

Małgorzata WIDŁAK¹, Magdalena DAŃCZUK¹ i Wojciech NOWAK¹

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH ZANIECZYSZCZEŃ NA TERENACH ZIELONYCH POLITECHNIKI ŚWIĘTOKRZYSKIEJ

THE CONTENT OF SELECTED POLLUTANTS IN THE GREEN AREAS OF THE KIELCE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Abstrakt: Zawartość metali ciężkich w glebach jest poważnym problemem, szczególnie w przypadku gleb użytkowanych rolniczo. Metale do organizmu człowieka przedostają się nie tylko z produktami roślinnymi i zwierzęcymi, ale również przez skórę i wdychanie. Mogą wywoływać zatrucia lub przewlekłe stany chorobowe organizmu. Celem pracy była ocena zanieczyszczenia terenów zielonych Politechniki Świętokrzyskiej metalami Cd, Cu, Pb, Ni, Zn ze względu na lokalizację uczelni i jej kampusu.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, gleby miejskie, toksyczne oddziaływanie metali, pH, materia organiczna

Wprowadzenie

Wraz z rozwojem cywilizacyjnym wzrasta zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Na stan środowiska mają wpływ procesy zachodzące w atmosferze, hydrosferze i litosferze, które charakteryzują się wzajemnymi powiązaniem. Rozwój przemysłu i komunikacji przyczynił się bardzo niekorzystnie do stanu czystości wód, powietrza, gleb. Powietrze atmosferyczne jest środowiskiem bardzo zmiennym, ulegającym nieustannemu przemieszczaniu się. Stopień jego zanieczyszczenia nie zależy wyłącznie od emisji szkodliwych substancji na danym terytorium, ale jest uwarunkowany również emisją na obszarach sąsiadujących. Poważnym problemem jest także ogromne zanieczyszczenie rzek, którego źródłem są głównie zakłady przemysłowe [1]. W zależności od oddziaływania czynników degradujących gleby ulegają niszczeniu w różnym stopniu. Do takich czynników zalicza się: uprawy rolne prowadzące do wyjałowienia gleby, powodujące nadmierne nawożenie azotanami, zakwaszanie przez kwaśne deszcze, ścieki przemysłowe; odpady oraz metale ciężkie.

Zawartość metali ciężkich jest jednym z podstawowych parametrów określających stan zanieczyszczenia i stopień degradacji gleb.

Metale ciężkie występują w każdej glebie. Ich naturalny poziom nie stanowi zagrożenia, jednak w przypadku przekroczenia dopuszczalnych norm są one bardzo szkodliwe [2].

Gromadzenie się metali w glebie jest bardzo niebezpieczne, gdyż stanowi ogniwo w łańcuchu troficznym: gleba - roślina - zwierzę - człowiek. Właściwości fizykochemiczne gleb wpływają na pobieranie przez rośliny pierwiastków i włączanie ich do łańcucha pokarmowego. Zaliczane do nich odczyn gleb, substancja organiczna i sorpcyjność gleby,

¹ Katedra Technologii Wody i Ścieków, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, al. Tysiąclecia PP 7, 25-314 Kielce, tel. 41 342 48 07, email: mwidlak@tu.kielce.pl, magdar@tu.kielce.pl, primo17@interia.pl

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 16, Zakopane, 5-8.10.2016

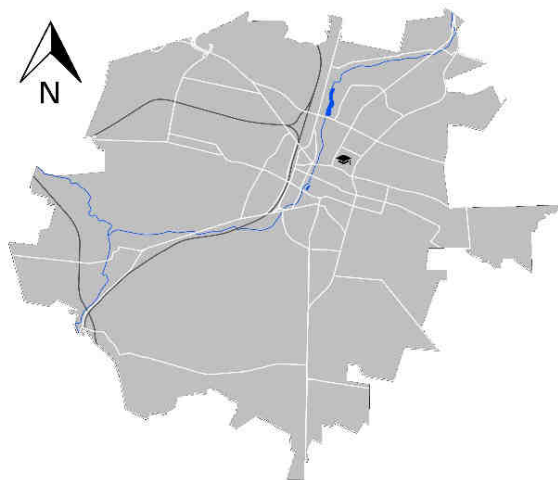
mają największe znaczenie dla akumulacji metali ciężkich. W środowisku kwaśnym rośliny mogą pobierać duże ilości tych pierwiastków, zwłaszcza Cd, Zn i Ni, nawet z gleb mało zanieczyszczonych [3].

Kadm jest pierwiastkiem zbędnym, szkodliwym metalem ciężkim, ale łatwo przyswajalnym. Przedostaje się do organizmu głównie drogą pokarmową, w mniejszym stopniu drogą oddechową. *Nikiel* jest mikroelementem, który jest niezbędny w prawidłowym rozwoju człowieka. Zbyt mała ilość niklu w organizmie prowadzi do zahamowania wzrostu. Nadmiar niklu zbiera się w węzłach chłonnych. *Cynk* również jest mikroelementem koniecznym do życia. Niedobór cynku prowadzi do karłowatości, braku apetytu, zaburzenia hormonalnego. *Miedź* i *olów* przedostają się drogą pokarmową do ludzkiego organizmu, a także przez skórę i drogą oddechową. *Ołów* do organizmu przedostaje się niemal w całości do krwi, łącząc się z czerwonymi krwinkami, z obiegiem krwi przedostaje się do wszystkich narządów i tkanek. *Miedź* jako mikroelement jest niezbędna do funkcjonowania organizmów, jeśli ilość miedzi jest zbyt mała, nie jest możliwy pobór żelaza, który uczestniczy w syntezie hemoglobiny.

Szkodliwość metali objawia się uszkodzeniem układu nerwowego człowieka, prowadząc do zaburzeń równowagi, oddychania, problemów gastrycznych, zawrotami głowy, czyli ogólnego zatrucia organizmu. Metale ciężkie potrafią się również kumulować w organizmie, prowadząc do powstawania nowotworów oraz uszkodzeń organów wewnętrznych, jak również przedostać się z pokarmem matki do płodu, uszkadzając go lub upośledzając [3-5].

Materiały i metodyka badań

Badania przeprowadzono w Kielcach na terenach zielonych Politechniki Świętokrzyskiej (PŚk). Politechnika kształci ok. 10 tys. studentów. Znajduje się ona na obszarze 22-hektarowego kampusu (ok. 1 km na północ od centrum miasta).



Rys.1. Politechnika Świętokrzyska na mapie Kielce [6]

Fig. 1. Kielce University of Technology on the Kielce map [6]

Do badań wybrano 8 punktów. Położenie punktów pobierania próbek gleb przedstawia rysunek 1 - 4 punkty (nr 1, 2, 3, 4) zlokalizowano od strony zachodniej, 3 punkty (nr 5, 6, 7) od południowej, 1 punkt (nr 8) od strony wschodniej. W tabelach 1 i 2 zamieszczono charakterystykę punktów pobrań. Punkty 1, 2 i 3 (strefa 1) są na terenach dekoracyjnych, użytkowanych rekreacyjnie przez mieszkańców sąsiadujących budynków. Gleby z punktów 4, 6 i 7 (strefa 2) pochodzą z terenów rekreacyjnych z boiskiem sportowym i altanką śmietnikową. Punkty 5 i 8 (strefa 3) zlokalizowane są w sąsiedztwie parkingu samochodowego dla pracowników, skrzyżowania jezdni o dużym natężeniu ruchu i parkingu w galerii handlowej.

Tabela 1

Lokalizacja i numer miejsca z uwzględnieniem formy użytkowania terenu i ilości pobranych próbek gleby

Table 1

The location and number of places, including the forms of land use and the amount of soil samples

Punkt poboru próbki	1	2	3	4	6	7	5	8
Lokalizacja w odniesieniu do kampusu PŚk	W(Zach.)			S(Pd.)			E(Wsch.)	
Forma użytkowania terenu	rekreacyjna i dekoracyjna (strefa 1)			rekreacyjna i sportowa (strefa 2)			parkingi samochodowe (strefa 3)	
Ilość pobranych próbek w cyklu	z każdego punktu pobierano 80 próbek							

W - zachód (West); S - południe (South); E - wschód (East)

Tabela 2

Lokalizacja miejsc poboru próbek gleby z uwzględnieniem formy użytkowania terenu i średnimi wartościami badanych parametrów: pH; węgla organicznego i liczby jodowej (*LJ*)

Table 2

Location of sampling soil with regard to forms of land use and the mean values of the examined parameters: pH; organic carbon and an iodine number (*IV*)

Punkt poboru próbki	1	2	3	4	6	7	5	8
Forma użytkowania terenu	rekreacyjna i dekoracyjna (strefa 1)			rekreacyjna i sportowa (strefa 2)			parkingi samochodowe (strefa 3)	
Średnia wartość pH	8,49			8,30			7,61	
Średnia wartość C_{org} [%]	1,99			1,54			1,18	
Średnia wartość <i>LJ</i> [mg/g]	90,5			61,8			47,9	

Analizie poddawano próby glebowe mieszane. Z każdego punktu pobrano glebę z warstwy do 30 cm, w okresie od marca do maja 2016 r., przy zmiennych warunkach pogodowych. Z właściwości chemicznych oznaczano odczyn pH w 1M KCl - potencjometrycznie [7]. Zawartość form całkowitych metali: Cd, Cu, Pb, Ni i Zn oznaczono spektrofotometrycznie z wykorzystaniem aparatu Spectroquant Nova 60 MERCK, po mineralizacji próbek wodą królewską zgodnie z normą [8]. Substancję organiczną oznaczono metodą Tiurina, zdolności sorpcyjne - przez wyznaczenie liczby jodowej (*LJ*) [9].

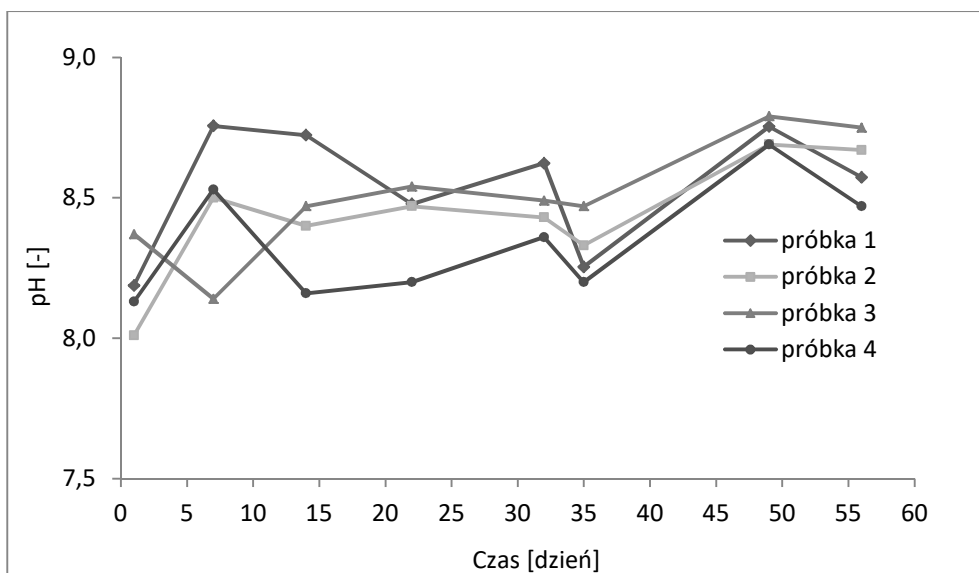
Wyniki badań i ich dyskusja

Od 9 marca do 3 maja 2016 r., tzn. w ciągu 55 dni, pobierano próbki gleby do badań 8-krotnie, przy zróżnicowanej pogodzie (09.03; 15.03; 22.03; 30.03; 09.04; 12.04; 26.04; 03.05.16). Odczyn gleby w całym obszarze badawczym, w okresie wiosennym, mieścił się w przedziale od 6,87 do 8,79. Najwyższa wartość pH występowała w miejscu poboru próbki numer 3, a najniższa w punkcie numer 8. Gleba z punktów 1-7 wykazywała odczyn w zakresie obojętnego i lekko zasadowego (rys. 2 i 3), próbkę z punktu numer 8 charakteryzował odczyn lekko kwaśny (rys. 3).

Tabela 3
Parametry statystyczne dla ogólnej zawartości wybranych metali w badanych glebach, marzec-maj 2016

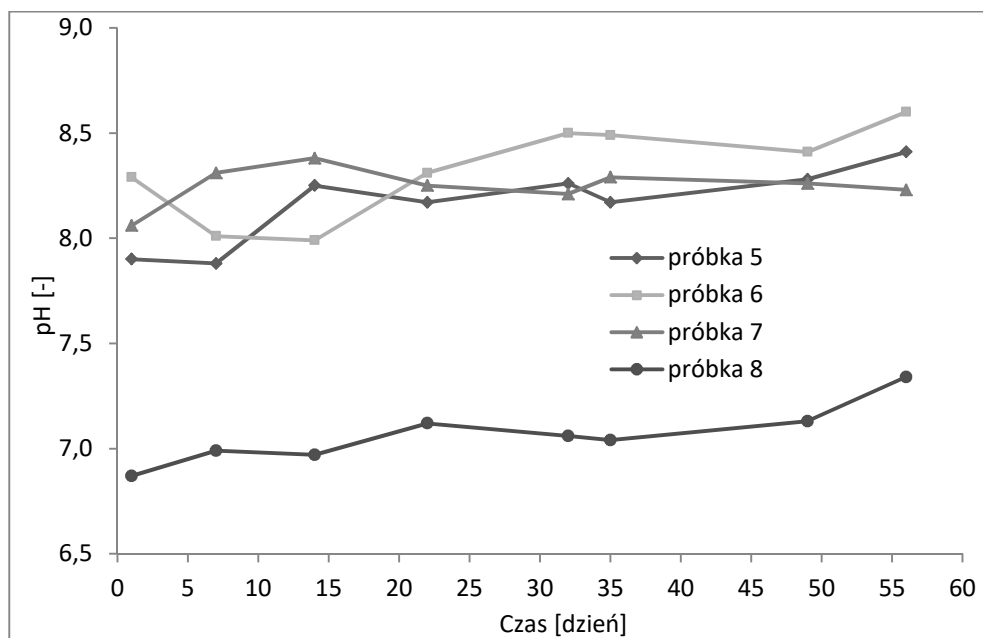
Table 3
Statistical parameters for the overall content of selected metals in soils, March-May 2016

Parametry	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni
	[mg/kg s.m.]				
Minimum	3,9	17	32	5,0	7,0
Maksimum	3,9	85	137	26,0	44,0
Średnia	2,5	38	75	15,3	22,2
Mediana	5,1	36	71	16,0	22,0
Odczylenie standardowe	0,5	13	22	4,6	7,1
Dopuszczalne zawartości wybranych metali w glebie [10]	4,0	150	100	300	100,0



Rys. 2. Wartość pH badanej gleby dla próbek 1-4 (marzec-maj 2016)

Fig. 2. The pH of the soil during the test sample collection 1-4 (March-May 2016)



Rys. 3. Wartość pH badanej gleby dla próbek 5-8

Fig. 3. The pH of the soil during the test sample collection 5-8

Odczyn badanych gleb związany jest ze zmiennymi warunkami atmosferycznymi i lokalizacją ich pobierania. Średnie wartości pH dla badanej gleby zależne od sposobu użytkowania przedstawiono w tabeli 2.

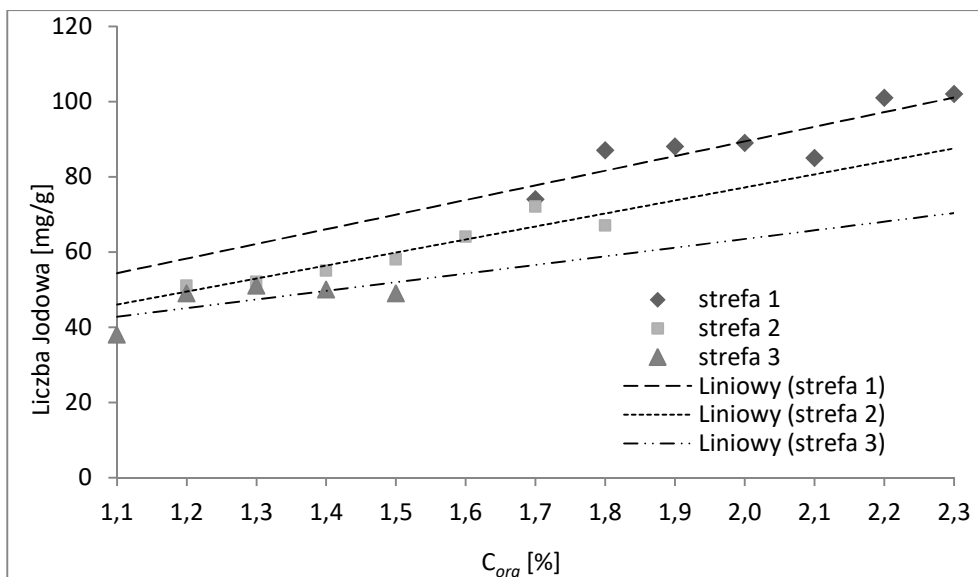
Dla otrzymanych wyników obliczono miary położenia (średnią arytmetyczną, medianę), miary zmienności (odchylenie standardowe, współczynnik Pearsona). Wyznaczono krzywą trendu dla wybranych zależności.

W badanych glebach występuje duże zróżnicowanie wartości liczby jodowej i węgla organicznego (C_{org}). Wysoką sorpcyjność odnotowano w próbkach gleby numer 2 (strefa 1) (108 mg/g), bardzo niską w próbkach gleby numer 5 (strefa 3) (32 mg/g).

Zawartość węgla organicznego w badanych próbkach mieści się w przedziale od 1,11 do 2,36%. Najwyższa procentowa zawartość C_{org} występuje w punkcie poboru 2, najniższa w punkcie poboru 8. Zróżnicowanie wartości liczby jodowej, czyli sorpcyjności badanej gleby, spowodowane jest sposobem użytkowania badanego terenu i zawartością węgla organicznego (rys. 4). Średnie wartości dla liczby jodowej i węgla organicznego zostały przedstawione w tabeli 2.

Przy zawartości C_{org} 1,1-1,5% wartości liczby jodowej są w średnim zakresie 47,9 mg/g dla punktów 5 i 8; zasobność badanych gleb w węgiel organiczny do zawartości 2,3% powoduje wzrost liczby jodowej średnio do 90,5 mg/g (tab. 2 i rys. 4). Wraz ze wzrostem zawartości węgla organicznego rośnie sorpcyjność użytkowanych gruntów [10].

Zawartość metali - miedzi i niklu - w glebie na terenach kampusu nie przekracza 50% wartości dopuszczalnych, a stężenie cynku mieści się w zakresie 10% w stosunku do standardów dopuszczalnych zawartości metali w glebie [11] (tab. 3).



Rys. 4. Zależność węgla organicznego (C_{org}) od liczby jodowej (LJ) w całym obszarze badawczym

Fig. 4. The dependence organic carbon (C_{org}) and iodine (IJ) in the whole area of research

Tabela 4

Średnie wartości stężenia ołowiu i kadmu w punktach pobierania gleby

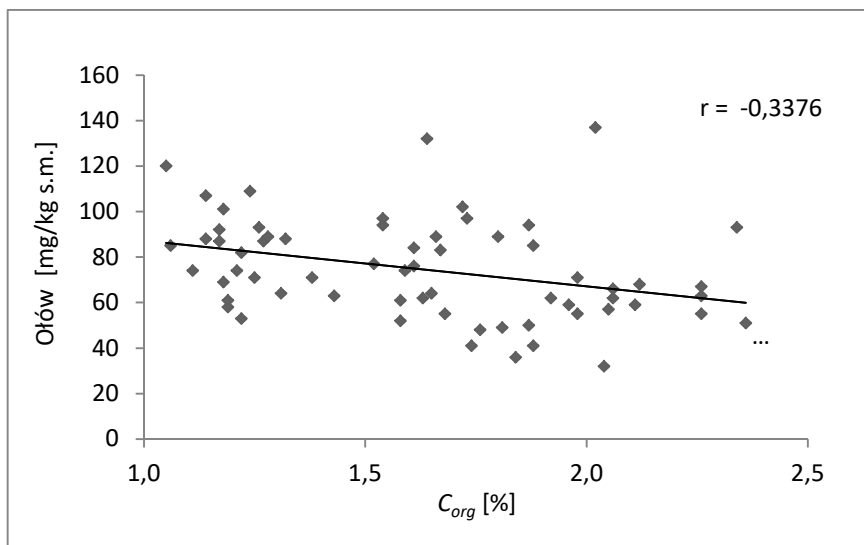
Table 4

Average concentrations of lead and cadmium in collection of soil

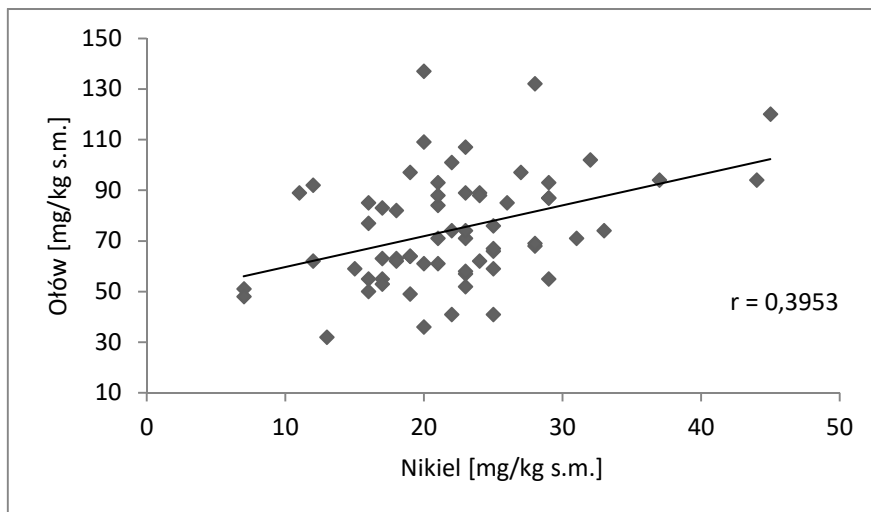
Nr punktu poboru gleby	Dopuszczalne zawartości metali w glebie [10]	Średnia zawartość [mg/kg]							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Ołów	100,0	70,6	64,8	62,8	80,4	79,8	96,5	74,5	67,5
Kadm	4,0	3,6	4,5	4,9	4,9	4,3	3,4	4,3	3,0

Ołów w badanej glebie zawiera się w przedziale od 32 do 137 mg/kg. Niskie stężenia Pb stwierdzono w glebie o dużej zawartości próchnicy - punkt 1, 2, 3; wysokie ok. 80%, ale nieprzekraczające standardów (wartości średnie) występuje w punktach 4, 5 i 6 (tab. 4). Obszary te położone są blisko ruchliwych ulic i parkingu samochodowego (tab. 1).

Wraz ze wzrostem procentowym zawartości węgla organicznego obserwuje się spadek stężenia ołowiu, korelacja przeciętna $r = -0,3376$ (rys. 5). Zależność stężenia niklu i ołowiu również charakteryzuje przeciętny współczynnik korelacji liniowej Pearsona $r = 0,3953$ (rys. 6).



Rys. 5. Korelacja zawartości ołowiu i procentowej zawartości węgla organicznego (C_{org}) w badanej glebie
Fig. 5. The correlation of the content of lead and % organic carbon (C_{org}) in the test soil



Rys. 6. Korelacja zawartości niklu i ołowiu w badanej glebie
Fig. 6. Correlation of nickel and lead in the test soil

Podsumowanie i wnioski

- Lokalizacja miejsc poboru próbek to tereny zielone użytkowane rekreacyjnie, dekoracyjnie i sportowo, położone wokół i na terenach Politechniki Świętokrzyskiej.
- Wykonany zakres badań uwzględniający pH, liczbę jodową, węgiel organiczny i zawartość metali wskazuje na zróżnicowane i znaczące zanieczyszczenie oraz różny stopień degradacji gleby.
- Zawartość węgla organicznego i liczby jodowej wykorzystywane do oceny zdolności sorpcyjnych znajduje odzwierciedlenie w zmianach zanieczyszczeń metalami.
- Stężenie ołowiu zostało przekroczone w stosunku do standardów w miejscach pobierania próbek o dużym oddziaływaniu ruchu samochodowego - punkt nr 6 (strefa 2) zlokalizowany na terenach PŚk przy al. Tysiąclecia PP 7 i boiska do piłki siatkowej.
- Badanie zawartości kadmu wykonano 3-krotnie w okresie badawczym. Uzyskane wyniki zawartości kadmu były na granicy dopuszczalności lub minimalnie przekroczone średnio do ok. 10% w punktach pobierania próbek zlokalizowanych w miejscach o zwiększonym ruchu samochodowym.
- Ze względu na sposób użytkowania badanych gruntów nie występuje bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia mieszkańców użytkowanych terenów. Gleby poddane badaniom nie są użytkowane rolniczo.

Literatura

- [1] Perczak A, Waśkiewicz A, Goliński P. Metal pollution of surface water from Wielkopolska region. *Ecol Chem Eng A*. 2015;22(3):285-296. DOI: 10.2428/ecea.2015.22(3)23.
- [2] Adriano DC. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. New York: Springer; 2001, 2nd ed.:866. www.springer.com/in/book/9780387986784.
- [3] Dziadek K, Waclawek W. Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn,Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. *Chem Dydakt Ekol Metrol*. 2005;1-2:33-44. http://tchie.uni.opole.pl/CDEMfree/Dziadek_metale.pdf.
- [4] Chrzan A, Formicki G. Zawartość metali ciężkich w glebach w różnych porach roku. *Proc ECOpole*. 2012;6(2):701-706. DOI: 10.2429/proc.2012.6(2)095.
- [5] Jaradat QM, Massadeh AM, Momani KA, Al Saleem MA. The spatial distribution of Pb, Cd, Zn, and Cu in agricultural roadside soils. *Soil Sediment Contam*. 2009;19(1):58-71. DOI: 10.1080/15320380903390554.
- [6] Politechnika Świętokrzyska na mapie Kielc. https://pl.wikipedia.org/wiki/Politechnika_Swiętokrzyska.
- [7] PN-ISO 10390:1997 - Jakość gleby. Oznaczenie pH. <http://sklep.pkn.pl/pn-iso-10390-1997p.html>.
- [8] PN-EN 13346:2002 - Characteristics of sewage sludge - Determination of trace elements and phosphorus - Methods of extraction with aqua regia. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-13346-2002p.html>.
- [9] PN-83C-97555.04:1983 - Węgłe aktywne. Metodyka badań. Oznaczanie liczby adsorpcji jodu. <http://sklep.pkn.pl/pn-c-97555-04-1983p.html>.
- [10] Dube A, Zbytniewski R, Kowalkowski T, Cukrowska E, Buszewski B. Adsorption and migration of heavy metals in soil. *Polish J Environ Stud*. 2001;10(1):1-10. www.pjoes.com/abstracts/2001/Vol10/No01/01.html.
- [11] Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U.02.165.1359. <http://www.abc.com.pl/du-akt/-/akt/dz-u-02-165-1359>.

THE CONTENT OF SELECTED POLLUTANTS IN THE GREEN AREAS OF THE KIELCE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Department of Environmental Chemistry, Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering, Kielce University of Technology, Kielce

Abstract: The content of heavy metals in soils is a serious problem, especially in the case of agricultural soils. Metals are entering human body not only with animal and plant products but also through the skin and by inhalation. They can cause poisoning or chronic disease of the body. The aim of the study was to assess the contamination of green areas of the Kielce University of Technology by following metals Cd, Cu, Pb, Ni, Zn, due to the location of the university and its campus.

Keywords: heavy metals, urban soils, toxic effects of metals, pH, organic matter