

prof. dr hab. ANDRZEJ STAREK  
Collegium Medicum  
Uniwersytetu Jagiellońskiego

## Spalanie odpadów komunalnych – ryzyko zdrowotne

### Wstęp

Gospodarka odpadami komunalnymi obejmuje kompleksowe działania zmierzające do ograniczenia wytwarzania odpadów oraz ich utylizację i całkowite niszczenie. W wielu krajach zachodnioeuropejskich gospodarka ta jest uregulowana prawnie. Istnieją przepisy określające zbiórkę odpadów, ich segregację i recykling. Równocześnie ogranicza się składowanie odpadów zakładając, że procesowi temu powinny podlegać wyłącznie pozostałości po spalaniu, kompostowaniu i odzysku.

W Polsce istnieją przepisy regulujące składowanie odpadów niebezpiecznych i ochrony powietrza w związku z rozwojem energetyki konwencjonalnej. W zakresie spalania odpadów komunalnych obowiązuje rozporządzenie ministra środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych instalacji (DzU nr 163, poz. 1584). Rozporządzenie to jest konsekwencją dostosowania przepisów polskich do wymogów Unii Europejskiej (dyrektywa EC 2000/76). Należy nadmienić, że na terenie Warszawy od 2001 r. jest czynna jedyna w kraju instalacja spalania odpadów komunalnych (SOK) o wydajności poniżej 100 tys. ton odpadów w roku. Ponadto istnieje bardzo wiele spalarni odpadów szpitalnych.

Spalanie odpadów komunalnych (SOK) w krajach Unii Europejskiej jest powszechnie stosowaną metodą utylizacji około 85% całkowitej masy odpadów. Zaletą tej metody jest możliwość niszczenia niemal wszystkich rodzajów odpadów bez wstępnej selekcji, drastyczna redukcja objętości wsadu i ilości organicznych składników żużla, odzyskiwanie ciepła spalania do celów energetyczno-ciepłowniczych i lokalizacja instalacji SOK w miejscach wytwarzania odpadów. Wadą SOK jest potencjalne zagrożenie zdrowia ludzi i stanu środowiska przez toksyczne produkty spalania w postaci gazów, aerozoli, żużla, a niekiedy ścieki przemysłowe [1].

Szacunkowa analiza zagrożeń chemicznych emitowanych przez SOK, na tle obowiązujących wartości dopuszczalnych stężeń, wykazała brak istotnego ryzyka zdrowotnego [1].

Celem tego opracowania jest przedstawienie aktualnych danych z piśmiennictwa

W artykule omówiono zagrożenie spalania odpadów komunalnych (SOK) w aspekcie narażenia zdrowotnego osób mieszkających w pobliżu instalacji SOK oraz pracowników tych instalacji. Przytoczone dane z piśmiennictwa o wynikach badań epidemiologicznych nad zdrowotnymi skutkami narażenia na czynniki chemiczne emitowane przez SOK są rozbieżne, ale stanowią wstępny sygnał o prawdopodobnym ryzyku zdrowotnym.

### Deflagration of utility refuse – risk for health

The article discusses a problem of utility refuse deflagration in the context of dangerous exposure for the people living near the area of such an installation and those who work with it. Datas here presented, these about the results of epidemiologic research and those about health consequences of exposure to factors emitted by utility refuse, are different. They are though the first signal about a very possible risk for human health.

światowego, dotyczących oceny wielkości narażenia zawodowego i środowiskowego oraz badań epidemiologicznych nad ryzykiem zdrowotnym wśród pracowników SOK i mieszkańców pobliskich terenów. Tego rodzaju badań nie prowadzono w Polsce z powodu braku instalacji SOK.

### Narażenie zawodowe i środowiskowe

W wielu badaniach krwi i moczu pracowników SOK oraz osób mieszkających w pobliżu tych instalacji wykazano narażenie na różnorodne substancje organiczne i nieorganiczne. Były to głównie polichlorowane bifenyle (PCBs), dioksyny, dibenzofurany, chlorofenole, jedno- i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), toksyczne metale (ołów, kadm, rtęć) oraz gazy drażniące (dinitlenek azotu i ditlenek siarki).

W badaniach holenderskich obserwowano wyższe, średnie stężenia heptachloro- i oktachlorodibenzodoksyny oraz heksachloro- i heptachlorodibenzofuranu we krwi pracowników SOK odpowiednio 3, 1,7, 2 i 1,9 razy w stosunku do miejscowych mieszkańców nie pracujących w spalarni [2].

W badaniach niemieckich oceniono narażenie na ołów, kadm, rtęć, arsen, chrom, nikiel, wanad, benzen, toluen, etylobenzen i ksylen oraz PCBs, heksachlorobenzen (HCB), pentachlorofenol (PCP) i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w trzech grupach pracowników zatrudnionych na różnych stanowiskach pracy w SOK. U pracowników „piecowych” stężenia ołowiu, kadmu i toluenu we krwi oraz arsenu, 2,4-dichlorofenolu i tetrachlorofenolu w moczu były statystycznie znacznie wyższe w porównaniu z pozostałymi dwiema grupami pracowni-

ków. Należy jednak podkreślić, że żadne z tych stężeń nie przekraczało zalecanych w Niemczech dopuszczalnych stężeń biologicznych (BAT) [3].

W badaniach przeprowadzonych w pobliżu Barcelony (Hiszpania) mierzono narażenie na dioksyny, dibenzofurany, PCBs i metale toksyczne (ołów, chrom, kadm i rtęć) w grupach pracowników spalarni stałych odpadów komunalnych i mieszkańców na terenach oddalonych od spalarni odpowiednio 0,5-1,5 km i 3,5-4,0 km. Przed uruchomieniem SOK w 1995 r. stężenia dioksyn i dibenzofuranów we krwi były podobne we wszystkich trzech grupach badanych osób (13,4-13,9 pg I-TEQ/g lipidów). Po dwóch latach pracy SOK stężenia te wzrosły średnio o 12,9% u pracowników spalarni oraz o 23,7% i 24,6% u osób mieszkających odpowiednio bliżej i dalej od spalarni, co wskazuje na większą emisję ksenobiotyków do środowiska ogólnego niż do środowiska pracy. Również wzrosły stężenia heksa- i hepta-PCBs, ale nie wykazywały zależności od odległości od źródła emisji. Stężenia toksycznych metali we krwi pozostawały niezmiennione we wszystkich trzech grupach badanych osób [4].

### Ryzyko zdrowotne wśród pracowników SOK

Analiza umieralności wśród pracowników SOK dostarcza rozbieżnych danych na ten temat. W badaniu retrospektywnym, w grupie 176 pracowników zatrudnionych przez co najmniej jeden rok w szwedzkich SOK w latach 1920-1985, stwierdzono 3,5-krotnie wyższe ryzyko zgonu z powodu raka płuca niż w całej populacji szwedzkiej oraz 2-krotnie wyższe ryzyko w stosunku do populacji miejscowej. Ryzyko to nie zależało od stażu pracy w SOK. Na podstawie

czasu trwania narażenia i okresu latencji (okres utajenia nowotworu) autorzy pracy wykluczyli udział palenia tytoniu jako czynnika przyczynowego. Zdaniem autorów, narażenie na WWA mogło być odpowiedzialne za podwyższone ryzyko raka płuca. Ponadto wykazano 4,5-krotnie wyższe ryzyko marskości wątroby w stosunku do populacji generalnej. Natomiast robotnicy z ponad 30-letnim stażem pracy w SOK wykazywali niewielki, ale znamieny statystycznie, wzrost ryzyka choroby niedokrwiennej serca [5].

Chociaż dane te wskazują na związek przyczynowo-skutkowy pomiędzy wykonywaną pracą i ryzykiem zgonu z powodu określonych schorzeń, to jednak stosunkowo mała liczebność badanej grupy i brak wyników oceny narażenia na substancje chemiczne uniemożliwiają wnioskowanie o charakterze statystycznym.

W innym badaniu retrospektywnym, obejmującym 532 mężczyzn zatrudnionych w dwóch SOK w Rzymie (Włochy) w latach 1962-1992, umieralność ogólna (ze wszystkich przyczyn) była statystycznie znacznie niższa niż w populacji ogólnej. Umieralność na nowotwory złośliwe ogółem i raka płuca była niższa od umieralności oczekiwanej w całej populacji włoskiej. Z kolei ryzyko raka żołądka było ok. 2,8-krotnie wyższe w porównaniu z populacją generalną.

## Ryzyko zdrowotne w pobliżu SOK

Badania stanu zdrowia mieszkańców na terenach w pobliżu instalacji SOK dotyczą częstości występowania nowotworów złośliwych, zaburzeń czynności układu oddechowego, wad wrodzonych u potomstwa i dojrzewania płciowego młodzieży.

W badaniach brytyjskich, obejmujących populację ponad 14 mln osób mieszkających w odległości 0-7,5 km od 72 instalacji SOK wykazano nieznaczny, statystycznie znamieny wzrost ryzyka nowotworów złośliwych ogółem.

W badaniach francuskich oceniono przestrzenne rozmieszczenie przypadków mięsaka tkanki miękkiej i chłoniaka niezłazniczego wokół SOK emitujących duże ilości dioksyn (16,3 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>). Wykazano specyficzne rozmieszczenie przestrzenne tylko mięsaka.

W badaniu kliniczno-kontrolnym oceniono ryzyko zgonu na raka płuca w funkcji odległości od źródeł emisji substancji toksycznych obejmujących stocznię, odlewnię żeliwa, SOK i centrum miasta Triestu (Włochy). Zidentyfikowano 755 przypadków raka płuca i tyleż samo osób zmarłych z przyczyn nie związanych z układem oddechowym (grupa kontrolna).

Stwierdzono, że względne ryzyko raka płuca w bezpośrednim sąsiedztwie SOK wynosiło 6,7 (95% CI: 4,2-11,0) i gwałtownie spadało ze wzrostem odległości od źródła narażenia. W centrum miasta ryzyko to wynosiło 2,2 i łagodnie malało wraz z odległością od tego miejsca. Natomiast w przypadku stoczni i odlewni żeliwa nie obserwowano podwyższonego ryzyka raka płuca.

Spalanie odpadów komunalnych, zwłaszcza w instalacjach starszego typu (stare technologie), jest źródłem znacznych emisji NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i pyłu. Długotrwałe narażenie na te czynniki w stężeniach ponadnormatywnych może wpływać negatywnie na czynność układu oddechowego. Istnieją jednak ograniczone dane epidemiologiczne dotyczące zmian w układzie oddechowym u osób mieszkających w pobliżu SOK.

Mieszkańcy terenów w pobliżu spalarni odpadów niebezpiecznych w południowej Karolinie (USA) istotnie częściej zgłaszali subiektywne dolegliwości ze strony układu oddechowego (kaszel, bóle w klatce piersiowej, zawroty głowy, objawy podrażnienia górnych dróg oddechowych) niż osoby w grupie kontrolnej. Natomiast nie wykazano różnic pomiędzy grupami w zakresie chorobowości potwierdzonej diagnozą lekarską i częstości hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego. Ograniczeniem tego badania jest fakt, że zostały przeprowadzone po 3 latach od zamknięcia SOK.

W badaniu epidemiologicznym retrospektywnym, obejmującym 244 758 kobiet ciężarnych zamieszkałych w pobliżu SOK w północno-zachodniej Anglii, stwierdzono przypadki urodzenia martwego płodu, śmierci okołoporodowej oraz noworodków z wadami wrodzonymi prowadzącymi do śmierci. Analiza tych danych wykazała nieznacznie podwyższone ryzyko występowania wad wrodzonych [6].

W grupach 17-latków obojga płci, mieszkających w pobliżu huty ołowiu i dwóch instalacji SOK oraz na terenach wiejskich (grupa kontrolna) w pobliżu Antwerpii (Belgia) oceniono rozwój płciowy, czynność nerek i zmiany cytogenetyczne na tle narażenia środowiskowego na PCBs, związki dioksynopodobne, węglowodory aromatyczne (benzen, toluen) oraz metale ciężkie (kadm, ołów). U chłopców grupy badanej wykazano opóźnienie dojrzewania płciowego, a u dziewcząt opóźnienie rozwoju gruczołu mlecznego. Obserwowane wczesne zmiany czynnościowe kłębuszków i kanalików nerkowych u młodzieży grupy badanej korelowały dodatnio ze stężeniem ołowiu we krwi, natomiast zmiany cytogenetyczne wskazujące na uszkodzenie DNA wykazywały zależność od stężenia

metabolitów substancji genotoksycznych w moczu (hydroksypirenu, kwasu mukonowego i o-krezolu) [7].

## Podsumowanie

Przytoczone dane z piśmiennictwa wskazują na istnienie narażenia zawodowego i środowiskowego na wiele substancji toksycznych, emitowanych przez SOK. O ile w instalacjach nowszego typu narażenie jest niewielkie, poniżej wartości dopuszczalnych stężeń biologicznych, o tyle w starych instalacjach może przekraczać wartości dopuszczalne. Szczególnej uwagi wymaga kontrola narażenia na PCBs, dioksyny i dibenzofurany emitowane przez instalacje SOK nie posiadające odpowiednich filtrów pochłaniających te związki.

Wyniki badań epidemiologicznych nad zdrowotnymi skutkami narażenia zawodowego i pozazawodowego na czynniki chemiczne emitowane przez SOK są rozbieżne. Chociaż w wielu przypadkach wskazują na zależność przyczynowo-skutkową, to jednak należy traktować je ostrożnie ze względu na stosunkowo małe liczebności grup badanych oraz brak udokumentowanego narażenia na substancje chemiczne. Wyniki tych badań stanowią wstępny sygnał o prawdopodobnym ryzyku zdrowotnym związanym z narażeniem na czynniki chemiczne powstające w procesie spalania różnych odpadów, a zwłaszcza odpadów komunalnych.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Starek A. *Spalanie odpadów komunalnych – aspekty toksykologiczne*. „Bezpieczeństwo Pracy”, 1998 4 (321), 2-5
- [2] Van den Hazel P., Frankort P. *Dioxin concentrations in the blood of residents and workers at a municipal waste incinerator*. Organohalogen Comp., 1996, 30, 119-121
- [3] Wrbitzky R., Göen T., Letzel S., Frank F., Angerer J. *Internal exposure of waste incineration workers to organic and inorganic substances*. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1992, 64, 265-273
- [4] Gonzalez C.A., Kogevinas M., Gadea E., Huici A., Bosch A., Bleda M.J., Pápkó O. *Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid-waste incinerator before and after two years of operation*. Arch. Environ. Health 2000, 55, 259-267
- [5] Gustavsson P. *Mortality among workers at a municipal waste incinerator*. Am. J. Ind. Med., 1989, 15, 245-253
- [6] Dummer T.J.B., Dickinson H.O., Parker L. *Adverse pregnancy outcomes around incinerators and crematoriums in Cumbria, north-west England*. 1956-93. J. Epidemiol. Community Health 2003, 57, 456-461
- [7] Staessen J.A., Nawrot T., Hond E.D., Thijs L., Fagard R., Hoppenbrouwers K., Koppen G., Nelen V., Schoeters G., Vanderschueren D., Van Hecke E., Verschaeve L., Vlietinck R., Roels H.A. *Renal function, cytogenetic measurements, and sexual development in adolescents in relation to environmental pollutants: a feasibility study of biomarkers*. Lancet 2001, 357, 1660-1669