaniu)	351	■ 1 laboratorium (Łódź) ■ 1 laboratorium (Poznań)
8	Dolnośląskie (Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny w Wrocławiu)	13 755	■ 1 laboratorium (Wrocław) ■ 1 laboratorium (Lubin) ■ 1 laboratorium (Łódź)
Ogólna liczba osób objętych badaniami		20 030	18 laboratoriów

fikowanych materiałów odniesienia) kontroli jakości badań. Powinny posiadać akredytację według normy europejskiej EN ISO/IEC 17025, przyznawaną przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) i tylko akredytowane laboratoria, tak jak to ma miejsce w krajach EU, powinny posiadać prawo do wykonywania badań z zakresu monitoringu biologicznego (18).

Z 18 laboratoriów wymienionych w tabeli 5 tylko dwa posiadają Certyfikat Akredytacji: laboratorium z Łodzi i Gdańska. Pracownia Monitoringu Biologicznego IMP posiada, system akredytacji wdrożony w 1998 r. (nr L 215/1/98). Prawidłowość stosowanych metod, w tym laboratorium, jest regularnie potwierdzana poprzez uczestnictwo w międzynarodowych systemach porównawczych: External Quality Control Programme for Toxicological Analysis in Biological Materials (Niemcy) oraz United Kingdom National External Quality Assessment Scheme (UK NQAS) – Wolfson Laboratory (Anglia).

Od 1991 r. Pracownia Monitoringu Biologicznego IMP w Łodzi jest organizatorem prowadzonego „Programu Porównań Międzylaboratoryjnych w Zakresie Oznaczania Ołowiu i Kadmu we Krwi (IMPMet)” dla laboratoriów z terenu Polski, oznaczających rutynowo ołów i kadm we krwi. W programie tym obecnie uczestniczy około 20 laboratoriów oznaczających ołów. Kolejne sprawdziany kontrolne organizowane są dwa razy w ciągu roku. Potwierdzeniem prawidłowego uczestnictwa w sprawdzianie jest otrzymanie certyfikatu doskonałości.

Nieformalnym warunkiem dla laboratoriów z terenu Polski powinno być uczestnictwo w programie organizowanym przez IMP w Łodzi lub innym międzynarodowym systemie porównań jakości analiz. Tylko 7 laboratoriów (poza IMP) z wyszczególnionych w tabeli 5 bierze udział, z lepszym lub gorszym skutkiem, w międzylaboratoryjnym systemie kontrolnym Instytutu Medycyny Pracy. Tylko w stosunku do tych laboratoriów, które z powodzeniem ukończyły kolejny sprawdzian, można mieć pewność, że wykonywane przez nie oznaczenia są prawidłowe i nie obciążone błędami. Natomiast jakość wykonywanych oznaczeń stężeń ołowiu we krwi, w pozostałych laboratoriach, pozostaje zupełnie nieznaną.

Reasumując, prawo do wykonywania badań z dziedziny prewencji zdrowia przed skutkami narażenia na ołów powinno należeć tylko do laboratoriów, posiadających certyfikat akredytacji. Chwilowo wymogiem dla takich laboratoriów powinien być udział z dobrym skutkiem w systemie porównań międzylaboratoryjnych w kraju lub za granicą.

PODSUMOWANIE

Narażenie zawodowe na ołów stanowi ciągle istotny problem w polskim przemyśle. Według aktualnych danych w kontakcie z ołowiem zatrudnieni są pracownicy 517 zakładów, co odpowiada liczbie 26 500 zatrudnionych osób. W stężeniach ołowiu w powietrzu, przekraczających wartość 1 NDS, zatrudnionych jest obecnie 1895 osób, o 257 więcej w stosunku do roku 2000.

Badania z zakresu monitoringu biologicznego prowadzone są jednak tylko w 22% (112) zakładów i obejmują one 20 300 wszystkich osób (76%) pracujących w kontakcie z ołowiem. Liczby te wskazują na brak powszechności stosowania zaleceń zawartych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1996 r. oraz Ministra Zdrowia z 2004 r.

Według Dyrektywy UE 98/24/EC oraz Rozporządzenia Ministerstwa Zdrowia z 30 grudnia 2004r. (3) pomiary stężenia ołowiu we krwi (Pb-B) u osób narażonych zawodowo na ten metal są obligatoryjne zarówno w Polsce jak również innych krajach Unii Europejskiej. Niestety w Polsce brak jest systemu rejestracji wyników stężeń Pb-B oraz oceny jakości oznaczeń wykonywanych przez laboratoria, które nie uczestniczą w systemach badań porównawczych. Brak systemu rejestracji wyników oznaczeń ołowiu we krwi i brak bazy danych o narażeniu na ołów uniemożliwia przewidywanie występowania skutków zdrowotnych narażenia w oparciu o badania monitoringu biologicznego.

Realizacja tematu ujawniła, że kompetencje laboratoriów analitycznych do prowadzenia badań z zakresu monitoringu biologicznego są niewystarczające. Wynika to z braku dostosowania się placówek do systemów zapewnienia jakości zawartych w polskiej wersji normy europejskiej PN-EN ISO/IEC 17 025 (19). Upoważnienia do wykonywania oznaczeń stężeń ołowiu we krwi, powinny uzyskać jedynie laboratoria posiadające akredytację lub mogące okazać się dowodami prawidłowości wykonywanych oznaczeń.

Posiadanie akredytacji przez laboratoria analityczne w Polsce, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia „W sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” z dnia 20 kwietnia 2005 (20), będzie obowiązujące od początku 2008 r.

Wdrożenie obowiązku wykonywania badań z zakresu monitoringu biologicznego narażenia na ołów w środowisku pracy stwarza dobre warunki zarówno do oceny wielkości narażenia jak i śledzenia trendów w tej dziedzinie. Konieczne zatem wydaje się wprowadzenie, wzorem pomiarów stężeń czynników

szkodliwych w powietrzu, obowiązku przekazywania wyników oznaczeń stężeń ołowiu we krwi do wojewódzkich stacji sanitarno-epidemiologicznych, celem ich późniejszej agregacji.

Pozwoliłoby to na stworzenie systemu rejestracji wyników oznaczeń ołowiu we krwi i utworzenie bazy danych o narażeniu na ołów w Polsce, a w konsekwencji na przewidywanie występowania skutków zdrowotnych narażenia.

PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich do celów przewidzianych w kodeksie pracy. DzU 1996, nr 69, poz. 322 [z późniejszymi zmianami]
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych. DzU 2005, nr 11, poz. 86
3. Dyrektywa UE – Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteen individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/ECC). Off J EC 1998, L 131/12, 5.5.98
4. Jakubowski M., Marek K., Piotrowski J.K., Iżycki J.: Zalecenia dotyczące rozpoznawania i profilaktyki medycznej ołowicy. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1997
5. Raźniewska G., Trzcinka-Ochocka M.: Interlaboratory comparison study on the analysis of lead and cadmium in blood. Chem. Anal. (Warsaw), 1996;41:467–476
6. Jakubowski M., Trzcinka-Ochocka M., Raźniewska G.: Monitoring biologiczny narażenia na ołów i kadm w przemyśle w Polsce [sprawozdanie z realizacji tematu SPR II 4.6]. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1997
7. Dawydzik L., Wójcik R., Zielińska-Jankiewicz K., Kozajda A.: Opracowanie w ujęciu tabelarycznym danych o narażeniu zawodowym w nadzorowanych przez Inspekcję Sanitarną Zakładach Pracy w 2000 r. [sprawozdanie z realizacji umowy Nr IMP-6/01]. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2001
8. WHO: Recommended Health-Based Limits in Occupational Exposure to Heavy Metals. Technical Report Series 647. World Health Organization, Geneva 1980
9. Jakubowski M. [red.]: Monitoring biologiczny narażenia na czynniki chemiczne w środowisku pracy. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1997
10. Jakubowski M., Trzcinka-Ochocka M., Raźniewska G.: Monitoring biologiczny narażenia zawodowego i środowiskowego na metale – metody oznaczania, interpretacja wyników. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000
11. Toxicological Profile for Lead. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, U.S. Department of Health & Human Services, Public Health Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Georgia, 17 lutego 1998
12. Tsuchiya K.: Lead. W: Handbook of the Toxicology of Metals. Friberg L., Nordberg G.F., Kessler E., Vouk V.B. [red.]. T II. Elsevier, Amsterdam – New York – Oxford 1986, ss. 299–353
13. Czynniki Szkodliwe w Środowisku Pracy – wartości dopuszczalne. Międzyresortowa Komisja ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2003
14. List of MAK and BAT Values. Report No. 40. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn 2004
15. ACGIH Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. American Conference Governmental and Industrial Hygienists, Cincinnati, OH 2004
16. WHO: Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications. European Series No. 91. World Health Organization, Copenhagen 2000
17. Guidance on Laboratory Techniques in Occupational Medicine. Wyd. 9. Agency of the Health and Safety Executive (HSE), Sheffield 2002
18. EN ISO/IEC 17025: General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories. European Standard Norme, Brussels 2000
19. PN-EN/SO/IEC 17025: Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorujących. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2001
20. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 20 kwietnia 2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2005, nr 73, poz. 644, 645