PRZEGLĄD GEOFIZYCZNY

Rocznik LXV 2020 Zeszyt 3-4

Adam ŁUKASIK, Maria Magdalena SZUSZKIEWICZ, Marcin SZUSZKIEWICZ

INSTYTUT PODSTAW INŻYNIERII ŚRODOWISKA, POLSKIEJ AKADEMII NAUK

MAGNETYZM ŚRODOWISKOWY: BADANIA PODATNOŚCI MAGNETYCZNEJ W MIKROSKALI Z OBRAZOWANIEM 3D

ENVIRONMENTAL MAGNETISM: MAGNETIC SUSCEPTIBILITY RESEARCH IN MICRO-SCALE AND 3D VISUALIZATION

Wstęp

Jednym z parametrów geofizycznych, który pozwala na określenie poziomu depozycji zanieczyszczeń atmosferycznych do gleby, jest podatność magnetyczna. Tlenki żelaza o właściwościach magnetycznych powstające w wysokotemperaturowych procesach spalania cechują się namagnesowaniem szczątkowym, które można zmierzyć w terenie (*in situ*) oraz w laboratorium (*ex situ*). W prowadzonych od kilku dekad badaniach nad podatnością magnetyczną gleb udowodniono zależności korelacyjne pomiędzy współwystępowaniem cząstek magnetycznych i potencjalnie toksycznych pierwiastków (ang. *Potentially Toxic Elements – PTEs*) w wierzchnich poziomach gleb.

W przeciwieństwie do gleb rolnych, gleby leśne cechuje zbliżony do naturalnego układ poziomów genetycznych. Ewentualne przemieszanie wierzchnich poziomów organicznych i mineralnych w glebie związane jest z cyklem produkcyjnym w lasach (wiekiem rębności poszczególnych gatunków drzew) i przygotowaniem gleby pod nowe nasadzenia. Przeciętnie okres ten wynosi około 80 lat. Przez ten czas zanieczyszczenia atmosferyczne dostające się do gleby w formie depozycji suchej i mokrej zatrzymywane są dzięki wysokim zdolnościom sorpcyjnym w poziomach organicznych O i mineralnych A. Kluczową rolę w wychwytywaniu zanieczyszczeń atmosferycznych i przekazywaniu ich do gleby odgrywają drzewa. W związku z różnicami gatunkowymi poszczególne drzewa, z racji specyficznej budowy korony i aparatu asymilacyjnego, w charakterystyczny sposób wychwytują i deponują zanieczyszczenia do gleby (Boettcher i in. 1990; Koch i in. 1993). Gatunki iglaste w związku z całorocznym utrzymywaniem aparatu asymilacyjnego (w warunkach lasów Polski wyjątek stanowi modrzew) są zdolne do pochłaniania większej ilości zanieczyszczeń pyłowych w porównaniu z gatunkami liściastymi. Depozycje pyłowe mogą przedostawać się do gleby w strefie podkoronowej drzewa na skutek opadu bezpośredniego (ang. *throughfall*) oraz spływu po pniu (ang.

 DOI: 10.32045/PG-2020-015

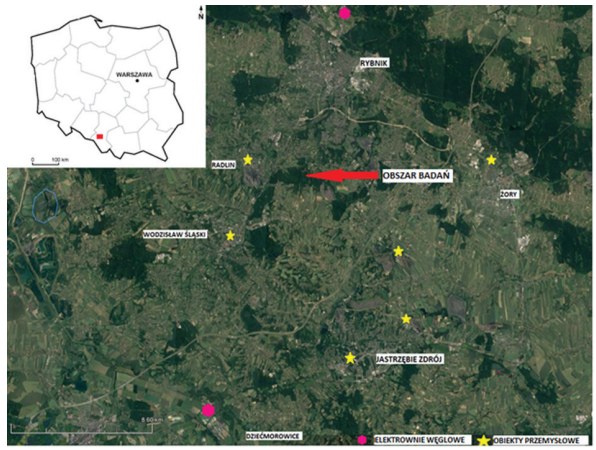
stemflow). Badania tych zjawisk dotyczyły również ich wpływu na właściwości chemiczne gleb (Falkengren-Grerup 1989; Boettcher, Kalisz 1990; Anderson 1991; Koch, Matzner 1993). Dotychczasowe badania wpływu zjawisk „*stemflow*" i „*throughfall*" na właściwości gleb nie obejmowały przestrzennego rozkładu badanej cechy w ujęciu trójwymiarowym. Pyły pochodzące z imisji przemysłowych zawierają ferromagnetyki, których obecność w środowisku można stwierdzić poprzez pomiar podatności magnetycznej (Chaddha, Seehra 1983; Thompson, Oldfield 1986; Hanesch, Scholger 2002; Jeleńska i in. 2004; Blaha i in. 2008; Fürst i in. 2009; Magiera i in. 2010). Sposób dystrybucji zanieczyszczeń pyłowych do gleb stref podkoronowych, uwzględniający zjawiska spływu po pniu i opadu podkoronowego, można prześledzić w oparciu o dystrybucję antropogenicznych ferromagnetyków. Badania podatności magnetycznej gleb pozwalają na sporządzenie map przestrzennego rozkładu tego parametru na podstawie pomiarów powierzchniowych oraz pomiarów w rdzeniach glebowych. Gatunkiem u którego z racji ułożenia gałęzi i gładkiej powierzchni kory występuje zjawisko spływu po pniu jest buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.).

Głównym celem pracy było szczegółowe zbadanie wierzchnich poziomów gleby w strefie podkoronowej buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) przy wykorzystaniu metod magnetometrycznych i podstawowych analiz chemicznych pod kątem rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pyłowych dostarczanych do gleb wraz z opadem podkoronowym oraz w rezultacie spływu po pniu.

Obszar badań i metody

Badania zostały przeprowadzone w kompleksie leśnym położonym w Górnośląskiej Konurbacji Przemysłowo-Miejskiej, Leśnictwie Chwałęcice, Nadleśnictwie Rybnik w pobliżu dzielnicy Popielów M. Rybnik. W najbliższym sąsiedztwie powierzchni badawczej znajdują się dwie duże elektrownie (Rybnik o mocy 1800 MW – w odległości 10 km w kierunku północnym i Dziećmorowice o mocy 800 MW – w odległości 16 km w kierunku południowym). Ponadto w promieniu 10 km od powierzchni badawczej znajdują się mniejsze elektrownie przykopalniane oraz elektrociepłownie opalane węglem kamiennym, którym towarzyszy trzynaście nadpoziomowych zwałowisk odpadów pogórniczych i częściowo popiołów elektrownianych (rys. 1). Oprócz elektrowni i elektrociepłowni stanowiących główne źródła cząstek magnetycznych istotne źródło cząstek magnetycznych odgrywa niska emisja z otaczających miast (Radlin, Rybnik, Wodzisław Śląski, Rydułtowy), za którą odpowiedzialne są paleniska domowe.

Drzewo (buk zwyczajny) zlokalizowane było w centralnej części kompleksu leśnego (50°2′32,69″N; 18°31′41,80″E) na siedlisku lasu świeżego wykształconego na glebie brunatnej kwaśnej (Opis Taksacyjny N-twa Rybnik). W strefie podokapowej nie występowały krzewy, a w runie dominowała turzyca drżączkowata (*Carex brizoides* L.). Wybierając drzewo uwzględniono jego położenie względem sąsiadujących drzew tak, aby w maksymalnym stopniu ograniczyć wpływ innych koron na dystrybucję zanieczyszczeń.



Rys. 1. Lokalizacja powierzchni badawczej i jej najbliższe otoczenie

Fig. 1. Location of the study site and vicinity in southern Poland

Strefa podkoronowa buka była wolna od koron drzew z drugiego piętra drzewostanu. Uwzględniając kryterium wiekowe, szukano egzemplarzy powyżej 80 lat, co związane jest z historycznymi wysokimi poziomami depozycji pyłowych na badanym terenie.

Pomiar wysokości drzewa i korony wykonano wysokościomierzem Suunto® (Finlandia), a wiek określono na podstawie liczby słojów w odwiercie pobranym świdrem przyrostowym Pressler'a. Szczegółową charakterystykę drzewa podano w tabeli 1. Strefę podokapową drzewa wytyczono w oparciu o pionowy rzut krawędzi korony na płaszczyznę podłoża. Następnie w granicach strefy podokapowej założono gęstą siatkę poboru rdzeni glebowych (1 m × 1 m). Powierzchnię rzutu korony, w której pobrano rdzenie, wyznaczono na podstawie wzoru Picka, w którym jako punkt przyjęto węzeł siatki (1 m × 1 m):

$$P = W + \frac{B}{2} - 1 \tag{1}$$

gdzie: P – pole powierzchni; B – liczba punktów brzegowych wielokąta; W – liczba punktów wewnętrznych wielokąta.

Rdzenie glebowe długości 30 cm i średnicy 35 mm pobrano do plastikowych tub wykorzystując sondę glebową HUMAX SH 300 (Baumann Saatzuchtbedarf). W laboratorium na każdym pobranym rdzeniu wykonano pomiary objętościowej podatności magnetycznej (κ) w rozdzielczości 1 cm na aparacie MS2C Bartington. Łącznie wykonano 3060 pomiarów objętościowej podatności magnetycznej (κ) na podstawie których przedstawiono przestrzenną dystrybucję cząstek magnetycznych z wykorzystaniem programu TerraSurveyor 3D (DW Consulting The Netherlands) (rys. 3 i 4).

Podstawową analizę statystyczną wykonano w programie Statistica 12 (StatSoft Inc.). Pionowy rozkład wartości objętościowej podatności magnetycznej przedstawiono

Tabela 1. Podstawowa charakterystyka drzewa

Table 1. Site and tree specification

Wysokość całkowita Total height	Długość korony Crown length	Wiek Age	Pierśnica d1,3 DBH	Powierzchnia rzutu korony Crown area	Liczba pobranych rdzeni glebowych Numer of sampled soil cores
(m)	(m)	(lata/ years)	(cm)	(m^2)	
29	19,5	92	53	103	102

na wykresie (rys. 2). Dodatkowo w laboratorium wytypowano 20 rdzeni i z warstw o najwyższej pomierzonej objętościowej podatności magnetycznej pobrano materiał glebowy (miąższość 3 cm) celem pomiaru masowej podatności magnetycznej. Próbki glebowe wycinano z rdzeni przy użyciu noża ceramicznego. Powietrznie suchy materiał przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm i nasypano do uprzednio zważonych pustych plastikowych pojemniczków o objętości 10 cm^3 i ponownie zważono.

Podatność magnetyczna masowa (χ), wyrażana jest stosunkiem objętościowej podatności magnetycznej κ do gęstości właściwej substancji (ρ) i wyrażana jest w $m^3 \cdot kg^{-1}$:

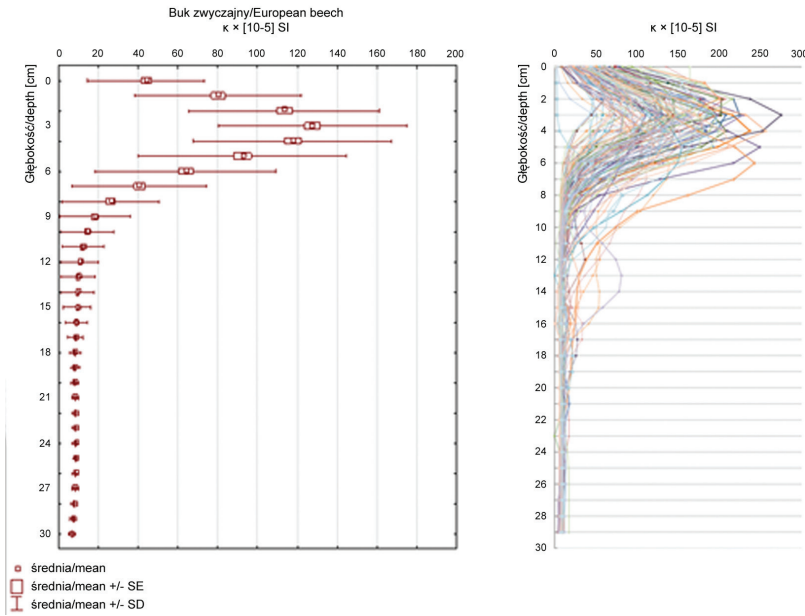
$$\chi = \frac{\kappa}{\rho} \tag{2}$$

gdzie: κ – objętościowa podatność magnetyczna mierzona w polu magnetycznym o niskim natężeniu (~1 mT); ρ – gęstość objętościowa badanej próbki ($kg \cdot m^{-3}$).

Pomiaru objętościowej podatności magnetycznej dokonano na aparacie MS2B Bartington (Bartington Instruments Ltd.). Uzyskane wartości masowej podatności magnetycznej pozwoliły na porównywanie próbek glebowych o różnych gęstościach oraz posłużyły do obliczenia zależności częstotliwościowej podatności magnetycznej χ_{fd} (Dearing i in. 1996). Z kolei zależność częstotliwościowa podatności magnetycznej umożliwiła określenie źródła pochodzenia cząstek magnetycznych.

Wyniki

Buk zwyczajny zlokalizowany był w centralnej części drzewostanu. W obrębie rzutu korony nie stwierdzono innych drzew, a najbliższe sąsiedztwo tworzyły inne buki w podobnym wieku. Maksymalne wartości podatności magnetycznej zmierzono w zakresie głębokości 2-4 cm, przy czym tzw. „pik antropogeniczny" mieścił się w zakresie głębokości od 0 do 9 cm, obejmując organiczne podpoziomy próchniczne Ofh i próchniczno-mineralne Ah (rys. 2). Poniżej głębokości 18 cm wartości średniej, jak i mediany podatności magnetycznej wynosiły 8×10^{-5} SI i ta wartość została przyjęta jako wartość tła podatności magnetycznej dla obszaru badań (rys. 2 i 3).



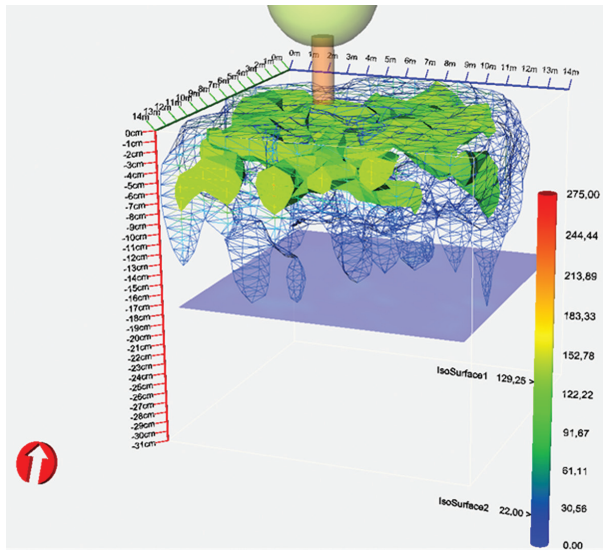
Rys. 2. Wykres pudełkowy rozkładu wartości objętościowej podatności magnetycznej κ i skumulowany wykres pojedynczych rdzeni glebowych; średnia, średnia +/- błąd standardowy, średnia +/- odchylenie standardowe

Fig. 2. Box plots and compilation of individual curves for vertical distribution of volume magnetic susceptibility κ value ($\times 10^{-5}$ SI units) in soil cores; mean, +/- standard error, +/- standard deviation

Najwyższą wartość podatności magnetycznej ($\kappa = 275\times10^{-5}$ SI) pomierzono na głębokości 3 cm w rdzeniu oddalonym od pnia o 2 m w kierunku północnym (rys. 4). Średnia wartość objętościowej podatności magnetycznej dla tej głębokości wyniosła 128×10^{-5} SI (rys. 2). Dodatkowa dyskryminacja sygnału magnetycznego do głębokości 7 cm pozwoliła na zobrazowanie efektu spływu po pniu charakterystycznego dla buka zwyczajnego oraz rozkładu grubych konarów (rys. 4).

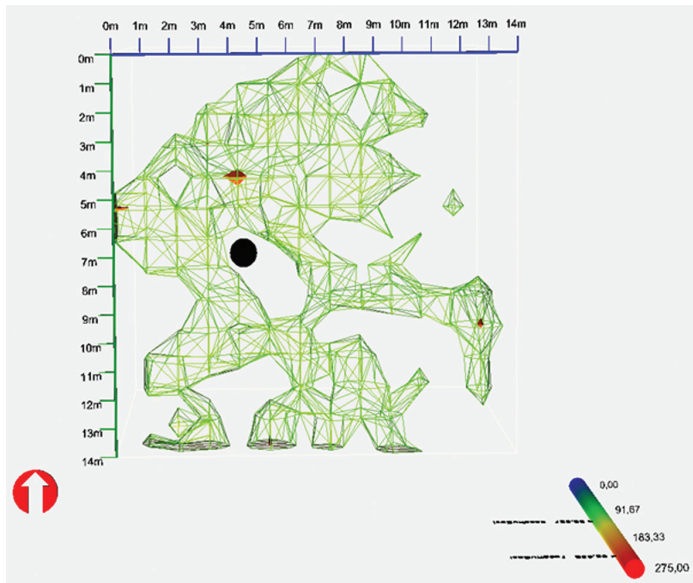
Masowa podatność magnetyczna (χ) analizowanych próbek glebowych mieściła się w szerokim zakresie 419-771 ($\times10^{-8}$ $m^3 \cdot kg^{-1}$). Z kolei zależność częstotliwościowa masowej podatności magnetycznej (χ_{fd}) mieściła się w wąskim zakresie od 1,04 do 1,98% (tab. 2).

Graficzną interpretację przestrzennego rozkładu wartości podatności magnetycznej przedstawiono na rysunku 3. Obszar izopowierzchni 2 (ang. *IsoSurface2*) wskazuje na głębokość penetracji antropogenicznych cząsteczek magnetycznych, przy czym został on wydzielony jako zbiór wartości κ powyżej 22×10^{-5} SI. Natomiast obszar izopowierzchni 1 (ang. *IsoSurface1*) odpowiada maksymalnym koncentracjom cząstek magnetycznych w poziomach organicznych i próchniczno-mineralnych występujących w zakresie głębokości 0-9 cm (rys. 2 i 3). Na głębokości 18 cm odcięto obszar (niebieska płaszczyzna) poniżej którego wartość podatności magnetycznej równa jest poziomowi tła (rys. 3).



Rys. 3. Przestrzenna dystrybucja objętościowej podatności magnetycznej (κ) w strefie podkoronowej buka; skala głębokości dla lepszego zobrazowania podana w (cm)

Fig. 3. Spatial distribution of volume magnetic susceptibility (κ) in under crown area of European beech; **n**ote different vertical scale (cm) for better visualization



Rys. 4. Dyskryminacja obszarów o podwyższonej podatności magnetycznej (κ); czarny okrąg – lokalizacja pnia

Fig. 4. Discrimination of the area with volume magnetic susceptibility (κ) enhancement; black dot – stem location

Tabela 2. Wartości objętościowej (κ) i masowej (χ) podatności magnetycznej oraz zależności częstotliwościowej podatności magnetycznej (χ_{fd})
Table 2. Values of volume (κ) and mass (χ) magnetic susceptibility, and frequency dependence of magnetic susceptibility (χ_{fd})

Nr No	Głębokość poboru próbki Sampling depth	κ	Masa próbki Sample weight	χ	χ_{fd}
	(cm)	(10^{-5}) SI	(g)	(10^{-8} $m^3 \cdot kg^{-1}$)	(%)
1	1-3	404	6,58	664	1,28
2	3-5	335	7,59	478	1,04
3	1-3	427	6,89	672	1,44
4	2-4	418	7,30	619	1,52
5	4-6	497	7,10	757	1,98
6	3-5	409	6,99	633	1,75
7	2-4	361	7,17	546	1,47
8	2-4	339	8,26	445	1,33
9	1-3	422	7,01	652	1,38
10	1-3	395	7,05	607	1,26
11	1-3	336	6,95	524	1,59
12	2-4	441	6,49	736	1,43
13	1-3	426	6,64	695	1,41
14	3-5	405	6,83	643	1,11
15	2-4	430	6,52	714	1,24
16	3-5	406	6,04	728	1,35
17	2-4	489	6,87	771	1,46
18	2-4	304	7,87	419	1,70
19	5-7	363	7,85	500	1,61
20	4-6	370	7,37	543	1,40

Podsumowanie i wnioski

Lokalizacja powierzchni badawczej w otoczeniu znaczących emitorów cząstek magnetycznych pozwoliła na przeprowadzenie szczegółowych badań związanych z przestrzenną dystrybucją zanieczyszczeń pyłowych zawierających cząsteczki magnetyczne. Podwyższone wartości objętościowej i masowej podatności magnetycznej w wierzchnich poziomach gleby w strefie podkoronowej buka wskazują na wysoki poziom depozycji zanieczyszczeń pyłowych na tym terenie. Średnia wartość objętościowej podatności magnetycznej dla poziomów próchnicznych ($\kappa = 128 \times 10^{-5}$ SI) była o 1600% wyższa w porównaniu do wartości tła dla tego obszaru ($\kappa = 8 \times 10^{-5}$ SI). Na antropogeniczne źródła

cząstek magnetycznych w glebie wskazuje niska procentowa zależność częstotliwościowa χ_{fd}. Dla wszystkich próbek wartość χ_{fd} nie przekroczyła 2%. Przyjmuje się że w próbkach gdzie wartość χ_{fd} nie przekracza 5% dominują antropogeniczne cząstki magnetyczne (Dearing i in. 1996). Wysokie poziomy depozycji pyłowych w przeszłości i ich negatywny wpływ na przyrost drzew zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie rejonu badań potwierdzili również (Barniak, Jureczko 2019).

Rola wierzchnich poziomów próchnicznych organicznych i próchniczno-mineralnych w zatrzymywaniu pyłowych zanieczyszczeń atmosferycznych została potwierdzona wykresami pionowego rozkładu podatności magnetycznej (rys. 2). Podobne rezultaty uzyskali inni autorzy w badaniach gleb leśnych na terenie kraju (Magiera i in. 2007; Zawadzki i in. 2010; Łukasik i in. 2016), jak i zagranicą (Kapička i in. 2001; Blaha i in. 2008; Matysek i in. 2008).

Założona gęsta siatka poboru rdzeni glebowych (1 m × 1 m) pozwoliła na zobrazowanie występowania cząstek magnetycznych, zarówno w układzie horyzontalnym, jak i wertykalnym. Horyzontalna interpretacja wyników wskazuje na efekt spływu po pniu charakterystyczny dla buka oraz na koncentracje depozycji pyłowych związane z układem konarów pnia drzewa. Występowanie tego zjawiska w oparciu o pomiary podatności magnetycznej gleb potwierdzono w innych badaniach (Klučiarová i in. 2008; Łukasik i in. 2017). Porównując wertykalny rozkład podatności magnetycznej buka z Popielowa z wynikami badań pod bukami zlokalizowanymi w okolicach Katowic i Zabrza (Łukasik i in. 2017), maksimum wartości κ dla buka w Popielowie jest zlokalizowane płycej (głębokość 3-4 cm), podczas gdy w okolicach Katowic jest to 4 cm a w okolicach Zabrza 4-5 cm. Również średnia wartość „piku" κ na powierzchni w Popielowie ($\kappa = 128\times10^{-5}$ SI) jest blisko dwukrotnie niższa niż w okolicach Zabrza ($\kappa = 221\times10^{-5}$ SI) i Katowic ($\kappa = 192\times10^{-5}$ SI) (Łukasik i in. 2017). Mimo że wiek drzewa w Popielowie (92 lata) jest wyższy niż wiek buków w Katowicach i Zabrzu (64 i 65 lat), co przekłada się na czas ekspozycji na zanieczyszczenia, istotną rolę odegrała wielkość poziomu depozycji pyłowych, która w centralnej części Aglomeracji Górnośląskiej była wyższa niż w jej południowej części. Wertykalny rozkład podatności magnetycznej pozwala na wskazanie głębokości poziomów próchniczno-mineralnych oraz oszacowanie wartości tła dla podatności magnetycznej w danym miejscu. Wykorzystanie programów do generowania trójwymiarowego modelu rozkładu podatności magnetycznej w glebach otwiera nowe możliwości dla tej metody i pozwala rozwijać badania w kierunku procesów migracji cząstek antropogenicznych w glebie.

Podziękowania

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego pt. „Przestrzenna dystrybucja zanieczyszczeń pyłowych w glebach stref podkoronowych wybranych gatunków iglastych i liściastych – badania w oparciu o zintegrowane metody magnetyczne i geochemiczne" finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (2016/23/D/NZ9/00550).

L i t e r a t u r a

Anderson T., 1991, Influence of stemflow and throughfall from common oak (Quercus robur) on soil chemistry and vegetation patterns, Canadian Journal of Forest Research, 21 (6), 917-924, DOI: 10.1139/x91-127

Barniak J., Jureczko A., 2019, Impact of air pollution on forest stands in the vicinity of Wodzisław Śląski and Rybnik, Poland, Geology, Geophysics and Environment, 45 (4), 283-290, DOI: 10.7494/geol.2019.45.4.283

Blaha U., Appel E., Stanjek H., 2008, Determination of anthropogenic boundary depth in industrially polluted soil and semi-quantification of heavy metal loads using magnetic susceptibility, Environ-mental Pollution, 156 (2), 278-289, DIO: 10.1016/j.envpol.2008.02.013

Boettcher S.E., Kalisz P.J., 1990, Single-tree influence on soil properties in the mountains of Eastern Ken-tucky, Ecology, 71 (4), 1365-1372, DOI: 10.2307/1938273

Chaddha G., Seehra M.S., 1983, Magnetic components and particle size of coal flyash, Journal of Physics D: Applied Physics, 16 (9), 1767-1776

Dearing J.A., Dann R.J.L., Hay K., Lees J.A., Loveland P.J., Maher B.A., O'Grady K., 1996, Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials, Geophysical Journal International, 124 (1), 228-240, DOI: 10.1111/j.1365-246X.1996.tb06366.x

Falkengren-Grerup U., 1989, Effect of stemflow on beech forest soils and vegetation in Southern Sweden, Journal of Applied Ecology, 26 (1), 341-352, DOI: 10.2307/2403671

Fürst C., Lorz C., Makeshin F., 2009, Testing a soil magnetometry technique in a highly polluted indus-trial region in North-Eastern Germany, Water, Air and Soil Pollution, 202, 33-43, DOI: 10.1007/s11270-008-9956-9

Hanesch M., Scholger R., 2002, Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic suscep-tibility measurements, Environmental Geology, 42, 857-870, DOI: 10.1007/s00254-002-0604-1

Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kopcewicz B., Sukhorada A., Tyamina K., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Z., 2004, Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine, Geophysical Journal International, 159 (1), 104-116, DOI: 10.1111/j.1365-246X.2004.02370.x

Kapička A., Petrovský E., Jordanova N., Podrázský V., 2001, Magnetic parameters of forest top soils in Karkonoše Mountains, Czech Republic, Physics and Chemistry of the Earth, 26, 917-922

Klučiarová D., Márton S., Pichler V., Márton E., Túnyi I., 2008, Pollution detection by Magnetic suscepti-bility measurements aided by the stemflow effect, Water, Air and Soil Pollution, 189, 213-223, DOI: 10.1007/s11270-007-9569-8

Koch A.S., Matzner E., 1993, Heterogeneity of soil and soil solution chemistry under Norway spruce (Picea abies Karst.) and European beech (Fagus silvatica L.) as influenced by distance from the stem ba-sis, Plant and Soil, 151, 227-237, DOI: 10.1007/BF00016288

Łukasik A., Gruba P., Magiera T., 2017, Application of magnetometry to assess distribution of dust pollution in topsoils of under-crown area of Norway spruce (Picea abies Karst.) and European beech (Fagus sylvatica L.), Catena, 150, 246-255, DOI: 10.1016/j.catena.2016.11.024

Łukasik A., Magiera T., Lasota J., Błońska E., 2016, Background value of magnetic susceptibility in forest topsoil: Assessment on the basis of studies conducted in forest preserves of Poland, Geoderma, 264, 140-149, DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.10.009

Magiera T., Strzyszcz Z., Jabłońska M., Bzowska G., 2010, Characterization of magnetic particulates in urban and industrial dusts, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 136, 171-184, DOI: 10.2495/AIR100161

Magiera T., Strzyszcz Z., Rachwal M., 2007, Mapping particulate pollution loads using soil magnetome-try in urban forests in the Upper Silesia Industrial Region, Poland, Forest Ecology and Management, 248 (1-2), 36-42, DOI: 10.1016/j.foreco.2007.02.034

Matysek D., Raclavska H., Raclavsky K., 2008, Correlation between magnetic susceptibility and heavy metal concentrations in forest soils of the Eastern Czech Republic, Journal of Environmental and En-gineering Geophysics, 13 (1), 13-26, DOI: 10.2113/JEEG13.1.13

Thompson R., Oldfield F., 1986, Environmental magnetism, Allen and Unwin, London

Zawadzki J., Fabijańczyk P., Magiera T., Strzyszcz Z., 2010, Study of litter influence on magnetic suscep-tibility measurements of urban forest topsoil using the MS2D sensor, Environmental Earth Sciences, 61, 223-230

S t r e s z c z e n i e

Podatność magnetyczna gleb jest parametrem geofizycznym wykorzystywanym, między innymi, w badaniach środowiskowych, w kontekście zanieczyszczeń atmosferycznych deponowanych na powierzchnię gleby. Właściwości magnetyczne cząstek powstających w procesach technologicznych (spalanie paliw kopalnych, hutnictwo, przemysł cementowy) pozwalają na ich łatwą detekcję w terenie. W warunkach lądowych, gleba jest finalnym odbiorcą zanieczyszczeń pochodzenia atmosferycznego. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów podatności magnetycznej gleby leśnej przeprowadzone w rdzeniach pobranych w gęstej siatce pomiarowej (1 m × 1 m) pod okapem buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.). Łącznie pobrano 102 rdzenie, na których w rozdzielczości co 1 cm wykonano 3060 pojedynczych pomiarów objętościowej podatności magnetycznej. Przestrzenny rozkład wartości podatności magnetycznej przedstawiono wykorzystując program do wizualizacji przestrzennej TerraSurveyor 3D. Wyniki potwierdzają kluczową rolę poziomów organicznych w procesie zatrzymywania cząstek magnetycznych. Przestrzenne zobrazowanie wyników wskazuje na wertykalną i horyzontalną zmienność koncentracji cząstek magnetycznych pod koroną pojedynczego drzewa.

Słowa kluczowe: magnetyzm środowiskowy, gleby leśne, 3D.

S u m m a r y

Magnetic susceptibility is a geophysical parameter effectively applied in environmental research concerning air derived pollutants and its deposition into topsoil. Magnetic properties of particles formed

in technological processes (solid fuel combustion, metallurgical processes, cement industry) simplify their detection in field. Soil is a final receiver of the air borne pollutants in terrestrial ecosystems. The paper present results of magnetic susceptibility measurements conducted on soil cores sampled in dense grid (1 m × 1 m) under European beech (*Fagus sylvatica L.*) crown. On the total amount of 102 soil cores, volume magnetic susceptibility (κ) was measured in 1 cm interval giving 3060 single values. On the basis of such data set, spatial distribution of topsoil magnetic susceptibility was performed with application TerraSurveyor3D software. Results confirmed critical role of topsoil organic horizons in capture and storage of anthropogenic magnetic particles and indicate vertical and horizontal variability under individual tree.

Key words: environmental Magnetism, forest soil, 3D.