

Piotr Druszcz , Oskar Pater** , Miłosz Stadnik** , Natalia Piwecka** ,
Damian Cierpiński** , Arkadiusz Kolek** , Aleksandra Malinowska** ,
Aleksandra Rybicka** , Tobiasz Bartyzel** , Jakub Kosteki ***

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH W POWIERZCHNIOWYCH WARSTWACH GLEB TERENÓW ZIELENI UNIWERSYTECKIEJ

Streszczenie

Świadomie kształtowane tereny zieleni powinny być nie tylko atrakcyjne wizualnie, lecz również bezpieczne dla użytkowników. W pracy przedstawiono analizę stanu zieleńców uniwersyteckich zlokalizowanych na kampusie A Uniwersytetu Zielonogórskiego. Badania obejmowały właściwości fizyczno-chemiczne gleb, w tym analizę zawartości form ogólnych i biodostępnych wybranych metali ciężkich.

Stwierdzono, że gleba na terenach zieleni wykazuje znaczne przekształcenia antropogeniczne, jednak zawartość metali ciężkich nie przekracza obowiązujących limitów.

Słowa kluczowe: trawnik, zieleń miejska, zieleń niska, metale ciężkie

WSTĘP

W Polsce powstaje coraz więcej terenów zieleni, związanych z rozwojem miast i rozrastającą się zabudową [Szymańska i in. 2015]. Obszary te w większości nie są zalesione a stanowią zieleń urządzoną w mniejszym lub większym stopniu. Na terenach zajętych pod budownictwo (zarówno mieszkaniowe jak i usługowe)

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

** Student Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

gowe – usługi edukacyjne) gleby wykazują szereg przekształceń, głównie w postaci przemieszania profilu i dodatków antropogenicznych w postaci gruzu budowlanego, który oddziałuje na właściwości fizyczne i chemiczne gleb (Greinert 2015, 2017).

Zanieczyszczenie środowiska jest szczególnie widoczne na obszarach uprzemysłowionych. Zjawisko to ma również miejsce na terenach zurbanizowanych, na których często obecne są zanieczyszczenia historyczne. Jest to szczególnie istotne w świetle rozwoju miast (kontrolowanego i niekontrolowanego) oraz procesów rewitalizacji i rekultywacji obszarów poprzemysłowych wchodzących w skład tkanki miejskiej.

Tereny, które w przeszłości wykorzystywane były w celach przemysłowych dziś znajdują się w centrach miast, często stanowiąc obszary zabudowane budynkami mieszkalnymi lub użyteczności publicznej. Zmiana formy użytkowania terenu nieodłącznie wiąże się ze zmianami właściwości fizyczno-chemicznych gleb, które w trakcie użytkowania mogły zostać przekształcone i zanieczyszczone.

W pracy przedstawiono wyniki analizy zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb z terenów zieleni miejskiej zlokalizowanych na terenach przyuczelnianych (campus A Uniwersytetu Zielonogórskiego).

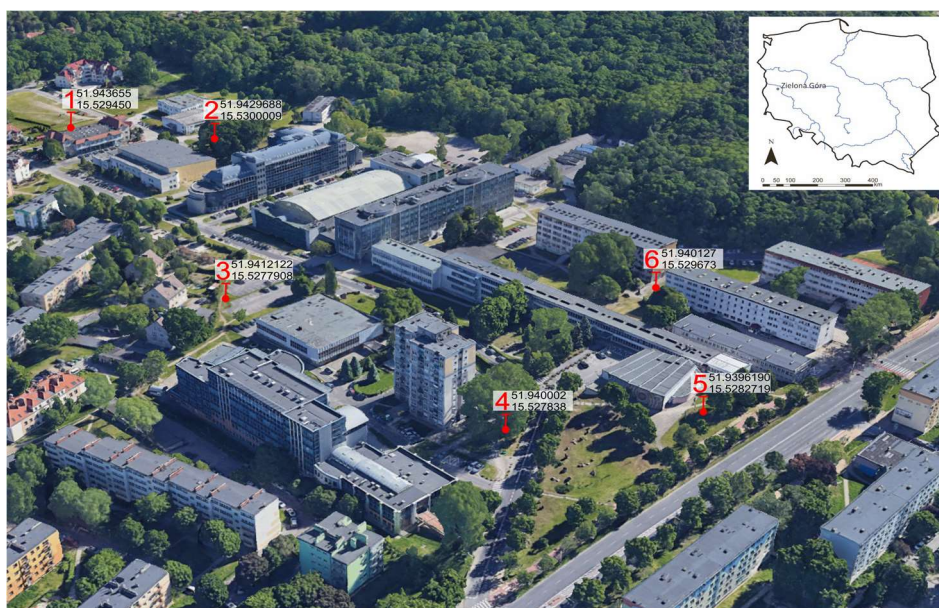
CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Obszar badań zlokalizowany w Zielonej Górze (woj. lubuskie, Polska). W okolicy ul. Szafrana na terenie kampusu A Uniwersytetu Zielonogórskiego, pomiędzy ulicą Podgórną, Waryńskiego i Os. Wazów, w północno-wschodniej części (starego) miasta.

Campus A (w przeszłości teren Wyższej Szkoły Inżynierskiej) istnieje od 1965 roku i na przestrzeni lat ulegał znacznym zmianom. Obecnie na terenie kampusu znajdują się zarówno formy naturalnego ukształtowania rzeźby terenu, w postaci wyniosłości, spadków, wąwozów i zagłębień, jak też sztuczne zagłębienia terenu i wyniosłości, kształtowane celowo. Sztucznie utworzone skarpy budowane pod parkingi lub ustabilizowanie budynków uniwersytetu. Teren obniża się w kierunku północnym co związane jest z obecnością Wzgórz Piastowskich, Wzgórz Braniborskiego oraz całym Wałem Zielonogórskim powstałym w wyniku ruchów glacictektonicznych.

Średnioroczna temperatura w Zielonej Górze wynosi 13,5°C Zakres temperatur minimalnych waha się od ok. -15°C do ok. 6°C, zakres temperatur maksymalnych od ok. -7°C do ok. 17°C. Dominują tu wiatry zachodnie i południowo-zachodnie. Średnioroczna suma opadów nie przekracza 600 mm.

Analizowany obszar porośnięty jest w większości przez gatunki zielne, w tym babkę lancetową (*Plantagolanceolata*), babka zwyczajną (*Plantago major*), hyzop lekarski (*Hyssopus officinalis*), koniczynę łąkową (*Trifolium pratense*), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium*), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*), powój polny (*Convolvulus arvensis*), szczotlicę siwą (*Corynephorus canescens*), turzycę błądą (*Carex pallescens*), wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis*), żmijowiec zwyczajny (*Echium vulgare*), rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*). Nielicznie występują większe drzewa (szczególnie w p. 2, 4, 5 – rys. 1). Są to: buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*), dąb szypułkowy (*Quercus robur*), lipa drobnolistna (*Tilia cordata*), olsza czarna (*Alnus glutinosa Gaertn.*), robinia akacja (*Robinia pseudoacacia*), świerk pospolity (*Picea abies*) i wiąz szypułkowy (*Ulmus laevis*).



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań
Fig. 1. Site location

METODYKA BADAŃ

Na terenie kampusu A Uniwersytetu Zielonogórskiego wydzielono miejsca zlokalizowane na zieleńcach pomiędzy budynkami uniwersyteckimi (rys. 1). Z zieleńców pobrano 6 próbek zbiorczych z powierzchniowej części profilu (25 cm, po odsłonięciu humusu).

Pobrane próbki pozostawiono do wyschnięcia. W powietrznie suchych próbkach (ok. 1 kg każda) wykonano oznaczenia właściwości fizyczno-chemicznych. Do wszystkich oznaczeń (poza analizą składu, oznaczeń węgla i metali ciężkich – sito 1 mm) próbki przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. W tak przygotowanych próbkach oznaczono:

- skład granulometryczny – metodą sitową oraz areometryczną w modyfikacji Pruszyńskiego;
- odczyn – w roztworze wodnym oraz 1M KCl (w stosunku 1:2,5);
- przewodność – w roztworze wodnym (w stosunku 1:2);
- właściwości sorpcyjne – metodą Kappena;
- zawartość wybranych pierwiastków w formie ogólnej (po spalaniu na mokro) i biodostępnej (1h wytrąsania z 1M HCl) – przy wykorzystaniu ICP-MS.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Analizowane gleby to w większości utwory piaszczyste (1 – piasek gliniasty, 2-6 – piasek luźny), o zróżnicowanej zawartości frakcji szkieletowej (od ok. 8 – 33%). Odczyn badanych gleb był alkaliczny, w większości analizowanych próbek $pH > 7,2$.

Gleby terenów zielonych charakteryzowały się niską wartością kwasowości hydrolitycznej (1,88-5,25 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m.}$). Z uwagi na budowę analizowanych gleb (piaski) właściwości sorpcyjne były niskie – suma zasad wynosiła od 5 do 9 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m.}$, a pojemność sorpcyjna 8,75-14 $\text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m.}$

Właściwości badanych gleb nie miały wpływu na pokrycie roślinnością na danych obszarze – we wszystkich analizowanych punktach pokrycie gatunkowe było zbliżone.

Tab. 1. Właściwości fizyczno-chemiczne analizowanych gleb

Tab. 1. Physical and chemical properties of tested soils

Nr	pH H ₂ O	pHKCl	EC	Hh	S	T	V	Pył	Ił	Piasek	Szkie- let
	-		$\mu\text{S/cm}$	$\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m.}$			%	%			
1	8,00	7,34	139	2,25	6,82	9,07	75,2	15,0	5,00	80,0	33,4
2	7,20	6,90	121	1,88	8,53	10,4	81,9	7,00	3,00	90,0	18,7
3	7,80	7,65	84,9	2,93	8,25	11,2	73,8	4,00	3,00	93,0	8,00
4	7,14	6,60	125	3,00	8,96	10,5	85,7	3,00	3,00	94,00	10,9
5	7,75	7,30	259	3,75	5,00	8,75	57,1	0,00	1,00	99,00	7,70
6	7,63	7,20	116	5,25	8,70	14,0	62,4	3,00	1,00	96,00	19,1

EC – przewodność elektrolityczna, Hh – kwasowość hydrolityczna, S – suma zasad, T – pojemność sorpcyjna, V – stopień wysycenia zasadami

Zawartość metali w analizowanych glebach była zróżnicowana (Tabela 2 i 3). W największych stężeniach występował ołów (10-62 mg/kg) oraz miedź (6-35 mg/kg). Odnotowano również wysoką zawartość chromu (10-49 mg/kg). Zawartość kobaltu i niklu nie przekraczała na ogół 10 mg/kg, a kadmu 0,5 mg/kg. Zawartość form biodostępnych w porównaniu do form ogólnych również była zróżnicowana, przy czym największą zawartością form biodostępnych charakteryzowały się próbki 4 i 5, położone najbliżej czteropasmowej ul. Podgórznej. Zawartość biodostępnej miedzi, ołowiu i kadmu stanowiła odpowiednio 83 i 45 % (Cu), 71 i 91 % (Pb) oraz 45 i 66 % (Cd); pozostałe pierwiastki stanowiły od 6 do 18 % formy ogólnej.

Zgodnie z rozporządzeniem [Dz.U. 2016 poz. 1395] analizowane gleby zaliczono do kategorii III (tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, oznaczone symbolem Bz (...) w tym: (...) tereny zieleni nieurządzonej niezaliczone do lasów oraz gruntów zadrzewionych i zakrzewionych). Zawartość metali ciężkich w analizowanych glebach nie przekracza norm ustanowionych dla bardziej wrażliwych terenów rolniczych (grupa II) ani terenów mieszkaniowych (grupa I). Uzyskane wartości są niższe od zawartości metali w parkach miejskich odnotowane w Belgradzie [Kuzmanoski i in. 2014], Sewilli [Madrid i in. 2002] czy Palermo [Manta i in. 2002].

Tab. 2. Zawartość metali ciężki w formie zbliżonej ogólnej

Tab. 2. The content of total heavy metals

Nr punktu	Co	Ni	Cu	Pb	Cd	Cr
	mg·kg ⁻¹ s.m.					
1	6,27	9,78	31,6	62,4	0,47	48,6
2	5,06	8,53	21,5	36,1	0,29	16,8
3	4,91	5,71	34,5	45,8	0,25	38,6
4	4,14	4,42	5,89	17,7	0,17	8,49
5	4,09	5,51	11,2	10,1	0,20	10,0
6	6,95	14,0	26,4	31,5	0,41	19,9

Tab. 3. Zawartość metali ciężki w formie biodostępnej

Tab. 3. The content of bioavailable heavy metals

Nr punktu	Co	Ni	Cu	Pb	Cd	Cr
	mg·kg ⁻¹ s.m.					
1	1,43	1,65	10,2	15,9	0,11	1,11
2	0,67	0,78	2,93	4,82	0,02	0,31
3	0,60	0,46	4,92	9,85	0,06	0,91
4	0,76	0,72	4,88	12,5	0,08	0,86
5	0,55	0,83	5,10	9,26	0,13	0,57
6	0,55	0,56	3,56	6,12	0,26	0,58

Wzbogacenie gleb miejskich w metale ciężkie jest determinowane wieloma zmiennymi, w tym obecnością emiterów zanieczyszczeń. Na terenach miast są to głównie zakłady przemysłowe lub szlaki komunikacyjne. Greinert i wsp. [2013]

wskazują, że tereny położone w pewnej odległości od szlaków komunikacyjnych mogą kumulować większe ilości zanieczyszczeń niż ma to miejsce na terenach bezpośrednio przyległych do dróg i torowisk. Wyniki te zdają się potwierdzać badania gleb z zielonogórskich rond [Kostecki i in. 2015]. Wpływ zależności zanieczyszczenia gleb metalami potwierdzają również inni badacze [Curran-Cournane i in. 2015; Wang i Zhang 2018].

Tereny zieleni na obszarach zurbanizowanych mają niebagatelne znaczenie. Powszechnie znana jest ich funkcja rekreacyjna, ekologiczna czy prozdrowotna. Dodatkowo, zieleń miejska wpływa na zmniejszenie wpływu oddziaływań antropogenicznych w obszarach zurbanizowanych, kształtuje te układy poprzez nadanie im ładu przestrzennego, a indywidualny dobór gatunkowy może wpływać na identyfikację wizualną miast [Chojcka 2013; Sobczyńska-Jeżewska 2006].

Potwierdzają to liczne prace [Garcia 2017; Greinert i Drozdek 2016; Iojă i in. 2014; Niemelä 2014]. Obszary te stanowią potencjał miast do neutralizacji negatywnych oddziaływań i dają szansę na połączenie miasta z otaczającym środowiskiem w sposób naturalny. Ich lokalizacja często jest jednak problematyczna i narażona na negatywne oddziaływania, dlatego właśnie stan środowiska na miejskich obszarach zielonych (w tym na terenach zieleni uniwersyteckiej) powinien być monitorowany.

WNIOSKI

1. Badane gleby wykazywały typowe właściwości dla piasków. Wyższe niż na innych obszarach była wartość pH badanych gleb, co jednak nie przełożyło się na zawartość biodostępnych form metali ciężkich. Zawartość wybranych pierwiastków nie przekraczała norm przewidzianych dla terenów przeznaczonych pod uprawy rolne oraz terenów zabudowy mieszkaniowej, chociaż była zróżnicowana pomiędzy poszczególnymi punktami. Ciekawym wydaje się również znaczna zawartość szkieletu glebowego (8-33 %).
2. Analizowane gleby wykazują pewne oznaki antropopresji, jednak nie stwarzają ryzyka zdrowotnego (biorąc pod uwagę zawartość występujących w nich metali, przy uwzględnieniu form ogólnych i biodostępnych). Zróżnicowany udział form biodostępnych może świadczyć o różnym pochodzeniu stwierdzonych zanieczyszczeń. Wskazane jest prowadzenie dalszych badań mających na celu analizę specjacja zanieczyszczeń celem analizy ich źródła.

LITERATURA

1. Curran-Cournane F., Lear G., Schwendenmann L., Khin J., 2015. Heavy metal soil pollution is influenced by the location of green spaces within urban settings. *Soil Research* 53(3), ss. 306-315, DOI: 10.1071/SR14324
2. Chojecka A., 2013. Zieleń miejska jako wielofunkcyjna przestrzeń Publiczna na przykładzie parku śląskiego Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych, OL PAN, IX/2, ss. 7-19
1. Dz.U. 2016 poz. 1395 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi
2. Garcia D.A., 2017. Green areas management and bioengineering techniques for improving urban ecological sustainability, *Sustainable Cities and Society* 30, ss. 108–117
3. Greinert, A., 2015. The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *Journal of Soils and Sediments* 15, ss. 1725–1737
4. Greinert, A., 2017. Functions of soils in the urban environment. W: *Soils within Cities. Global approaches to their sustainable management* (Ed.) M. J. Levin I in., Stuttgart, Schweizerbart Science Publishers, ss. 43–52
5. Greinert, A., Drozdek M., 2016. Ogólna koncepcja kształtowania terenów zieleni przydrożnej w Miejskim Obszarze Funkcjonalnym Zielonej Góry. Zielona Góra, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, s. 170
6. Greinert, A., Fruzińska, R., Kostecki, J., 2013. Urban soils in ZielonaGóra. In: Charzyński P, Hulisz P, Bednarek R (ed.) *Technogenic soils of Poland*, Polish Society of Soil Science, Toruń, ss. 31–54
7. Iojă C.I., Grădinaru S.R., Onose D.A., Vânu G.O., Tudor A.C., 2014. The potential of school green areas to improve urban green connectivity and multifunctionality, *Urban Forestry & Urban Greening* 13, ss. 704–713
8. Kostecki J., Greinert A., Wasylewicz R., Adam R., Garbera B., Knap P., Ostapkowicz M., Stanisławiak B., 2015. Spatial distribution of heavy metals in the topsoil on roundabouts in ZielonaGóra, Poland, *OchronaŚrodowiskai-ZasobówNaturalnych*, Vol. 26, no. 2, ss. 1-8
9. Kuzmanoski M.M, Todorović M.N., AničićUrošević M.P., Rajšić S.F., 2014. Heavy metal content of soil in urban parks of Belgrade. *Hem. Ind.* 68 (5), ss. 643–651, DOI: 10.2298/HEMIND131105001K
10. Madrid L., Díaz-Barrientos E., Madrid F., 2002. Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville, *Chemosphere* 49, ss. 1301–1308
11. Manta D.S., Angelone M., Bellanca A., Neri R., Sprovieri M., 2002. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy, *Science of Total Environment*, 300, ss. 229–243.

12. Niemelä, J. 2014. Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions. *Landscape and Urban Planning* 125, ss. 298–303
13. Sobczyńska-Jeżewska K., 2006. Zieleń w mieście jako element współtworzący jego przestrzeń. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Seria: Architektura*. 44. ss. 211-216
14. Szymańska D., Lewandowska A., Rogatka K., 2015. Temporal trend of green areas in Poland between 2004 and 2012, *Urban Forestry & Urban Greening* 14, ss. 1009–1016
15. Wang M., Zhang H., 2018. Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15, 1064; DOI:10.3390/ijerph15061064

THE CONTENTS OF SELECTED HEAVY METALS IN SURFACE LAYERS OF SOILS OF URBAN GREEN AREAS

S u m m a r y

Designed green areas should be not only visually attractive, but also safe for users. The paper presents the analysis of the state of university green-grocers located on the A campus of the University of Zielona Góra. Physical and chemical properties of soils have been tested, including the analysis of the content of total and bioavailable forms of selected heavy metals. It was found that the soil in green areas shows significant anthropogenic transformations, however the content of heavy metals does not exceed the threshold limit values.

Key words: urban green areas, heavy metal, urban greenery