

Sylwia K. Dytłow¹

Beata Górka-Kostrubiec¹

Ksenija Bondar²

¹Polska Akademia Nauk, Instytut Geofizyki, Warszawa

²Narodowy Uniwersytet Kijowski im. T. Szewczenki,

Wydział Geologiczny, Kijów

e-mail: skdytlow@igf.edu.pl

ZASTOSOWANIE METODY MAGNETYCZNEJ W BIOMONITORINGU ZANIECZYSZCZEŃ ŚRODOWISKA

Application of magnetic method in environmental pollutions biomonitoring

Abstract: The paper presents results of a study of air pollution accumulated on the surface of leaves and bark of trees and soil in the urban environment of a city. The study used magnetic method, which is based on the measurements of parameters of all magnetic minerals contained in traffic and industrial pollution. The samples of leaves and bark of chestnut trees and soil under the trees were taken from several places located in the centre of Warsaw (Poland) and Kiev (Ukraine) along the main roads which varied with traffic density and the level of pollution. The study showed that the magnetic susceptibility of leaves at the beginning and at the end of the growing season increases several times. It proved that they are a good bio-indicator of the level of air pollution. According to the results the level of pollution in Warsaw and Kiev are comparable for areas exposed to high traffic pollution and for parks/squares. The soil susceptibility is always higher than the susceptibility of leaves. This is due to the accumulation of pollution by the soil during the time period longer than the growing season. In the parks, there are no leaves in the winter and the consequent lack of soil protection against pollution can affect the increase in the susceptibility of soils. It was found that the susceptibility of the soil in the contrary to the susceptibility of the leaves does not always correlate with the intensity of road traffic. Probably, in winter the other factors such as power plant or domestic heating systems play important role.

Słowa kluczowe: podatność magnetyczna, biomonitoring, zanieczyszczenie powietrza, liście kasztanowca, liście lipy, Warszawa, Kijów

Key words: magnetic susceptibility, biomonitoring, air pollution, leaves of chestnut, leaves of lime, Warsaw, Kiev

WSTĘP

Metoda magnetyczna stosowana jest w badaniach środowiskowych do określenia poziomu zanieczyszczeń akumulowanych w glebach (Jeleńska i in. 2008), na filtrach powietrza (Górka-Kostrubiec i in. 2011), na liściach drzew (Matzka, Maher 1999), na drogach (Górka-Kostrubiec i in. 2012), w mchu i porostach (Salo i in. 2012). Metoda magnetyczna opiera się na pomiarach parametrów magnetycznych zanieczyszczeń przemysłowych i komunikacyjnych, w skład których wchodzi silnie magnetyczne tlenki żelaza skorelowane z metalami ciężkimi. Podatność magnetyczna (χ) jest jednym z najczęściej wykorzystywanych parametrów magnetycznych czułym na stężenie magnetycznych cząstek zanieczyszczeń takich jak związki żelaza, które generuje zarówno przemysł jak i ruch samochodów. Podatność równa jest stosunkowi zaindukowanego przez pole magnetyczne namagnesowania (M) nabytego przez próbkę do natężenia tego pola (H). W naszych obecnych badaniach mierzono podatność magnetyczną na jednostkę masy ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$).

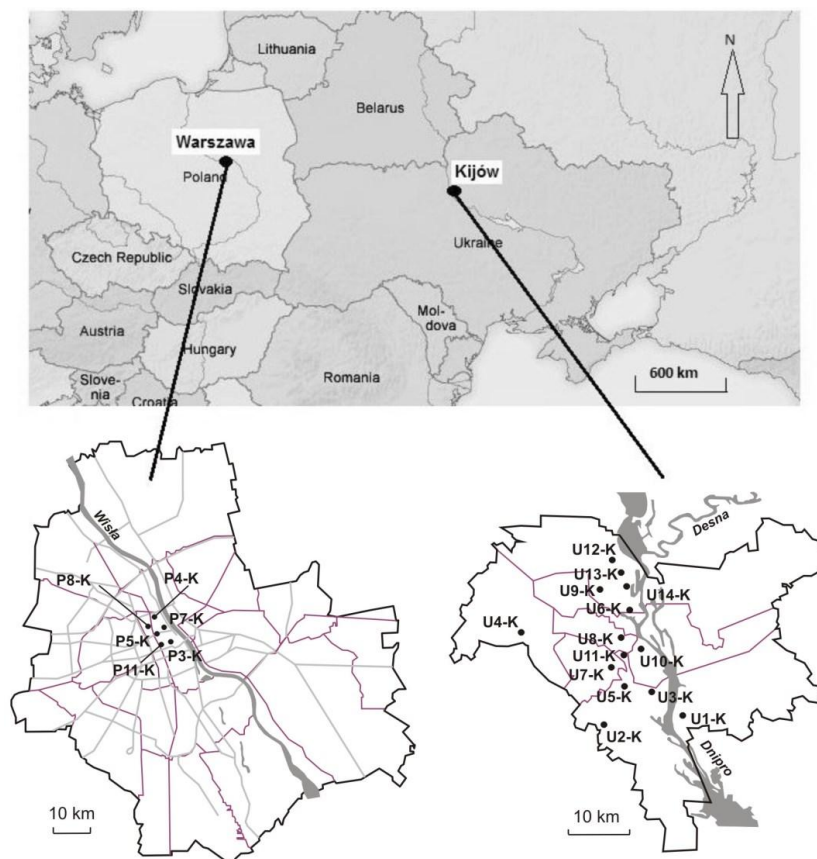
Biomonitoring (Hansard i in. 2011, Kardel i in. 2011, Mitchell i in. 2010, Maher i in. 2008, Szönyi i in. 2008, 2007, Moreno i in. 2003, Matzka, Maher 1999) służy do śledzenia poziomu zanieczyszczenia powietrza w środowisku miejskim wykorzystując naturalne właściwości roślin do akumulowania cząstek zanieczyszczeń na powierzchni liści, na szpilkach i korze drzew. Drzewa powszechnie występują w środowisku miejskim, dlatego można je wykorzystać do badania zanieczyszczeń lokalnych w różnych częściach miasta np. w parkach, wzdłuż ruchliwych ulic itp., a także do porównania poziomu zanieczyszczeń w różnych miastach. Pomiar magnetycznych zanieczyszczeń akumulowanych na liściach pozwalają określić lokalny poziom zanieczyszczeń, natomiast próbki kory drzew odzwierciedlają długotrwale akumulowany poziom zanieczyszczeń.

Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza i gleb w miastach są elektrociepłownie, zakłady produkcyjne, paleniska domowe, które generują do atmosfery duże stężenia zanieczyszczeń. Drugim istotnym źródłem zanieczyszczeń są zjawiska związane z ruchem samochodowym, takie jak: spalanie benzyny, oleju napędowego, ścieranie nawierzchni asfaltowej, opon, klocków hamulcowych. Mikrocząstki zanieczyszczeń wraz z wdychanym powietrzem przedostają się do płuc wywołując choroby układu oddechowego.

Celem naszej pracy było wykorzystanie biomonitoringu do zbadania związku pomiędzy poziomem zanieczyszczenia powietrza, a natężeniem ruchu samochodowego przy zastosowaniu pomiarów podatności magnetycznej. W celu realizacji założonego celu wykonano pomiary dla dwóch dużych aglomeracji miejskich Warszawy i Kijowa, w których pobrano próbki liści i kory z drzew rosnących wzdłuż ulic o różnym natężeniu ruchu samochodowego.

OPIS METODY BADAŃ I POBIERANIA PRÓBEK

Próbki liści i kory pobrano z drzew rosnących wzdłuż dróg o różnym natężeniu ruchu samochodowego w dwóch różnych środowiskach dużych miast Warszawy i Kijowa. Pobrano także próbki gleb pod drzewami. W tabeli 1 zestawiono oznaczenie próbek oraz poziom natężenia ruchu samochodowego dla poszczególnych miast. Na rycinie 1 zaznaczono na mapach Warszawy i Kijowa miejsca pobrania próbek. Dla każdej lokalizacji pobrano liście kasztanowca z różnych stron drzewa na wysokości około 1,5 m. W obu miastach kasztanowce są jednym z najczęściej występujących gatunków drzew. Próbki liści pobierano na początku wiosny i ponownie jesienią w odstępie co najmniej 7 dni od wystąpienia deszczu. Dla kilku lokalizacji w Warszawie pobrano oprócz liści z kasztanowa również liście z lipy w celu zbadania wpływu rodzaju i wielkości powierzchni liścia na akumulację zanieczyszczeń. Liście pobierano bezpośrednio od ulicy oraz od strony przeciwnej. W celu porównania wyników pomiarów z różnych lokalizacji z liści pobranych w ramach jednej próbki wycięto 13 krążków o stałej powierzchni, które były następnie suszone, kruszone i wkładane do plastikowych pudełek.



Ryc. 1. Mapa Warszawy i Kijowa za zaznaczonymi punktami pobrania próbek
Fig. 1. The map of Warsaw and Kiev with distribution of sapling places

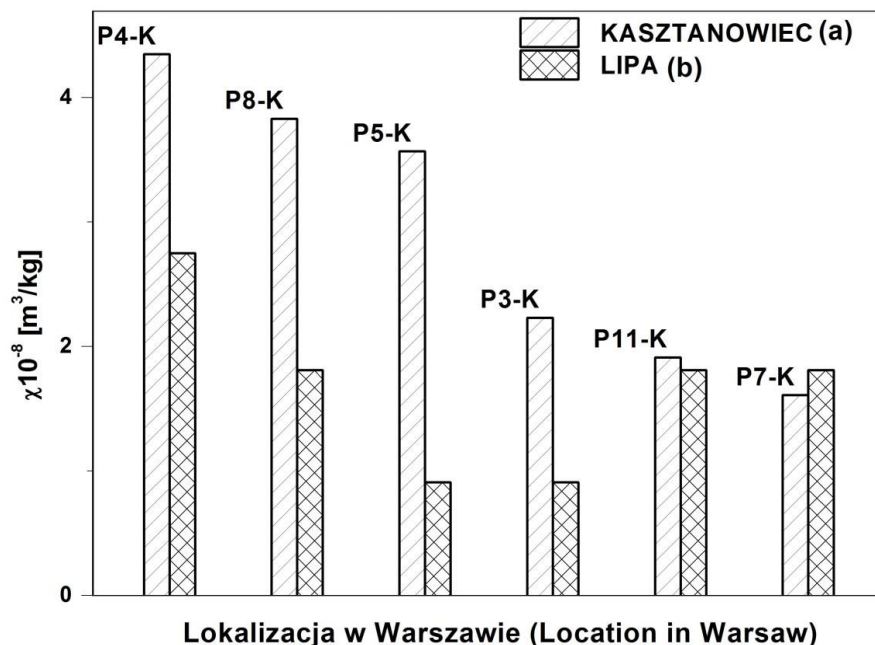
Tabela. 1. Zestawienie oznaczenia próbek oraz natężenia ruchu
Table. 1. Description of the samples and the location with the vehicle traffic

Warszawa			Kijów		
Oznaczenie	Rodzaj próbki	Opis lokalizacji	Oznaczenie	Rodzaj próbki	Opis lokalizacji
P3-K	G-gleba L-liście K-kora	lokalna droga w centrum	U1-K	G,L	park w centrum
P4-K	G, L, K	lokalna droga w centrum	U2-K	G, L	główna droga
P5-K	G, L, K	główna droga w centrum	U3-K	G, L	osiedle
P7-K	G, L, K	park w centrum	U4-K	G, L	blisko autostrady
P8-K	G, L, K	główna droga w centrum	U5-K	G, L	lokalna droga na peryferiach miasta
P11-K	G, L, K	skwer na Starym Mieście	U6-K	G, L	park
			U7-K	G, L	centrum biurowe
			U8-K	G, L	lokalna droga na peryferiach miasta
			U9-K	G, L	bardzo zanieczyszczona część miasta
			U10-K	G, K	lokalna droga
			U11-K	G, K	wysokie natężenie ruchu
			U12-K	G, K	lokalna droga
			U13-K	G, K, L	centrum miasta
			U14-K	G, K	centrum miasta

WYNIKI I DISKUSJA

Na rycinie 2 przedstawiono podatność magnetyczną (χ) dla lokalizacji w Warszawie, z których na wiosnę pobrano jednocześnie liście kasztanowca i lipy. Dla lokalizacji znajdujących się wzdłuż ulicy podatność jest wyższa dla próbek pobranych z kasztanowców niż dla liści lipy. Wynika z tego, że liście kasztanowca efektywniej akumulują na swojej powierzchni zanieczyszczenia komunikacyjne niż liście lipy, z wyjątkiem jednej lokalizacji (P7-K), dla której podat-

ność jest wyższa dla liści lipy. Większe zdolności do akumulacji zanieczyszczeń komunikacyjnych przez liście kasztanowca mogą wynikać z większego rozmiaru i innej struktury powierzchni. Badania zdolności akumulacji zanieczyszczeń przez liście o różnych kształtach i powierzchni (Mitchell i in. 2010, Kardel i in. 2011) pokazały, że liście posiadające na powierzchni drobne włoski oraz pokryte woskiem najlepiej akumulują zanieczyszczenia.

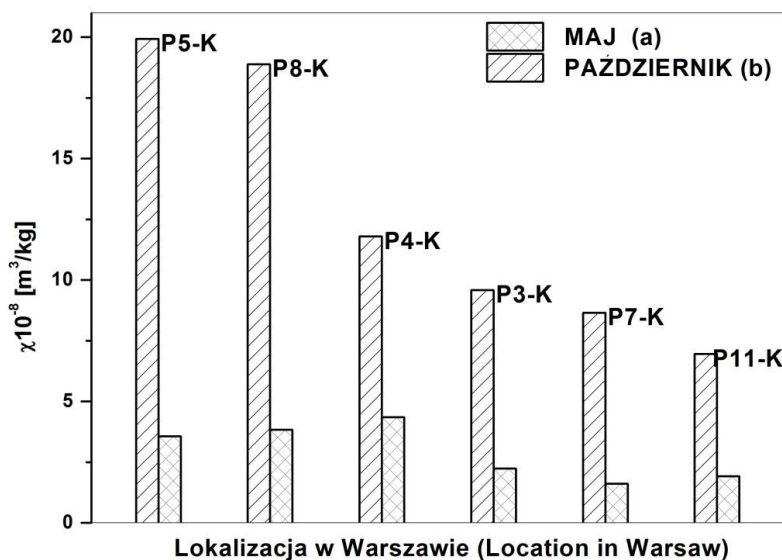


Ryc. 2. Zmiany podatności magnetycznej dla próbek liści pobranych z kasztanowca i lipy dla wybranych lokalizacji w Warszawie

Fig. 2. Magnetic susceptibility samples of chestnut (a) and linden (b) leaves for selected locations in Warsaw

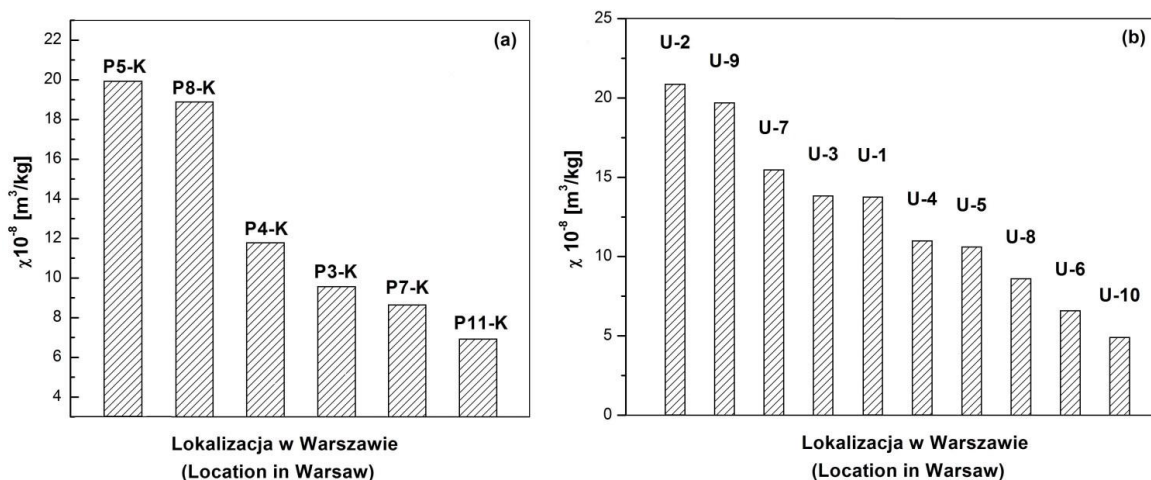
Rycina 3 przedstawia podatność magnetyczną liści kasztanowca pobranych w maju i październiku (na początku i końcu sezonu wegetacyjnego). Z wykresu widać, że podatność wszystkich próbek pobranych jesienią jest kilkakrotnie wyższa od podatności próbek pobranych wiosną. Na podstawie dużych różnic można stwierdzić, że liście w czasie całego okresu wegetacyjnego bardzo dobrze akumulują zanieczyszczenia.

Na rycinie 4 przedstawiono zmiany podatności magnetycznej zmierzone dla próbek liści dla poszczególnych lokalizacji w Warszawie (ryc. 4a) i w Kijowie (ryc. 4b). Zestawiając wartości podatności dla różnych lokalizacji o różnym natężeniu ruchu drogowego można stwierdzić, że podatność magnetyczna odzwierciedla lokalny poziom zanieczyszczenia w Warszawie i Kijowie. Dla Warszawy podatność magnetyczna mieściła się w zakresie od $6,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ do $19,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Dla Kijowa były to wartości w zakresie od $4,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ do $20,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.



Ryc. 3. Zmiany podatności magnetycznej dla próbek liści pobranych na wiosnę (a) i jesienią (b) dla wybranych lokalizacji w Warszawie

Fig. 3. Magnetic susceptibility chestnut leaves collected in spring (a) and autumn (b) for selected locations in Warsaw



Ryc. 4. Podatność magnetyczna wyznaczona dla próbek liści kasztanowca z lokalizacją charakteryzującą się różnym natężeniem ruchu samochodowego: (a) Warszawa i (b) Kijów

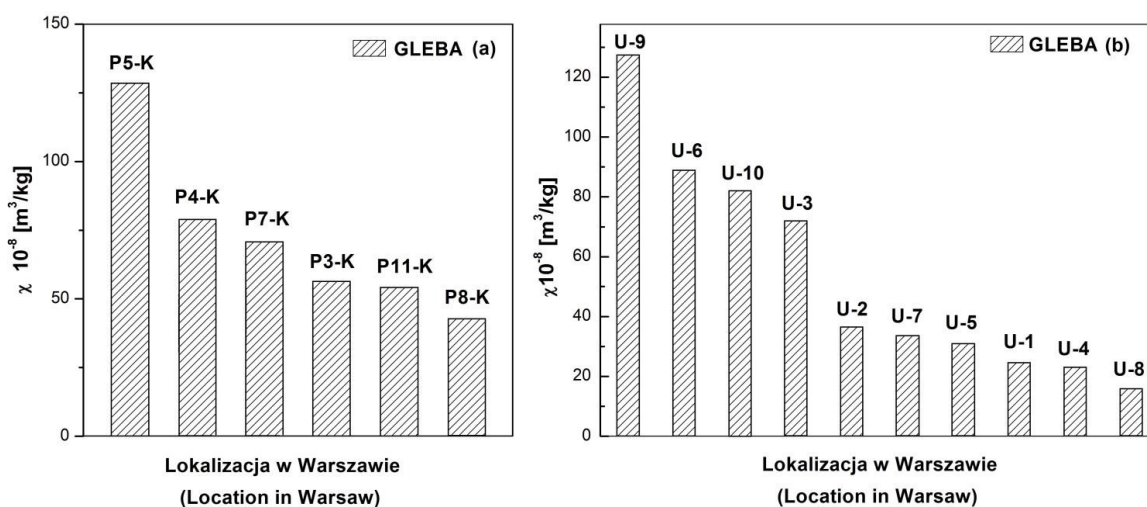
Fig. 4. Magnetic susceptibility of chestnut leaves for locations characterized by different traffic intensity: (a) Warsaw and (b) Kiev

Dla dużego natężenia ruchu samochodowego (P5-K, P8-K dla Warszawy i U2, U9-K dla Kijowa) wartości podatności magnetycznej wynoszą odpowiednio: $19,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, $18,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ i $20,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, $19,7 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Na terenach parków oraz w pobliżu dróg o niskim natężeniu ruchu zmierzono najniższe wartości podatności magnetycznej dla obu miast, oprócz parku Tarasa Schev-

chenko w Kijowie, gdzie podatność była wysoka w stosunku do innych lokalizacji tego typu (parki i skwery). Może to wynikać z lokalnej specyfiki, gdyż ten park jest otoczony ze wszystkich stron drogami o dużym natężeniu ruchu.

Porównując wartości podatności dla poszczególnych lokalizacji można zauważyć, że poziom zanieczyszczenia w Warszawie i Kijowie jest porównywalny zarówno dla obszarów narażonych na wysokie zanieczyszczenie komunikacyjne jak i dla parków/skwierów.

Na rycinie 5 przedstawiono zmiany podatności próbek gleb dla lokalizacji w Warszawie i Kijowie. Z wykresów wynika, że wysokie wartości podatności gleby, w przeciwieństwie do liści nie zawsze są związane z lokalizacjami o wysokim natężeniu ruchu. Wynika to ze zdolności gleby do akumulowania zanieczyszczeń w okresie czasu dłuższym od okresu wegetacyjnego. W okresie zimy na poziom zanieczyszczeń gromadzonych w glebie mają wpływ czynniki dodatkowe np. wzmożona działalność elektrociepłowni. W parkach np. w przypadku parku Slawy w Kijowie (U-6) brak liści w okresie zimowym i związany z tym brak ochrony gleby przed zanieczyszczeniami może wpływać na podwyższenie wartości podatności gleb.

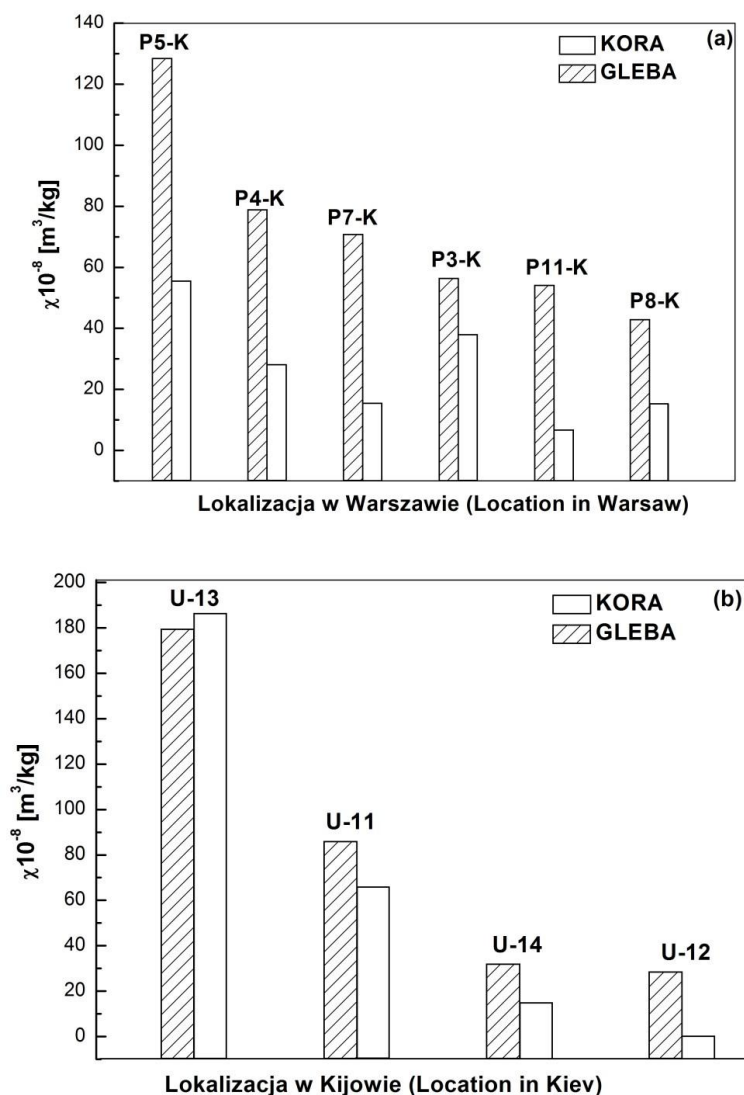


Ryc. 5. Zmiany podatności magnetycznej dla próbek gleb pobranych w (a) Warszawie i (b) Kijowie

Fig. 5. Magnetic susceptibility of soils collected in (a) Warsaw and (b) Kiev

Na rycinie 6 porównano wartości podatności dla gleb oraz kory pobranych w Warszawie i Kijowie. Z wyjątkiem jednej próbki (U-13) zaobserwowano wyższe wartości podatności dla gleby w porównaniu do kory. Należy podkreślić, że zarówno dla gleby jak i kory została zachowana tendencja, że dla lokalizacji o niskim natężeniu ruchu obserwuje się niskie wartości podatności, natomiast wysokie natężenie ruchu związane jest z wysokimi wartościami podatności.

Pobierając próbki liści należy brać pod uwagę, że inne dodatkowe czynniki, poza natężeniem ruchu drogowego wpływają na osadzanie się zanieczyszczeń na



Ryc. 6. Zmiany podatności magnetycznej dla próbek gleb i kory pobranych dla lokalizacji w Warszawie (a) i Kijowie (b)

Fig. 6. Magnetic susceptibility of soils and bark collected in (a) Warsaw and (b) Kiev

liściach i glebie. Do czynników tych należą: gęstość zabudowy, odległość od drogi, topografia, przewietrzanie terenu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że podatność magnetyczna jest bardzo dobrym parametrem odzwierciedlającym poziom zanieczyszczeń akumulowanych na liściach drzew. Zastosowanie podatności magnetycznej pozwala śledzić rozkład zanieczyszczeń dla jednego miasta (lokalnie) oraz porównywać pomiędzy sobą zanieczyszczenia powietrza w różnych miastach. W obu badanych miastach podatność dobrze odzwierciedla poziom zanieczyszczenia powietrza w zależności od natężenia ruchu samochodowego, który był głównym źródłem cząstek magnetycznych. Nieco inne warunki dodatkowe wpływają na akumulację zanieczyszczeń na liściach i w glebie, co skutkuje nieco innym rozkładem podatności zanieczyszczeń na liściach i w glebie.

WNIOSKI

Badania wskazują, że zastosowanie pomiarów podatności magnetycznej próbek liści z drzew jest dobrym narzędziem do szybkiej oceny jakości powietrza i lokalnej akumulacji zanieczyszczeń.

Poziom zanieczyszczenia powietrza dobrze koreluje z natężeniem ruchu samochodowego w obu badanych miastach.

Podatność magnetyczna próbek liści mierzona na początku i końcu okresu wegetacyjnego zwiększa się kilkukrotnie. Rodzaj i wielkość powierzchni liści ma wpływ na poziom akumulowanych zanieczyszczeń.

Literatura

- Górka-Kostrubiec B., Król E., Jeleńska M., 2011, Dependence of air pollution on meteorological conditions based on magnetic susceptibility measurements: a case study from Warsaw, *Studia Geophysica and Geodaetica* 56, s. 861-877.
- Górka-Kostrubiec B., Król E., Teisseyre-Jeleńska M. 2012, Magnetic susceptibility as an indicator of traffic pollution in some Warsaw localities, *Współczesne Problemy Inżynierii i Ochrony Środowiska* 54, s. 67-82.
- Hansard R., Maher B.A., Kinnersley R., 2011, Biomagnetic monitoring of industry-derived particulate pollution, *Environmental Pollution* 159, 1673-1681.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kadzialko-Hofmokl M., Kopcewicz B., Sukhorada A., Bondar, Matviishina Zh., 2008, Magnetic structure of the polluted soil profiles from eastern Ukraine *Acta Geophys.* 56, 1043-1064.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kopcewicz B., 2010, Thermally induced transformation of magnetic minerals in soils based on rock magnetic study and Mössbauer analysis, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 179, 164-177.
- Kardel F., Wuyts K., Maher B.A., Hansard R., Samson R., 2011, Leaf saturation isothermal remanent magnetization (SIRM) as a proxy for particulate matter monitoring: inter-species differences and in-season variation, *Atmospheric Environment* 45, 5164-5171.
- Maher B.A., Moore C., Matzka J., 2008, Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves, *Atmospheric Environment* 42, 364-373.
- Matzka J., Maher B.A., 1999, Magnetic biomonitoring of roadside tree leaves: identification of spatial and temporal variations in vehicle-derived particulates, *Atmospheric Environment* 33, 4565-4569.
- Mitchell R., Maher B.A., Kinnersley R., 2010, Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: temporal and inter-species magnetic analyses, *Environmental Pollution* 158, 1472-1478.
- Moreno E., Sagnotti L., Dinares-Turell M., Winkler A., Cascella A., 2003, Biomonitoring of traffic air pollution in Rome using magnetic properties of tree leaves, *Atmospheric Environment* 37, 267-2977.
- Salo H., Bučko M. S., Vaahtovuori E., Limo J., Mäkinen J., Pesonen L. J., 2012, Biomonitoring of air pollution in SW Finland by magnetic and chemical measurements of moss bags and lichens, *Journal of Geochemical Exploration* 115, 69-81.

Szönyi M., Sagnotti L., Hirt A.M., 2007, On leaf magnetic homogeneity in particulate matter biomonitoring studies, *Geophysical Research Letters* 34, L06306.

Szönyi M., Sagnotti L., Hirt A.M., 2008, A refined biomonitoring study of airborne particulate matter pollution in Rome, with magnetic measurements on *Quercus Ilex* tree leaves, *Geophysical Journal International* 173, 127-141.