

CZYNNIKI CHEMICZNE W ŚRODOWISKU ZAGRAŻAJĄCE ZDROWIU LUDZI

HEALTH HAZARDOUS CHEMICAL COMPOUNDS IN THE HUMAN ENVIRONMENT



Andrzej Sobczak^{1, 2}

¹ Zakład Szkodliwości Chemicznych i Toksykologii Genetycznej, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec

² Zakład Chemii Ogólnej i Nieorganicznej, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego, Jagiellońska 4, 41-200 Sosnowiec

Streszczenie

Antropogenna działalność, w szczególności przemysł chemiczny, jest przyczyną pojawienia się w środowisku człowieka wielu związków niebezpiecznych dla zdrowia. Badania naukowe wyraźnie wskazują na wielką skalę oddziaływania związków chemicznych na przyrodę i człowieka. Przedstawiony artykuł omawia dotychczasową wiedzę dotyczącą wybranych związków toksycznych, miejsc ich występowania, dróg narażenia, działania toksycznego i regulacji prawnych. Szczególną uwagę poświęcono niebezpiecznym substancjom chemicznym, na które narażony jest płód oraz najmłodsze dzieci.

Słowa kluczowe: narażenie na związki chemiczne, trwałe zanieczyszczenia organiczne, dysruptory endokrynne

Abstract

Antropogenic activity, chemical industry in particular is the cause of incidence in the human environment of many health hazardous compounds. Carried out studies clearly define the range of chemical compounds activity upon the nature and the human being. The presented manuscript reports latter knowledge concerning selected toxic compounds, raising sites, exposure routes, toxic activity and legal regulations. Particular attention was paid to hazardous chemical substances to which a fetus and the youngest children are exposed.

Key words: exposure to chemical compounds, persistent organic pollutants, endocrine-disrupting compounds

Wstęp

Rozwojowi cywilizacyjnemu ludności towarzyszy pojawianie się coraz to nowych dóbr konsumpcyjnych do wytworzenia których potrzeba nowych

materiałów, w tym nowych związków chemicznych. Światowa produkcja substancji chemicznych wzrosła z miliona ton w 1930 roku do ponad 400 milionów ton w roku 2005. Na europejskim rynku znaj-

Nadesłano: 24.02.2012

Zatwierdzono do druku: 5.03.2012

duje się ponad 100.000 różnych zarejestrowanych substancji chemicznych, spośród których 30.000 jest przedmiotem obrotu w ilości przekraczającej jedną tonę rocznie. Przemysł chemiczny Unii Europejskiej, produkujący około jedną trzecią całkowitej produkcji światowej, jest największym przemysłem chemicznym świata. Drugim potentatem w produkcji chemikaliów są Stany Zjednoczone [1]. Tam też zapoczątkowano prace mające na celu określenie toksyczności produktów chemicznych trafiających na rynek konsumencki i poddanie ich regulacjom prawnym.

Regulacje prawne

Ustawę o kontroli substancji toksycznych po raz pierwszy wprowadzono w roku 1976 (TSCA, *Toxic Substances Control Act*). Intencją ustawodawcy było zapewnienie, że otrzymane substancje chemiczne są bezpieczne przez cały okres ich wykorzystywania czyli od chwili produkcji do momentu ich utylizacji. W momencie wprowadzenia ustawy na rynku amerykańskim znajdowało się 62.000 chemikaliów, które nie były zbadane pod kątem ich wpływu na zdrowie lub środowisko naturalne. W ciągu 35 lat Agencja Ochrony środowiska USA (EPA, *US Environmental Protection Agency*) przetestowała tylko około 200 związków lub grup związków, z których jedynie pięć (polichlorowane bifenyle, chlorofluoroalkany, dioksyna, azbest, związki chromu sześciowartościowego) objęto regulacjami prawnymi [2].

Po roku 1976 zastosowanie komercyjne na rynku amerykańskim znalazło kolejne 22.000 chemikaliów. Przemysł chemiczny, zobowiązany przez TSCA do badania wpływu nowo zsyntetyzowanych związków na zdrowie oraz środowisko, wykorzystując luki w ustawie, nie przekazywał odpowiednich informacji do EPA. Taki stan rzeczy zmobilizował środowisko pediatrów, którzy w roku 2011 wezwali do rewizji TSCA. Zmiany dotyczą obarczenia przemysłu chemicznego odpowiedzialnością za wykonanie badań związanych z toksycznością nowych i istniejących substancji chemicznych oraz wyznaczeniem standardów bezpieczeństwa celem ochrony społeczeństwa w tym dzieci – grupy szczególnie wrażliwej na zanieczyszczenie środowiska [3].

Podobne działania podjęto w Unii Europejskiej. 1 czerwca 2007 roku weszło w życie Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego o akronimie REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*), które ma na celu radykalne zmniejszenie zagrożeń dla zdrowia ludzi oraz środowiska, powstających na etapie produkcji, obrotu i wykorzystania chemikaliów, związanych z niebezpiecznymi właściwościami substancji chemicznych. Chodzi tu głównie o zmniejszenie ryzyka zwią-

zanego z niebezpiecznymi właściwościami toksycznymi i ekotoksycznymi chemikaliów, w szczególności z właściwościami rakotwórczymi, mutagennymi i teratogennymi w odniesieniu do zdrowia ludzi i – w odniesieniu do środowiska – o zmniejszenie ryzyka związanego z długotrwałym oddziaływaniem niebezpiecznych substancji na elementy ekosystemów. W ramach rozporządzenia REACH w pierwszej kolejności rejestrowane były (do końca listopada 2010) substancje, których roczny obrót przekraczał 1000 ton oraz substancje zakwalifikowane jako rakotwórcze, mutagenne, lub działające szkodliwie na rozrodczość. W następnych latach zarejestrowane zostaną substancje w kolejności malejącego tonażowo obrotu rocznego a proces ten zakończy się w 2018 roku i obejmie produkty chemiczne, których obrót roczny przekracza 1 tonę. Efektem REACH będzie znormalizowanie i ujednoczenie we wszystkich krajach Unii Europejskiej obowiązku analizy wpływu chemikaliów na zdrowie ludzi. Raport bezpieczeństwa chemicznego sporządzony przez producenta lub importera chemikaliów będzie zawierał klasyfikacje zagrożeń stwarzanych przez substancje i ocenę, czy zgodnie z określonymi w rozporządzeniu kryteriami, jest ona trwała, toksyczna i czy ulega biokumulacji [4].

Związki chemiczne niebezpieczne dla zdrowia płodu i dzieci

Wielka i stale rosnąca liczba substancji chemicznych wprowadzanych do produkcji stwarza zagrożenie dla środowiska a tym samym dla zdrowia człowieka. W trakcie produkcji, wykorzystywania środków chemicznych w gospodarce i rolnictwie, degradacji („starzenia się”) materiału w wyniku procesów fizykochemicznych, procesów spalania, procesów utylizacji, następuje zanieczyszczenie powietrza gleby i wody związkami chemicznymi. Niektóre z nich w środowisku mogą przetrwać przez kilka dekad. Poprzez układ oddechowy, układ pokarmowy i skórę dostają się one do organizmu człowieka. Obecnie nie ulega żadnej wątpliwości, że stanowią one istotne zagrożenie dla zdrowia. Nawet ekspozycja na niskie dawki niektórych substancji chemicznych, zwłaszcza w łonie matki lub okresie wczesnego dzieciństwa, może spowodować negatywne, nieodwracalne skutki zdrowotne.

Randomizowane badania mieszkańców USA, opublikowane w 2005 roku przez amerykańską agencję *Center for Disease Control and Prevention* [5] wskazują, że w tkankach i płynach ustrojowych dorosłych i dzieci występuje szereg grup związków, z czego znaczna część o udowodnionym działaniu toksycznym na organizm człowieka (tabela I).

Tabela I. Substancje chemiczne znalezione w organizmie podczas badań randomizowanej próby mieszkańców USA

Table I. Distribution of chemicals found in a random sample of the U.S. population

Grupy substancji chemicznych	Procentowy udział
Pestycydy fosforoorganiczne	2
Pestycydy pyretroidowe	2
Polichlorowane dibenzofurany	2
Polichlorowane bifenyle	5
Niedioksynowe kongenery polichlorowanych bifenyli	7
Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny	7
Pestycydy chloroorganiczne	7
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	12
Fitoestrogeny	14
Ftalany	15
Metale	27

Ksenobiotyki znajdujące się w organizmie kobiet w ciąży mogą łatwo przedostawać się do płodu. W 2004 roku zespół *Environmental Working Group* zbadał krew pępowinową dziesięciu noworodków pod kątem obecności niebezpiecznych ksenobiotyków [6]. Wytypowano 413 substancji chemicznych do badań. Spośród tej liczby w badanych próbkach znaleziono 287 ksenobiotyków. W tej grupie 180 substancji może być przyczyną powstania nowotworów u ludzi lub zwierząt, 217 jest toksycznych dla mózgu i układu nerwowego a 208 w badaniach nad zwierzętami powodowało wady urodzenia lub zaburzenia rozwoju. W tabeli II pokazano typy wykrytych substancji chemicznych, liczbę noworodków u których w pępowinie wykryto przynajmniej jeden związek z każdego typu oraz ilość związków wykrytych w stosunku do ilości związków szukanych.

Narażenie na środowiskowe substancje chemiczne jest szczególnie niebezpieczne dla zdrowia płodu, szczególnie w okresie gdy jego narządy znajdują się w okresie oznaczonym jako „okno wrażliwości” oraz dla najmłodszych dzieci. Pod tym względem negatywne efekty zdrowotne są zdecydowanie większe i groźniejsze niż dla osób dorosłych narażonych na taką samą dawkę ksenobiotyków. Jest to spowodowane cechami metabolicznymi, fizjologicznymi oraz behawioryzmem dziecka. W stosunku do masy ciała, dzieci w porównaniu z dorosłymi mają większą powierzchnię ciała, większe zapotrzebowanie na powietrze oddechowe, spożywają więcej wody i żywności [7]. Spędzają więcej czasu

na podłodze w bezpośrednim sąsiedztwie wykładzin z tworzyw sztucznych, dywanów, mebli. Mają bezpośredni kontakt z zabawkami produkowanymi głównie z mas plastycznych [8]. Niedostatecznie pilnowane mogą być narażone na wprowadzenie do organizmu zanieczyszczonego piasku, ziemi, roślin [9].

Toksyczne związki wchodzące w skład produktów z którymi styczność mają dzieci

Organizacja *Natural Resources Defense Council* [10] wytypowała 11 toksycznych związków i grup związków chemicznych, które wchodzi w skład produktów, z którymi dzieci mają styczność oraz występują w środowisku gdzie najczęściej przebywają dzieci (mieszkanie, szkoła, place zabaw).

Azbest

– są to włókniste kryształy, na ogół krzemianowych minerałów, o stosunku długości do średnicy włókna co najmniej 100:1.

Występowanie

Ze względu na znaczną odporność na działanie czynników chemicznych, ścieranie i wysoką temperaturę znalazł zastosowanie jako materiał izolacyjny, substrat do produkcji tkanin azbestowych, farb ogniotrwałych, okładzin szczęk hamulcowych, niepalnych materiałów budowlanych (pokrycia dachowe, rury).

Tabela II. Chemikalia wykryte we krwi pępowinowej noworodków
Table II. Chemicals detected in human umbilical cord blood

Typ związku ¹	Źródło występowania/toksyczność	Liczba noworodków, u których wykryto co najmniej jeden związek każdego typu	Ilość związków wykrytych do szukanych
Rtęć	Elektrownie węglowe, paleniska domowe. Gromadzi się w owocach morza (dimetylortęć), niszczy błony biologiczne, łączy się z białkami	10	1/1
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH)	Spalanie paliw, śmieci. Rakotwórcze, kumulują się w układzie pokarmowym	10	9/18
Polibromowane dibenzodioksany i furany (PBBD/F)	Stosowane jako uniepalniacze w produkcji m.in. tworzyw sztucznych. Działają toksycznie na układ hormonalny	7	7/12
Perfluorowane chemikalia (PFCs)	Produkty rozpadu teflonu, tkanin, opakowań. Rakotwórcze, są przyczyną wad wrodzonych	10	9/12
Polichlorowane dibenzodioksyny i furany (PBCD/F)	Produkty uboczne podczas wytwarzania PVC. Trwałe w środowisku, rakotwórcze, toksyczne dla układu hormonalnego	10	11/17
Pestycydy chloroorganiczne (OCs)	Obecnie zakazane ale ze względu na trwałość obecne w środowisku. Rakotwórcze, toksycznie działają na proces reprodukcji	10	21/28
Polibromowane difenyletery (PBDEs)	Niepalne elementy mebli, wyrobów elektronicznych. Toksyczne dla układu nerwowego i tarczycy	10	32/46
Polichlorowane naftaleny (PCNs)	Konserwacja drewna, spalanie odpadów. Uszkadzają wątrobę i nerki	10	50/70
Polichlorowane bifenyly (PCBs)	Izolatory i smary przemysłowe, bardzo trwałe w środowisku. Rakotwórcze uszkadzają układ nerwowy	10	147/209

¹ W nawiasach skróty w piśmiennictwie anglojęzycznym

Narażenie

Ryzyko wchłaniania włókien azbestowych występuje podczas pracy z minerałami azbestowymi oraz podczas kruszenia i obróbki produktów azbestowocementowych, podczas rozbiórki domów ocieplanych płytami azbestowymi, podczas utylizacji materiałów azbestopochodnych. W pomieszczeniach zamkniętych mieszkań, szkół i budynków użyteczności publicznej stężenie włókien azbestowych może wynosić od 30 do 6000 włókien na metr sześcienny w zależności od materiałów jakie zostały użyte podczas budowy. Środowisko domowe może zostać zanieczyszczone przez pracowników zatrud-

nionych w warunkach narażenia na azbest. Mogą oni przenieść do domu włókna azbestowe na ubraniu lub butach.

Działanie toksyczne

Narażenie występuje podczas oddychania zanieczyszczonym powietrzem lub picia zanieczyszczonej wody. Szkodliwość włókien azbestowych zależy od średnicy i długości włókien. Większe włókna nie są tak szkodliwe, gdyż w większości zatrzymują się w górnych drogach oddechowych skąd są usuwane przez rzęski. Włókna bardzo drobne są usuwane przez system odpornościowy. Najbardziej nie-

bezpieczne są włókna cienkie (do 0,01 μm) – przenikają one do dolnych dróg oddechowych, wbijają się w płuca, gdzie pozostają przez długi okres. Wieloletnie drażnienie komórek jest procesem inicjującym kancerogenezę. Azbest może być przyczyną powstania nowotworu międzybłoniaka płucnej, gardła, przełyku, jelita grubego, nerek. Palenie papierosów przez osoby narażone na azbest wywiera efekt synergistyczny zwiększając ryzyko raka płuc. Choroby wywołane przez azbest mogą pojawić się po 20 lub więcej latach od chwili narażenia. Jedną z nienowotworowych chorób wywołanych przez azbest jest bliznowacenie płuc (azbestoza).

Regulacje prawne

Według Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC, *International Agency of Research on Cancer*) kancerogen klasy 1 (rakotwórczy dla ludzi)

Obecnie zakazano jego stosowania w większości krajów. W Polsce zakaz stosowania azbestu i wyrobów zawierających azbest, produkcji wyrobów zawierających azbest oraz obrotu azbestem i wyrobami zawierającymi azbest wprowadzono w 1997 roku [11].

Wartości odniesienia dla azbestu na terenie Polski, z wyłączeniem obszarów ochrony uzdrowiskowej, uśrednione dla jednej godziny i dla roku kalendarzowego wynoszą odpowiednio 2350 i 250 włókna/ m^3 [12].

Bisfenol A (BPA, 2,2-bis(p-hydroksyfenilo)propan) – organiczny związek chemiczny z grupy fenoli.

Występowanie

Stosowany do otrzymywania tworzyw sztucznych, głównie poliwęglanów i żywic epoksydowych, które powszechnie są wykorzystywane w produktach konsumenckich takich jak butelki do karmienia niemowląt, kubki, talerzyki, elementy smoczków oraz do tworzenia powłok wyścielających metalowe puszki do przechowywania napojów i żywności.

Narażenie

BPA znaleziono w organizmie ponad 90% ludności Stanów Zjednoczonych. Wykryto go prawie we wszystkich płynach ustrojowych (moczu, mleku, krwi pępowinowej, płynie owodniowym, płynie pęcherzykowym). Organizm ludzki rozkłada i wydalą BPA w ciągu kilku dni. Jego stała obecność w organizmie, przy stosunkowo krótkim okresie wydalania, świadczy więc o ciągłym narażeniu środowiskowym na ten związek. U wcześniaków leczonych na oddziałach intensywnej terapii noworodków stwierdzono ponad dziesięciokrotnie wyższy poziom

BPA niż w populacji ogólnej. Skażona żywność jest największym źródłem ekspozycji BPA ale może on dostać się do organizmu również poprzez skórę i wdychanie zanieczyszczonego pyłem powietrza.

Toksyczność

BPA imituje działanie estrogenu, może powodować wady wrodzone, przedwczesne dojrzewanie dzieci, nadmierną aktywność, obniżoną płodność oraz zwiększone ryzyko zachorowania na raka piersi i prostaty. Wpływa na hormony tarczycy, zaburza metabolizm tłuszczu i powoduje rozwój insulinooporności. Badania prowadzone na zwierzętach wykazały, że substancja ta wywiera szkodliwy wpływ na równowagę hormonalną u gryzoni w dawkach znacznie niższych od przyjętych jako bezpieczne.

W roku 2007 organizacja *Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction* (CERHR) na posiedzeniu panelu ekspertów dokonała przeglądu i oceny badań naukowych dotyczących potencjalnego szkodliwego wpływu BPA na układ rozrodczy oraz powstawanie wad rozwojowych. W odniesieniu do kobiet i płodów stwierdzono, że ekspozycja na Bisfenol A w trakcie rozwoju płodu w macicy może powodować wady rozwojowe układu nerwowego oraz zmiany behawioralne a konsekwencje przenoszą się na niemowlęta i dzieci [13].

Regulacje prawne

Według IARC zaliczany do grupy 3 (nierakotwórczy dla ludzi). Pierwszym krajem wprowadzającym zakaz produkowania i importu produktów konsumenckich była Norwegia. Odpowiednie regulacje prawne wprowadzono w tym kraju w roku 2007. Obecnie w USA, w ponad 30 stanach obowiązuje zakaz stosowania BPA do produkcji wyrobów, z którymi styczność mają dzieci. Od 1 marca 2011 roku Unia Europejska wprowadziła na jej terenie, zakaz produkcji oraz importu butelek dla niemowląt zawierających BPA.

Formaldehid (aldehid mrówkowy, metanal)

– organiczny związek chemiczny, pierwszy w szeregu homologicznym aldehydów o wzorze HCHO

Występowanie

Formaldehid znajduje szerokie zastosowanie w produkcji bardzo wielu wyrobów – środków antyseptycznych, leków, kosmetyków, płynów do zmywania naczyń, płynów zmiękczających tkaniny, środków do pielęgnacji obuwia i czyszczenia dywanów, tapet, klejów, farb i lakierów oraz tworzyw sztucznych. Jest również stosowany jako środek konserwujący (E240) w produktach spożywczych (np. niektórych gatunkach serów, suszonej żywności, suszonych rybach). Formaldehyd powstaje rów-

niez podczas niepełnego spalania substancji zawierających węgiel. Jednak głównym źródłem narażenia wewnątrz pomieszczeń są użyte do budowy materiały, spoiwa, żywice, oraz drewno kompozytowe wykorzystane w produkcji mebli, blatów, paneli.

Narażenie

Formaldehyd w warunkach normalnych jest gazem. Dlatego ulatniając się z materiałów budowlanych i mebli w pomieszczeniach zamkniętych w dłuższym przedziale czasu może spowodować znaczne podwyższenie jego stężenia w powietrzu. Z tego też powodu narażenie dzieci, które większość czasu przebywają w pomieszczeniach jest stosunkowo powszechne.

Toksyczność

Długotrwałe narażenie na formaldehyd jest przyczyną raka nosa, gardła, białaczki oraz innych nowotworów układu oddechowego. Krótkoterminowa ekspozycja tego związku prowadzi do podrażnienia oczu, nosa, gardła i skóry. Może być przyczyną nudności, bólu głowy. U dzieci ekspozycywnych na podwyższony poziom formaldehydu stwierdzono alergiczne kontaktowe zapalenie skóry oraz wzrost zachorowań na astmę.

Regulacje prawne

W 2006 roku IARC sklasyfikowała formaldehyd jako znany czynnik rakotwórczy u ludzi (grupa 1) ze względu na wystarczające dowody na związek pomiędzy ekspozycją na formaldehyd i rakiem jamy nosowo-gardłowej. W 2009 roku IARC stwierdziła, że istnieją wystarczające dowody przyczynowego związku pomiędzy formaldehydem i białaczką.

W Polsce do chwili obecnej związek ten zaliczany jest do grupy 3 (substancje o możliwym działaniu rakotwórczym na człowieka).

Wartości odniesienia dla formaldehydu na terenie Polski, z wyłączeniem obszarów ochrony uzdrowiskowej, uśrednione dla jednej godziny i dla roku kalendarzowego wynoszą odpowiednio 50 i 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [12], a dopuszczalne stężenia w pomieszczeniach kategorii A (pomieszczenia mieszkalne, pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt dzieci i młodzieży w budynkach oświaty oraz pomieszczenia do przechowywania żywności) i kategorii B (pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi w budynkach użyteczności publicznej) wynoszą odpowiedni 50 i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [14]

Heksan

– organiczny związek chemiczny z grupy alkenów o wzorze C_6H_{12} , niereaktywny chemicznie, w warunkach normalnych ciecz o niskiej temperaturze wrzenia.

Występowanie

Szeroko rozpowszechniony rozpuszczalnik używany jako środek czyszczący w przemyśle drukarskim, obuwniczym, tekstylnym, motoryzacyjnym i meblarskim. W przedmiotach używanych w gospodarstwie domowym, znajduje się m.in. w klejach, spoiwach, farbach i odplamiaczach. Na liście produktów konsumenckich opublikowanych przez US Department of Health and Human Services znajdują się 54 produkty zawierające heksan.

Narażenie

Ze względu na dużą lotność największe narażenie związane jest z oddychaniem zanieczyszczonym powietrzem. Wokół zakładów używających heksanu w procesie technologicznym oraz w pobliżu składowisk odpadów zawierających heksan może dochodzić do skażenia powietrza i tym samym narażenia osób zamieszkujących okolice.

Toksyczność

Ekspozycja krótkoterminowa wpływa na centralny układ nerwowy i może powodować bóle głowy zawroty głowy, dezorientację, nudności, niezdolność do ruchów i senność. Wysoki i długotrwały efekt ekspozycji prowadzi do neuropatii obwodowej, która objawia się drętwieniem i mrowieniem stóp i dłoni, które następnie obejmuje całe nogi i ręce, bólem, pieczeniem, zanikiem koordynacji ruchowej oraz osłabieniem wrażliwości na dotyk, wibracje i temperaturę. W ciężkich przypadkach następuje osłabienie i paraliż mięśni. W połączeniu z innymi rozpuszczalnikami (aceton, keton metylo-etylowy) wzrasta oddziaływanie na centralny układ nerwowy. W doświadczeniach na zwierzętach obserwowano degenerację obwodowego układu nerwowego (czasem również ośrodkowego układu nerwowego) rozpoczynającą się od dłuższych i szerszych aksonów. Toksyczność nie jest przynależna do samego heksanu ale do jednego z jego metabolitów – heksa-2,5dionu należącego do grupy ketonów. Sugeruje się jego wpływ na strukturę i funkcje białek poprzez reakcję z grupą aminową łańcucha bocznego lizyny wchodzącej w skład białka.

Regulacje prawne

Heksan nie znajduje się na liście IARC. W polskim prawodawstwie znajduje się jedynie w wykazie czynników szkodliwych w środowisku pracy. Jego najwyższe dopuszczalne stężenie (NDZ) w zależności od czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej wynosi 72 mg/m^3 . Dopuszczalne stężenie w materiale biologicznym (DSB) jego metabolitu (heksa-2,5dionu) wynosi 2,5 mg/l moczu.

Związki chromu sześciowartościowego

Chrom nie występuje w przyrodzie w postaci elementarnej. W połączeniu z innymi pierwiastkami wchodzi w skład złóż mineralnych, z których podstawowe znaczenie przemysłowe ma jedynie ruda chromitowa (FeCr_2O_4).

Występowanie

Związki chromu powszechnie spotykane w przyrodzie zawierają ten pierwiastek na trzecim stopniu utlenienia i nie są toksyczne. Związki chromu sześciowartościowego są produktem działalności przemysłowej różnych branż – przemysłu metalurgicznego, garbarskiego, chemicznego (produkcja chromianów). W procesach galwanicznych służą do chromowania ochronnego i dekoracyjnego przedmiotów stalowych lub mosiężnych. W postaci chromu technicznego lub żelazochromu używane są jako dodatki do stali odpornych na korozję – stali narzędziowych i konstrukcyjnych. Służą jako pigmenty (np. żółcień chromowa PbCrO_4) do produkcji farb mineralnych wykorzystywanych w przemyśle ceramicznym, włókienniczym, tworzyw sztucznych i papierniczym oraz jako farby malarskie. Są także używane jako inhibitory korozji, katalizatory w procesach polimeryzacji, jako utleniacze w syntezie organicznej, jako surowce w przemyśle perfumeryjnym i do wyrobu atramentów, jako środki konserwujące drewno w procesach wysokociśnieniowych, jako materiały światłoczułe w fotografii.

Narażenie

Narażenie na chrom sześciowartościowy następuje poprzez spożycie skażonej żywności, picia zanieczyszczonej wody lub oddychania zanieczyszczonym powietrzem w miejscu pracy. Szacuje się, że dwie trzecie składowisk odpadów poprzemysłowych zawiera chrom sześciowartościowy co stwarza poważne zagrożenie dla mieszkańców żyjących w ich pobliżu.

Toksyczność

Istnieją wystarczające dowody naukowe na własności rakotwórcze związków chromu sześciowartościowego. Wdychanie zanieczyszczonego powietrza jest przyczyną głównie raka płuc oraz zmian nowotworowych w nosie, zatokach, drogach oddechowej. Picie zanieczyszczonej wody związane jest z rakiem jamy ustnej, żołądka i jelit. Inne nienowotworowe zmiany chorobowe związane z narażeniem na związki sześciowartościowego chromu to niedokrwistość, szkody reprodukcyjne u mężczyzn, podrażnienie błony śluzowej nosa, owrzodzenie nosa, wyciek z nosa, astma, kaszel, duszność świszczący oddech oraz owrzodzenia w żołądku i jelicie cienkim. Łatwo przenika przez łożysko stwarzając poważne zagrożenie dla płodu.

Regulacje prawne

W klasyfikacji IARC kancerogen grupy 1 (o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla ludzi). Wartości odniesienia dla związków chromu sześciowartościowego na terenie Polski, z wyłączeniem obszarów ochrony uzdrowskiej, uśrednione dla jednej godziny i dla roku kalendarzowego wynoszą odpowiednio 4,6 i 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [12]. Wg EPA dopuszczalne stężenie w wodzie pitnej wynosi 0,06 części na miliard (ppb).

Chlorek metylenu (dichlorometan)

– organiczny związek chemiczny z grupy halogenków alkilowych o wzorze CH_2Cl_2 . W warunkach normalnych ciecz o dużej lotności.

Występowanie

W przemyśle chemicznym powszechnie stosowany rozpuszczalnik. Jest składnikiem produktów stosowanych do usuwania pozostałości kleju, farb, graffiti oraz środków czyszczących stosowanych do pielęgnacji drewnianych podłóg. W przemyśle motoryzacyjnym składnik środków czyszczących natomiast w przemyśle spożywczym używany do ekstrakcji kofeiny, przypraw i chmielu. Stosowany również w salonach kosmetycznych jako rozpuszczalnik lakieru do paznokci. Według danych opublikowanych przez *US Department of Health and Human Services* chlorek metylenu znajduje się w 27 produktach przeznaczonych do użytku domowego. W większości z nich jego zawartość przekracza 50% całkowitego składu produktu.

Narażenie

Narażenie na chlorek metylenu występuje podczas oddychania powietrzem zanieczyszczonym tym związkiem lub w wyniku bezpośredniego kontaktu ze skórą.

Toksyczność

Chlorek metylenu jest najmniej szkodliwy z chlorowych pochodnych węglowodorów. Będąc znacznie mniej szkodliwy od chloroformu, w znacznym stopniu wyparł ten rozpuszczalnik z preparatyki organicznej. Duża lotność chlorku metylenu zwiększa niebezpieczeństwo zatrucia. Działa drażniąco na skórę i oczy, szkodliwy przy wchłanianiu przez drogi oddechowe i po połknięciu. Wdychany powoduje narkozę i utratę przytomności. Wpływa na układ nerwowy, może powodować bóle głowy, zawroty głowy, nudności, senność. W organizmie metabolizowany do toksycznego tlenku węgla co związane jest z upośledzeniem procesu rozprowadzania tlenu. Chlorek metylenu może dotrzeć przez łożysko do płodu i mleka matki. W badaniach na zwierzętach wykazano jego wpływ na powstawanie nowotworów płuc, wątroby i sutka piersi.

Regulacje prawne

IARC zaliczyła chlorek metylenu do grupy 2B (przypuszczalnie rakotwórczy dla ludzi), natomiast US EPA oraz polskie prawodawstwo zakwalifikowały go do grupy 3 (ograniczone dowody działania rakotwórczego).

Wartości odniesienia dla chlorku metylenu na terenie Polski, z wyłączeniem obszarów ochrony uzdrowskiej, uśrednione dla jednej godziny i dla roku kalendarzowego wynoszą odpowiednio 200 i 25 µg/m³ [12].

Uniepalniacze (ang. *flame retardants*)

– są to środki opóźniające zapłon, charakteryzują się wysokimi temperaturami zapłonu, praktycznie są substancjami niepalnymi. W ich skład wchodzi pięć grup związków o różnej budowie chemicznej (bromoorganiczne, chloroorganiczne, fosforoorganiczne, azotowe i nieorganiczne). Dwie, szeroko rozpowszechnione substancje z tej grupy, to tris(1,3-dichloro-2-propylo)fosforan (TDCP) oraz tris(2-chloroetylo)fosforan (TCEP).

Występowanie

W branży motoryzacyjnej oraz w przemyśle meblarskim związki te są wykorzystywane do produkcji pianek wyściełających fotele, kanapy, wózki dziecięce, poduszki, ocieplane ubrania dla dzieci. Stosowane w produkcji telewizorów, komputerów, tworzyw sztucznych, farb i lakierów, impregnacji drewna. Ślady TDCP znaleziono w ściekach, wodzie rzek, w wodzie morskiej, w osadach dennych, w rybach morskich.

Narażenie

Uniepalniacze absorbują się na cząstkach kurzu i dostają się do organizmu drogą oddechową. Na początku bieżącego wieku TCEP był jednym z najczęściej wykrywanym organicznym zanieczyszczeniem środowiska. Badania przeprowadzone w roku 2002 wykazały jego obecność w 139 rzekach Stanów Zjednoczonych. TDCP wykryto w ponad 96 procent próbek kurzu zebranych w okolicach Bostonu. Uniepalniacze należą do grupy trwałych (persystentnych) zanieczyszczeń środowiska (ang. *Persistent Organic Pollutants*) a polibromowane bifenyle, polibromowane difenyletery obok licznych związków chloroorganicznych zaliczane są do substancji zaburzających równowagę układu hormonalnego tzw. dysruptory endokrynne (ang. *Endocrine Disruptors*). Mimo wprowadzanych ograniczeń w stosowaniu związków opóźniających zapłon, będą one przez najbliższe lata uwalniane do środowiska wskutek wtórnego przerobu sprzętu elektronicznego i artykułów gospodarstwa domowego.

Toksyczność

Uniepalniacze, ze względu na dużą trwałość w środowisku oraz powinowactwo do tłuszczów stanowią znaczne zagrożenie dla zdrowia. W badaniach na zwierzętach wykazano związek pomiędzy narażeniem na TDCP a rakiem wątroby, nerek, mózgu i jader. Z kolei TCEP związane jest z rakiem tarczycy i nerek oraz obniża płodność, ma związek z niską jakością plemników, zakłóca procesy sygnalizacji mózgu i powoduje nadpobudliwość.

Regulacje prawne

IARC zakwalifikowała TDCP do grupy 2A (prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi) a TCEP do grupy 3 (ograniczone dowody rakotwórczego działania). W Unii Europejskiej wprowadzono zakaz używania uniepalniaczy przy produkcji tkanin mających kontakt ze skórą człowieka oraz ograniczenia dotyczącego ich procentowego udziału jako dodatku przy produkcji mas plastycznych.

Ftalany

– sole i estry kwasu ftalowego. Do najbardziej rozpowszechnionych należy siedem związków oznaczanych skrótami: DEHP, DPB, BBP, DiBP, DiDP, DiNP, DnOP.

Występowanie

Stosowane są do produkcji żywic ftalanowo-glicerynowych, które stanowią bazę dla lakierów i farb ftalowych, klejów (syntetyczna guma arabska) oraz niektórych laminatów. Używane również jako plastyfikatory zwłaszcza twarde tworzyw sztucznych np. polichlorku winylu (PVC, ang. *polyvinyl chloride*). Znajdują zastosowanie przy wytwarzaniu wielu produktów w branży budowniczej, motoryzacyjnej, odzieżowej, opakowań i materiałów leczniczych. Są używane w produkcji klejów, farb, odświeżaczy powietrza, środków czyszczących i detergentów, kosmetyków i środków higieny osobistej. Z PVC plastyfikowanego za pomocą DEHP wytwarza się i stosuje m.in. pojemniki do pobierania i konserwacji krwi, a także jej preparatów, pojemniki na sterylne płyny infuzyjne, dożylny, odżywcze, irygacyjne, do ciągłej dializy, zestawy do transfuzji i infuzji, boczniaki (bajpasy) dla serca i płuc, elastyczne dreny i inne wyroby profilowane jako elementy do pozaustrojowego krążenia krwi w hemodializie, plazmoforezie i oksygenatorach krwi. Produkuje się także wenflony, cewniki, rurki tracheotomijne oraz do dializy i monitoringu ciśnienia, do stałego podawania leków przez pompy infuzyjne.

Narażenie

Powszechne stosowanie ftalanów spowodowało szerokie zanieczyszczenie środowiska tymi związkami.

kami. Praktycznie we wszystkich badaniach znajdowano ślady ftalanów w organizmie ludzkim (mleku matki, krwi pępowinowej, płynie owodniowym). Głównym źródłem narażenia jest skażona żywność do której ftalany przechodzą z opakowań lub w trakcie procesu technologicznego. W mniejszym stopniu narażenie związane jest z oddychaniem zanieczyszczonym powietrzem lub przez kontakt związków ze skórą.

Toksyczność

Badania naukowe wykazały, że ftalany są toksyczne. Ich toksyczność różnicuje się w zależności od typu ftalanu. Zaburzają produkcję testosteronu, kilka z nich zaburza płodność i może być przyczyną przedwczesnych porodów. Ponadto może powodować wady wrodzone u dzieci oraz ich mniejszą wagę urodzeniową. Mogą również przyczynić się do alergii, uszkodzenia wątroby i nerek oraz przyczynić się do rozwoju nowotworów. W próbkach moczu kobiet, które urodziły przedwcześnie, stężenie metabolitów ftalanów było trzykrotnie wyższe niż u kobiet, które urodziły w terminie. Inne badanie dowiodło, że stężenie metabolitów ftalanów jest znacznie wyższe u noworodków z niską wagą urodzeniową [15].

Regulacje prawne

W Unii Europejskiej w roku 1999 wprowadzono zakaz używania sześciu ftalanów (DEHP, DPB, DiBP, DiDP, DiNP, DnOP) do produkcji zabawek dla dzieci oraz trzech ftalanów (DEHP, DPB, BBP) w kosmetykach. Polskie normy przewidują dopuszczalne stężenie ftalanu dibutyli (DPB) w pomieszczeniach kategorii A i B na poziomie odpowiednio 100 i 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a wartości odniesienia dla środowiska uśrednione dla jednej godziny i jednego roku na poziomie 100 i 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [12, 14].

Trichloroetylen (TCE)

– (1,1,2-trichloroeten, $\text{CHCl}=\text{CCl}_2$) bezbarwna, niepalna ciecz o zapachu chloroformu.

Występowanie

Obecnie znajduje zastosowanie przy odtłuszczeniu metali, produkcji atramentów, materiałów przyklejnych, jako rozpuszczalnik farb, emalii, smoły, gumy, wywabiacz plam, środek do czyszczenia dywanów, fumigant. W przeszłości TCE był powszechnie używany do czyszczenia garderoby, oraz ze względu na właściwości narkotyczne jako anestetyk w chirurgii i położnictwie.

Narażenie

Większość osób jest narażonych na TCE przez oddychanie zanieczyszczonym powietrzem lub picie

skażonej wody. Badania przeprowadzone na terenie Stanów Zjednoczonych wykazały, że od 9 do 34 procent ujęć wody pitnej jest zanieczyszczona TCE. Dostaje się on do wód gruntowych ze składowisk odpadów (jego obecność stwierdzono na ponad 1500 składowiskach). Może on zalegać w glebie jak i w wodzie przez wiele lat. W roku 1982 w miejscowości Camp Lejeune (Północna Karolina, USA) w wodzie pitnej stwierdzono stężenie TCE w wysokości 1400 ppb (obecnie obowiązująca norma wynosi 5 ppb). Również w Polsce notowano znaczne przekroczenie stężenia tego związku w okolicach Tarnowskich Gór. Badania miejsc poboru wody prowadzone w 2001 roku wykazały nawet 60-krotne przekroczenie dopuszczalnego stężenia TCE.

Toksyczność

TCE kumuluje się w tłuszczach, może wywoływać zatrucia ostre lub przewlekłe, działa depresyjnie na ośrodkowy układ nerwowy. Po okresie urojeń, euforii, bólów, zawrotów głowy dochodzi do splątania, pobudzenia psychoruchowego, senności i śpiączki. Częstość występowania i głębokość śpiączki jest większa przy narażeniu doustnym. Wywiera działanie kardi toksyczne. Uczula mięsień sercowy na działanie endogennych amin katecholowych. Może powodować zaburzenia rytmu serca, w tym również groźne dla życia zaburzenia w postaci migotania komór (VF). Jest rakotwórczy, powoduje raka wątroby, nerek i prostaty oraz może prowadzić do rozwoju chłoniaka. Ekspozycja w czasie ciąży jest związana z wieloma typami wad wrodzonych i niskiej masy urodzeniowej [16].

Regulacje prawne

IARC zakwalifikowała TCE do kancerogenów grupy 2A (prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi). Wyznaczone w Polsce wartości odniesienia dla środowiska uśrednione dla jednej godziny i jednego roku wynoszą odpowiednio 400 i 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Według EPA dopuszczalne stężenie w wodzie pitnej wynosi 5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Chlorek winylu

– (chloroetan, $\text{CH}_2=\text{CHCl}$) bezbarwny łatwopalny gaz.

Występowanie

Głównie używany do produkcji tworzywa sztucznego – polichloroku winylu (PVC, w Polsce przyjętą się skrót PCW). Ze względu na szereg własności fizykochemicznych takich jak termoplastyczność, dużą wytrzymałość mechaniczną, odporność na działanie wielu rozpuszczalników, tworzywo to znalazło wiele zastosowań w produkcji materiałów konsumenckich. PCW znalazł zastosowanie w pro-

dukcji wykładzin podłogowych, stolarki okiennej i drzwiowej, akcesoriów (w postaci różnych listew wykończeniowych), rur i kształtek do wykonywania instalacji w budynkach, jako elewacja (ang. *siding*), folii, elektroizolacji. W medycynie do produkcji drenów, sond, cewników, strzykawek. Ponadto do wyrobu opakowań, elementów urządzeń, drobnych przedmiotów, zabawek, akcesoriów samochodowych. Z PCW wykonane są powierzchnie sportowych obiektów zakrytych i otwartych (igelit). W elektrotechnice stosowany jest jako izolacja w przewodach i kablach.

Narażenie

Narażenie występuje głównie przez wdychanie zanieczyszczonego powietrza. Notowano zwiększone stężenia chlorku winylu w powietrzu gospodarstw domowych, gdzie do mycia, gotowania lub prania używano skażonej wody. Zwiększone stężenia występują w nowych samochodach, w których użyto elementów wykonanych z PCW. Największe narażenie środowiska naturalnego związane jest z produkcją przemysłową oraz składowaniem i unieszkodliwianiem odpadów bowiem w procesie starzenia się polimeru do atmosfery wydziela się jego monomer.

Toksyczność

Chlorek winylu wchłania się poprzez drogi oddechowe oraz skórę, działa drażniąco na oczy, błony śluzowe dróg oddechowych, skórę. W dużych ilościach ma on właściwości narkotyczne, działa depresyjnie, powoduje nowotwory wątroby, płuc, mózgu, układu krwiotwórczego, limfatycznego. Działanie kancerogenne związane jest z jego metabolitem, tlenkiem chloroetyleny, powstającego w wątrobie pod wpływem układu enzymatycznego, monooksygenazy cytochromu P450. Chlorek winylu posiada także właściwości mutagenne. Według amerykańskiego Centrum Kontroli i Prewencji Chorób (CDC), niemowlęta i dzieci są wielokrotnie bardziej podatne na toksyczne działania chlorku winylu od dorosłych.

Regulacje prawne

IARC zalicza chlorek winylu do grupy 1 (o udowodnionym działaniu rakotwórczym na ludzi). W Polsce dopuszczalne stężenie w powietrzu pomieszczeń kategorii A i B wynosi odpowiednio 5 i 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Trwałe Zanieczyszczenia Organiczne

Omówiona powyżej grupa jedenastu substancji chemicznych wytypowana przez *Natural Resources Defense Council*, to nie jedyne groźne dla zdrowia związki występujące w środowisku. Ostatnio coraz częściej opisuje się w piśmiennictwie zagadnienia związane z grupą Trwałych Zanieczyszczeń Orga-

nicznych TZO (ang. *Persistent Organic Pollutants*, POPs) [17]. TZO stanowi grupa związków odpornych na degradację w środowisku spowodowaną procesami chemicznymi, biologicznymi i fotolitycznymi. Jednocześnie umiarkowana ich lotność pozwala na przemieszczanie się wraz z atmosferą na odległości setek kilometrów. Substancje te mają charakter lipofilowy są więc dobrze rozpuszczalne w tłuszczach i słabo rozpuszczalne w wodzie. Te właściwości powodują ich kumulację w tkance tłuszczowej ludzi i zwierząt. W 2004 roku wprowadzono w Unii Europejskiej zakaz produkcji i importu 12 TZO (aldryna, chlordan, DDT, dieldryny, endryny, heptachlor, heksachlorobenzen, mireks, polichlorowane bifenyle, polichlorowane dibenzo-p-dioksyny, polichlorowane dibenzofurany, toksafen) z których większość należy do pestycydów, fungicydów i insektycydów [18]. Dodatkowo do tej grupy zalicza się wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), które są jednymi z produktów procesu spalania. W sierpniu 2010 roku rozszerzono listę zakazanych związków o kolejnych 9 pozycji [19]. Biologiczne skutki działania TZO są obserwowane na różnych poziomach: komórek, narządów, osobników, populacji i ekosystemów. Wykazują one właściwości kancerogenne, mutagenne, embriotoksyczne i teratogenne, obniżają odporność immunologiczną organizmów, powodują choroby skóry, arteriosklerozę i nadciśnienie. W roku 2006 Lee i wsp. w badaniach obejmujących 2016 dorosłych osób, wykazali znamiennej i silną zależność pomiędzy stężeniem sześciu TZO w surowicy krwi a ryzykiem wystąpienia cukrzycy [20].

Dysruptory endokryne

Kolejna grupa związków, której ostatnio poświęca się wiele uwagi to substancje, które poza zdolnością do biokumulacji posiadają zdolność łączenia się z receptorami estrogenowymi. Do grupy tej należą zarówno związki pochodzenia naturalnego jak i wytworzone na drodze syntezy chemicznej. Nazywa się je związkami endokrynnie aktywnymi lub zakłócającymi działanie endokryne lub też dysruptorami endokrynnymi (ang. *endocrine-disrupting compounds*, EDCs). Komisja Europejska określa te związki jako „egzogenna substancja lub mieszanka, która zmienia funkcje układu endokrynnego i w konsekwencji wywołuje negatywne efekty zdrowotne w nienaruszonym organizmie, jego potomstwie lub subpopulacji” [21]. Do tej grupy związków zaliczamy substancje które zachowują się podobnie do naturalnych (17- β -estradiol, estriol, estron) i syntetycznych estrogenów (etinyloestradiol, dietylostilbestrol). Ponadto fitoestrogeny (β -sitosterol, genisteina, kumestrol, resweratrol), mykoestrogeny (zearalenon), metaloestrogeny oraz niektóre pestycydy (DDT), chemikalia pre-

mysłowe (Bisfenol A), detergenty. EDCs mogą wpływać na układ endokryny poprzez naśladowanie lub antagonizowanie działania endogennych estrogenów, zaburzenie syntezy i metabolizmu endogennych hormonów lub modulowanie receptorów estrogenowych. Pierwsze doniesienia o negatywnym wpływie EDCs na zdrowie człowieka pochodzą z lat czterdziestych ubiegłego wieku i dotyczą DDT. Badania wykazały, że związek ten powoduje obniżenie liczby i ruchliwości plemników (oligospermia; oligozoospermia). Wskutek tego występuje feminizacja mężczyzn, obserwuje się stopniową demaskulinizację prowadzącą do impotencji i obniżenia męskiego libido. Sugeruje się, że związki te mogą zakłócać funkcjonowanie jąder (*testicular dysgenesis syndrome*). Odnotowuje się przypadki wnetrostwa i spodziectwa. W ostatnich latach wzrosła zachorowalność osób eksponowanych na EDCs na raka jąder i raka prostaty, nie ma jednak dowodów na związek przyczynowy. U kobiet związki te mogą zaburzać gospodarkę hormonalną cyklu menstruacyjnego. Ich działanie antykoncepcyjne powoduje zaburzenia płodności. Zwiększa się ryzyko raka piersi oraz raka endometrium. Kobiety narażone na działanie związków z grupy polichlorowanych bifenyli rodziły dzieci ze zmniejszonym poziomem IQ, obniżoną zdolnością do zapamiętywania obrazów oraz zaburzeniami psychomotorycznymi [21].

Przytoczone powyżej przykłady niezbiecie wskazują, że antropogenna działalność, w szczególności przemysł chemiczny, jest przyczyną pojawienia się w środowisku człowieka wielu związków niebezpiecznych dla zdrowia. Dotychczasowe badania naukowe udowadniają negatywny wpływ wielu związków chemicznych stosowanych do wyrobu produktów konsumenckich na zdrowie człowieka. W celu ograniczenia istniejącego niebezpieczeństwa, konieczne jest m.in. posiadanie dostatecznej wiedzy o własnościach substancji, z którymi spotykamy się w życiu codziennym. Taka wiedza bowiem może przyczynić się do skuteczniejszej kontroli różnych etapów związanych z produkcją i stosowaniem najbardziej szkodliwych związków oraz stanowić postawę do podejmowania ustaw mających na celu ochronę zdrowia osób narażonych.

Wykaz piśmiennictwa

1. Michalik J.S.: REACH– projekt rozporządzenia w sprawie rejestracji, oceny, dopuszczenia i ograniczenia chemikaliów – przyczyny i przesłanki. *Bezpieczeństwo Pracy* 2006; 5: 12-15.
2. US Government Accountability Office. Chemical Regulation: Options Exist to Improve EPA's Ability to Assess Health Risks and Manage Its Chemical Review Program. Washington, DC: Government Accountability Office; 2005. Publication No. GAO-05-458. www.gao.gov/new.items/d05458.pdf
3. Council of Environment Health. Policy Statement – Chemical – Management Policy: Prioritizing Children's Health. *Pediatrics* 2011; 127: 983-990.

4. <http://www.chemikalia.gov.pl>
5. Rashing R.: Reproductive roulette. Declining Reproductive Health, Dangerous Chemicals, and a New Way Forward. Washington, DC Center for American progress, 2009, http://www.americanprogress.org/issues/2009/07/pdf/reproductive_roulette.pdf
6. Houlihan J, Kropp T, Wiles R, i wsp.: Body Burden -The Pollution in Newborns. A benchmark investigation of industrial chemicals, pollutants and pesticides in umbilical cord blood Environmental Working Group 2005. <http://www.ewg.org/reports/bodyburden2/execsumm.php>
7. Makari A., Goveia M., Balbus J., i wsp.: Children's susceptibility to chemicals: a review by developmental stage. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2004; 7: 417-435.
8. Becker M., Edwards S., Massey R.: Toxic chemicals in toys and children's products: limitations of current responses and recommendations for government and industry *Environ Sci Technol* 2010; 44: 7986-7991.
9. Moya J., Bearer C.F., Etzel R.A.: Children's behavior and physiology and how it affects exposure to environmental contaminants. *Pediatrics* 2004; 113: 996-1006.
10. Natural Resources Defense Council <http://www.nrdc.org/health/toxics.asp>
11. Ustawa z dnia 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest. *Dz.U. z 1997 r. Nr 101, poz. 628*
12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu *Dz. U. Nr16, poz. 87*.
13. NTP-CEHR Monograph on the potential human reproductive and developmental effects of Bisphenol A. Center For The Evaluation of Risks To Human Reproduction. 2008, NIH Publication No. 08-5994.
14. Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1996 roku w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi. *Monitor Polski Nr 19, poz. 230 i 231*.
15. Phtalates. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, 258-294, 2009.
16. Adamek R., Krupiński B.: Ostre zatrucia trichloroetylenem – opis przypadku. *Przegl Lek* 2007; 64: 331-333.
17. WHO. Persistent Organic Pollutants: Impact on Child Health. NLM classification: WA 671. WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland, 2010.
18. Czarnowski K., Izak E.: Trwałe zanieczyszczenia organiczne w środowisku. Rozporządzenie Wspólnoty Europejskiej nr 850/2004, Materiały informacyjne. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2008.
19. Bartnik A.: Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych. Zmiany w 2010 roku – nowe substancje. Materiały informacyjne Warszawa 2010.
20. Lee D.H., Lee I.K., Song K., i wsp.: A strong dose-response relation between serum concentrations of persistent Organic Pollutants and diabetes. *Diabetes Care* 2006; 29: 1638-1644.
21. Amaral-Mendes J.J.: The endocrine disrupters: a major medical challenge. *Food Chem Toxicol* 2002; 40: 781-778.

Adres autora

Dr hab. n. med. prof. nadzw. Andrzej Sobczak
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
41-200 Sosnowiec, ul. Kościelna 13
tel. 32 266 08 85, fax 32 266 11 24
a.sobczak@imp.sosnowiec.pl