

„Stoi na stacji lokomotywa”, czyli zanieczyszczenia środowiska związane z transportem kolejowym

“The locomotive stands on the station”, that is environmental
pollution connected with railway transport

BOGUSŁAW WIŁKOMIRSKI

Summary. The increasing number of people, as well as the extending civilizing and technological requirements constrain the progress of different types of transportation, which inevitably lead to contamination of the areas located in the vicinity of transportation routes. As a result of these events the increase of xenobiotics in the environment is observed. The road and railway transportations are the main types of land carriage. The harmfulness of road transportation was described in details both in original and review papers. The scientific literature concerning the contamination caused by the railway is poorer and some aspects connected with this problem need further investigations. In the present study the influence of railway transportation on the increase of organic and inorganic contamination of the areas surrounding the railway lines and infrastructure was presented. The polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals are especially taken into consideration, because they are the most important pollutants emitted by this type of transportation.

Key words: railway transport, environmental pollution, polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals.

Prof. dr hab. Bogusław Wilkomirski, Instytut Botaniki, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, bowi@biol.uw.edu.pl

WSTĘP

Ludzie od niepamiętnych czasów przemieszczali się z miejsca na miejsce w poszukiwaniu lepszych warunków życia, odkrywając i zdobywając nowe terytoria albo po prostu z chęci przeżycia przygód, nigdy jednak nie było to zjawisko

tak masowe, jak w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Jednak nie tylko masowość, ale także transportowa rewolucja technologiczna XX wieku zaczęła powodować wzrastające problemy środowiskowe. Dopóki na lądzie i na wodzie podróżowano, wykorzystując siłę mięśni zwierząt pociągowych albo siłę wiatru, zanieczyszczenie środowiska spowodowane przewożeniem ludzi i towarów praktycznie nie istniało.

Sytuacja zmieniła się w sposób zasadniczy wraz z wprowadzeniem źródeł napędu związanych ze spalaniem paliw kopalnych, a także wraz z nieuchronnymi modyfikacjami technicznymi szlaków komunikacyjnych i zmianami konstrukcyjnymi pojazdów.

XX wiek rozpoczął okres szybkiego rozwoju coraz bardziej nowoczesnego transportu, który zaczął się wyraźnie dzielić na transport lądowy, wodny i powietrzny. Przez dziesięciolecia budowano szosy i autostrady, coraz większe porty morskie i lotniska, rozwijano sieć linii i węzłów kolejowych, a dopiero stosunkowo niedawno zauważono pogłębiający się problem szkodliwości transportu. Zrozumiano, że obok przemysłu, rolnictwa i gospodarki komunalnej właśnie transport powoduje znaczne podwyższenie poziomu zanieczyszczeń różnymi substancjami, stanowiącymi zagrożenie dla organizmów żywych.

Powszechnie uważa się, że największe szkody środowiskowe powoduje transport samochodowy. Źródłami organicznych i nieorganicznych ksenobiotyków, związanymi z transportem samochodowym, są gazy emitowane z systemów wydechowych, ścierające się opony i nawierzchnia jezdni, paliwa i oleje oraz metalowe części pojazdów (Minami, Araki, 1975; Seaward, 1995; Ward, Donnelly, 1995; Imperatoa i wsp., 2003). Powodem uwalniania szkodliwych substancji są wypadki i katastrofy drogowe (zdarzenia te występują także w transporcie kolejowym, w tym przypadku są jednak zdecydowanie rzadsze) (Lacey, Cole, 2003).

Na tle transportu samochodowego kolej wydawała się przez dłuższy czas stosunkowo niegroźnym dla środowiska rodzajem transportu. Jednak w ostatnim dwudziestoleciu to powszechne mniemanie, wyrażające się hasłem „tiry na tory”, jest coraz częściej weryfikowane, a w literaturze naukowej wzrasta liczba danych, świadczących o tym, że eksploatacja pociągów i całej infrastruktury kolejowej przyczynia się do szeregu niekorzystnych zmian w otoczeniu. Tematem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat najważniejszych zagrożeń chemicznych związanych z transportem kolejowym.

ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE Z TRANSPORTU KOLEJOWEGO

Transport kolejowy rozwinął się w XIX wieku jako pierwszy rodzaj transportu lądowego umożliwiający stosunkowo szybki przewóz dużej liczby osób i dużych ładunków. W ciągu ostatnich 100 lat w większości krajów świata pojawiła się rozbudowana sieć linii kolejowych. Niestety, wymagało to wprowadzenia wielu niekorzystnych dla środowiska działań, takich jak: wycinanie lasów, osuszanie bagien, wznoszenie mostów i nasypów, a także wykonywanie robót ziemnych związanych ze specyficzną konstrukcją toru kolejowego. Technologia i logistyka przewozów kolejowych jest znacznie bardziej skomplikowana niż w przypadku transportu samochodowego, dlatego też liniom kolejowym towarzyszy funkcjonowanie rozbudowanej i złożonej infrastruktury. Także tabor przewozowy, systemy bezpieczeństwa, sterowania i kontroli, układy zasilania i wszelkiego rodzaju elementy pomocnicze są bardziej różnorodne i złożone od analogicznych elementów związanych z transportem drogowym.

Transport kolejowy wykazuje znacznie większą terenochłonność niż transport drogowy. Dla przykładu w Polsce tereny, na których gospodarują Polskie Koleje Państwowe mają powierzchnię około 100 tysięcy hektarów, zatem na 1 km trasy kolejowej przypada około 4 hektarów (Stypułkowski i wsp., 1996). Eksploatacja terenów związanych z ruchem kolejowym rozpoczyna się na kilka lat przed uruchomieniem jazdy pociągów, w momencie przygotowań technicznych do poprowadzenia toru kolejowego albo przygotowań do budowy infrastruktury towarzyszącej stacjom i węzłom kolejowym. W Polsce na niektórych terenach kolej prowadzi swoją działalność ponad 160 lat, bowiem pierwsze koleje na ziemiach polskich powstały na terenie zaboru pruskiego pod koniec I połowy XIX wieku.

Specyfika ruchu kolejowego powoduje, że istnieją typowe dla tego rodzaju transportu zanieczyszczenia gruntu, pochodzące przede wszystkim z:

- przenikania substancji z drewnianych podkładów,
- zużytych olejów smarnych i płynów kondensatorowych,
- zużywania wierzchniej warstwy przewodów trakcyjnych, szyn, okładzin hamulcowych,
- masowego transportu produktów,
- magazynowania i przeładunku paliw i surowców,
- używania herbicydów w celach ochronnych.

Do najważniejszych zanieczyszczeń organicznych należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, a do najbardziej istotnych zanieczyszczeń

nieorganicznych metale ciężkie i to właśnie pojawianie się tych związków na terenach kolejowych zostanie dokładniej omówione poniżej.

WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE

Jednym z bardzo istotnych źródeł zanieczyszczeń organicznych związanych z transportem kolejowym, któremu należy poświęcić zdecydowanie największą uwagę, jest emisja substancji związanych z produktami zabezpieczającymi drewniane podkłady kolejowe. Podstawowymi impregnatami służącymi do tego celu są pochodne smoły węglowej, z których największe zastosowanie znalazł kreozot, szczególnie kreozot węglowy. Typowy kreozot jest frakcją uzyskiwaną podczas destylacji smoły węglowej w zakresie temperatur 200–400°C (Gevao, Jones, 1998). Ze względu na swoją wysoką efektywność w ochronie drewna przed procesami destrukcji powodowanymi przez mikroorganizmy i grzyby, ale także przez zjawiska atmosferyczne, kreozot w wielu krajach świata stał się podstawową substancją impregnacyjną stosowaną do ochrony przedmiotów i konstrukcji drewnianych, takich jak: słupy energetyczne i ogrodzeniowe, falochrony i urządzenia portowe, a nawet konstrukcje na placach zabaw dla dzieci (Moret i wsp., 2007). Jednak zdecydowanie najczęściej kreozotu używanego do impregnacji stosuje się do ochrony drewnianych podkładów kolejowych. W 1993 roku w Kanadzie 54% wyprodukowanego kreozotu zużyto do tego celu (Canadian Environmental Protection Act, 1993). W niektórych krajach takie zastosowanie kreozotu ma bardzo długą historię, na przykład w USA rozpoczęło się w 1865 roku (Brookes, 2004).

Niestety, mimo niewątpliwych zalet użytkowych, kreozot ma zasadniczą wadę – jest nią jego skład chemiczny. Jest to skomplikowana mieszanina ponad 200 związków chemicznych, wśród których wagowo dominują WWA. Wielopierścieniowym węglowodorem aromatycznym towarzyszą aromatyczne związki fenolowe, a także struktury aromatyczne zawierające w cząsteczkach atomy siarki i azotu. Kreozot zwykle zawiera ponad 30 różnych WWA, które mogą stanowić nawet do 85% masy tego produktu (World Health Organization, 2004), z czego zawartość 16 WWA, uważanych przez USEPA za priorytetowe substancje zanieczyszczające, stanowi 20–40% typowego produktu. Jakościowy skład kreozotu zależy od miejsca pochodzenia węgla i technologii otrzymywania smoły, jednak wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, które występują w kreozocie w największej ilości są fenantren, naftalen i fluoranten (Bestari i wsp., 1998; Lehto i wsp., 2000). Według szacunków WHO roczna produkcja kreozotu w krajach Unii Europejskiej na początku XXI wieku wynosiła od

60 do 100 tysięcy ton. Znacznie większą wielkość produkcji rocznej (70 milionów ton) zanotowano w Japonii (Ikarashi i in., 2005).

Zagrożenie emisją WWA z podkładów kolejowych jest dwojakiego rodzaju. Pierwszym typem emisji jest przenikanie pochodnych węglowodorowych do środowiska z podkładów znajdujących się na eksploatowanych liniach. Zgodnie z badaniami Kohlera i Kunningera (2003) z podkładów (około 9 milionów) znajdujących się na torach szwajcarskiej sieci linii kolejowych przenika rocznie do środowiska 139 ton WWA umieszczonych na liście EPA. Zdaniem autorów obecnie jest to wielkość porównywalna z emisją wynikającą z ruchu pociągów. Gdyby udało się opracować technologię zmieniającą skład kreozotu (a takie próby są czynione), emisja WWA z podkładów mogłaby być znacznie mniejsza niż ta, która pochodzi z czynników eksploatacyjnych i trakcyjnych.

Drugim rodzajem zagrożenia jest sukcesywna wymiana podkładów drewnianych i ich wtórne wykorzystanie, szczególnie przez indywidualnych odbiorców, do budowy ogrodzeń i urządzeń małej architektury ogrodowej, a także jako materiał opały. Sytuacja taka jest szczególnie groźna w Japonii, gdzie – w odróżnieniu od Unii Europejskiej – brak jest kontroli i regulacji prawnych w stosunku do recyklingu zużytych podkładów kolejowych (Ikarashi, 2005). Zdaniem Thierfeldera i Sandstroma (2008) spalanie w zwykłych warunkach drewna impregnowanego kreozotem uwalnia duże ilości związków kancerogennych.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (obok substancji ropopochodnych) pojawiają się na terenach kolejowych także w wyniku transportu niektórych substancji, używania lokomotyw spalinowych oraz wydostawania się na zewnątrz niektórych materiałów eksploatacyjnych. Na torowiskach intensywnie eksploatowanych, na których znajdują się drewniane, dawno niewymieniane podkłady, a także na wszelkiego rodzaju urządzeniach stacyjnych, na których pociągi są rozładowywane, myte albo po prostu stoją przez dłuższy czas, poziom WWA bywa niekiedy bardzo wysoki.

Zawartość WWA w podłożu różnych części funkcjonalnych węzła kolejowego Iława Główna w kilka lat po remoncie, polegającym na wymianie podkładów i tłucznia lub pospółki, wynosiło od 910 do 2178 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Maławska, Wiłkomirski, 2001). Po kolejnych 13 latach znacznie wzrosła (przy niezmiennym tle w okolicy), co jednoznacznie wskazuje na emisję WWA przez transport kolejowy (Wiłkomirski i wsp., dane niepublikowane).

METALE CIĘŻKIE

W ostatnich latach ukazało się wiele prac, w których jednoznacznie stwierdzono szkodliwy wpływ metali ciężkich (Turkdogan i wsp., 2003; Kawata i wsp., 2007; Gheorghiu i wsp., 2007). Zanieczyszczenia te dostają się do środowiska w wyniku wielu procesów (Chukwuma, 1993; Esser, 1996), przy czym do najważniejszych źródeł metali ciężkich należy transport. Początkowo badacze interesowali się transportem drogowym (głównie ze względu na zawartość ołowiu w spalinach samochodowych), jednak w ostatnich kilkunastu latach zaczęły pojawiać się prace dotyczące metali ciężkich emitowanych przez transport kolejowy. Jedne z pionierskich prac na ten temat opublikowali Malawska i Wiłkomirski (1997, 2000, 2001a). W pracach tych określono zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Cr, Hg, Mo, Zn, Co, Cu) w próbkach gleby i roślin zebranych w różnych częściach dwóch ważnych węzłów kolejowych (Iława Główna i Tarnowskie Góry) oraz przy strategicznych liniach kolejowych (Warszawa – Gdańsk i Katowice – Gdynia). Wykazano wysoką zawartość metali ciężkich (szczególnie Cu, Mn i Zn) na różnych częściach funkcjonalnych węzłów kolejowych. W Tarnowskich Górach na placu przeładunkowym poziom miedzi wynosił 304 mg/kg, a poziom cynku 784 mg/kg. Wyjątkowo wysoka była zawartość cynku na myjni w Iławie, osiągając poziom 1244 mg/kg. Wysokość zanieczyszczenia metalami ciężkimi przy liniach kolejowych spadała wraz ze wzrostem odległości od toru, co dowodzi, że to właśnie ruch pociągów jest stałym dostarczycielem tych ksenobiotyków.

W kolejnych latach w literaturze naukowej pojawiły się prace dotyczące zanieczyszczenia metalami ciężkimi powietrza w otoczeniu szlaków kolejowych (Chan i wsp., 2002; Johansson, Johansson, 2003; Bukowiecki i wsp., 2006). Jednak główny nurt badawczy w tym obszarze koncentrował się na zanieczyszczeniach gleby na terenach powiązanych funkcjonalnie z transportem i infrastrukturą kolejową. Do najnowszych i najciekawszych prac należą publikacje opisujące zanieczyszczenie metalami ciężkimi gleb położonych w Korei i Chinach (Jeon i wsp., 2008; Liu i wsp., 2009). Z prac tych wynika, że metalami ciężkimi, których emisja jest szczególnie związana z transportem kolejowym, są miedź, mangan i cynk, co jest zgodne z obserwacjami Malawskiej i Wiłkomirskiego (2000, 2001). Badacze chińscy zaobserwowali także zmniejszanie się zawartości metali ciężkich wraz ze zwiększaniem odległości od toru kolejowego.

PODSUMOWANIE

Opisane badania wykazują, że transport kolejowy może być istotnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Dotyczy to zarówno zanieczyszczeń wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, jak i metalami ciężkimi. Poza tym transport kolejowy wprowadza do środowiska także polichlorowane bifenyle, choć problem ten jest słabo zbadany. Wstępne wyniki uzyskali Malawska i Wiłkomirski (2001b). Z badań tych wynikało, że mniszek lekarski może być uznany za dobry bioindykator zanieczyszczeń polichlorowanymi bifenylami, a silne zanieczyszczenie gleby substancjami ropopochodnymi, powoduje, że najwyższy stopień kumulacji osiągają heksa- i hepta-CB.

Za szczególnie istotne środowiskowo można uznać pojawianie się bardzo dużych stężeń rakotwórczych WWA w glebie i w roślinach. Zgodnie z koncepcją chemicznej biomagnifikacji na wyższych poziomach łańcuchów troficznych będą pojawiać się coraz wyższe stężenia potencjalnie groźnych związków. Dlatego tak ważne są badania zawartości organicznych pochodnych w glebie, a następnie w roślinach i organizmach glebowych, które są pierwszymi ogniwami w skomplikowanych sieciach troficznych, a poziom lipofilnych ksenobiotyków organicznych w tych organizmach pozwala przewidzieć stężenie na wyższym poziomie zależności troficznych. W przypadku najbardziej zanieczyszczonych terenów kolejowych należałoby prowadzić stały monitoring, którego skutkiem powinno być rozpoczęcie remontu polegającego na wymianie podłoża w przypadku przekroczenia niebezpiecznego poziomu ksenobiotyków. Ważnym elementem takich remontów jest wymiana podkładów drewnianych na betonowe.

W przypadku monitoringu poziomu metali ciężkich należałoby uwzględnić tzw. współczynnik wzbogacania (*enrichment factor, EF*). Zgodnie z propozycją Kim i Kim (1999) współczynnik taki określa stosunek stężenia metalu w próbce do stężenia metalu w materiale referencyjnym. Sutherland (2000) zaproponował pięć kategorii zanieczyszczenia terenu związanych z wartością EF. Najlepiej byłoby, aby współczynnik ten nie przekraczał dwóch jednostek, tymczasem w przypadku niektórych metali EF przekracza 20 (Malawska, Wiłkomirski, 2001a), co oznacza czwartą kategorię, a więc teren o bardzo silnie zwiększonej zawartości metali ciężkich. Monitoringiem takim powinny zostać objęte przede wszystkim linie o dużym natężeniu ruchu towarowego oraz tereny bocznic i ramp przeładunkowych.

Oprócz klasycznego monitoringu chemicznego obiecującym kierunkiem wydaje się być monitoring biologiczny związany z roślinami. Atutem flory jest fakt

jej niezwyklej plastyczności, czyli możliwości dostosowania się do skrajnie różnych warunków. Efektem tego typu badań mogłaby stać się tabela organizmów roślinnych, które byłyby wskaźnikami stanu podłoża. Dzięki takim informacjom, bez wielu kosztownych badań, można by (przynajmniej wstępnie) stwierdzić, które z terenów kolejowych wymagają szczególnych działań ochronnych.

Literatura

- Alloway B.J., 1990: Heavy metal in soils. John Wiley and Sons, New York.
- Bestari K. T. J., Robinson R. D., Solomon K.R., Steele T S., Day K.E., Sibley PK., 1998: Distribution and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons within experimental microcosms treated with liquid creosote. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(12): 2359–2368.
- Brookes K.M., 2004: Polycyclic aromatic hydrocarbon migration from creosote-treated railway ties into ballast and adjacent wetlands. Research Paper. FPL-RP-617. Madison WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 53 pp.
- Bukowiecki N., Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C.N., Buchmann B., Weingartner E., Baltensperger U., 2007: Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zurich (Switzerland): Size-segregated mass concentration in ambient air. *Atmospheric Environment*, 41: 878–889.
- Canadian Environmental Protection Act. Priority Substances List assessment report. 1993: Creosote-impregnated waste materials. Ottawa, Ontario: Minister of Supply and Service.
- Chan L. Y., Lau W. L., Lee S. C., Chan C. Y., 2002: Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 36: 3363–3373.
- Chukwuma C., 1993: Comparison of the accumulation of cadmium, lead and zinc in cultivated and wild plant species.
- Gevao B., James K. C., 1998: Kinetics and potential significance of polyaromatic hydrocarbon desorption from creosote-treated wood. *Environmental Science and Technology* 32: 640–646.
- Gheorgiu C., Cable J., Marcogliese D. J., Scott M. E., 2007: Effects of waterborne zinc on reproduction, survival and morphogenesis of *Gyrodactylus turnbulli* (Monogenea) on guppies (*Poecilia reticulata*). *International Journal for Parasitology* 37: 375–381.
- Ikarashi Y., Kaniwa M., Tsuchiya T., 2005: Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons and water-extractable phenols in creosotes and creosote-treated woods made and procurable in Japan. *Chemosphere*, 60: 1279–1287.

- Imperatoa M., Adamop P., Naimoa D., Arienzob M., Stanzionea D., Violanteb P., 2003: Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy) *Environmental Pollution*, 124: 247–256.
- Jeon K., Lee J., Choi S., 2008: Heavy meal contamination of soil and groundwater at a rail rolling stock workshop. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 17: 75–97.
- Johansson C., Johansson P. A., 2003: Particulate matter in the underground of Stockholm. *Atmospheric Environment*, 37: 3–9.
- Kawata K., Yokoo H., Shimazaki R., Okabe S., 2007: Classification of heavy metal toxicity by human DNA microarray analysis. *Environmental Science and Technology*, 41: 3769–3774.
- Kim H. K., Kim S. H., 1999: Heavy metal pollution of agricultural soils in central regions of Korea. *Water, Air and Soil Pollution*, 111: 109–122.
- Kohler M., Kunniger T., 2003: Emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from creosoted railroad ties and their relevance for life cycle assessment (LCA). *Holz als Roh-und Werkstoff*, 61: 117–124.
- Lacey R. F., Cole J. A., 2003: Estimation water pollution risks arising from road and railway accidents. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36(2): 185–192.
- Lehto K. M. Lemmetyinen H., Puhakka J., 2000: Biodegradation of photoirradiated polycyclic aromatic hydrocarbon constituents of creosote oil. *Environmental Technology*, 21: 901–907.
- Liu H., Chen L., Ai Y., Yang X., Yu Y., Zuo., Fu G., 2009: Heavy metal contamination in soil alongside mountain railway in Sichuan, China. *Environmental Monitoring Assessment*, 152: 25–33.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 1997: Analiza skażeń gleby polichlorowanymi bifenylami (PCBs) i metalami ciężkimi (Cd, Pb) w otoczeniu szlaków kolejowych oraz węzła Iława Główna. *Roczniki PZH*. 48: 343–349.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2000: Soil and plant contamination with heavy metals in the area of the old railway junction Tarnowskie Góry and near two main railway routes. *Roczniki PZH*. 51(3): 259–267.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2001a: An analysis of soil and plant (*Taraxacum officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Iława Główna, Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, 127: 339–349.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2001b: Accumulation rate of polychlorinated biphenyls (PCBs) in dandelion (*Taraxacum officinale*) in the conditions of soil contamination with oil derivatives. *Roczniki PZH*. 52(4): 295–311.

- Minami K., Araki K., 1975: Distribution of trace elements in arable soil affected by automobile exhaust. *Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2): 185–188.
- Moret S., Purcaro G., Conte L. S., 2007: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) content in soil and olives collected in areas contaminated with creosote released from old railway ties. *Science of the Total Environment*, 386: 1–8.
- Seaward M., 1995: Use and abuse of heavy metal bioassays in environmental monitoring. *Science of the Total Environment*, 176: 129–134.
- Stypułkowski B., Szydło A., Kryszno M., 1996: Zagadnienia ochrony środowiska w budownictwie komunikacyjnym. XXII Wrocławskie Dni Nauki i Techniki.
- Sutherland R. A., 2000: Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39: 611–627.
- Thierfelder T. Sandstrom E., 2008: The creosote content of used railway crossties as compared with European stipulation for hazardous waste. *Science of the Total Environment*, 402: 106–112.
- Turkdogan M. K., Kilicel F., Kara K., 2003: Heavy metals In soil, vegetables and fruits In the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13: 175–179.
- Ward N., Donnelly C., 1995: Sequential extraction of bad in London orbital motorway runoff sediments. *International Conference of Heavy metals in the Environment, Hamburg* 2: 435–438.
- Wiłkomirski B., Sudnik-Wójcikowska B., Galera H., Wierzbicka M., Malawska M., The railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution (w przygotowaniu do druku).
- World Health Organization 2004: Coal Tar Creosote. *Concise International Chemical Assessment Document* 62. Geneva.