

*Adam SAMMEL, Łukasz CHORAĞWICKI, Edward NIEDŹWIECKI, Edward MELLER,
Ryszard MALINOWSKI*

CECHY MORFOLOGICZNE I WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEB PRZYKRYTYCH NAWIERZCHNIĄ BITUMICZNĄ (EKRANOSOLI) W OBRĘBIE ULICY OBROŃCÓW STALINGRADU W SZCZECINIE

MORPHOLOGICAL FEATURES AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS SEALED WITH BITUMINOUS SURFACE (EKRANOSOLS) WITHIN OBROŃCÓW STALINGRADU STREET IN SZCZECIN

Zakład Gleboznawstwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstract. Szczecin soils, especially in its historical, oldest parts, like the soils in other cities are either built-up or covered with various materials reducing or blocking water percolation capacity and gas exchange. According to Polish Soil Classification, such soils belong to anthropogenic, urban soils, sealed or covered; hence the term ekranic soils. The profile of soil covered with bituminous surface within the street Obrońców Stalingradu in Szczecin had the following characteristics: bituminous surface – stone pavement – Ca – 2Ca – 3C. Strongly transformed, anthropogenic soil material under the street surface contained 48.1% soil skeleton, on average, among which there were 54.8% of anthropogenic artifacts. Smaller amounts of artifacts (mean 24.0%) occurred also in deeper layers of the profile. The examined ekranosols were characterised by alkaline reaction, CaCO_3 content in the range 3.8–4.8%, very low salinity, trace amounts of organic carbon, decreasing with depth, in the layer Ca wide C:N ratio (mean 21.8), low resources of available potassium and magnesium, medium to high resources of available phosphorus with its low total content. The content of Cd, Pb, Zn, Ni, Co and Mn was at a low, natural level. Only the level of Cu was elevated (I degree of contamination).

Słowa kluczowe: ekranosole, gleby miejskie, zawartość makro- i mikroelementów.

Key words: content of macro- and microelements, ekranosols, urban soils.

WSTĘP

Tereny zurbanizowane, zwłaszcza w strefach śródmiejskich, charakteryzują się głębokim i silnym przekształceniem pokrywy glebowej wywołanym zamierzoną bądź niezamierzoną działalnością człowieka. Działalność ta powoduje także, że – w zależności od sposobu użytkowania terenu – coraz większe powierzchnie gleb miejskich są przykryte różnego

rodzaju materiałami zmniejszającymi bądź uniemożliwiającymi przesiąkliwość, a także wymianę gazową. Powierzchnie przykrywające mogą występować w postaci litego betonu, żelbetonu, asfaltu, bruku, płyt kamiennych, kostki granitowej, polbruku, żuźla i innych. Charzyński i in. (2011) za Stroganową i in. piszą, że zdjęcia lotnicze obszaru Moskwy ujawniły, że gleby przykryte w centrum miasta zajmują 90–95%, w dzielnicach przemysłowych – 80%, a w dzielnicach mieszkalnych – 60% powierzchni. W obrębie miasta zabudowa przyczynia się bezpośrednio do ubytku tzw. powierzchni biologicznie czynnej i pośrednio (poprzez wytwarzanie różnych zanieczyszczeń) – do degradacji środowiska, w tym także glebowego. Dlatego Bowanko i Hajnos (2003) uważają, że zabudowane powierzchnie stanowią najwyższą formę degradacji środowiska przyrodniczego.

Dotychczas na przekształcenia gleb miejskich Szczecina w swoich badaniach zwracali uwagę Niedźwiecki i in. (2000, 2009b), Kollender-Szych i in. (2008), Chudecka (2009), przy czym Chudecka (2009) podkreśla nasilenie antropopresji w najstarszym historycznie fragmencie miasta. Ta część miasta, zdaniem Białeckiego i Turek-Kwiatkowskiej (1991), Kotli (2001) i Kozińskiej (2002), w XVII i XVIII w. (za panowania szwedzkiego i pruskiego), podlegała wielokrotnej przebudowie w celu uformowania Szczecina jako potężnej twierdzy obronnej. Poza tym w czasie drugiej wojny światowej środkowa i północna część miasta została zniszczona w wyniku dywanowych nalotów alianckich (Maciejewski 1980).

Objęta badaniami ulica obrońców Stalingradu, znajdująca się na obszarze dawnego fortu obronnego Wilhelma, a aktualnie łącząca w Szczecinie plac Zgody z placem Żołnierza Polskiego (rys. 1), została zdaniem Kozińskiej (2002) wytyczona i objęta brukowaniem w drugiej połowie 80. lat XIX w. – po likwidacji fortyfikacji miasta.

W aplikacji zamieszczonej na stronie internetowej (geoportal.gov.pl) określono sposób użytkowania dwóch kwartałów (parceli) terenu w rejonie badanej ulicy Obrońców Stalingradu. Uzyskane dane wykazały, że obszary zabudowane zajmowały odpowiednio 39,7 i 54,9%, a chodniki, parkingi itp. – 35,5 i 54,7% powierzchni całkowitej obu kwartałów. Natomiast wg Biura Planowania Przestrzennego Miasta powierzchnie zabudowane w omawianej części Szczecina stanowią ok. 51% ogólnej powierzchni terenu.

Z przytoczonych danych wynika, że w strefach śródmiejskich gleby przykryte zdecydowanie dominują; mimo to w polskiej literaturze gleboznawczej nie zwraca się na nie większej uwagi. Jedynie opracowania Greinerta (2003) i Charzyńskiego i in. (2011) ukazują ich właściwości i odmienną genezę w odniesieniu do gleb miejskich powstałych w innych warunkach użytkowania terenu bądź wytworzonych w środowisku naturalnym. Dlatego przy planowaniu badań gleboznawczych na terenach zurbanizowanych, zdaniem Burghardta (1995, 1996) i Holland (1996), konieczne jest uwzględnienie sposobu zagospodarowania terenu, bowiem użytkowanie gleb w ekosystemie miejskim staje się ważnym czynnikiem glebotwórczym; potwierdzają to także opracowania Greinerta (2003), Zimnego (2005) i Kollender-Szych i in. (2008).

Celem wykonanych badań było ukazanie cech morfologicznych i niektórych właściwości chemicznych (w tym podanie zawartości metali ciężkich) gleb przykrytych nawierzchnią bitumiczną w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu – jednej z głównych ulic w śródmieściu Szczecina.

MATERIAŁ I METODY

Wymiana rur ciepłowniczych, znajdujących się na głębokości 130 cm pod powierzchnią bitumiczną ulicy Obrońców Stalingradu w Szczecinie, umożliwiła ocenę budowy profilu gleb przykrytych i pobranie materiału glebowego do badań laboratoryjnych. W tym celu, zwracając szczególną uwagę na jakość materiału glebowego pochodzenia antropogenicznego, na odcinku ok. 250 m wykopu ustalono 10 stanowisk badawczych (rys. 1, 2, 3). Przy pobieraniu próbek glebowych największe trudności napotkano na głębokości 10–50 (70) cm w tzw. warstwie brukowej i tłucznia kamiennego, gdyż glebę, przeważnie piaszczystą, można było pobrać tylko z wolnych przestrzeni między kostką brukową i z zalegającej pod brukiem warstwy tłucznia. Poniżej na głębokości 50 (70)–100 (140) cm w materiale antropogenicznym, bardzo zróżnicowanym pod względem składu granulometrycznego, ujawniły się także znaczne ilości gruzu ceglanego, w tym zachowane odłamki cegły znacznych rozmiarów oraz inne domieszki antropogeniczne w małych ilościach.

Zarówno z warstwy bruku i tłucznia kamiennego, jak i w materiale z gruzem ceglanym w próbkach glebowych nie zostały uwzględnione odłamki antropogeniczne o większych średnicach, stanowiące także części szkieletowe badanych gleb. Analizami laboratoryjnymi objęto 33 próbki glebowe reprezentujące ekranosole. Po przesianiu materiału przez sito, o średnicy oczek 2 mm, w częściach szkieletowych oddzielono substraty pochodzenia antropogenicznego od naturalnych i wyrażono ich udział w procentach wagowych. Natomiast w częściach ziemistych określono barwę gleby, stosując skalę barw Munsella (Oyama i Takehera 2003) i oznaczono udział frakcji glebowych – metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Odczyn oznaczono potencjometrycznie, zawartość CaCO_3 – metodą Scheiblera, węgla organicznego – metodą Tiurina, azotu ogólnego – wg Kieldahla, przyswajalnego dla roślin fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma, przyswajalnego magnezu – metodą Schachtschabela.

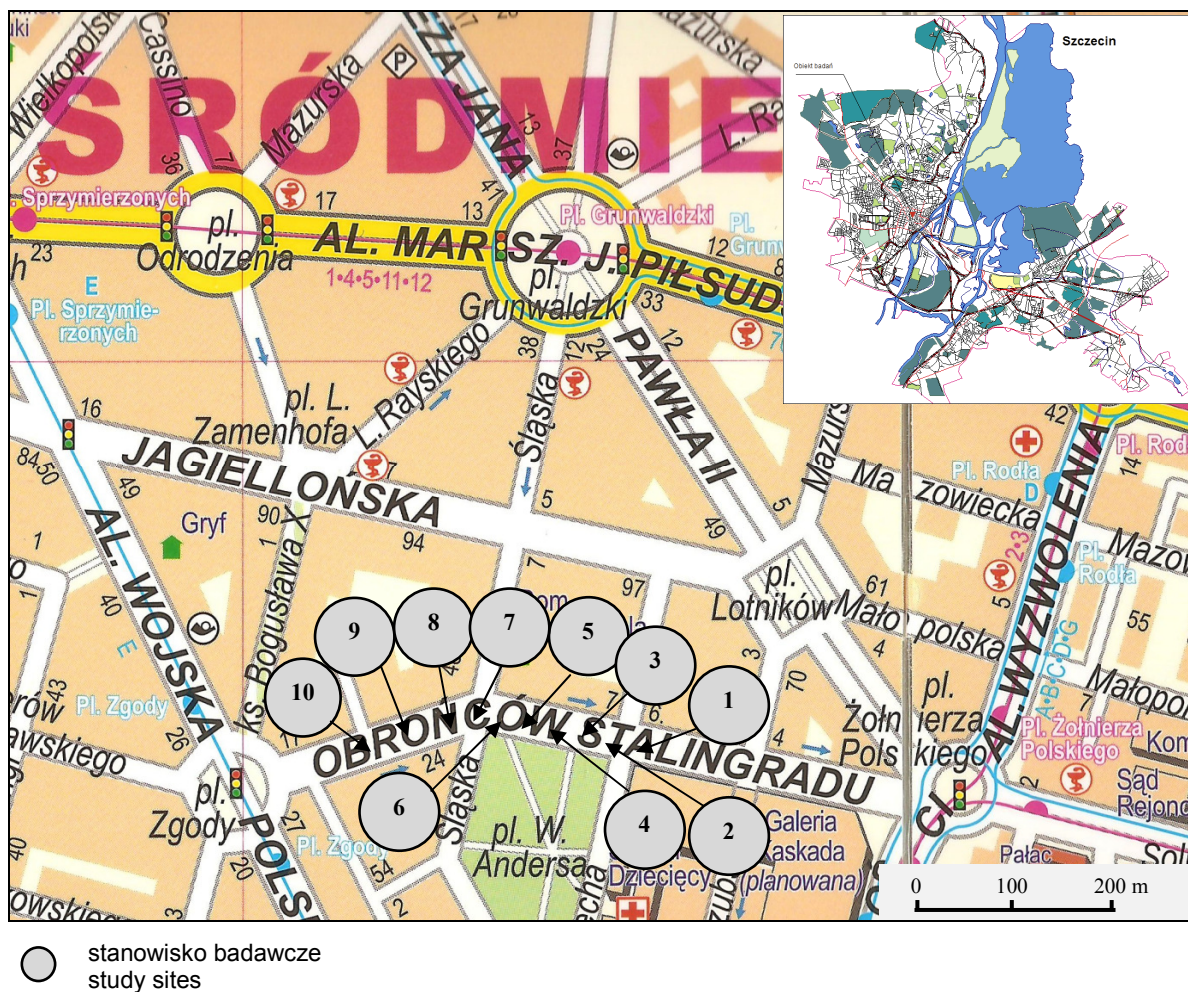
Zawartość makroskładników (P, K, Mg, Na) oraz pierwiastków śladowych (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mn i Fe) określono, mineralizując glebę w mieszaninie stężonych kwasów $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ i za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej typu Unicam Solaar 929. Fosfor natomiast oznaczono kolorymetrycznie, a zasolenie (w mS) – konduktometrycznie.

W pracy zastosowano podział gleb i utworów mineralnych zgodnie z klasyfikacją Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2009), a przynależność systematyczną określono według Systematyki gleb Polski (Komisja Genezy...2011) oraz WRB (FAO i in. 2006).

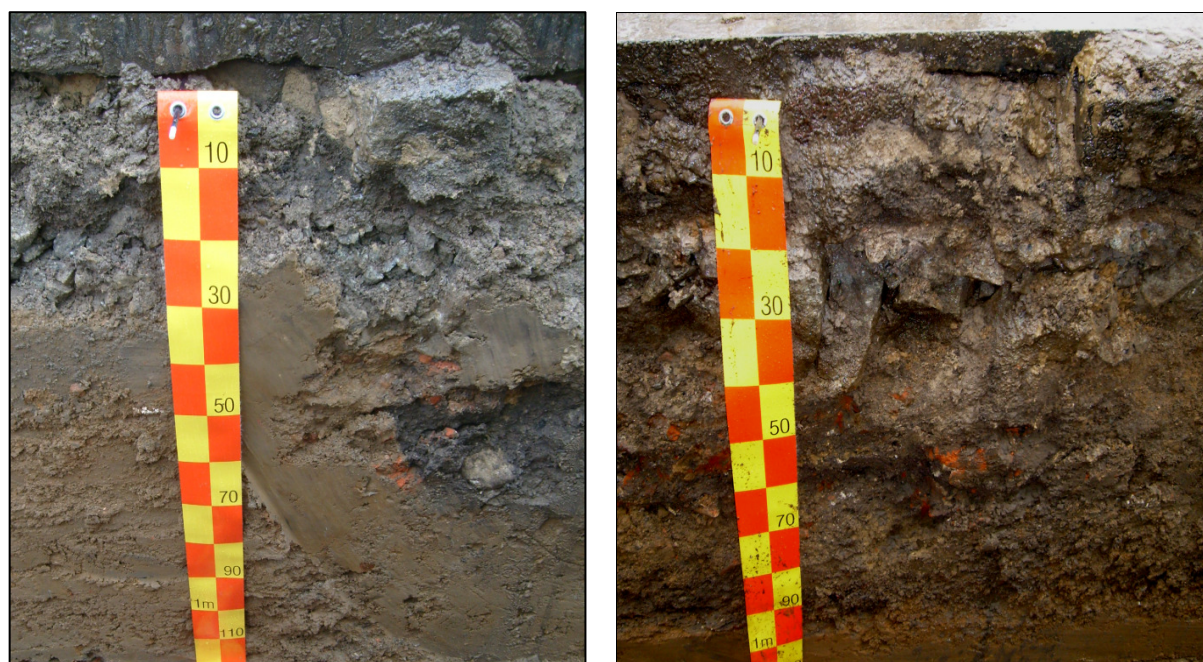
W celu przedstawienia związków między niektórymi badanymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi badanych gleby wyliczono współczynniki korelacji, korzystając z pakietu Statistica 9.

WYNIKI I DYSKUSJA

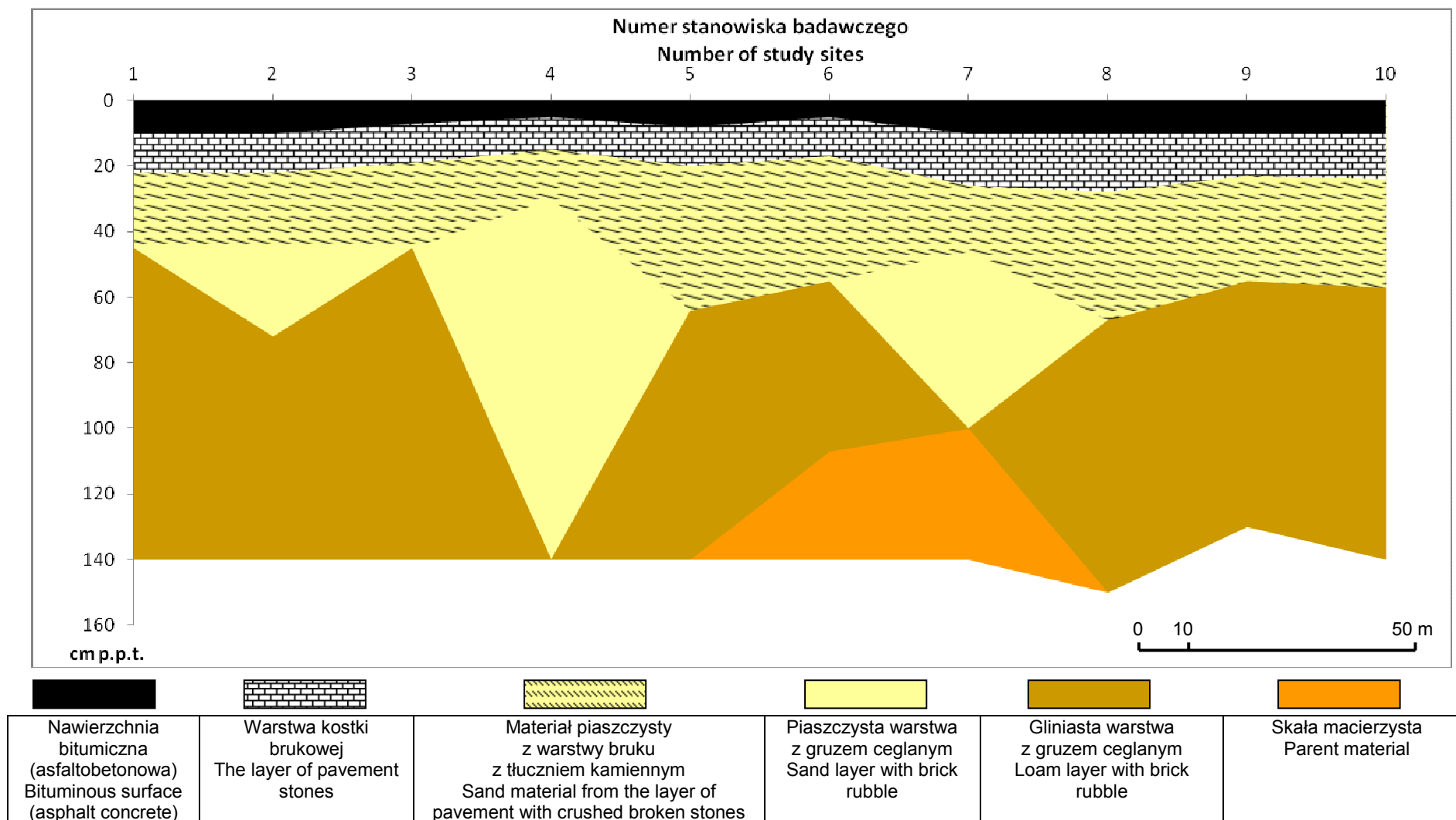
Badane gleby miejskie przykryte nawierzchnią bitumiczną, w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu w Szczecinie, według Systematyki gleb Polski (Komisja Genezy... 2011) należą do rzędu: gleby antropogeniczne (A), typu: gleby urbiziemne (AV) i podtypu: gleby uszczelnione lub przykryte (AVek); stąd wywodzi się często stosowana w literaturze ich nazwa: ekranosole. Na podstawie kryterium WRB (FAO i in. 2006) zaliczono je do Ekranic Urbic Technosols (Calcaric).



Rys.1. Lokalizacja przeprowadzonych badań (punkty 1–10)
 Fig. 1. Location of conducted study (point 1–10)



Rys. 2. Budowa profilu glebowego badanych ekranosoli (stanowiska nr 1 i nr 6)
 Fig. 2. The soil profiles of studied ekranosols (position no. 1 and 6)



Rys. 3. Zmienność glebowa w obrębie 10 stanowisk badawczych
Fig. 3. The soil changeability within 10 study sites

Warstwa bitumiczna, uniemożliwiająca przesiekanie wody oraz wymianę gazową, osiągała miąższość od 5 do 10 cm (rys. 2, 3). Przylegała ona do warstwy brukowej o miąższości do 20 cm, podścielonej materiałem piaszczystym, przeważnie w postaci piasku słabogliniastego barwy w stanie powietrznie suchym od 2.5Y 4/3, przez 2.5Y 6/1, do 10YR 5/2. Warstwa ta wyróżniała się dużą zawartością części szkieletowych, które stanowiły średnio 48,1% pobranej do badań masy próbki, a niekiedy osiągały nawet 70,3% (mimo że nie pobierano szkieletu o większych średnicach). Wśród części szkieletowych dominował tłuczeń kamienny, a tylko w niewielkich i różnych ilościach ujawniały się okruszywa zaprawy murarskiej, szkła, żużla i nadpalonych części drewnianych oraz węgla drzewnego. Wymienione domieszki pochodzenia antropogenicznego w całej masie części szkieletowych stanowiły 54,8%, a na niektórych stanowiskach badawczych osiągały nawet 84,1% (tab. 1). Warstwa bruku kamiennego i tłuczni (Ca) sięgała w profilu glebowym do 50 (70) cm głębokości (rys. 2, 3). Zalegała ona także na utworach pochodzenia antropogenicznego, przeważnie w postaci piasku gliniastego o barwie w stanie powietrznie suchym 2.5Y 7/4 i 10YR 6/4 bądź w postaci gliny piaszczystej (sporadycznie gliny lekkiej) o zabarwieniu w stanie powietrznie suchym 10YR 5/4–10YR 6/6. Utwory te zawierały mniej części szkieletowych aniżeli warstwa Ca, bowiem w ich masie w materiale gliniastym występowało średnio 24,0%, a maksymalnie 59,0% gruzu ceglanego. Stanowiły one warstwę (2Ca) uformowaną pod wpływem działalności człowieka, o miąższości 50 (70)–100 (140) cm. Poniżej podanej głębokości naturalna skała macierzysta C w postaci gliny piaszczystej, o zabarwieniu w stanie powietrznie suchym 10YR 6/8, zawierała zaledwie 7,8% frakcji szkieletowych bez domieszek antropogenicznych (tab. 1).

Badając gleby najstarszego rejonu Szczecina, w tym w rejonie fortu obronnego Wilhelma (obrub ulicy Obrońców Stalingradu), Chudecka (2009) stwierdziła, że w tej części miasta miąższość warstwy antropogenicznej przeciętnie wynosiła 1,6 m, a maksymalnie dochodziła do 4,2 m. Natomiast maksymalny zasięg występowania materiału gruzowego wynosił 2,3 m p.p.t., a zawartość występujących w nim frakcji szkieletowych utrzymywała się w granicach 5,1–27,8%. Niedźwiecki i in. (2009b), wykorzystując do badań wykopy wykonane przy usuwaniu awarii oraz przygotowywania terenów pod rozwiązania komunikacyjne i budownictwo z północno-zachodniej części Szczecina, stwierdzali w profilach glebowych zawartość szkieletu w granicach od 6,4 do 60,3%, w tym domieszek antropogenicznych – do 90%. Greinert i Walczak (2001) podają, że na obszarze zurbanizowanym Zielonej Góry, w różnych warstwach i na różnych głębokościach, w większości profili glebowych istotny jest udział gruzu ceglanego oraz żużli, co zdaniem wymienionych autorów jest typowe dla większości miast Polski. Natomiast według Puskás i Farsang (2009) udział domieszek antropogenicznych w glebach miasta Szeged utrzymywał się w granicach 0,0–63,0%. Przy tym autorzy zaznaczają, że na peryferiach miasta ich udział jest znacznie mniejszy i kształtuje się na poziomie 0,0–5,0%. Charzyński i in. (2011) podkreślają, że w toruńskich ekranosolach stwierdzono duże ilości materiału budowlanego, gruzu oraz innych artefaktów pochodzących z różnych okresów rozwoju miasta; nie podają jednak ich zawartości.

Przytoczone dane świadczą o potrzebie przeprowadzenia szczegółowych badań części szkieletowych przy charakterystyce gleb na terenach zurbanizowanych. Zdaniem Greinerta (2000a,b, 2003) zawartość domieszek w powierzchniowych warstwach gleb miejskich może być wskaźnikiem ich antropogenicznego przekształcenia.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb miejskich przykrytych nawierzchnią bitumiczną w obrębie ul. Obrońców Stalingradu w śródmieściu Szczecina
Table 1. Texture of urban soils covered with bituminous surface within Obrońców Stalingradu street in Szczecin city centre

Warstwy profilu glebowego Layers of soil profile	Symbole warstw i głębokość Symbols of layers and depth (cm)	Części szkieletowe – Soil skeleton (%)			Części ziemiste – Fine earth (%)			Grupa granulometryczna Textural groups PTG (2009)	
		ogólna zawartość w glebie total content in soils	naturalne natural	antropogeniczne anthropogenic	średnica w mm diameter in mm				
					2–0,05	0,05–0,002	< 0,002		
Gleby przykryte – ekranosole – Ekranic Technosols									
Nawierzchnia bitumiczna (asfaltobetonowa) Bituminous surface (asphalt concrete)	0–10	–	–	–	–	–	–	–	
Materiał piaszczysty z warstwy bruku z tłucznem kamiennym Sand material from the layer of pavement with crushed broken stones	Ca 10–50(70)	a	48,1	45,2	54,8	89	8	3	ps
		b	31,7–70,3	15,9–83,4	16,6–84,1	81–94	5–15	1–5	pl, ps, pg
Piaszczysta warstwa z gruzem ceglanym Sand layer with brick rubble	2Ca 50(70)–100(140)	a	16,5	85,6	14,4	82	12	5	pg
		b	11,9–20,9	71,5–97,0	3,0–28,5	78–90	9–14	1–8	ps, pg
Gliniasta warstwa z gruzem ceglanym Loam layer with brick rubble		a	17,9	76,0	24,0	68	22	10	gp
		b	8,3–30,9	41,0–94,6	5,4–59,0	62–71	19–26	9–12	gp, gl
Skala macierzysta Parent material	3C < 100(140)	7,8	100,0	0,0	67	21	12	gp	

a – średnia arytmetyczna – arithmetical mean, b – zakres – range, pl – piasek luźny – sand, ps – piasek słabogliniasty – sand, pg – piasek gliniasty – loamy sand, gp – glina piaszczysta – sandy loam.

Wyróżnione warstwy antropogeniczne badanych gleb (rys. 2, 3) miały odczyn alkaliczny, bowiem $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ utrzymywało się w granicach 7,8–8,7, a pH_{KCl} – w granicach 7,5–8,0. Materiał rodzimy w postaci skały macierzystej miał pH_{KCl} 7,4. Stwierdzona alkalizacja gleb przykrytych wynika ze stosunkowo wysokiej (3,8–4,8%) zawartości w nich CaCO_3 ; jego równomierne rozmieszczenie w warstwach glebowego materiału antropogenicznego (tab. 2) świadczy o zahamowaniu procesów przemýviania. Chudecka (2009), badając substrat glebowy w warstwie antropogenicznej najstarszej części Szczecina, wiąże nagromadzenie w nim CaCO_3 (w granicach 3,5–8,8%) przede wszystkim z ilością szkieletu gruzowego oraz z jakością materiału pochodzącego z różnych okresów rozwoju miasta. Podobny pogląd przedstawiają także Charzyński i in. (2011), podkreślając, że na podwyższone wartości pH w ekranosolach wpływają warstwa przykrywająca oraz ilość domieszek, zwłaszcza w postaci zaprawy murarskiej.

W badanych profilach glebowych przykrytych nawierzchnią bitumiczną wizualnie nie stwierdzono występowania, nawet w postaci szczątkowej, poziomu próchnicznego; nie stwierdzono też wyraźnego punktowego nagromadzenia się materii organicznej. Sporadycznie natomiast na różnych głębokościach profili glebowych ujawniły się okruchy węgla drzewnego. Mimo to wyniki badań laboratoryjnych (tab. 2) wykazują, że w glebach tych straty podczas wyżarzania wynosiły od 9,2 do 11,8 g · kg⁻¹, a najwyższą zawartość węgla organicznego (średnio 3,7 g · kg⁻¹) stwierdzono w materiale piaszczystym pobranym z warstwy bruku z tłucznem kamiennym (Ca). Zawartość węgla organicznego malała wraz z głębokością profilu, osiągając w skale macierzystej 1,2 g · kg⁻¹. Najmniejsze ilości azotu ogólnego (średnio 0,17 g · kg⁻¹) stwierdzono w materiale glebowym wymienionej warstwy Ca o najwyższej zawartości węgla. W rezultacie gleba w tej warstwie wyróżniała się szerokim stosunkiem węgla do azotu, wynoszącym 21,8, który w głębszych warstwach zawężał się do 8,5, a w skale macierzystej nawet do 5,2.

Stwierdzona zawartość węgla organicznego w badanych ekranosolach Szczecina (tab. 2), w porównaniu z danymi przytaczanymi przez Greinerta (2003) dla Zielonej Góry (7,5–15,0 g · kg⁻¹), Puskása i Farsanga (2009) dla Szeged (6,0–16,0 g · kg⁻¹) i Charzyńskiego i in. (2011) dla Torunia i Klużu-Napoki (0,6–42,1 g · kg⁻¹), była bardzo niska (1,2–3,7 g · kg⁻¹), co zdaniem Siuty (1995) świadczy o znacznej degradacji gleby.

Zasolenie gleb w środowisku miejskim Szczecina obserwuje się głównie wzdłuż szlaków komunikacyjnych; jest skutkiem stosowania różnych form substancji chemicznych i mineralnych do odśnieżania jezdni (Wojcieszczuk i Niedźwiecki 2003). W badanych glebach przykrytych nawierzchnią bitumiczną odnotowano bardzo małe wartości zasolenia określonego przewodnością elektryczną. Kształtowały się one w granicach 0,13–0,15 mS · cm⁻¹ (tab. 2). Należy zatem uznać, iż pod względem zawartości soli gleby te należą do kategorii naturalnych. Na niskie zasolenie gleby w ekranosolach zwracają także uwagę Puskás i Farsang (2009) oraz Charzyński i in. (2011).

Gleby przykryte nawierzchnią bitumiczną w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu wykazały w całym profilu, według norm IUNG (1990), niską zasobność w przyswajalne formy potasu i magnezu (tab. 3). Materiał piaszczysty warstwy bruku z tłucznem kamiennym wyróżniał się także najniższą ogólną zawartością potasu (średnio 1,10 g · kg⁻¹ s.m.) i magnezu (średnio 1,39 g · kg⁻¹ s.m.), zwiększającą się wraz z głębokością profilu glebowego i osiągającą największe wartości w antropogenicznej gliniastej warstwie z gruzem ceglany (tab. 3). Całkowita zawartość sodu w profilach glebowych ekranosoli wykazywała stosunkowo niewielką zmienność.

Tabela 2. Odczyn, zawartość CaCO₃, węgla organicznego i azotu ogólnego oraz zasolenie gleb miejskich przykrytych nawierzchnią bitumiczną w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu w śródmieściu Szczecina

Table 2. pH, concentration CaCO₃, organic carbon, total N and salinity of urban soils covered with bituminous surface within Obrońców Stalingradu street in Szczecin city centre

Warstwy profilu glebowego Layers of soil profile	Symbole warstw i głębokość Symbols of layers and depth (cm)	Woda higroskopowa Hygroscopic moisture (%)	pH		CaCO ₃ (%)	Straty przy wyżarzaniu Losses on ignition	C	N	C:N	Zasolenie Salinity (mS · cm ⁻¹)	
			H ₂ O	KCl							g · kg ⁻¹
Gleby przykryte – ekranosole – Ekranic Technosols											
Nawierzchnia bitumiczna (asfaltobetonowa) Bituminous surface (asphalt concrete)	0–10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Materiał piaszczysty z warstwy bruku z tłuczniem kamiennym Sand material from the layer of pavement with crushed broken stones	Ca 10–50(70)	a	0,18		4,5	9,2	3,7	0,17	22	0,13	
		b	0,06-0,31	7,8–8,5	7,6–8,0	2,9–5,5	3,5–16,0	0,3–5,5	0,09–0,29	3–33	0,09–0,19
Piaszczysta warstwa z gruzem ceglanym Sand layer with brick rubble	2Ca 50(70)–100(140)	a	0,42		4,8	9,3	2,3	0,27	8	0,15	
		b	0,31–0,64	7,8–8,2	7,6–7,9	3,3–7,5	8,8–10,2	0,7–5,0	0,17–0,42	4–12	0,11–0,20
Gliniasta warstwa z gruzem ceglanym Loam layer with brick rubble		a	0,55		3,8	11,5	2,4	0,29	8	0,14	
		b	0,40-0,74	7,9–8,7	7,5–8,0	1,8–8,3	7,6–17,1	0,9–4,3	0,17–0,51	5–13	0,10–0,23
Skala macierzysta Parent material	3C < 100(140)		0,74	8,1	7,4	0,2	11,8	1,2	0,23	5	0,11

a – średnia arytmetyczna – arithmetical mean, b – zakres – range.

Tabela 3. Wybrane właściwości chemiczne gleb miejskich przykrytych nawierzchnią bitumiczną w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu w śródmieściu Szczecina

Table 3. Some chemical properties of urban soils covered with bituminous surface within Obrońców Stalingradu street in Szczecin city centre

Warstwy profilu glebowego Layers of soil profile	Symbole warstw i głębokość Symbols of layers and depth (cm)	Składniki przyswajalne Available forms (mg · kg ⁻¹)			Składniki rozpuszczalne w mieszaninie stężonych kwasów HNO ₃ + HClO ₄ (g · kg ⁻¹ s.m. gleby) Macroelements soluble in concentrated acids HNO ₃ + HClO ₄ (g · kg ⁻¹ d.m. soil)				
		P	K	Mg	P	K	Mg	Na	
Gleby przykryte – ekranosole – Ekranic Technosols									
Nawierzchnia bitumiczna (asfaltobetonowa) Bituminous surface (asphalt concrete)	0–10	–	–	–	–	–	–	–	
Materiał piaszczysty z warstwy bruku z tłuczniem kamiennym Sand material from the layer of pavement with crushed broken stones	Ca 10–50(70)	a	44,5	32,5	22,8	0,34	1,10	1,39	0,16
		b	28,2–99,4	18,0–70,0	12,6–32,2	0,22–0,55	0,68–2,34	0,94–2,37	0,07–0,42
Piaszczysta warstwa z gruzem ceglanym Sand layer with brick rubble	2Ca 50(70)–100(140)	a	58,1	59,3	30,0	0,44	2,62	2,20	0,24
		b	42,2–82,7	38,0–88,0	22,8–37,6	0,29–0,57	1,73–3,33	1,64–2,70	0,19–0,27
Gliniasta warstwa z gruzem ceglanym Loam layer with brick rubble		a	96,3	75,8	35,6	0,47	3,26	2,75	0,25
		b	35,2–260,5	50,0–108,0	22,8–54,9	0,15–0,73	1,73–4,43	2,10–4,15	0,17–0,32
Skąła macierzysta Parent material	3C < 100(140)		73,9	76,0	41,4	0,44	3,59	2,43	0,22

a – średnia arytmetyczna – arithmetical mean, b – zakres – range.

W badanych glebach wśród makroelementów na szczególną uwagę zasługuje fosfor. Ogólna jego zawartość (rozpuszczalna w $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) była niska i w miarę równomiernie rozmieszczona w profilu glebowym. Utrzymywała się ona w granicach $0,34\text{--}0,47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 3). Na małą zawartość tej formy fosforu w badanym fragmencie gleb Szczecina zwraca uwagę także Chudecka (2009), szukając przyczyny tego faktu w małej zasobności materiałów antropogenicznych w materię organiczną oraz w niewielkiej ilości fosforu wprowadzonego w wyniku bytowej działalności człowieka. Pomimo niewielkiego nagromadzenia fosforu ogółem badane ekranosole wyróżniały się, według oceny IUNG (1990), zasobnością w fosfor przyswajalny od średniej do wysokiej. Zasobność ta, utrzymująca się w profilu w granicach $44,5\text{--}96,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (średnio w profilu wynosiła $68,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), stanowiła średnio 16,1% zawartości ogólnego fosforu (tab. 3).

Wielu autorów (Czarnowska 1978, Czarnowska i in. 1983, Burghardt 1996, Górka i in. 1998, Kozanecka i in. 2000, Czarnowska i Kozanecka 2003, Pasieczna 2003, Zimny 2005, Czarnowska i Nowakowski 2006, Greinert 2009, Baran i in. 2010) stwierdza, że aglomeracje miejskie, a zwłaszcza przemysłowo-miejskie, na tle terenów nieurbanizowanych wyróżniają się znacznym zanieczyszczeniem pyłowym i gazowym powietrza atmosferycznego oraz nasiloną koncentracją metali ciężkich w środowisku glebowym i roślinności miejskich terenów zieleni. Stwierdzenia te w przypadku badanych ekranosoli aglomeracji szczecińskiej nie zostały potwierdzone, gdyż trwała powierzchnia bitumiczna ulicy uniemożliwiła dopływ do gleby zanieczyszczeń, m.in. w postaci metali ciężkich pochodzących z funkcjonowania miasta. W badanych profilach gleb przykrytych w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu średnia zawartość Cd, Pb, Zn, Ni była niska (tab. 4), według Kabaty-Pendias i in. (1993) – naturalna, o zerowym stopniu zanieczyszczenia; tylko w przypadku zawartości Cu odnotowano I stopień zanieczyszczenia. W świetle Rozporządzenia Ministra Środowiska (2002) omawiane gleby należy uznać za niezanieczyszczone, ponieważ stwierdzone ilości metali nie przekraczają wartości granicznych ustalonych dla grupy B, czyli między innymi dla gruntów zabudowanych i urbanizowanych. Spośród badanych metali w wyodrębnionych warstwach antropogenicznych profili najbardziej równomiernie rozmieszczone były Cd, Pb i Ni. Zn i Cu nagromadzone są w warstwie powierzchniowej (Ca), zawierającej na głębokości 10–50 (70) cm 54,8% domieszek.

Natomiast zawartość Co, Mn i Fe stopniowo wzrastały wraz z głębokością profilu (tab. 4). Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, iż na zawartość Pb, Zn i Cu istotny wpływ (przy $p < 0,05$) miały domieszki pochodzenia antropogenicznego. Natomiast zawartość Ni, Co, Mn i Fe była dodatnio skorelowana z procentową ilością frakcji koloidalnej.

Według Greinerta (2003) stężenie metali ciężkich w glebach przykrytych z obszaru Zielonej Góry uzależnione było od udziału domieszek antropogenicznych. Z danych przytoczonych przez tego autora wynika, że w glebach przykrytych nawierzchnią bitumiczną zawartość metali ciężkich kształtowała się na zbliżonym poziomie stwierdzonym w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu w Szczecinie. Puskás i Farsang (2009), analizując gleby miejskie Szeged poprzez porównanie zawartości metali ciężkich we frakcjach powyżej i poniżej średnicy 2 mm, stwierdzili, że Cu, Ni, Pb i Zn pochodzą ze źródeł antropogenicznych, a Co i Cr – ze źródeł naturalnego pochodzenia.

Tabela 4. Zawartość pierwiastków śladowych w glebach miejskich przykrytych nawierzchnią bitumiczną w obrębie ulicy Obrońców Stalingradu w śródmieściu Szczecina

Table 4. Content of microelements of urban soils covered with bituminous surface within Obrońców Stalingradu street in Szczecin city centre

Warstwy profilu glebowego Layers of soil profile	Symbole warstw i głębokość Symbols of layers and depth (cm)	Pierwiastki rozpuszczalne w mieszaninie stężonych kwasów HNO ₃ + HClO ₄ (mg · kg ⁻¹ s.m. gleby) Soluble in concentrated acids HNO ₃ + HClO ₄ (mg · kg ⁻¹ d.m. soil)								
		Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Fe	
Gleby przykryte – ekranosole – Ekranic Technosols										
Nawierzchnia bitumiczna (asfaltobetonowa) Bituminous surface (asphalt concrete)	0–10	–	–	–	–	–	–	–	–	
Materiał piaszczysty z warstwy bruku z tłuczniem kamiennym Sand material from the layer of pavement with crushed broken stones	Ca 10–50(70)	a	0,28	29,1	42,6	25,8	21,8	2,4	154	8890
		b	0,05–0,48	6,8–58,3	15,8–106,8	5,0–105,8	16,2–31,9	1,0–4,2	7–246	5690–18610
Piaszczysta warstwa z gruzem ceglanym Sand layer with brick rubble	2Ca 50(70)–100(140)	a	0,17	32,6	29,4	15,6	22,5	3,4	178	10871
		b	0,09–0,29	10,4–76,8	19,2–38,1	7,0–20,5	17,8–27,0	2,6–4,0	118–229	7865–13015
Gliniasta warstwa z gruzem ceglanym Loam layer with brick rubble		a	0,26	28,8	36,8	19,3	26,4	4,2	219	14003
		b	0,02–0,49	8,8–108,8	28,1–49,1	9,2–74,8	24,1–35,4	2,9–5,4	158–270	10920–16900
Skała macierzysta Parent material	3C < 100(140)	0,24	9,8	28,1	9,2	28,4	4,5	200	15060	

a – średnia arytmetyczna – arithmetical mean, b – zakres – range.

Na podwyższoną zawartość ołowiu, cynku i miedzi w glebach przyulicznych Szczecina wcześniej zwracali uwagę Piasecki i in. (1995), Wojcieszczuk i Niedźwiecki (2003), Kollender-Szych i in. (2008), Niedźwiecki i in. (2000, 2004, 2009a,b), równocześnie podkreślając, że wysoka akumulacja metali ciężkich ma przeważnie charakter punktowy i obserwowana jest sporadycznie. Chudecka (2009) zaznacza przy tym, że w starszych częściach Szczecina miąższość warstw antropogenicznych wzbogaconych w metale jest większa i że poziom zanieczyszczeń jest wyższy niż na obszarach młodszych.

WNIOSKI

1. Profil gleb przykrytych w Szczecinie – ekranosoli odznaczał się następującą budową profilową: warstwa bitumiczna – warstwa bruku – materiał piaszczysty warstwy bruku z tłucznem kamiennym (Ca) – piaszczysta bądź gliniasta warstwa z gruzem ceglanym (2Ca) – skała macierzysta (3C).

2. Antropogeniczny materiał glebowy, występujący pod bitumiczno-brukową nawierzchnią, wyróżniał się dużą ($\bar{x} = 48,1\%$) zawartością części szkieletowych, wśród których średnio 58,4% stanowiły domieszki pochodzenia antropogenicznego. W mniejszych ilościach występowały one także w głębszych warstwach profilu glebowego.

3. Warstwy antropogeniczne gleby badanych ekranosoli wykazywały: odczyn alkaliczny, zawartość CaCO_3 w zakresie 3,8–4,8%, bardzo niskie zasolenie, śladowe ilości węgla organicznego, malejące wraz z głębokością profilu, w warstwie Ca szeroki stosunek C : N (średnio 21,8), niską zawartość przyswajalnego potasu i magnezu oraz od średniej do wysokiej zawartości przyswajalnego fosforu, przy jego niskiej ogólnej zawartości.

4. Gleby przykryte charakteryzowała niska – naturalna zawartość Cd, Pb, Zn, Ni, Co, Mn; tylko zawartość Cu była podwyższona (I stopień zanieczyszczenia). Na zawartość Pb, Zn i Cu istotny wpływ (przy $p < 0,05$) miały domieszki pochodzenia antropogenicznego, natomiast zawartość Ni, Co, Mn i Fe skorelowana była z procentową zawartością frakcji koloidalnej ($< 0,002$).

PIŚMIENICTWO

- Baran S., Bielińska E.J., Kawecka-Radomska M.** 2010. Zawartość metali ciężkich w glebach parków miejskich podlegających zróżnicowanemu wpływom antropogenicznym. Zesz. Nauk. Uniw. Zielonogór., Ser. Inżynieria Środowiska 17 (137), 131–137.
- Białecki T., Turek-Kwiatkowska L.** 1991. Szczecin stary i nowy. Encyklopedyczny zarys dziejów historycznych dzielnic i osiedli oraz obiektów fizjograficznych miasta. T. I i II. Szczecin, Szczec. Tow. Kult.
- Bowanko G., Hajnos M.** 2003. Wybrane właściwości urbanoziemów. Badania modelowe. Acta Agrophys. 81, 1–90.
- Burghardt W.** 1995. Bodenschulz in urbanen Ökosystemen. 49. Dtsch. Geographentag Bochum, 1993, 2 Bd. Stuttgart, Franz Steiner Verlag, 56–64.
- Burghardt W.** 1996. Boden und Böden in der Stadt. Substrate der Bodenbildung urban gewerblich und industriell überformter Flächen. Berlin, Germany, Urbaner Bodenschulz Springer Verlag, 7–44.
- Charzyński P., Bednarek R., Błaszkiwicz J.** 2011. Morfologia i właściwości gleb przykrytych – ekranosoli Torunia i Kłuzu-Napoki. Rocz. Glebozn. 62 (2), 48–53.

- Chudecka J.** 2009. Charakterystyka substratu glebowego w warstwie antropogenicznej najstarszej części Szczecina. Szczecin, ZUT.
- Czarnowska K.** 1978. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Warszawy jako wskaźnik antropogenizacji środowiska. Zesz. Nauk. SGGW AR Warsz., Ser. Rozpr. Nauk. 106.
- Czarnowska K., Gworek B., Kozanecka T., Latuszek B., Szafrński E.** 1983. Heavy metals content in soil as indicator of urbanization. Pol. Ecol. Stud. 9 (1/2), 63–79.
- Czarnowska K., Kozanecka T.** 2003. Akumulacja Zn, Pb, Cu i Cd w glebach antropogenicznych Warszawy. Roczn. Glebozn. 54 (4), 77–81.
- Czarnowska K., Nowakowski W.** 2006. Zmiany zawartości Fe, Mn, Cu, Pb w trawach zieleńców Warszawy. Roczn. Glebozn. 57 (3/4), 13–17.
- FAO, IUSS, ISRIC.** 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports No. 103. Rome, FAO.
- Górka P., Kowalski S., Melaniuk E., Zajusz-Zubek E.** 1998. Dynamika zanieczyszczeń środowiska Knurowa metalami ciężkimi zawartymi w pyłach. Ochr. Powietrza Probl. Odpadów 4, 137–139.
- Greinert A.** 2000a. Zawartość części szkieletowych w powierzchniowych warstwach gleb miejskich jako wskaźnik ich stopnia antropogenicznego przekształcenia na przykładzie miasta Zielona Góra. Zesz. Nauk. Politech. Zielonogór., Ser. Inż. Środ. 124 (10), 107–114.
- Greinert A.** 2000b. Soils of the Zielona Góra urban area. Transformation of the soil as a result of urbanization processes [in: First International SUITMA Conference on Soils of Urban Industrial, Traffic and Mining Areas]. Eds. W. Burghardt, Ch. Dornauf, Essen, Germany, July 12–18, 2000, University of Essen, 33–38.
- Greinert A.** 2003. Studia nad glebami obszaru zurbanizowanego Zielonej Góry. Zielona Góra, Uniw. Zielonogór.
- Greinert A.** 2009. Poprawa właściwości sorpcyjnych gleb jako warunek utrzymania w dobrym stanie terenów zieleni miejskiej. Roczn. Glebozn. 60 (3), 75–83.
- Greinert A., Walczak B.** 2001. Antropogeniczne materiały macierzyste gleb miejskich Zielonej Góry. Zesz. Nauk. Politech. Zielonogór., Ser. Inż. Środ. 125 (11), 99–104.
- Holland K.** 1996. Stadtböden im Keuperland am Beispiel Stuttgarts, Hohenheimer Bodenkundliche. Hefte 39. Institut für Bodenkunde, Univ. Hohenheim. Diss.
- IUNG.** 1990. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. Seria P, nr 44. Puławy, IUNG, 26.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.** 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. Seria P, nr 53. Puławy, IUNG.
- Kollender-Szych A., Niedźwiecki E., Malinowski R.** 2008. Gleby miejskie. Wybrane zagadnienia dla studentów kierunku ochrona środowiska. Szczecin, Wydaw. Nauk. AR w Szczecinie.
- Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb Polski Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego.** 2011. Systematyka gleb Polski. Roczn. Glebozn. 62 (3), 193.
- Kotla R.** 2001. Bastiony, forty, bunkry. Historia umocnień obronnych Szczecina. Zesz. Szczec. 2, 38.
- Kozanecka T., Czarnowska K., Kwasowski W.** 2000. Nagromadzenie metali ciężkich w glebach w otoczeniu stacji benzynowych w Warszawie. Roczn. Glebozn. 51 (1/2), 73–78.
- Kozińska B.** 2002. Rozwój przestrzenny Szczecina od początku XIX wieku do II wojny światowej. Szczecin, Stow. Hist. Szt. Oddz. Szczec.
- Maciejewski J.** 1980. Wspomnienia z tamtych lat. Wrocław, Ossolineum.
- Niedźwiecki E., Protasowicki M., Wojcieszczuk T.** 2000. Content of some heavy metals in soil and dust fallout within Szczecin urban area [in: First International SUITMA Conference on soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas]. Eds. W. Burghardt, Ch. Dornauf, Essen, Germany, July 12–18, 2000, University of Essen, 75–79.

- Niedźwiecki E., Meller E., Malinowski R., Sammel A., Kruczyńska J.** 2004. Mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*) jako bioindykator zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb miejskich Szczecina. Folia Univ. Agric. Stettin., Ser. Agricultura 242 (99), 103–108.
- Niedźwiecki E., Protasowicki M., Sammel A., Młynarczyk M., Miller A.** 2009a. Skład chemiczny gleby i sałaty odmiany Królowa Majowych (*Lactuca sativa* L.) w ogrodach przydomowych Szczecina. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 542, 789–796.
- Niedźwiecki E., Protasowicki M., Wojcieszczuk T., Sammel A., Dembińska K., Jaruta G.** 2009b. Cechy morfologiczne i skład chemiczny gleb północno-zachodniej części Szczecina. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 542, 797–808.
- Oyama M., Takehera H.** 2003. Revised standard soil color charts. Tokyo, Fujihara Industry Co.
- Pasieczna A.** 2003. Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce. Warszawa, PIG.
- Piasecki J., Maciejewska M., Cyran A.** 1995. The content of zinc, manganese, copper and lead in soils and meadow vegetation of the city of Szczecin. Zesz. Nauk. AR Szczec. 167, Ser. Rolnictwo 60, 81–88.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.** 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. Rocz. Glebozn. 60 (2), 5–16.
- Puskás I., Farsang A.** 2009. Diagnostic indicators for characterizing urban soils of Szeged, Hungary. Geoderma 148, 267–281.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz jakości ziemi.** DzU z 2002 r., nr 165, poz. 1359, 10560–10564.
- Siuta J.** 1995. Gleba, diagnozowanie stanu i zagrożenia. Warszawa, IOŚ.
- Wojcieszczuk T., Niedźwiecki E.** 2003. Zawartość niektórych mikroelementów w liściach drzew i glebach przyulicznych Szczecina. Biologiczne metody oceny stanu środowiska przyrodniczego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 492, 411–417.
- Zimny H.** 2005. Ekologia miasta. Warszawa, Agencja Reklamowo-Wydawnicza.

