POLSKA • AKADEMIA • NAUK
Instytut Badań Systemowych

MONITORING ŚRODOWISKA: BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU

Redakcja:
Stanisława E. Licznar
Michał Licznar
Paweł Licznar

MONITORING ŚRODOWISKA: BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
Tom 53

Redaktor naukowy:

Prof. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2007

MONITORING ŚRODOWISKA: BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU

Redakcja:

Stanisława E. Licznar
Michał Licznar
Paweł Licznar

Publikacja wydana ze środków projektu badawczego MINISTERSTWA NAUKI i SZKOLNICTWA WYŻSZEGO nr P04G08425.

Praca prezentuje oryginalne wyniki badań morfologii gleb, ich składu granulometrycznego, właściwości fizycznych i chemicznych oraz zawartości siarki i metali ciężkich na obszarze Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. Przedstawiono szczegółowy opis obiektu badań, w tym: historię użytkowania badanego obszaru, charakterystykę warunków geomorfologicznych i geologicznych, klimatu, warunków wodnych oraz szaty roślinnej. Istotnym osiągnięciem pracy jest zastosowanie algorytmów aproksymacji krigingowej w opracowaniu danych pochodzących z monitoringu gleb silnie przekształconych w wyniku antropopresji. Oryginalny sposób opracowania wyników badań elementów środowiska glebowego na obszarach przekształconych działalnością człowieka, przedstawiony w pracy, powinien znaleźć szersze zastosowanie a prezentowana publikacja powinna być dostępna w bibliotekach terenowych inspektoratów ochrony środowiska oraz uczelni, w których są prowadzone wykłady z zakresu monitoringu środowiska.

Recenzenci:

Dr hab. Janusz Łomotowski
Dr hab. Jan Studziński

Komputerowa edycja tekstu: Anna Gostyńska

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2006

Instytut Badań Systemowych PAN
Newelska 6, PL 01-447 Warsaw

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw IBS PAN
e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl

Seria
Bibl. podręczna
45644

ISBN 83-894-7510-3
9788389475107
ISSN 0208-8029

1. WSTĘP

Tereny zieleni odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu środowiska szczególnie terenów mocno zurbanizowanych. Wśród nich bardzo ważną rolę pełnią parki. Powszechnie uważa się, że wywierają dobroczynny wpływ w sensie sanitarno-higienicznym, estetycznym i kulturalnym, a skupiska drzew tłumią hałas miejski i zmniejszają szum środków komunikacji (Drapella-Hermansdorfer, 1997; Hrynkiewicz-Sudnik, 1996; Lis, 2005). Ponadto soczysta zieleń parków, piękne rabaty i kwietniki, a zwłaszcza złagodzone i częściowo filtrowane powietrze wpływają korzystnie na nastrój i usposobienie ludzi. W wielkich aglomeracjach miejskich parki są elementem architektoniczno-estetycznym.

Na terenie Wrocławia „miasta - ogrodu" ogółem lasy i zieleń miejska zajmują 22% powierzchni. W jego obrębie parki i skwery zajmują 651 ha, a parki leśne 236 ha (Haladyn, 1997). W stosunku do innych wiekowych miast Polski Wrocław posiada dużą ilość parków, które cechują się bogactwem gatunków roślin drzewiastych oraz znaczną liczbą zabytkowych drzew, sędziwych pomników przyrody. System zieleni miejskiej Wrocławia przedstawia układ promienisto-pierścieniowy, skoncentrowany głównie wokół położonych w centrum dzielnic Śródmieście i Stare Miasto (Drapella-Hermasdorfer i Ogielski,1998; Hrynkiewicz-Sudnik, 1996).

W aglomeracji miejskiej Wrocławia największym i zarazem najstarszym jest Park Szczytnicki. Położony jest on we wschodniej części miasta na tzw. Wielkiej Wyspie, gdzie utworzony został Szczytnicki Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy (Drapella-Hermansdorfer, 1996; Masztalski, 1997). Obejmuje on tereny wystawowe, Halę Ludową i Ogród Zoologiczny, które tworzą otulinę zabytkowego Parku Szczytnickiego. Obszar ten reprezentuje wartości rangi europejskiej, wykracza poza potrzeby lokalne i służy promocji miasta na zewnątrz.

Prawidłowy rozwój roślinności w parkach uzależniony jest od fizjografii terenu, klimatu, wody, ale również od gleby i skażenia środowiska powodowanego oddziaływaniem aglomeracji miejskich. Dotychczas Park Szczytnicki był przedmiotem wielu opracowań dotyczących jego historii, przemian terytorialnych oraz kompozycji szaty roślinnej (Bińkowska, 1995,

1996; Bińkowska i in., 1995; Borcz, 2002; Cebrat, 1998; Drapella- Hermansdorfer i in., 1996; Łanowiecki i Chudzyński, 2004, Malczyk i in., 1998; Szopińska, 1999; Szamańska, 1999; Wąs, 1993). Natomiast nieliczne są prace charakteryzujące pokrywę glebową i jej stan (Karczewska i in., 2000; Licznarowie, 2005; Meinhardt, 1995, 1996).

Rozwijająca się dynamicznie w pobliżu parku aglomeracja miejska niesie niebezpieczeństwo dla środowiska przyrodniczego. W związku z powyższym zachodzi konieczność charakterystyki pokrywy glebowej Parku Szczytnickiego.

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Morfologia gleb

Badania kartograficzne na terenie Parku Szczytnickiego wykazały zróżnicowanie pokrywy glebowej kształtowanej układem biotycznych i abiotycznych czynników glebotwórczych. Uwzględniając kryteria Systematyki Gleb Polski (1989), stwierdzono występowanie jednostek systematycznych z działu gleb napływowych i działu gleb antropogenicznych (Rysunek 4). Gleby napływowe typu mady rzeczne na terenie parku są reprezentowane przez dwa podtypy:

- mady brunatne – profile 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 13, 15 i 18,
- mady próchniczne – profile 5 i 16.

W obrębie działu gleb antropogenicznych na terenie parku występują następujące typy:

- gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu – profile 7 i 8,
- gleby antropogeniczne próchniczne – profile 1,12 i 17,
- pararędziny antropogeniczne - profile 14 i 19.

Dominującą jednostką systematyczną gleb kartowanego obszaru są mady brunatne. Gleby te o budowie A-Bbr-C występują na terenie wszystkich sektorów parku. Największy udział powierzchniowo zajmują w sektorach III, IV i VI, a najmniejszy w sektorze VII. Gleby te wytworzone z utworów aluwialnych wykazują budowę wieloczłonową, często trójja nawet czteroczłonową. Miąższość poziomu próchnicznego w tych glebach waha się w granicach 15-30 cm. Pod nim zalega dobrze wykształcony poziom wzbogacania przechodzący stopniowo lub wyraźnie w skałę macierzystą. Poziomy genetyczne mad brunatnych o składzie granulometrycznym glin ciężkich i iłów wykazują ślady oglejenia.

Profil 3 Mada brunatna położona w sektorze IV, pod roślinnością lasu iglastego z nasadzeniami różaneczników.

O_h 0 –6 cm, piasek gliniasty mocny, ciemno brunatny (10 YR 2/2),

A 6 – 18 cm, glina ciężka, ciemno brunatna (10 YR 3/2).

B_{brg} 18 – 55 cm, glina ciężka, ciemno brunatna (10 YR 3/3), plamy glejowe,

II C_{oxg} 55 – 100 cm, ił, ciemno żółto brunatny (10YR 4/6), konkrecje żelaziste,

II C_{gg} > 100 cm, ił, szaro brunatny (10 YR 5/2), oglejenie całkowite.

Rysunek 4. Pokrywa glebowa: Mb – mady brunatne, Mc – mady próchniczne, Anp – gleby antropogeniczne próchniczne, Ann – gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu, AnR – pararędziny antropogeniczne.

Profil 10 Mada brunatna zlokalizowana w sektorze II pod roślinnością łąkową.

Aan 0 – 25 cm, piasek gliniasty mocny, bardzo ciemno szary (10 YR 3/1), drobne odłamki cegły,

II Bbr 25 – 45 cm, glina lekka, ciemno żółto brunatna (10YR 3/4),

III C > 45 cm, piasek luźny, bardzo jasno brunatny (10 YR 7/4).

Mady próchniczne są jednostką systematyczną, która zajmuje drugie miejsce w pokrywie glebowej parku. Większy ich obszar jest zlokalizowany w sektorze VII. Ponadto zalegają w sektorach V i VI oraz przybrzeżnym pasie cieku Czarna Woda na terenie sektora VIII. Występują one najczęściej na niżej położonych łąkach i polanach oraz pod drzewostanem mieszanym z bujnie wykształconym podszytem trawiasto zielnym. Mady próchniczne wykazują budowę A-AC-Cg. Są to gleby posiadające dobrze wykształcony poziom próchniczny miąższości 40 cm, niekiedy 50 cm, który stopniowo przechodzi w skałę macierzystą. Głęboki poziom próchniczny omawianych gleb wykazuje barwę ciemną, świadczącą o znacznej zawartości próchnicy. Często poziomy skały macierzystej w madach próchnicznych wytworzone z utworów zwięzłych posiadają oznaki oglejenia.

Profil 5 Mada próchniczna na terenie sektora VI, pod drzewostanem lasu dębowego z roślinnością trawiastą.

A 0 – 50 cm, glina średnia, ciemno szaro brunatna (10 YR 3/2).

II C 50 – 70 cm, piasek słabo gliniasty, ciemno brunatny (10 YR 4/3),

III C_{gg} > 70 cm, glina ciężka, brunatna (10 YR 5/3), oglejenie marmurkowe.

Profil 16 Mada próchniczna położona w sektorze VII, pod roślinnością lasu świeżego.

Aan 0 – 40 cm, glina średnia, bardzo ciemno szara (10 YR 4/1), drobne odłamki cegły,

AC 40 – 95 cm, glina ciężka, szara (10 YR 5/1),

C > 95 cm, glina ciężka, szaro brunatna (10 YR 4/2).

Gleby antropogeniczne Parku Szczytnickiego reprezentowane są głównie przez gleby urbanoziemne. Genezę ich należy łączyć z pierwotną ich przynależnością do gleb napływowych, które pod wpływem działalności człowieka uległy przemianom modyfikującym ich cechy morfologiczne.

Powodowane jest to zabudową architektoniczną w obrębie parku, nagromadzeniem odpadów budowlanych oraz pracami ziemno-budowlanymi podczas tworzenia infrastruktury parku.

Na obrzeżach Parku Szczytnickiego w miejscach występujących dawniej zabudowań można wydzielić pararędziny antropogeniczne. Największy ich obszar spotykamy w sektorze VIII, na terenie obecnego placu zabaw dla dzieci i terenach przyległych. Podobnie spotykamy je w sektorach VI (przy ul. Dicksteina) i IV (przy ul. Heweliusza). Są to gleby, w których stwierdza się obecność węglanu wapnia w wyniku działalności człowieka. Węglan wapnia w pararędzinach antropogenicznych gromadzi się głównie w powierzchniowej warstwie gleby. Jego zawartość w częściach ziemistych dochodzi niekiedy do 120 $g \cdot kg^{-1}$.

Cechą charakterystyczną pararędzin antropogenicznych ukształtowanych oddziaływaniem aglomeracji miejskiej miasta Wrocławia jest nagromadzenie gruzu lub pyłu wapiennego, który bardzo powoli ulega rozkładowi. Odpady wapienne są często przemieszane z warstwą próchnicy pierwotnych mad lub przykryte cienką kilkucentymetrową warstwą materiału obcego pochodzenia.

Profil 14 Pararędzina antropogeniczna na terenie sektora VIII, pod roślinnością trawiastą

Aanca 0 – 28 cm, piasek gliniasty lekki, bardzo ciemno szary (10 YR 4/1), odłamki cegieł, fragmenty płytek ceramicznych,

II AancaCca 28 – 40 cm, glina lekka, szara (10 YR 5/1), domieszka cegły i ceramiki,

II C 40 – 90 cm, glina lekka, szaro brunatna (10 YR 4/2),

II C > 90 cm, glina lekka, jasno brunatna (10 YR 4/4).

Profil 19 Pararędzina antropogeniczna w sektorze IV, na byłym terenie zabudowanym, aktuanie po roślinnością trawiastą i drzewostanem liściastym

Aanca 0 – 15 cm, glina lekka, bardzo ciemno szara brunatna (10 YR 3/1), odłamki cegieł,

AancaCca 15 – 80 cm, glina lekka, ciemno szaro brunatna (10 YR 3/2), odłamki cegieł, fragmenty podmurówki,

IIC 80 – 105 cm, glina średnia, brunatna (10 YR 5/3), fragmenty podmurówki,

III C > 105 cm, piasek luźny, jasno brunatny (10 YR 6/3), fragmenty podmurówki.

Antropogeniczne gleby próchniczne na terenie Parku Szczytnickiego powstały w wyniku przekształcenia mad. Występują one najczęściej w strefach obrzeży parku, gdzie wprowadzenie organicznych domieszek niewęglanowych przyczyniło się do zmiany pierwotnych poziomów próchnicznych. Drugim miejscem ich występowania są aktualne lub byłe tereny pod krzewami ozdobnymi i różanecznikami, gdzie pod wpływem głębokiej uprawy i nawożenia organicznego nastąpiła deformacja pierwotnych gleb aluwialnych. Są to gleby o budowie Aan-AanC-C. W glebach tych spotykamy odłamki kamieni, cegły i jednocześnie znaczną zawartość próchnicy, co przejawia się ciemnym zabarwieniem głębokiego poziomu próchnicznego.

Gleby antropogeniczne próchniczne występują w sąsiedztwie mad próchnicznych. Wskazuje to, że ich genezę można łączyć z przekształceniem mad próchnicznych. Duży zwarty kompleks tych gleb położony jest w przybrzeżnym pasie w sektorze VII (przy ulicy Paderewskiego). Ponadto zasięgi omawianych gleb wydzielono w sektorach V i VI (przy ul. Banacha) i placu zabaw, na terenie Ogrodu Japońskiego oraz w tzw. wgłębniku (przy ul. Mickiewicza) w sektorze VII.

Profil 12 Gleba antropogeniczna próchniczna zlokalizowana w sektorze V na terenie byłej restauracji Szwajcarki pod roślinnością łąkową.

Aan 0 – 24 cm, glina lekka, jasno brunatno szara (10 YR 6/2), znaczna ilość szkieletu, żużel,

AanC 24 – 77 cm, glina lekka, brunatna (7,5 YR 5/4) żużel, odłamki kamieni,

II C > 77 cm, piasek luźny, czerwono żółty (7,5 YR 7/8), wytrącenia żelaziste.

Profil 17 Gleba antropogeniczna próchniczna na terenie sektora VII, pod buczyną.

Aan 0 – 28 cm, glina średnia, bardzo ciemno szara (10 YR 4/1), odłamki cegieł, ceramika,

II AanC 28 – 49 cm, glina ciężka, ciemno brunatna (10 YR 4/3), odłamki cegły,

II C > 49 cm, glina ciężka, żółto brunatna (10 YR 5/4).

Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu glebowym są jednostką systematyczną występującą na peryferiach parku oraz na tzw. Wzgórzu Göpperta (sektor III) i przy cieku Czarnej Wody (sektor VIII). Są to gleby, które powstały wskutek mechanicznego nagromadzenia zwałów ziemi w formie usypanych wzgórz lub ogłowienie profilu glebowego w związku wybraniem częściowym materiału glebowego na terenach byłych wyrobisk cegielni (skrzyżowanie ulic Mickiewicza i 9 maja), bądź też zaburzeniach budowy profilowej w rejonach dawnej zabudowy Ogrodu Szkolnego w sektorze IV.

Gleby te wykazują budowę Aan-C. Poziom Aan omawianych gleb zawiera domieszki materiałów obcego pochodzenia.

Profil 7 Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu na terenie sektora IV, pod krzewami cisów.

Oh 0 – 6 cm, piasek gliniasty mocny, ciemno brunatny (10 YR 2/2),

Aan 6 – 22 cm, glina średnia, ciemno brunatna (10 YR 3/3), odłamki cegły,

II C 22 – 60 cm, piasek słabo gliniasty (5YR 4/6), plamy żelaziste, odłamki cegły

II Cgg > 60 cm, ił, ciemno żółto brunatny (10 YR 4/4), oglejenie marmurkowe.

Profil 8 Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu położona na terenie sektora III, pod roślinnością łąkową.

Aan 0 – 30 cm, żwir gliniasty, ciemno szary (10 YR 3/1), drobne odłamki cegły, kamieni i szkła,

IICan 30 – 52 cm, piasek gliniasty lekki, bardzo jasno brunatny (10 YR 7/4),

III Cg 52 – 93 cm, glina ciężka, bardzo ciemno szara (10 YR 3/1), plamy glejowe,

IV C > 93 cm, piasek luźny, jasno szary (10 YR 7/2).

Analizując pokrywę glebową Parku Szczytnickiego należy również podkreślić wpływ człowieka na cechy morfologiczne dominujących jednostek systematycznych. Przejawia się to obecnością w masie glebowej poziomów powierzchniowych: odłamków cegły, ceramiki, szkła, żużlu i róż-

nych części metalowych. Związane jest to z pracami melioracyjnymi na terenie parku, urządzaniem i tworzeniem jego infrastruktury oraz zaśmieceniem. Ponadto ingerencja człowieka w środowisko glebowe na terenie parku przejawia się poprzez grabienie i wywożenie liści z obszarów zalesionych i zadrzewionych oraz koszeniem i usuwaniem trawy. Spowodowało to zanik poziomu organicznego odgrywającego bardzo ważną rolę w funkcjonowaniu siedlisk leśnych. Dlatego też szczątkowe poziomy organiczne występują jedynie na niewielkich obszarach nasadzeń cisów i innych drzew iglastych.

5.2. Skład granulometryczny

Trwałą cechą każdej gleby jest jej skład granulometryczny (Drozd i in., 2002). Wytworzone z osadów aluwialnych gleby Parku Szczytnickiego wykazują przestrzenne i profilowe zróżnicowanie składu granulometrycznego (Tabela 1).

Uwzględniając procentową zawartość poszczególnych frakcji granulometrycznych w powierzchniowej warstwie gleb 5-10 cm można wydzielić na terenie parku gleby wytworzone z piasków słabo gliniastych, piasków gliniastych lekkich, piasków gliniastych mocnych, glin lekkich i glin średnich (Licznarowie, 2005). Wśród wymienionych dominują przede wszystkim utwory gliniaste. Przestrzenne zróżnicowanie składu granulometrycznego (Rysunek 5) wskazuje, że mady próchniczne są glebami wytworzonymi z utworów zwięźlejszych niż mady brunatne. W obrębie mad próchnicznych dominują gleby wytworzone z glin średnich, a wśród mad brunatnych z glin lekkich. Podobnie jak mady próchniczne, gleby antropogeniczne próchniczne są najczęściej glebami zwięźlejszymi. Gleby te położone dalej od koryta rzeki Odry wykazują skład granulometryczny głównie glin średnich, a występujące bliżej koryta piasków gliniastych lekkich i piasków gliniastych mocnych.

Pozostałe jednostki typologiczne gleb antropogenicznych charakteryzują się lżejszym składem granulometrycym. W pararędzinach antropogenicznych zwraca uwagę obecność piasków, a szczególnie piasków słabo gliniastych. Cechą tych gleb jest ponadto wysoki udział frakcji szkieletowej. Podobnie w glebach antropogenicznych o niewykształconym profilu występują przeważnie piaski gliniaste lekkie.

Tabela 1. Skład granulometryczny.

Nr profilu *Profile No.*	Poziom genetyczny *Genetic horizon*	Głębokość pobrania *Sampling depth* (cm)	Procentowa zawartość funkcji o średnicy [mm] *Percentage contents of fraction [mm]*								
			>1	1-0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1 – 0,05	0,05 –0,02	0,02–0,006	0,006–,002	< 0,002
Mady brunatne *Alluvial brown soils*											
2	A	5-10	2,8	20,0	32,5	10,5	3	9	6	6	13
	Bbr	20-30	3,6	19,0	25,5	14,5	6	6	5	6	18
	II BbrC	55-60	4,8	50,1	34,2	3,7	2	1	0	2	7
	II C	80-90	1,5	28,9	51,4	2,7	2	5	1	1	9
3	Oh	0-6	0,4	17,5	20,5	12	16	17	9	3	5
	A	7-15	0,6	2,5	7,5	14,0	7	17	13	9	23
	Bbrg	25-35	0,2	1	4,5	13,5	5	20	13	19	24
	II Coxg	60-70	0	0,1	1,0	4,9	7	5	9	16	57
	II Cgg	110-120	0	0	0	0	11	6	9	17	57
4	A	5-10	20	10,0	19,1	10,9	11	13	13	8	15
	Bbr	30-40	0,8	4,6	29,5	29,9	12	2	7	3	12
	BbrC	60-70	1,6	2,7	7,5	16,8	16	19	11	6	21
	II C	95-105	3,7	19,2	70,7	7,1	0	1	1	0	1
6	A	5-15	11,2	21,0	25,5	5,5	9	10	14	4	11
	II Bbr	40-50	2,6	12,0	26,5	9,5	5	6	8	10	23
	III C	75-80	3,8	7,2	61,5	27,3	1	0	0	0	3
		90-95	2,4	31,5	51,5	13	1	0	0	0	3
9	A	10-15	76,8	8	20	10	14	12	16	7	13
	II Bbrg	35-40	0	5	5,5	2,5	2	5	11	26	43
	III C	80-90	4,6	36	49	11	1	1	0	1	1
10	Aan	8-18	10,4	13,3	41,3	20,4	4	7	7	4	3
	II Bbr	29-39	11,0	10	32,5	13,5	5	6	13	5	15
	III C	78-88	7,1	10,5	67,5	18	1	1	1	0	1
11	A	15-15	19,2	9	16,5	24,5	19	13	7	5	6
	II Bbr	20-30	18,8	1,7	5,9	25,4	20	12	14	8	13
	III C	50-60	6,0	20,8	61,8	12,4	1	0	2	1	1
	IV C	80-90	15,1	7,9	28,6	15,5	6	6	11	6	19
13	A	5-15	4,0	4,9	33,8	23,3	4	7	14	6	7
	Bbr	25-35	14,4	3,8	24,3	24,9	9	6	13	6	13
	II C	50-70	5,6	1,2	46,5	41,3	4	0	2	1	4
15	A	5-15	12,4	6,3	18,3	27,4	8	9	11	4	16
	Bbr	35-45	1,0	4,4	17.7	30,9	8	7	10	4	18
	II BbrC	60-70	2,4	15,0	61,7	20,3	2	0	0	0	1
	II C	90-105	9,6	32	59	7	1	0	0	0	1
18	A	5-15	17,6	7,2	11,9	10,9	10	14	10	12	24
	Bbr	20-25	2,0	9,2	12,8	10	10	11	11	9	27
	II Cgg	40-50	0,1	3,5	5,5	7,0	9	8	15	9	43

cd. Tabela 1.

Nr profilu *Profile No.*	Poziom genetyczny *Genetic horizon*	Głębokość pobrania *Sampling depth* (cm)	Procentowa zawartość funkcji o średnicy [mm] *Percentage contents of fraction [mm]*								
			>1	1-0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1 – 0,05	0,05 –0,02	0,02–0,006	0,006–,002	< 0,002
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*											
5	A	5-15	3,8	14,2	22,3	13,5	6	9	12	8	15
	A	32-40	8,6	15,5	26,8	9,7	4	3	11	9	21
	II C	60-70	6,8	20,8	40,2	29,0	2	1	2	1	4
	III Cgg	105-115	0,6	2,2	6,0	6,8	6	8	17	10	44
16	Aan	5-15	2,4	9,6	16,0	9,4	10	10	12	8	25
	AC	45-55	0	3	8	6	10	6	21	16	30
	C	100-115	0	2,7	4,8	4,5	8	4	17	11	48
Gleby antropogeniczne o nie wykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*											
7	Oh	0-5	2,6	17,2	21,0	11,8	18	13	9	8	2
	Aan	10-20	2,2	16	23,5	10,5	2,0	6	11	7	24
	II C	40-50	8,3	45,1	41,2	1,7	2	1	1	1	7
	III Cgg	70-80	0,8	0,5	0,8	0,7	6	14	25	12	41
8	Aan	10-15	8,6	8,5	30,5	26,0	15	7	7	1	5
	II Can	35-40	6,2	3,8	33,7	43,5	6	2	1	3	7
	III Cg	58-64	0	1,5	1,5	3	5	6	11	15	57
	IV C	95-100	6,8	20	60	17	2	0	0	0	1
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*											
1	Aan	5-20	1,8	11,3	12,3	8,4	11	8	11	14	24
	AC	45-55	1,5	7,8	16,2	9,0	7	12	11	16	21
	II Cg	75-85	0,1	2,6	5,2	14,2	9	9	16	12	32
	III C	115-125	3,2	16,8	62,0	5,2	4	1	1	2	8
12	Aan	12-20	11,0	25,4	29,0	17,6	8	9	7	2	2
	AanC	40-50	24,6	27,5	29,0	18,5	5	9	7	1	3
	II C	80-90	10,2	1,2	46,5	41,3	4	0	1	1	4
17	Aan	5-15	1,2	4,0	5,5	15,5	12	17	13	9	24
	II AanC	35-45	0	5,3	6,0	12,7	10	10	15	9	32
	II C	60-70	0,1	0,3	1,8	15,9	11	14	17	7	33
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*											
14	Aanca	5-10	38,6	30,0	37,8	5,2	8	4	6	5	4
	II Aanca	30-40	13,8	6,2	12,6	25,2	10	14	14	7	11
	II C	60-70	14,8	2,1	6,2	30,7	13	17	14	4	13
	II C	95-105	57,8	20,7	13,3	20	7	6	12	6	15
19	Aanca	3-8	21,5	8,2	14	19,8	12,0	15	20	7	4
	AancaCca	20-28	9,8	10,0	26,5	27,2	6,3	3	10	4	13
		40-50	0,9	14,3	24,5	23,2	6,0	4	10	4	14
	II C	90-100	0	4,3	8,0	27,7	13,0	7	14	6	20
	III C	110-120	16,9	55,4	36,7	1,9	0	1	2	1	2

Rysunek 5. Skład granulometryczny w warstwie 5-10 cm: ps – piaski słabogliniaste, pg – piaski gliniaste, gl – gliny lekkie, gś – gliny średnie.

Rozpatrując profilowe zróżnicowanie składu granulometrycznego obserwuje się tendencję do wzrostu zwięzłości gleb. Często zaznacza się to już na głębokości 15-20 cm, co przejawia się między innymi obecnością glin ciężkich. Poziomy wzbogacania w madach brunatnych wykazują zawartość ponad 20 % części spławialnych, co świadczy o zaleganiu osadów zaliczanych do glin lekkich, średnich i ciężkich. W wieloczłonowych madach brunatnych skałę macierzystą stanowią przeważnie piaski luźne lub piaski słabo gliniaste zalegające niekiedy już na głębokości około 50 cm. Wśród mad brunatnych na terenie parku spotykamy sporadycznie profile, w których skałą macierzystą są utwory bardzo zwięzłe, gliny ciężkie lub iły.

W glebach ukształtowanych pod wpływem naturalnych czynników glebotwórczych mady próchniczne wykazują zwięźlejszy skład granulometryczny. W omawianej jednostce typologicznej na głębokości 15-20 cm dominują gliny średnie i ciężkie. Gliny ciężkie stanowią również najczęściej skałę macierzystą w madach próchnicznych na terenie sektora VII najbardziej oddalonego od koryta rzeki Odry.

W profilach pararędzin antropogenicznych udział domieszek wpływa na zmiany składu granulometrycznego w ujęciu profilowym. Pod poziomem powierzchniowym Aanca występują gliny, które zalegają na piaskach lub żwirach.

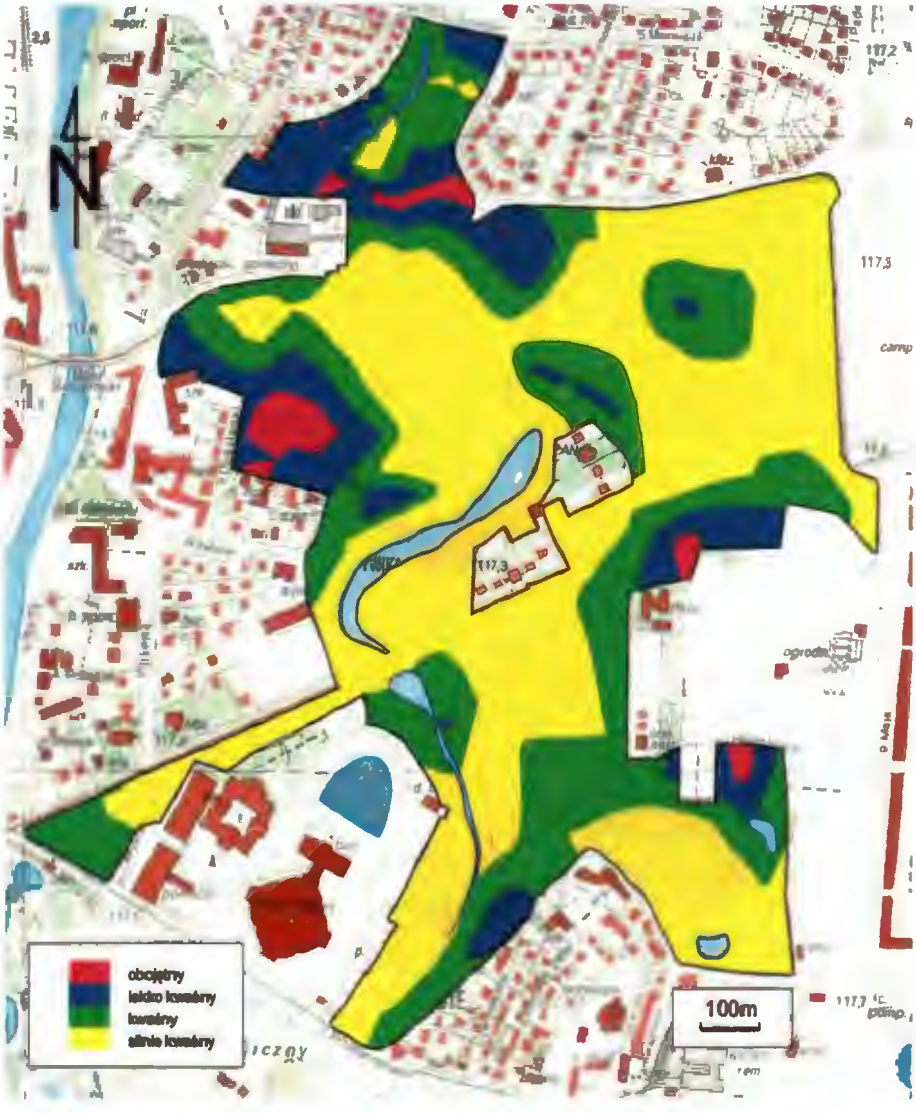
Uwzględniając skład granulometryczny, zwłaszcza poziomów powierzchniowych, wydzielono następujące gatunki gleb: bardzo lekkie, lekkie, średnie, ciężkie i bardzo ciężkie. Wśród mad brunatnych dominują gatunki gleb średnich i lekkich, a w obrębie mad czarnoziemnych gatunki gleb ciężkich i średnich. Gleby ciężkie i średnie występują w dalszej odległości od koryta rzeki Odry. Również w glebach antropogenicznych próchnicznych zróżnicowanie profilowe składu granulometrycznego jest warunkowane położeniem ich względem koryta rzeki Odry. Gleby położone bliżej koryta rzeki wykazują najczęściej w swoim składzie obecność utworów piaszczystych i są to gleby lekkie. Natomiast gleby położone dalej od koryta rzeki w środkowej części profilu charakteryzują się obecnością glin ciężkich pościelonych piaskiem gliniastym i kwalifikują się jako gleby średnie. Może to być między innymi potwierdzeniem aluwialnego pochodzenia skał macierzystych gleb na terenie parku.

Instytut Badań Systemowych PAN BIBLIOTEKA - W Warszawie -

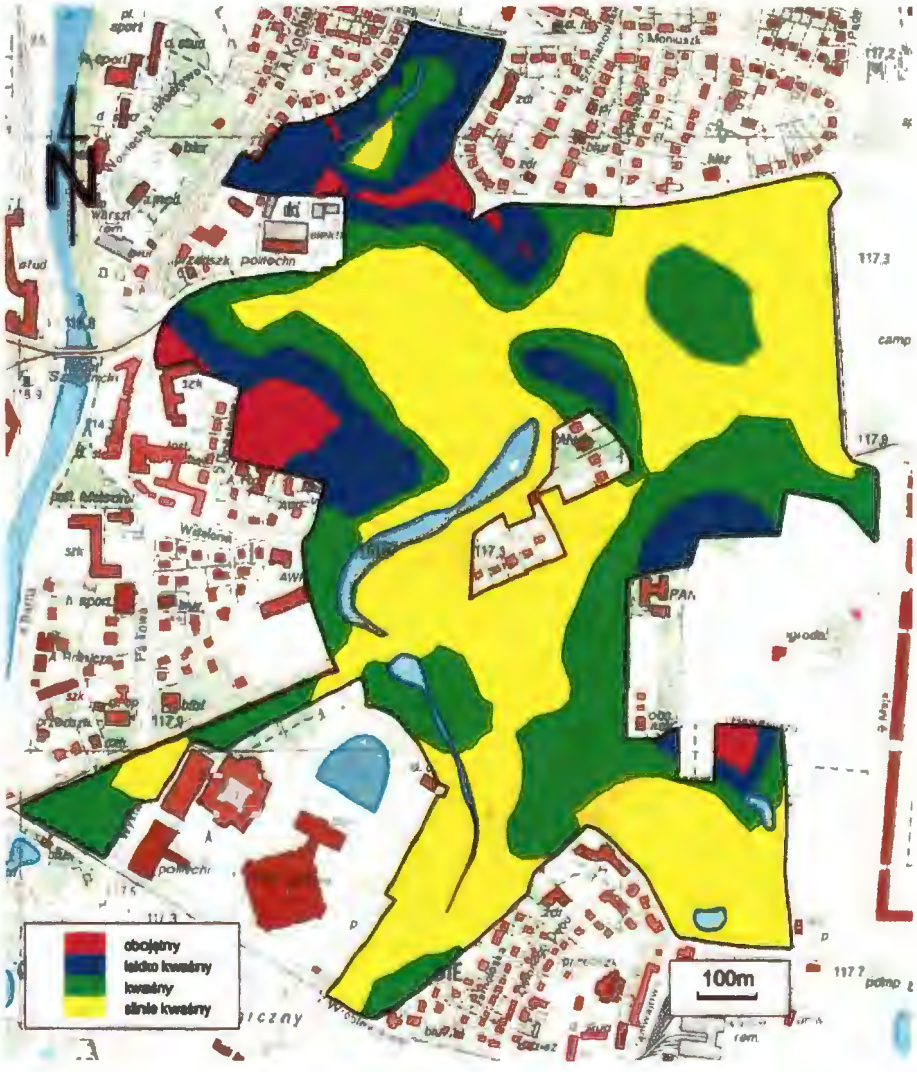
5.3. Właściwości fizykochemiczne

5.3.1. Odczyn gleb

Ważną właściwością fizykochemiczną gleb wpływającą na wzrost i rozwój roślinności jest odczyn warunkowany wzajemnym stosunkiem jonów wodorowych do wodorotlenowych w roztworze glebowym.



Rysunek 6. Odczyn gleb w warstwie 5-10 cm, pH w KCl.



Rysunek 7. Odczyn gleb w warstwie 15-20 cm, pH w KCl.

Na terenie parku wartości pH są bardzo zróżnicowane (Tabela 2). W poziomach próchnicznych na głębokości 5 – 10 cm pH w H_2O waha się w przedziale 3,81 do 7,68, natomiast pH w KCl (1 mol·dm^{-3}) od 2,58 do 7,20. Podobnie wartości te kształtują się na głębokości 15 – 20 cm: pH w H_2O w granicach 3,52 do 8,06 oraz pH w KCl (1 mol·dm^{-3}) 2,54 do 7,36. Tak zróżnicowane wartości pH wskazują na występowanie w parku gleb silnie kwaśnych, kwaśnych, lekko kwaśnych, obojętnych i zasadowych.

Mapy odczynu gleb (Rysunki 6 i 7) wykreślone w oparciu o pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ w warstwie 5 – 10 i 15 – 20 cm wskazują na zdecydowaną dominację gleb silnie kwaśnych. Podobnie gleby kwaśne zalegają na znacznej powierzchni parku. Najmniejszą powierzchnię zajmują gleby zasadowe.

Odczyn gleb w parku wykazuje pewne prawidłowości uwarunkowane właściwościami charakterystycznymi dla danego typu gleb oraz rodzaju zbiorowiska roślinnego (Tabele 2 i 3). Wartości pH w poziomach powierzchniowych i układzie profilowym (Tabela 4) wykazują, że odczyn w obrębie jednostek systematycznych gleb parku jest bardzo zróżnicowany. Gleby silnie kwaśne, kwaśne i lekko kwaśne zalegają w rejonie występowania mad brunatnych i próchnicznych oraz gleb antropogenicznych próchnicznych i o niewykształconym profilu. Pararędziny antropogeniczne są najczęściej glebami o odczynie obojętnym i zasadowym.

Wśród wydzielonych zbiorowisk roślinnych szeroki wachlarz gleb od silnie kwaśnych do zasadowych występuje pod drzewostanem mieszanym, a także na polanach. Pod drzewostanem iglastym zdecydowanie przeważają gleby silnie kwaśne i kwaśne.

Tabela 2. Odczyn (pH) gleb parku.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	pH w H_2O *pH in H_2O*		pH w 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ *pH in 1 mol $KCl\ dm^{-3}$*		
	Głębokość (cm) *Depth (cm)*				
	5-10	15-20	5-10	15-20	>20
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	3,81-6,84	3,72-6,98	2,95-6,36	2,92-6,50	3,12-6,50
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	4,01-6,62	4,37-6,76	2,58-5,79	2,54-5,72	3,57-5,40
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	4,29-6,84	4,44-7,01	3,45-6,71	3,66-6,44	3,89-6,00
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	4,17-6,99	3,52-6,94	3,15-5,91	3,15-5,94	4,38-6,50
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	6,84-7,68	6,99-8,06	6,44-7,20	6,54-7,36	6,20-7,00
Gleby parku *Park's soils*	3,81-7,68	3,52-8,06	2,58-7,20	2,54-7,36	-

Tabela 3. Odczyn (pH) gleb pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	pH w H_2O *pH in H_2O*		pH w 1 mol KCl dm^{-3} *pH in 1 mol KCl dm^{-3}*	
	Głębokość (cm)		*Depth (cm)*	
	5-10	15-20	5-10	15-20
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	3,81-6,09	4,82-6,98	3,11-5,67	3,00-5,91
Łąki i polany *Meadows and glades*	4,01-7,60	4,00-7,80	2,58-7,10	2,54-7,21
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	3,82-7,68	3,52-8,06	2,95-7,20	2,92-7,36

5.3.2. Właściwości sorpcyjne

Zróżnicowanie ilościowe koloidów i wartości pH kształtują właściwości fizykochemiczne, których wyrazem jest zwartość kationów zasadowych i jonów wodorowych w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb (Tabela 4, 5 i 6). Kwasowość hydrolityczna podobnie jak pH wykazuje duże zróżnicowanie. Jej wysokie wartości w poziomach powierzchniowych najczęściej spadają w głębiej zalegających warstwach. W poziomach próchnicznych wartości te wahały się w przedziale 0,13 – 38,80 cmol(+)·kg^{-1} w warstwie 5 – 10 cm i 0,01 – 29,05 cmol(+)·kg^{-1} w warstwie 15 – 20 cm. Najwyższą kwasowość hydrolityczną stwierdzono w profilu mady brunatnej bardzo ciężkiej (profil 3) wykazującej odczyn silnie kwaśny. Wśród wydzielonych jednostek glebowych na terenie parku najniższą kwasowość hydrolityczną wykazywały pararędziny antropogeniczne. Są to gleby zawierające $CaCO_3$, który hamuje proces zakwaszania i jednocześnie wysycania kompleksu sorpcyjnego kationami wodoru. Na terenie parku zaznacza się ponadto oddziaływanie zbiorowisk roślinnych na zawartość jonów wodorowych w kompleksie sorpcyjnym. Widoczne jest to w glebach porośniętych drzewostanem iglastym, gdzie kwasowość hydrolityczna jest wyższa niż pod roślinnością trawiasto zielną na łąkach i polanach.

Wśród kationów wymiennych o charakterze zasadowym w kompleksie sorpcyjnym analizowanych gleb dominuje wapń. Jego zawartość waha się w szerokich granicach i jest warunkowana składem granulometrycznym, zawartością próchnicy oraz odczynem gleby. W układzie profilowym największe ilości wapnia wymiennego zawierają warstwy zalegające na głębokości 15 – 20 cm i poziomy wzbogacania w madach brunatnych.

Tabela 4. Właściwości fizykochemiczne.

Nr profilu *Profile No*	Poziom genetyczny *Genetic horizon*	Głębokość pobrania *Sampling depth* (cm)	pH 1M KCl	H_h *Hydrolytic acidity*	Kationy wymienne *Exchangeable cations*				S (TEB)	T (CEC)	V (BS) %
					Ca	Mg	K	Na			
				cmol (+)·kg^{-1}							
Mady brunatne ***Alluvial brown soils***											
2	A	5-10	4,5	9,80	3,93	0,91	0,14	0,15	5,14	14,94	34,4
	Bbr	20-30	5,8	2,50	6,40	0,94	0,13	0,26	7,73	10,23	75,6
	II BbrC	55-60	6,3	0,73	3,47	0,27	0,07	0,14	3,95	4,69	84,4
	II C	80-90	6,5	0,36	2,75	0,31	0,04	0,10	3,20	3,56	90,0
3	Oh	0-6	4,5	27,45	9,30	3,57	0,87	0,40	14,14	41,57	34,0
	A	7-15	3,2	38,80	3,52	1,17	0,71	0,38	5,78	44,58	13,0
	Bbrg	25-35	3,4	26,04	10,56	1,87	0,23	0,35	12,80	38,84	33,0
	II Coxg	60-70	3,4	18,76	17,64	5,65	0,41	0,97	24,67	43,43	56,8
	II Cgg	110-120	3,4	15,74	20,40	5,73	0,43	1,04	27,60	43,34	63,7
4	A	5-10	4,5	7,98	5,50	1,37	0,08	0,26	7,21	15,19	47,5
	Bbr	30-40	5,5	1,71	3,04	0,52	0,05	0,15	3,76	5,47	68,7
	BbrC	60-70	5,2	3,56	5,60	1,42	0,09	0,19	7,29	10,85	67,2
	II C	95-105	6,7	0,05	0,75	0,09	0,02	0,04	0,90	0,95	94,7
6	A	5-15	4,6	6,69	15,57	1,53	0,36	0,33	17,79	24,48	72,7
	II Bbr	40-50	5,3	4,32	10,56	3,08	0,04	0,19	13,87	18,19	76,2
	II C	75-80	5,7	0,67	0,39	0,32	0,01	0,06	0,78	1,45	53,5
		90-95	4,3	1,36	0,20	0,15	0,01	0,06	0,43	1,79	23,6
9	A	10-15	5,1	6,15	24,75	3,89	0,30	0,42	29,36	35,51	82,7
	II Bbrg	35-40	5,9	1,30	44,91	4,90	0,38	0,85	51,04	52,34	97,5
	III C	80-90	6,0	0,26	2,39	0,32	0,05	0,13	2,89	3,15	91,7
10	Aan	8-18	3,5	6,45	2,83	0,20	0,17	0,15	3,35	9,80	34,2
	II Bbr	29-39	5,8	1,71	18,96	0,46	0,16	0,39	19,97	21,68	92,1
	III C	78-88	6,1	0,23	1,79	0,07	0,04	0,09	1,99	2,22	89,6
11	A	5-15	5,8	5,65	11,47	0,84	0,16	0,30	12,77	18,42	69,3
	II Bbr	20-30	5,9	2,70	13,47	1,05	0,17	0,39	15,09	17,79	84,8
	III C	50-60	5,1	0,34	1,75	0,14	0,04	0,09	2,02	2,36	85,6
	IV C	80-90	5,0	2,21	9,47	1,42	0,19	0,37	11,45	13,66	83,8
13	A	5-15	4,5	4,73	9,78	0,57	0,13	0,32	10,80	15,53	69,5
	Bbr	25-35	5,0	2,49	12,47	0,60	0,23	0,35	13,65	16,14	84,5
	II C	50-70	5,3	0,64	2,59	0,17	0,05	0,09	2,90	3,54	81,9
15	A	5-15	3,0	21,04	2,65	0,42	0,19	0,17	3,43	24,47	14,0
	Bbr	35-45	3,1	14,52	3,29	0,75	0,13	0,23	4,40	18,92	23,2
	II BbrC	60-70	3,7	0,64	2,00	0,20	0,04	0,10	2,34	2,98	78,5
	II C	90-105	4,0	0,52	2,10	0,31	0,05	0,09	2,55	3,07	83,1
18	A	5-15	5,0	4,65	20,46	1,88	0,19	0,73	23,26	27,91	83,3
	Bbr	20-25	4,9	3,00	22,49	2,15	0,19	0,64	25,47	28,47	89,4
	II Cgg	40-50	4,5	4,35	26,15	3,00	0,21	0,64	30,00	34,35	87,3

cd. Tabela 4.

Nr profilu *Profile No*	Poziom genetyczny *Genetic horizon*	Głębokość pobrania *Sampling depth* (cm)	pH 1M KCl	H_h *Hydrolytic acidity*	Kationy wymienne *Exchangeable cations*				S (TEB)	T (CEC)	V (BS) %
					Ca	Mg	K	Na			
				cmol (+)·kg^{-1}							
Mady próchnicze *Alluvial humous soils*											
5	A	5-15	4,3	5,40	14,37	0,75	0,31	0,43	15,86	21,26	74,6
	A	32-40	4,2	3,98	14,37	0,93	0,20	0,29	15,79	19,77	79,9
	II C	60-70	5,4	0,52	1,50	0,72	0,08	0,04	2,34	28,60	81,8
	III Cgg	105-115	3,7	8,98	15,84	3,30	0,27	0,38	19,80	28,78	68,8
16	Aan	5-15	3,7	12,85	12,58	1,40	0,22	0,52	14,72	27,57	53,4
	AC	45-55	3,6	11,85	17,66	2,62	0,29	0,73	21,30	33,15	64,2
	C	100-115	3,8	9,15	23,15	2,98	0,45	1,03	27,61	36,76	75,1
Gleby antropogeniczne o nie wykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*											
7	Oh	0-5	3,2	40,62	0,80	0,62	0,32	0,19	1,93	42,55	4,5
	Aan	10-20	3,9	10,78	11,00	0,79	0,15	0,15	12,79	23,57	54,3
	II C	40-50	6,0	1,05	3,60	0,27	0,03	0,04	3,94	4,99	79,0
	III Cgg	70-80	5,3	2,60	12,60	2,91	0,28	0,15	15,93	18,53	86,0
8	A an	10-15	4,8	4,24	13,57	1,40	0,18	0,30	15,45	19,72	78,3
	II Can	35-40	5,0	3,63	14,37	1,43	0,11	0,26	16,17	17,80	81,7
	III Cg	58-64	4,7	no	no	no	no	no	no	no	no
	IV C	95-100	5,6	0,23	1,39	0,12	0,04	0,08	1,63	1,86	87,6
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*											
1	Aan	5-20	5,6	5,74	21,16	1,48	0,36	0,47	23,47	29,21	80,3
	AC	45-55	6,1	1,36	21,36	7,15	0,23	0,49	29,22	30,58	95,5
	II Cg	75-85	6,5	0,96	15,20	9,10	0,18	0,43	24,90	25,86	96,3
	III C	115-125	6,0	0,70	3,44	1,28	0,08	0,12	4,93	5,63	87,5
12	Aan	12-20	5,9	2,55	7,98	0,24	0,21	0,28	8,71	11,26	77,3
	AanC	40-50	4,7	1,69	3,30	0,31	0,10	0,12	3,83	5,52	69,4
	II C	80-90	4,8	0,53	1,40	0,10	0,04	0,09	1,63	2,16	75,5
17	Aan	5-15	3,8	8,50	14,01	2,05	0,30	0,38	16,74	25,24	66,3
	II AanC	35-45	4,4	3,55	17,56	3,22	0,25	0,54	21,57	25,12	85,9
	II C	60-70	4,5	1,95	17,46	3,03	0,12	0,57	21,18	25,57	82,8
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*											
14	Aanca	5-10	6,8	0,26	39,52	0,31	0,18	0,69	40,69	40,95	99,4
	II Aanca	30-40	6,3	0,39	15,27	1,61	1,13	0,42	17,43	17,82	97,8
	II C	60-70	6,2	0,04	13,27	0,81	0,16	0,37	14,61	14,65	99,7
	II C	95-105	6,4	0,01	11,88	1,47	0,14	0,40	13,89	13,90	99,9
19	Aanca	3-8	7,2	1,03	10,37	0,46	0,46	0,28	11,57	12,87	89,9
	AancaCca	20-28	6,9	1,18	7,98	0,61	0,19	0,23	9,01	10,19	88,4
	AancaCca	40-50	7,0	0,92	7,19	0,82	0,22	0,16	8,39	9,31	90,1
	II C	90-100	6,6	1,35	9,58	1,03	0,14	0,22	10,97	12,32	89,0
	III C	110-120	7,0	0,45	1,80	0,12	0,05	0,07	2,04	2,49	81,9

Tabela 5. Właściwości sorpcyjne w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Głębokość *Depth* cm	H_h *Hydrolytic acidity*	Kationy wymienne *Exchangeable cations*				S (TEB)	T (CEC)	V (BS) %
			Ca	Mg	K	Na			
		cmol(+)·kg^{-1}							
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	5-10	8,32* 1,92-38,80**	10,48 1,35-24,75	0,92 0,11-3,89	0,27 0,11-0,71	0,30 0,07-0,73	11,97 1,88-29,36	20,29 8,74-44,58	59,0 13,0-88,8
	15-20	6,73 0,38-19,79	11,64 1,27-33,93	0,85 0,11-2,72	0,19 0,07-0,56	0,30 0,05-0,81	12,98 1,67-37,31	19,71 8,74-43,46	65,8 15,1-98,1
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	5-10	7,68 2,25-23,00	16,55 1,91-33,13	1,38 0,13-2,48	0,36 0,15-0,89	0,38 0,19-0,57	18,68 6,99-35,17	26,36 11,12-37,08	70,5 21,7-93,0
	15-20	7,37 2,14-29,05	18,62 4,79-33,13	1,51 0,15-3,34	0,25 0,10-0,70	0,42 0,17-0,78	20,80 6,03-33,76	28,17 9,95-41,92	73,8 22,2-92,2
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	5-10	0,55 0,13-1,03	27,69 17,56-39,52	0,54 0,31-1,34	0,28 0,18-0,47	0,49 0,25-0,73	29,00 11,57-40,69	29,55 12,87-40,95	98,1 89,9-99,6
	15-20	0,21 0,01-0,56	29,75 21,95-41,18	0,44 0,28-0,67	0,25 0,14-0,42	0,52 0,28-1,11	31,10 23,10-42,34	31,31 25,74-42,35	99,0 98,2-99,8
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	5-10	8,74 2,55-19,00	11,53 7,98-21,16	1,33 0,24-3,98	0,29 0,17-0,52	0,52 0,28-1,11	13,67 8,71-23,47	22,41 11,26-29,94	61,0 36,5-81,6
	15-20	6,15 1,91-13,35	14,23 6,22-23,15	1,14 0,27-2,90	0,19 0,09-0,22	0,55 0,12-1,13	16,11 6,82-26,70	22,26 8,62-33,90	72,4 56,2-87,3
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	5-10	6,19 0,45-11,36	11,24 2,79-21,56	0,83 0,20-1,73	0,28 0,13-0,49	0,30 0,16-0,4	12,65 3,75-22,9	18,84 12,63-28,23	67,1 28,3-97,1
	15-20	5,62 0,52-13,40	11,07 3,03-21,56	0,94 0,24-1,52	0,30 0,09-0,70	0,43 0,10-1,05	12,75 4,00-23,59	18,37 9,48-27,22	69,4 30,3-94,5

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Tabela 6. Właściwości sorpcyjne gleb w zbiorowiskach roślinnych.

Zbiorowisko *Community*	Głębokość *Depth* cm	H_h *Hydrolytic acidity*	Kationy wymienne *Exchangeable cations*				S (TEB)	T (CEC)	V (BS) %
			Ca	Mg	K	Na			
		cmol(+)·kg^{-1}							
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	5-10	9,12*	12,22	1,01	0,31	0,38	13,92	23,04	60,4
		1,97-38,80**	1,83-27,94	0,15-2,38	0,11-0,89	0,07-1,11	2,35-31,70	8,80-44,58	13,0-88,8
	15-20	7,20	13,39	1,02	0,19	0,38	14,98	22,18	67,5
		0,38-21,04	1,27-26,75	0,18-2,28	0,09-0,56	0,05-1,13	1,67-30,06	8,74-43,46	22,7-86,0
Łąki i polany *Meadows and glades*	5-10	6,18	15,65	1,19	0,27	0,37	17,48	23,66	73,9
		0,19-21,49	6,14-34,33	0,24-3,89	0,14-0,43	0,19-0,73	7,16-35,33	11,26-39,77	27,8-99,3
	15-20	5,54	18,13	1,27	0,21	0,42	20,03	25,57	78,3
		0,11-29,05	5,58-33,93	0,27-3,35	0,09-0,42	0,17-0,80	7,20-35,19	14,03-39,09	22,2-99,6
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	5-10	7,09	13,44	0,91	0,29	0,33	14,97	22,06	67,8
		0,13-23,0	1,35-39,52	0,11-3,98	0,11-0,76	0,07-0,68	1,88-40,69	8,74-40,95	14,4-99,1
	15-20	6,46	14,40	1,02	0,22	0,34	15,98	22,44	71,2
		6,01-23,10	1,67-41,18	0,11-2,90	0,07-0,70	0,09-0,87	2,05-42,35	8,62-42,35	15,1-99,9

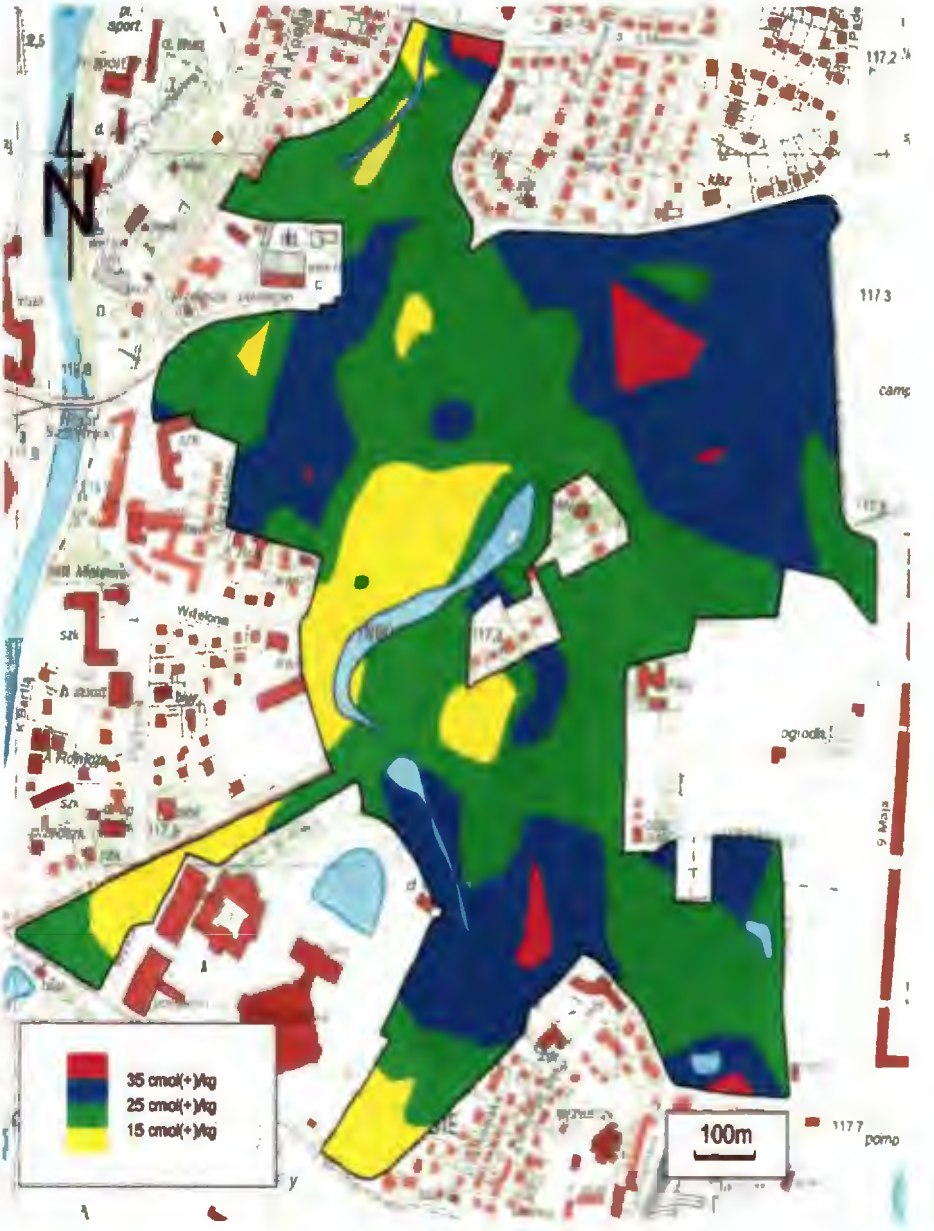
* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Niską zawartość wapnia wymiennego wykazują poziomy wytworzone z piasków luźnych, które najczęściej stanowią skałę macierzystą wieloczłonowych mad brunatnych. Średnia zawartość wapnia w poziomach próchnicznych na głębokości 5–10 cm kształtuje się w przedziale 10,48 – 27,69 cmol(+)·kg^{-1} oraz 11,07 – 29,75 cmol(+)·kg^{-1} na głębokości 15–20 cm. Wśród analizowanych gleb wysoką zawartością wapnia wymiennego w kompleksie sorpcyjnym charakteryzowały się pararędziny antropogeniczne. Znacznie niższe ilości zasadowych kationów wapnia na głębokości 5–10 i 15–20 cm wykazywały mady brunatne oraz gleby antropogeniczne próchniczne i antropogeniczne o niewykształconym profilu glebowym. Zawartość wapnia wyraźnie różnicuje się w obrębie siedlisk roślinnych parku. Jego ilość i procentowy udział w kompleksie sorpcyjnym jest często zdecydowanie wyższa na obszarach łąkowych niż pod drzewostanem iglastym. Można na tej podstawie wnioskować o szybszym wymywaniu wapnia w glebach pod drzewostanem iglastym. Wysycenie wapniem kompleksu sorpcyjnego często przekracza 50%, a w parędzinach antropogenicznych w warstwie do 20 cm nawet powyżej 90 %.

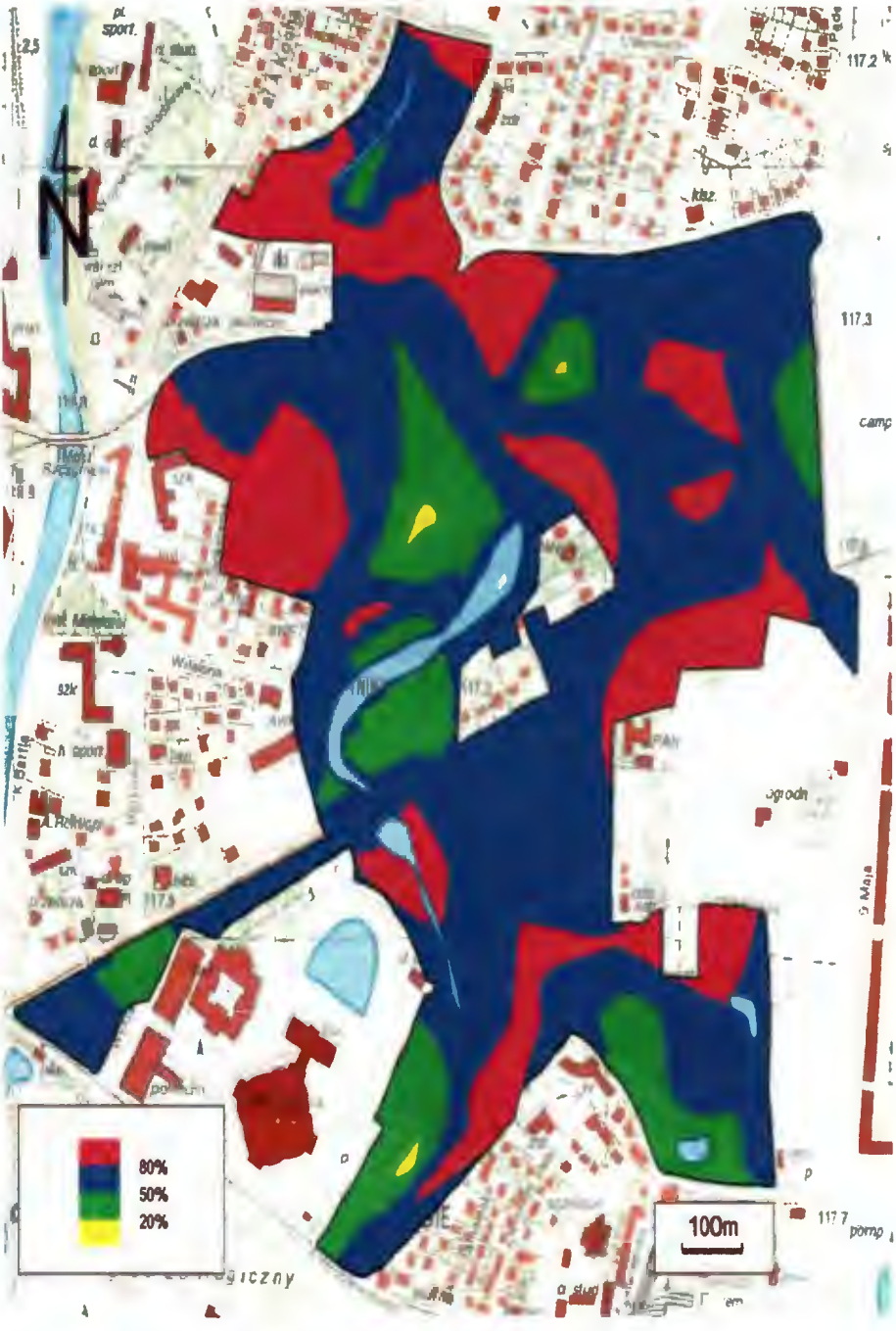
Kationem zasadowym zajmującym drugie miejsce w kompleksie sorpcyjnym jest magnez. Tym nie mniej jego ilości są zdecydowanie niższe w porównaniu z wapniem. Średnia zawartość magnezu kształtuje się w granicach 0,54 – 1,38 cmol(+)·kg^{-1} w warstwie 5 – 10 cm i 0,44 – 1,51 cmol(+)·kg^{-1} na głębokości 15 – 20 cm. W układzie profilowym obserwuje się powszechnie wzrost ilościowy magnezu w poziomach wytworzonych z glin średnich i ciężkich. W świetle danych z literatury (Lityński i Jurgowska, 1982) magnez wymienny wykazuje dodatnią korelację z ilością części spławialnych. Powyższy fakt może tłumaczyć bardzo niską zawartość i stopień wysycenia kompleksu kationem magnezu w pararędzinach antropogenicznych. Są to głównie gleby lekkie i bardzo lekkie. W poziomach próchnicznych pozostałych jednostek glebowych magnez występuje w większych ilościach stanowiąc około 5% kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym. Ponadto ilość oraz procentowy udział magnezu w glebach nie różnicuje się w sposób zasadniczy pod zbiorowiskami roślinnymi.

Małe ilości w kompleksie sorpcyjnym stanowią potas i sód. Średnia zawartość potasu wymiennego oscyluje w granicach 0,27–0,36 cmol(+)·kg^{-1} w warstwie powierzchniowej poziomu próchnicznego i obniża się w głąb profilu glebowego. W obrębie analizowanych warstw bardziej zróżnicowana jest ilość sodu. Średnie jego zawartości wskazują często występowanie większych ilości sodu niż potasu w kompleksie sorpcyjnym gleb parku. Fakt ten może być powodowany częściowo wyjałowieniem gleb powstającym w wyniku wywożenia materii organicznej poza obręb parku oraz kumulacją

sodu zawartego w pyłach (Drozd 1997). Nie obserwuje się natomiast zróżnicowania ilości sodu i potasu w obrębie gleb pod różnymi siedliskami roślinnymi parku.



Rysunek 8. Pojemność sorpcyjna (T).



Rysunek 9. Stopień wysycenia kompleksu kationami (V).

Zawartość kationów wymiennych o charakterze zasadowym i kwasowość hydrolityczna kształtują pojemność sorpcyjną oraz stopień wysycenia kompleksu kationami o charakterze zasadowym. Gleby parku charakteryzują się zróżnicowaniem pojemności sorpcyjnej w poszczególnych jednostkach systematycznych (Tabele 4 i 5). Uwzględniając wartości liczbowe pojemności sorpcyjnej na głębokości 5-15 cm, zobrazowano zdolności sorpcyjne gleb parku (Rysunek 8). Obserwuje się przewagę gleb o niskiej pojemności sorpcyjnej do 15 cmol(+)·kg^{-1} we wschodniej części parku. Są to przeważnie gleby położone bliżej koryta rzeki Odry, często gleby lekkie. Kompleksy gleb o wysokiej i bardzo wysokiej pojemności sorpcyjnej (>25 cmol(+)kg^{-1}) zalegają głównie w północno-wschodniej i wschodniej części parku. Są to pararędziny antropogeniczne oraz gatunki mady bardzo ciężkich.

Podobnie jak pojemność sorpcyjna, stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym przyjmuje zakres wartości 13,0 – 99,9%. Jest on bardzo zróżnicowany w obrębie wydzielonych jednostek glebowych z wyjątkiem pararędzin antropogenicznych. Uwzględniając stopień wysycenia kompleksu kationami o charakterze zasadowym przedstawiono graficznie (Rysunek 9) zróżnicowanie troficzności gleb (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000). Powyższy rysunek wskazuje, że na terenie parku zalegają głównie gleby eutroficzne, których kompleks sorpcyjny jest wysycony w ponad 50% kationami o charakterze zasadowym. W obrębie tej grupy gleb zalegają wszystkie pararędziny charakteryzujące się >80% wysyceniem kompleksu kationami o charakterze zasadowym. Na terenie parku niewielką ilość gleb można było kwalifikować jako mezotroficzne. Podobnie punktowo zalegają gleby oligotroficzne, których kompleks sorpcyjny zawiera poniżej 20% kationów o charakterze zasadowym.

5.4. Właściwości chemiczne

5.4.1. Zawartość węgla organicznego

Ważna rola materii organicznej w kształtowaniu właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb sprawia, że ilość i jakość związków próchnicznych powszechnie jest uznawana jako podstawowy wskaźnik żyzności gleb (Bednarek i in., 2004; Dziadowiec, 1993). Szczególną rolę odgrywa materia organiczna w siedliskach leśnych, w których kształtując obieg składników mineralnych i wody, warunkuje stabilność ekosystemów. W glebach ekosystemów naturalnych gromadzi się znaczna ilość próchnicy na powierzchni gleb oraz w ich poziomach próchnicznych. W glebach Parku Szczytnickiego ze względu na usuwanie opadłych resztek organicznych z obszarów porośniętych drzewostanem oraz koszenie i zbieranie z polan

traw, nie występuje próchnica nadkładowa. W tych warunkach proces kumulacji materii organicznej zachodzi w poziomach mineralnych gleb.

Dane zamieszczone w Tabelach 7 i 8 wskazują, że zawartość C-organicznego w glebach parku jest silnie zróżnicowana, a jego kumulacja zachodzi w warstwie poziomu próchnicznego. Na głębokości 5-10 cm zawartość C-organicznego wahała się w granicach 13,50 – 65,72 $g \cdot kg^{-1}$, a średnia zawartość wynosiła 29,39 $g \cdot kg^{-1}$. Znaczny spadek próchniczności gleb o około 35% obserwowano już na głębokości 15-20 cm. W warstwie tej zawartość C–organicznego kształtowała się w przedziale 6,65 – 56,62 $g \cdot kg^{-1}$ przy średniej jego zawartości 18,94 $g \cdot kg^{-1}$.

W ujęciu profilowym najniższą zawartość C-organicznego wykazały poziomy skały macierzystej (Tabela 7). Szczególnie niską zawartość C-organicznego notowano w skałach macierzystych gleb antropogenicznych wykazujących skład granulometryczny piasków luźnych i słabo gliniastych.

Uwzględniając średnią zawartość C–organicznego w warstwie 5-10 cm poziomu próchnicznego, gleby parku można uszeregować w następującej kolejności:

pararędzina antrpogeniczna ≈ mada próchniczna > antropogeniczna próchniczna ≈ antropogeniczna o niewykształconym profilu > mada brunatna

Podobnie kształtuje się próchniczność gleb parku na głębokości 15-20 cm:

pararędzina antrpogeniczna > mada próchniczna > antropogeniczna próchniczna ≈ antropogeniczna o niewykształconym profilu > mada brunatna

Przedstawione powyżej uszeregowania wskazują, że wśród wydzielonych jednostek systematycznych wysoką zawartością próchnicy charakteryzują się pararędziny antropogeniczne i mady czarnoziemne. W nich średnia zawartość C-organicznego w warstwie 5-10 cm wynosi około 36 $g \cdot kg^{-1}$, a na głębokości 15-20 cm: 22-25 $g \cdot kg^{-1}$. Jednocześnie zwraca uwagę niska średnia zawartość C-organicznego oraz duże jego zróżnicowanie w madach brunatnych. Prawdopodobnie powodowane jest to położeniem mad brunatnych w rzeźbie terenu oraz składem granulometrycznym, który pozwala je zakwalifikować często do gatunków gleb bardzo lekkich i lekkich.

Tabela 7. Zawartość węgla organicznego w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Głębokość *Depth* cm		
	5-10	15-20	>20
	$g \cdot kg^{-1}$		
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	19,07* 13,50-50,20**	16,25 8,34-44,18	0,71-22,40
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	35,92 18,11-65,72	22,18 12,48-37,00	1,75-16,84
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	36,77 23,21-51,86	25,32 8,89-56,62	0,15-17,04
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	27,53 14,26-43,15	18,59 6,65-26,59	0,5-21,43
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	26,97 17,78-36,84	18,27 9,47-49,37	0,38-25,71
Gleby parku *Park's soils*	29,39 13,50-65,72	18,94 6,65-56,62	-

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Tabela 8. Zawartość węgla organicznego w zespołach roślinnych.

Zbiorowisko *Community*	Głębokość *Depth* cm	
	5-10	15-20
	$g \cdot kg^{-1}$	
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	29,44* 15,78-65,72**	15,20 9,47-27,79
Łąki i polany *Meadows and glades*	32,96 11,59-63,44	21,62 10,76-44,18
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	27,82 13,50-65,55	19,08 6,65-49,37

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Na zawartość C-organicznego w glebach znaczny wpływ wywiera również rodzaj zbiorowiska roślinnego (Tabela 8). Wśród wydzielonych zbiorowisk, gleby porośnięte roślinnością darniową, łąk i polan charakteryzowały się wyższą próchnicznością w warstwie 5-10 i 15-20 cm w porównaniu z glebami pod roślinnością drzewiastą. W obrębie siedlisk leśnych nieznacznie

wyższą zawartość C-organicznego notowano na głębokości 5-10 cm w glebach porośniętych drzewostanem iglastym. Tym niemniej uwzględniając średnie zawartości C-organicznego na głębokości 5-10 i 15-20 cm, można wnioskować o wyższej próchniczności gleb porośniętych drzewostanem mieszanym.

Zróżnicowanie typologiczne i gatunkowe, szata roślinna, rzeźba terenu oraz działalność człowieka wpływają na próchniczność badanych gleb. Na terenie Parku Szczytnickiego (Rysunek 10) dominują gleby o zawartości 20-35 $g \cdot kg^{-1}$ C-organicznego w warstwie 5-10 cm. Stanowią one około 77% jego powierzchni. Około 2,6 % zajmują gleby, w których zawartość C-organicznego nie przekracza 20 $g \cdot kg^{-1}$. Większą powierzchnię zajmują gleby o zawartości C-organicznego 35-50 $g \cdot kg^{-1}$ (19%). Gleby wysoko próchniczne zawierające powyżej 50 $g \cdot kg^{-1}$ C-organicznego stanowią zaledwie 1,4%. Występują one często na obszarach niżej położonych. Pod względem typologicznym są to głównie mady próchniczne oraz pararędziny antropogeniczne. W środkowej części parku rozciąga się wyspowy pas gleb nisko próchnicznych o zawartości poniżej 20 $g \cdot kg^{-1}$.

5.4.2. Skład frakcyjny związków próchnicznych

W kształtowaniu stanu żyzności gleb obok zawartości materii organicznej ważną rolę odgrywa ilość i jakość związków wysokocząsteczkowych o specyficznych właściwościach stanowiących grupę swoistych związków próchnicznych. Tworzą one kompleksy bezpostaciowych substancji organicznych, dających się wyekstrahować z gleby roztworami alkalicznymi, solami obojętnymi lub rozpuszczalnikami organicznymi (Dziadowiec, 1993).

Procesy typologiczne, antropopresja, a zwłaszcza właściwości fizykochemiczne gleb wywierają wpływ na przebieg procesu humifikacji materii organicznej w glebach parku. Obrazuje to skład frakcyjny związków próchnicznych (Tabela 9) oznaczony metodą Kononowej i Bieliczikowej w wybranych próbkach gleb z głębokości 5-10 i 15-20 cm.

Frakcja fulwowa obejmująca kwasy fulwowe i połączenia organiczne niskocząsteczkowe przechodzące do roztworu H_2SO_4 stanowi znikomy udział ilościowy w materii organicznej. Duża labilność i zdolność przemieszczania się w profilu frakcji fulwowej (Drozd i in., 1998) warunkuje wyższy jej udział na głębokości 15-20 cm. Analizowana frakcja w powierzchniowej warstwie poziomu próchnicznego stanowi 1,8–4,8% C-organicznego. Wyższe jej wartości notowano w madach brunatnych i glebach antropogenicznych próchnicznych.

Rysunek 10. Zawartość C-organicznego w warstwie 5-10 cm.

Tabela 9. Skład frakcyjny związków próchnicznych

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Głębokość *Depth* cm	C_{org} C_{org} g·kg^{-1}	C – wydzielony *C – extracted*					C – wydzielony *C – extracted*				C – nie-hydrolizujący C – non-hydrolyzing	Ckh związane z Ca CHA bounded with Ca
			0,05 M H_2SO_4	0,1 M $Na_4P_2O_7$ + 0,1 M NaOH				0,1 M NaOH					
				C - wydz. *C - extr.*	Ckh *CHA*	Ckf *CFA*	Ckh / Ckf CHA / CFA	C - wydz. *C - extr.*	Ckh *CHA*	Ckf *CFA*	Ckh / Ckf CHA / CFA		
			w % C_{org} *in % C_{org}*					w % C_{org} *in % C_{org}*				w % C_{org} *in % C_{org}*	
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	5-10	19,4	3,8	27,9	9,6	18,3	0,52	31,3	18,7	12,6	1,48	72,1	0
	15-20	14,23	6,5	41,5	12,9	28,6	0,45	41,1	19,8	21,3	0,92	58,5	0
	5-10	21,74	4,8	22,2	5,8	16,4	0,35	26,7	12,3	14,4	0,85	77,8	0
	15-20	16,16	6,4	39,6	17,6	22,0	0,80	31,4	15,7	15,7	1,00	60,4	1,9
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	5-10	31,04	2,4	22,7	9,3	13,4	0,70	17,6	8,4	9,2	0,91	77,3	0,9
	15-20	22,80	3,0	30,2	11,0	19,2	0,58	14,5	3,3	11,2	0,29	69,3	7,7
	5-10	34,84	2,5	15,7	7,8	7,9	0,99	21,9	14,4	7,5	1,92	84,3	0
	15-20	21,52	4,3	39,8	15,8	24,0	0,66	25,2	7,1	18,1	0,39	60,2	8,7
Gleby antropogeniczne o nie wykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	5-10	29,83	2,5	25,9	10,7	15,2	0,70	22,9	13,3	9,6	1,38	74,1	0
	15-20	15,95	4,7	56,2	22,7	35,5	0,67	29,4	8,3	21,1	0,39	43,8	12,4
	5-10	18,49	3,4	27,2	7,9	19,3	0,41	30,9	13,9	17,0	0,81	72,8	0
	15-20	11,24	5,5	53,8	15,8	38,0	0,40	35,5	14,3	21,2	0,67	46,2	1,5
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	5-10	21,51	1,9	31,4	11,9	19,5	0,61	28,8	14,9	13,9	1,07	68,6	0
	15-20	17,14	3,2	34,4	18,9	15,5	1,22	28,9	16,9	12,0	1,41	65,6	2,0
	5-10	23,15	3,4	32,2	10,7	21,5	0,50	36,4	19,7	16,7	1,18	67,8	0
	15-20	21,91	5,0	37,8	11,5	26,2	0,44	31,4	15,3	16,1	0,95	62,2	0
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	5-10	51,86	1,8	20,1	7,7	12,4	0,54	13,1	6,0	7,1	0,84	79,9	1,7
	15-20	31,56	2,0	21,5	11,7	9,8	1,19	10,4	3,9	6,5	0,60	78,5	7,8
	5-10	25,63	2,8	27,8	9,1	18,7	0,49	16,4	5,9	10,5	0,56	72,2	3,2
	15-20	20,67	2,9	32,5	14,9	17,6	0,84	15,9	7,3	8,6	0,85	67,5	7,6

W warstwie 15-20 cm udział frakcji fulwowej wahał się w szerszym przedziale wartości i stanowił 2,0-6,4% C-organicznego. Podobnie jak w warstwie 5-10 cm, jej niskie wartości stwierdzono w pararędzinach antropogenicznych. Świadczy to niewątpliwie o dużej roli odczynu w kształtowaniu zawartości frakcji fulwowej w glebach parku.

Związki próchniczne wolne oraz związane z Ca i bezkrzemianowymi formami R2O3, wydzielone mieszaniną pirofosforanu sodowego i ługu sodowego, są frakcją dominującą wśród ekstrahowanych swoistych związków próchnicznych. Jej procentowy udział różnicuje się podobnie jak zawartość frakcji fulwowej. W pararędzinach antropogenicznych procentowa zawartość frakcji, ekstrahowanej mieszaniną pirofosforanu sodowego i ługu sodowego, jest niższa i mało zróżnicowana w obrębie analizowanych głębokości profilu. Zawartość związków próchnicznych wolnych i związanych z Ca i bezkrzemianowymi formami R2O3 wyraźnie wzrasta w pozostałych typach gleb, zwłaszcza w warstwie 15-20 cm. Obserwuje się bardzo wyraźny jej wzrost w obrębie gleb antropogenicznych o niewykształconym profilu glebowym oraz w madach brunatnych. Analiza jakościowa omawianej frakcji wskazuje, że znaczny w niej udział stanowią kwasy fulwowe. Stosunek Ckh do Ckf przyjmuje najczęściej wartości poniżej jedności. Świadczy to, że układ czynników biotycznych i abiotycznych nie sprzyja syntezie wysokocząsteczkowych połączeń próchnicznych w glebach parku.

W składzie frakcyjnym związków próchnicznych gleb parku zwraca również uwagę znaczny udział frakcji związków próchnicznych wolnych. W świetle danych literatury (Drozd, 1973) ta grupa związków próchnicznych wykazuje dużą korelację z właściwościami fizykochemicznymi gleb, takimi jak: pH, kwasowość hydrolityczna, stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym. Obserwuje się to również w obrębie analizowanych gleb parku. Ilość związków próchnicznych wolnych jest wyraźnie niższa w pararędzinach antropogenicznych w porównaniu z innymi jednostkami typologicznymi gleb parku, które charakteryzują się brakiem węglanu wapnia, niskimi wartościami pH i wysoką kwasowością hydrolityczną.

Odczyn kwaśny większości gleb parku warunkuje jednocześnie znikomą ilość kwasów huminowych związanych z wapniem. Obecność ich w większej ilości stwierdza się w pararędzinach antropogenicznych. Często obserwuje się brak ich w warstwie powierzchniowej poziomu próchnicznego pozostałych gleb parku, a czasami też w warstwie zalegającej na głębokości 15-20 cm.

Związki próchniczne nie przechodzące do roztworu mieszaniny pirofosforanu sodowego i ługu sodowego stanowią tzw. węgiel niehydrolizujący. W skład tej grupy połączeń wchodzą nie tylko huminy i ulminy, ale również niezhumikowane resztki organiczne (Drozd i in., 1998). Na podstawie zawartości węgla niehydrolizojącego można wnioskować o stopniu humifikacji materii organicznej, Zawartość C-niehydrolizującego wskazuje, że stopień humifikacji materii organicznej w warstwie 5-10 cm gleb parku jest niski i wzrasta w warstwie na głębokości 15-20 cm.

Przeprowadzona analiza składu frakcyjnego związków próchnicznych wskazuje, że procesy transformacji materii organicznej w glebach parku nie sprzyjają powstawaniu wysoko cząsteczkowych połączeń typu kwasy huminowe. Jednocześnie znaczny udział frakcji związków próchnicznych wolnych i przewaga kwasów fulwowych nad kwasami huminowymi świadczą o dużej labilności związków próchniczych w kwaśnych glebach parku.

5.5. Zawartość siarki i metali ciężkich

Zapoczątkowana 200 lat temu rewolucja przemysłowa związana z gwałtownym rozwojem przemysłu, rolnictwa i ośrodków miejskich, nasiliła procesy zanieczyszczeń gleb, skał, wód i osadów dennych metalami ciężkimi, substancjami organicznymi i składnikami nawozów (Gliński, Turski, 2002).

Zanieczyszczenia początkowo skoncentrowane na niewielkiej przestrzeni gromadzenia się toksycznych odpadów, aktualnie notowane są również na obszarach daleko położonych od ich źródeł. Przejawia się to między innymi degradacją ekosystemów i niszczeniem gleb na obszarach leśnych (Drozd i in., 1998).

W ramach kompleksowego poznania stanu środowiska glebowego Parku Szczytnickiego podjęto badania dotyczące zawartości w glebach następujących składników: S, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr. Dotychczasowe badania potwierdzają występowanie w glebach parku większych ilości metali ciężkich (Meinhardt, 1995, 1998; Karczewska i in., 2000; Karczewska, 2003; Licznarowic, 2005).

5.5.1. Siarka

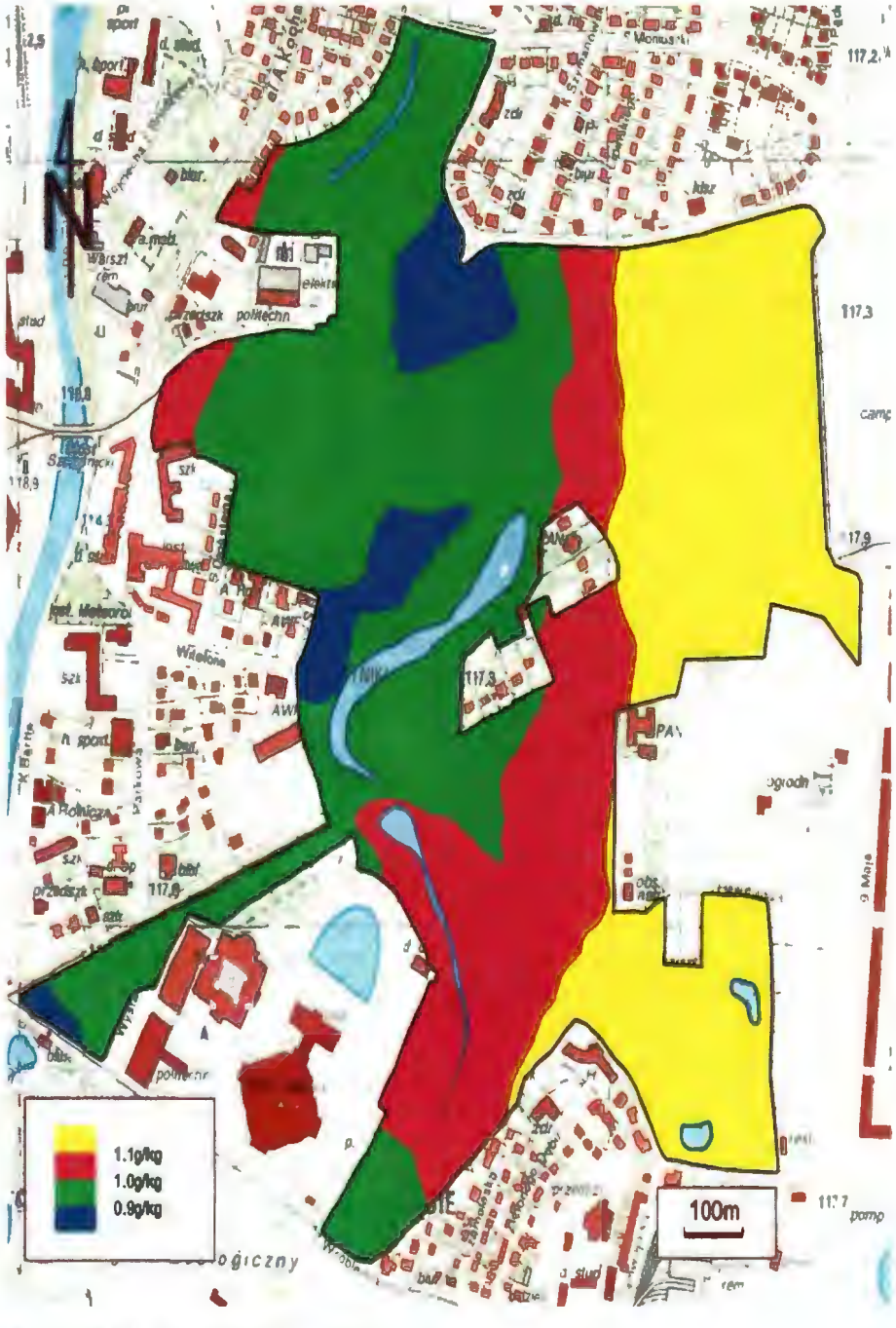
Siarka jest pierwiastkiem powszechnie występującym w przyrodzie i niezbędnym do życia składnikiem wszystkich żywych organizmów (Motowicka-Terelak i Terelak, 1998). Występuje ona w glebie w związkach

mineralnych i organicznych. Do związków mineralnych należą przede wszystkim siarczany i siarczki, do organicznych natomiast połączenia siarki z węglem stanowiące integralną część próchnicy oraz thioaminokwasy.

Do oceny stanu zawartości siarki w glebach, zaopatrzenia w ten składnik roślin oraz zagrożenia ekosystemów jej nadmiarem bierze się pod uwagę trzy zasadnicze formy jej występowania: siarkę ogólną, siarkę organiczną i siarkę siarczanową (Misra i in., 1990,; Motowicka-Terelak, i in., 1998). Nadmierny wzrost zawartości $S\text{-}SO_4$ w glebie pod wpływem czynników antropogenicznych prowadzi do niekorzystnych zmian w środowisku glebowym. Skutkiem zasiarczenia gleb jest intensywne zakwaszenie, niedobór składników pokarmowych dla roślin, naruszenie równowagi jonowej, akumulacja pierwiastków fitotoksycznych oraz zmiana chemizmu wód gruntowych.

Zawartość siarki ogółem (Sog) w warstwie 5-10 cm gleb parku jest silnie zróżnicowana (Tabela 10). Kształtuje się ona od 0,54 do 1,99 $g \cdot kg^{-1}$, a średnia jej zawartość wynosi 1,05 $g \cdot kg^{-1}$. Są to wartości wyższe od notowanych sprzed kilku lat na terenie Wrocławia przez Meinhardt (1998). Powodowane jest to prawdopodobnie przyrostem jej zawartości ze źródeł antropogenicznych, co potwierdzają dane Motowickiej-Terelak i Terelaka (1998). Maksymalne zawartości S-ogółem stwierdzono w glebach antropogenicznych próchnicznych i antropogenicznych o niewykształconym profilu glebowym. Znacznie niższą jej ilość zawierały pararędziny antropogeniczne. Natomiast wśród gleb napływowych nieznacznie niższą zawartość S-og. stwierdzono w madach brunatnych.

Nie obserwuje się zasadniczo zróżnicowania zawartości siarki w glebach parku porośniętymi określonymi zbiorowiskami roślinnymi (Tabela 11). Przy podobnej średniej zawartości Sog większe zróżnicowanie występuje jedynie w obrębie gleb porośniętych drzewostanem mieszanym. Przestrzenne rozmieszczenie zawartości Sog na terenie gleb parku obrazuje Rysunek 11.



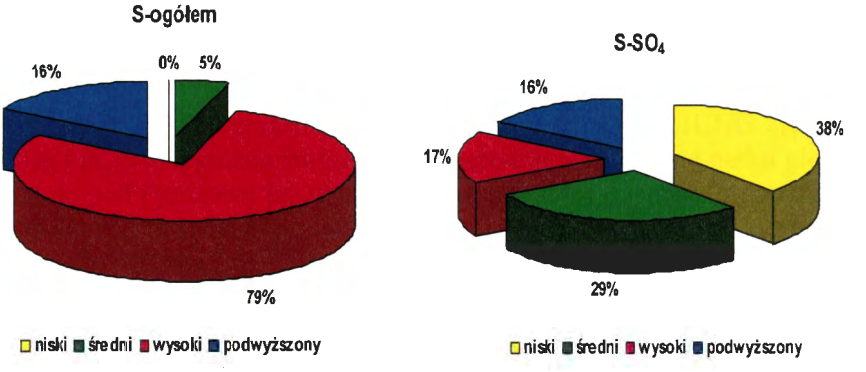
Rysunek 11. Zawartość S-ogółem.

Przyjęte przedziały wskazujące występowanie na 39,8% powierzchni gleb o zawartości Sog 0,9 – 1,0 $g \cdot kg^{-1}$, a na powierzchni 31,3% o zawartości > 1,1 $g \cdot kg^{-1}$. Wysokie jej zawartości występują w glebach sektorów IV i VII. Uwzględniając wytyczne IUNG (Kabata-Pendias i in., 1993) stwierdzono, że na terenie parku nie występują gleby o niskiej zawartości Sog (Rysunek 12). Dominują gleby o zawartości wysokiej stanowiące 79% badanych prób. Zwraca ponadto uwagę 16% prób gleb o podwyższonej zawartości siarki wskutek antropopresji.

Również zawartość siarki siarczanowej ($S\text{-}SO_4$) w warstwie 5-10 cm jest bardzo zróżnicowana (Tabela 10). W glebach parku wartości $S\text{-}SO_4$ wahały się od 2 do 316 $mg \cdot kg^{-1}$. Średnia jej zawartość wynosiła 31 $mg \cdot kg^{-1}$ i jest nieznacznie wyższa od stwierdzonej przez Meinhardt (1998) w powierzchniowej warstwie gleb położonych na obrzeżach Wrocławia.

Zawartość siarki siarczanowej różnicuje się w obrębie wydzielonych jednostek typologicznych gleb parku i zbiorowisk roślinnych.

Uwzględniając średnią zawartość $S\text{-}SO_4$ można wnioskować o wyższej jej zawartości w glebach antropogenicznych. Podobnie jak zawartość Sog również wyższe ilości $S\text{-}SO_4$: średnią i maksymalną, notowano w glebach antropogenicznych próchnicznych. Wśród gleb napływowych zwraca uwagę bardzo mały zakres rozpiętości $S\text{-}SO_4$ w madach próchnicznych. W obrębie zbiorowisk roślinnych parku wyższe a jednocześnie bardzo zróżnicowane zawartości $S\text{-}SO_4$ występowały w glebach porośniętych drzewostanem w porównaniu z glebami darniowymi.



Rysunek 12. Stopnie zanieczyszczenia gleb siarką.

Tabela 10. Zawartość S ogólnej (Sog) i S siarczanowej ($S\text{-}SO_4$) w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Sog St $g \cdot kg^{-1}$	$S\text{-}SO_4$ $mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{S-SO_4}{Sog} \cdot 100$ $\frac{S-SO_4}{St} \cdot 100$ %
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	0,99* 0,73-1,47**	24 2-146	2,4 0,3-10,0
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	1,11 0,81-1,55	24 2-44	2,2 0,5-4,8
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	1,20 0,89-1,91	35 14-134	2,9 1,3-7,0
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	1,26 0,81-1,99	70 5-316	5,6 0,6-15,9
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	0,82 0,54-1,07	52 21-88	6,3 2,7-10,0
Gleby parku *Park's soils*	1,05 0,54-1,99	31 2-316	3,0 0,3-15,9

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Tabela 11. Zawartość S ogólnej (Sog) i S siarczanowej ($S\text{-}SO_4$) pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Sog St $g \cdot kg^{-1}$	$S\text{-}SO_4$ $mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{S-SO_4}{Sog} \cdot 100$ $\frac{S-SO_4}{St} \cdot 100$ %
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	1,05* 0,73-1,47**	36 2-146	3,4 0,3-10,0
Łąki i polany *Meadows and glades*	1,04 0,66-1,52	24 4-63	2,3 1,2-10,0
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	1,05 0,54-1,99	32,0 5-316	3,0 0,6-15,9

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Udział siarki siarczanowej w stosunku do Sog waha się od 0,3-5,9%. Analizowany stosunek nie przekracza wartości jakie podaje się dla poziomów A w glebach typowo rolniczych (Motowicka-Terelak i Terelak, 1998). W występujących jednostkach typologicznych gleb na terenie parku wyższy udział siarki siarczanowej stwierdzono głównie w pararędzinach antropogenicznych i antropogenicznych próchnicznych. Mało są zróżnicowane wartości średnie udziału siarki siarczanowej w glebach pod różnymi zbiorowiskami roślinności. Jedynie stosunek $S\text{-}SO_4$ do Sog przyjmuje szerszy zakres wartości w glebach porośniętych drzewostanem, zwłaszcza mieszanym.

Rozmieszczenie zawartości $S\text{-}SO_4$ w glebach parku przedstawia się następująco, około 52% zajmują gleby o zawartości $S\text{-}SO_4$ od 15 do 30 $mg \cdot kg^{-1}$. Gleby o zawartości 30-45 $mg \cdot kg^{-1}$ $S\text{-}SO_4$ stanowią 39% powierzchni, a przekraczające te wartość około 4% (Rysunek 13). Najwyższa zawartość siarki siarczanowej występuje w sektorze IV. Są to gleby położone w rejonie zabudowy, gdzie w sezonie grzewczym wzrasta jej zawartość.

Uwzględniając graniczne zawartości $S\text{-}SO_4$ według IUNG (Kabata-Pendias i in.1993), można stwierdzić występowanie na terenie parku gleb od niskiej do podwyższonej jej zawartości wskutek antropopresji (Rysunek 12). Wśród analizowanych prób: 38% wykazało niską zawartość, 17% wysoką, a 16% podwyższoną.

5.5.2. Ołów

Ołów jest jednym z metali ciężkich stanowiących duże zagrożenia dla zdrowia człowieka. Odwieczne wykorzystanie ołowiu do produkcji wielu wyrobów, nasilone aktualnie rozwojem przemysłu i komunikacji samocho-

dowej, sprzyja zanieczyszczeniu gleb. Ze względu na słabą migrację, zaznaczane nagromadzenie ołowiu występuje w powierzchniowych poziomach gleb. Nawet w niezanieczyszczanych glebach Polski jest jego czterokrotnie więcej niż w skałach podłoża (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). W literaturze powszechnie podkreśla się wzrost jego zawartości w glebach aglomeracji miejskich i wzdłuż tras komunikacyjnych (Curzydło, 1995; Czarnowska, 1995, 1997, 1999; Czarnowska i in., 2002; Drozd i in., 2001; Klimowicz i Melke, 2000; Meinhardt, 1995, 1998; Roszyk i Koszykowa, 1978).

Rysunek 13. Zawartość $S\text{-}SO_4$.

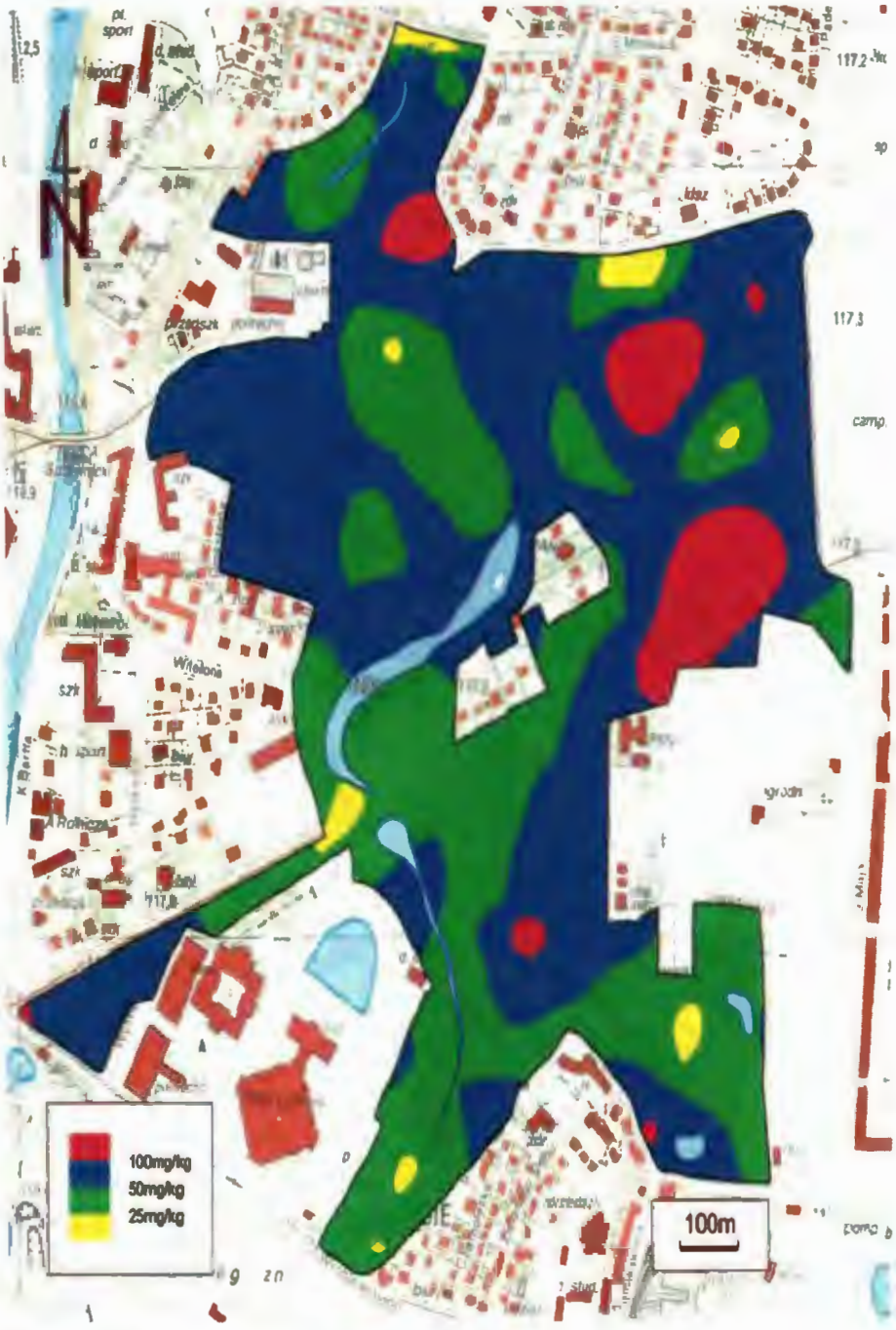
Zakres zawartości ołowiu w glebach Parku Szczytnickiego kształtuje się w przedziale 21,2–274 $mg \cdot kg^{-1}$ (Tabele 12 i 13). Średnia zawartość tego metalu wynosi 59,6 $mg \cdot kg^{-1}$ i jest zbliżona do średniej dla aglomeracji Wrocławia (Meinhardt, 1998). Ekstremalne wartości ołowiu stwierdzone w parku są znacznie niższe, niż w ogrodach działkowych położonych w otoczeniu zakładu przemysłowego Hutmen S.A. W parku wyższe ilości ołowiu notowano w glebach zbiorowisk łąkowych. W rejonie ich występowania około 70% pobranych prób przekraczało wartości dopuszczalnego stężenia ołowiu dla obszarów chronionych (Dz. U. 02. 165.1359 z dn. 4 października 2002). W glebach zbiorowisk leśnych zawartości ołowiu były niższe, a udział prób przekraczających wartości dopuszczalnych stężeń stanowił 50% w glebach porośniętych drzewostanem iglastym i 53% pod drzewostanem mieszanym.

Tabela 12. Zawartość Pb w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	53,0* 21,2-121,0**	47	53
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	70,2 24,3-274,0	22	78
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	57,6 32,3-136	57	43
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	52,5 24,6-108,0	50	50
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	76,6 30,0-122,0	14	86
Gleby parku *Park's soils*	59,6 21,2-274,0	43	57

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*



Rysunek 14. Zawartość ołowiu.

Tabela 13. Zawartość Pb w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	49,7* 22,9-104,9**	50	50
Łąki i polany *Meadows and glades*	77,5 26,1-274,0	29	71
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	54,4 21,2-146,0	47	53

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Na terenie parku większość prób (57%) przekracza stężenie dopuszczalnej zawartości ołowiu. Wśród wydzielonych jednostek systematycznych, znaczny udział prób glebowych przekraczających stężenie 50 $mg \cdot kg^{-1}$ ołowiu występował w rejonie zalegania pararędzin antropogenicznych i mad próchnicznych.

Przestrzenne zróżnicowanie obszarów zanieczyszczonych ołowiem przedstawia rysunek 14. Wskazuje on przewagę gleb o ponad normatywnej zawartości ołowiu, w tym 53% powierzchni o zawartości 50-100 $mg \cdot kg^{-1}$ Pb i 7% powierzchni przekraczające stężenie 100 $mg \cdot kg^{-1}$. Tereny te aczkolwiek występują we wszystkich sektorach, to zwarte ich połacie zalegają na obszarach położonych w pobliżu dróg. Świadczyć to może o znacznym udziale ciągów komunikacyjnych w procesie zanieczyszczania ołowiem gleb parku. W świetle danych Drozda i in. (2001) oraz Roszyka i Roszykowej (1975) ruch samochodowy przyczynia się do wzrostu zawartości Pb w glebach położonych w sąsiedztwie głównych tras komunikacyjnych Wrocławia.

5.5.3. Cynk

Cynk jest powszechnym składnikiem skorupy ziemskiej. Jego średnia zawartość w glebach waha się w granicach 30-125 $mg \cdot kg^{-1}$ i wykazuje dużą zależność od ich składu granulometrycznego (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Większe jego ilości występują w ciężkich glebach brunatnych i madach. Cynk jest jednym z bardziej ruchliwych metali w glebie. Z substancją organiczną tworzy dość trwałe wiązania, co wpływa na jego kumulację w poziomach próchnicznych gleb mineralnych.

Rysunek 15. Zawartość cynku.

Tabela 14. Zawartość Zn w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		$mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	105,5* 25,8-570,0**	68	32	59,6 5,6-213,0	56 8-98
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	240,8 30,7-1700,0	43	57	189,0 30,0-1302,0	78 46-98
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	75,1 21,4-117,0	71	29	40,6 12,2-63,0	54 46-68
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	83,9 58,2-174	83	17	55,7 40,0-76,0	66 47-93
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	286,0 85,0-726,0	14	86	276 54,0-567,0	96 64-99
Gleby parku *Park's soils*	155,6 21,4-1700,0	58	42	107,5 5,6-1302,0	68 8-99

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*

Tabela 15. Zawartość Zn w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Plant community*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		$mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	89,7* 39,1-172,0**	62	38	49,9 26,0-98,0	56 46-97
Łąki i polany *Meadows and glades*	268,0 57,3-1700,0	43	57	184,5 5,6-1302,0	69 8-99
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	125,0 21,4-825,0	64	36	89,4 7,6-82,0	71 9-99

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*

Całkowita zawartość cynku w glebach parku (Tabele 14 i 15) przyjmuje szeroki zakres wartości i waha się w granicach 21-1700 $mg \cdot kg^{-1}$, a średnia jego zawartość wynosi 156 $mg \cdot kg^{-1}$. W świetle danych Meinhardt (1998) średnia zawartość cynku w glebach miasta Wrocławia wynosi 170 $mg \cdot kg^{-1}$, waha się w przedziałach 56-443 $mg \cdot kg^{-1}$, a w ogrodach działkowych położonych przy drogach i w otoczeniu zakładów przemysłowych 710-990 $mg \cdot kg^{-1}$. Notowane na terenie Wrocławia zawartości cynku znacznie przekraczają średnie zawartości podawane przez Kabatę-Pendias i Pendias (1999). Pozwala to wnioskować, że metal ten w glebach parku ma swoje antropogeniczne źródło. Na terenie Parku Szczytnickiego wysokie zawartości Zn stwierdzono w madach, zwłaszcza w zwięźlejszych madach próchnicznych oraz parędzinach antropogenicznych. Średnia zawartość cynku była w nich 2-4 krotnie wyższa od jego stężeń w pozostałych jednostkach systematycznych gleb. Podobnie 2-3 krotnie wyższą średnią zawartość cynku notowano na obszarach otwartych łąk i polan. Na terenie parku 42% prób glebowych przekraczało wartości dopuszczalnych stężeń cynku. Lokalizują się one głównie w rejonie zalegania mad próchnicznych i pararędzin antropogenicznych. Są to jednocześnie często gleby darniowe - łąki i polany.

Przestrzenne zróżnicowanie zawartości Zn obrazuje Rysunek 15. Wskazuje on, że stężenia powyżej 100 $mg \cdot kg^{-1}$, stanowiące wartości dopuszczalnych stężeń Zn dla obszarów chronionych, pokrywają prawie równomiernie całą powierzchnię parku. Obszary te stanowią 93% powierzchni Parku Szczytnickiego, w tym 6% powierzchni stanowią obszary o stężeniu > 200 $mg \cdot kg^{-1}$.

Gleby parku charakteryzują się ponadto znaczą zawartością cynku przechodzącego do roztworu 1 mol HCl · dcm^3. Cynk rozpuszczalny stanowi średnio 68% jego ilości ogólnej. Wysokim udziałem form rozpuszczalnych cynku charakteryzują się pararędziny antropogeniczne i mady próchniczne. Znacznie niszy udział tych form stwierdzono w glebach antropogenicznych o niewykształconym profilu i madach brunatnych. Podobnie gleby pod drzewostanem iglastym, bardziej zakwaszone, charakteryzowały się niższym udziałem form rozpuszczalnych Zn w stosunku do ich form ogólnych. Notowany w glebach parku procentowy udział form rozpuszczalnych Zn jest wyższy, niż w glebach uprawnych przyległych do tras komunikacyjnych (Czarnowska i in., 2002). Natomiast podobnie wyższą i zróżnicowaną zawartość form rozpuszczalnych cynku stwierdzili: w glebach parków leśnych Zielonej Góry Greinert (2001), Karczewska (2003) w glebach zanieczyszczonych Dolnego Śląska oraz Licznarowie (2005) w glebach Parku Szczytnickiego. Powodowane może być to tworzeniem kompleksowych anionów oraz połączeń organiczno-mineralnych utrzymujących dużą ruchliwość cynku w glebach o odczynie alkalicznym (Kabata-Pendias i Pendias, 1999).

5.5.4. Miedź

Powszechne stosowanie miedzi w różnych gałęziach gospodarki stwarza potencjalną możliwość zanieczyszczenia nią gleby. Może zachodzić to w wyniku emisji przemysłowych, nawożenia gleb niektórymi nawozami mineralnymi i organicznymi a także preparatami ochrony roślin i odpadami komunalnymi. W pyle na terenie aglomeracji miejskich zawartość miedzi wzrasta pod wpływem nasilenia komunikacji samochodowej oraz trakcji elektrycznej (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Rośliny rosnące na glebach przenawożonych lub skażonych, a także wzdłuż trakcji elektrycznych są narażone na nadmierne stężenie miedzi. Objawami jej nadmiaru jest początkowo ciemno zielona barwa liści, a następnie chloroza, co powoduje zahamowanie wzrostu roślin. Wyższe stężenia miedzi działają na rośliny toksycznie.

Jak podają Kabata-Pendias i Pendias (1999), całkowita zawartość miedzi w glebach niezanieczyszczonych mieści się szerokich zakresach 1-140 $mg \cdot kg^{-1}$, a średnia jej zawartość wykazuje ścisłe powiązanie z rodza-

jem lub typem gleby. W Polsce najniższą średnią zawartość miedzi wykazują gleby piaszczyste, a najwyższą mady.

W świetle danych Meinhardt (1998) średnia zawartość miedzi w glebach Wrocławia wynosi 35 $mg \cdot kg^{-1}$, a jej wahania kształtują się od 7 do 90 $mg \cdot kg^{-1}$. Stosując ocenę IUNG (Kabata-Pendias i in., 1999) wyżej wymieni autorzy stwierdzili naturalną zawartość miedzi na terenie Parku Szczytnickiego. Badania Karczewskiej i in. (2000) oraz Licznarowie (2005) wskazują wyższe koncentracje miedzi, świadczące o występowaniu gleb zanieczyszczonych. Potwierdzają to aktualne badania prowadzone na bogatym zbiorze prób pobranych z głębokości 5-10 cm gleb parku. Zawartość miedzi w analizowanym materiale glebowym wahała się w przedziale 12,7-3634 $mg \cdot kg^{-1}$ (Tabela 16). Była ona szczególnie silnie zróżnicowana w rejonie zalegania mad próchnicznych. W nich ekstremalna zawartość Cu (3634 $mg \cdot kg^{-1}$) wpłynęła na wysoką średnią zawartość 203,9 $mg \cdot kg^{-1}$. Zakresy zawartości miedzi w pozostałych jednostkach systematycznych gleb parku były mniej zróżnicowane i wahały się w przedziale 14,3-39,3 $mg \cdot kg^{-1}$ w glebach antropogenicznych o niewykształconym profilu, a w pararędzinach antropogenicznych 18,2-104,0 $mg \cdot kg^{-1}$. Szeroki zakres zawartości miedzi w glebach parku warunkuje występowanie znacznej ilości prób przekraczających stężenie 30 $mg \cdot kg^{-1}$, które zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 9.09. 2002 stanowi granicę naturalnej zawartości miedzi na terenach chronionych. Na obszarze parku dominują gleby przekraczające dopuszczalne stężenie miedzi (Rysunek 16), a jedynie tylko 14% gleb parku wykazuje zawartość naturalną. Wysoką dwukrotnie przekraczającą dopuszczalną zawartość miedzi stwierdzono na około 3,2% powierzchni parku. Położenie tych terenów często w pobliżu dróg i trakcji tramwajowej świadczyć może o dużym wpływie komunikacji miejskiej na zanieczyszczanie gleb miedzią. Podobnie wysoką, ale nie najwyższą zawartość miedzi w glebach parku położonych przy ruchliwej ulicy w sektorze VII notowali Karczewska i in. (2000).

Tabela 16. Zawartość Cu w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		$mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	30,8* 12,7-85,9**	42	58	19,3 6,6-50,1	63 28-95
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	203,9 18,2-3634,0	22	78	46,6 12,7-261,0	23 7-98
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	25,8 14,3-39,3	57	43	16,3 7,6-29,6	63 53-75
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	31,0 18,2-60,1	67	33	21,1 11,1-33,2	68 55-96
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	46,6 17,1-104,0	43	57	38,6 11,7-83,4	83 68-97
Gleby parku *Park's soils*	79,9 12,7-3634,0	49	51	28,2 6,6-261,0	35 7-98

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*

W glebach parku zwraca uwagę znaczna ilość miedzi rozpuszczalnej w HCl o stężeniu 1,0 mol·dm^{-3}, która charakteryzuje pulę potencjalnie dostępną dla roślin. Waha się ona w przedziale 6,6-261,0 mg·kg^{-1}. Wysoką średnią zawartość form miedzi przechodzącej do roztworu HCl stwierdzono w madach próchnicznych i pararędzinach antropogenicznych. Wartości te, przekraczające stężenie naturalne notowane również często w pozostałych jednostkach typologicznych gleb, świadczą najprawdopodobniej o dużym udziale antropogenicznych źródeł miedzi w glebach Parku Szczytnickiego. Przemawia za tym również znaczy udział form rozpuszczalnych miedzi w stosunku do całkowitej jej zawartości. Mogą to być formy związane przez substancję organiczną, a także wytrącenia w postaci siarczanów, siarczków, węglanów (Kabata-Pendias i Pendias, 1999).

Analizując zawartość miedzi w obrębie zespołów roślinnych parku (Tabela 17), zauważa się większą kumulację jej form całkowitych i rozpuszczalnych w HCl na obszarach występowania łąk i polan oraz drzewostanów mieszanych. Niższe stężenie miedzi oraz mniejszą ilość prób przekraczających zawartość naturalną notowano w częściach parku porośniętych drzewostanem iglastym.

Tabela 17. Zawartość Cu w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	mg·kg^{-1}	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		mg·kg^{-1}	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	30,7* 13,0-48,7**	44	56	19,6 9,5-37,0	64 45-96
Łąki i polany *Meadows and glades*	215,6 16,2-3634,0	48	52	43,5 9,9-261,0	20 7-98
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	34,8 12,7-186,0	57	43	22,4 6,6-163,0	64 28-97

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

Rysunek 16. Zawartość miedzi.

Tabela 17. Zawartość Cu w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		$mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	30,7* 13,0-48,7**	44	56	19,6 9,5-37,0	64 45-96
Łąki i polany *Meadows and glades*	215,6 16,2-3634,0	48	52	43,5 9,9-261,0	20 7-98
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	34,8 12,7-186,0	57	43	22,4 6,6-163,0	64 28-97

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

5.5.5. Nikiel

Jednym z wielu metali ciężkich podlegających bioakumulacji w glebie jest nikiel (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Pierwiastek ten ulega łatwo bioakumulacji przez uwodnione tlenki manganu i żelaza oraz substancję organiczną. Nikiel jest łatwo przyswajalny i pobierany przez rośliny w stopniu proporcjonalnym do jego stężenia w glebie, aż do momentu osiągnięcia zawartości toksycznych. Niedobór jego w organizmie człowieka obniża poziom hemoglobiny, upośledza funkcję wątroby i wywołuje zmiany skórne. Nadmiar uszkadza błony śluzowe oraz szpik kostny i wywołuje choroby nowotworowe.

Występowanie niklu w glebie jest pochodną jego zawartości w skałach macierzystych oraz dopływu z emisji przemysłowych i stosowania ścieków komunalnych (Kabata-Pendias i Pendias 1999). Zakres średnich zawartości niklu w powierzchniowych poziomach gleb wynosi 4-50 $mg \cdot kg^{-1}$. Mniejsze jego ilości występują w glebach piaszczystych, a wyższe w gliniastych. Wysokie stężenia niklu wykazują gleby wytworzone z serpentynitów w sąsiedztwie hutnictwa tego metalu oraz w glebach zanieczyszczonych ściekami z galwanizerni.

Zawartości niklu w glebach Parku Szczytnickiego wahały się w granicach 4,6-38,6 $mg \cdot kg^{-1}$, a średnie stężenie tego pierwiastka wynosiło 14,3 $mg \cdot kg^{-1}$. Są to wartości zbliżone do notowanych na terenie Wrocławia przez Meinhardt (1998) (średnia 15 $mg \cdot kg^{-1}$ przy zakresie 8-31 $mg \cdot kg^{-1}$).

Tabela 18. Zawartość Ni w w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		$mg \cdot kg^{-1}$	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	13,4* 4,6-31,2**	100	0	3,1 0,5-8,0	23 7-61
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	18,0 7,0-38,6	96	4	5,7 1,2-19,5	32 18-51
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	11,7 5,3-16,4	100	0	2,4 0,6-3,7	20 11-27
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	14,4 7,5-28,6	100	0	3,0 1,8-5,8	21 20-24
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	10,7 5,8-19,5	100	0	5,1 3,3-9,6	48 3,2-24
Gleby parku *Park's soils*	14,3 4,6-38,6	98,8	1,2	3,9 0,5-19,5	27,2 7-64

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*

Rysunek 17. Zawartość niklu.

Najniższą zawartości niklu 4,6 mg·kg^{-1} stwierdzono w madzic brunatnej lekkiej, kwaśnej, o niskiej zawartości próchnicy. Na terenie parku najwyższą zawartość niklu notowano wśród mad próchnicznych (Tabela 18). Najwyższą zawartość niklu 38,6 mg·kg^{-1} stwierdzono w próbie pobranej z mady próchnicznej ciężkiej pod użytkiem darniowym o zawartości 63,4 mg·kg^{-1} węgla organicznego (Tabela 19). Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dn. 9.09.2002 r. powyższa wartość przekracza dopuszczalne stężenie niklu.

Na terenie parku (Rysunek 17) dominują gleby o zawartości niklu w przedziale 10- 20 mg·kg-1, gdzie tworzą zwarty kompleks na około 76 % jego obszaru. Na powierzchni około 13,5% zalegają gleby o zawartości powyżej 20 mg·kg-1. Są to gleby położone głównie w sektorze VII, w centrum, którego występuje punktowe przekroczenie dopuszczalnego stężenia dla obszarów chronionych.

Tabela 19. Zawartość Ni w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita *Total* (HNO_3 + HCl)			Rozpuszczalne w HCl Soluble in HCl	
	mg·kg^{-1}	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content		mg·kg^{-1}	$\frac{HCl}{HNO_3 + HCl} \cdot 100$ %
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit		
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	14,6* 6,5-31,2**	100	0	2,8 0,7-7,8	19 10-31
Łąki i polany *Meadows and glades*	16,3 7,5-38,6	95	5	5,0 1,8-19,5	30 15-61
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	13,4 4,6-28,6	100	0	3,7 0,5-12,2	28 7-64

* wartości średnie *mean values*

** przedziały wartości *ranges of values*

Pula potencjalnie dostępnego dla roślin niklu przechodzącego do roztworu 1 mol HCl dm^{-3} w glebach parku wahała się w przedziałach 0,5-19,5 mg·kg^{-1}, a średnia jego zawartość wynosiła 3,9 mg·kg^{-1} (Tabela 18). Była ona, podobnie jak całkowita zawartość niklu, bardzo zróżnicowana w obrębie prób zebranych z rejonu zalegania mad próchnicznych. Udział form potencjalnie dostępnych niklu dla roślin wahał się w przedziale 7-64% zawartości całko-

witej. Średnia zawartość form rozpuszczalnych w HCl była niższa w madach brunatnych, glebach antropogenicznych próchnicznych i antropogenicznych o niewykształconym profilu i zbliżona do stwierdzonych przez Bogdę i in. (2003) oraz Hajduka i in. (2003). Wysokim, kształtującym się w przedziałach 32-64% udziałem form rozpuszczalnych niklu w HCl charakteryzują się w Parku Szczytnickim pararędziny antropogeniczne. Świadczyć to może o dużym udziale w nich niklu występującego w formach niekrzemianowych, pochodzących często z zanieczyszczeń, które łatwo mogą uwalniać się z gleby i włączać do obiegu biogeochemicznego (Bogda i in., 2003; Bieniek i Łachacz, 2003).

5.5.6. Kadm

Metalem stanowiącym duże potencjalne zagrożenie dla środowiska w układzie: gleba – roślina – zwierzę, człowiek jest kadm. Pierwiastek ten stanowi szczególne ryzyko dla człowieka i zwierząt, ponieważ jest łatwo wchłaniany, stosunkowo długo zatrzymywany w tkankach i polega akumulacji w organach spełniających ważne funkcje w organizmach (Kabata,-Pendias i Pendias, 1999). Zanieczyszczenie nim gleb nawet terenów rekreacyjnych może stwarzać pewne zagrożenie dla zdrowia ludzi mimo, że nie wchodzi on bezpośrednio w łańcuch pokarmowy, w którym konsumentem jest człowiek. Naturalna zawartość kadmu w glebach zależy głównie od jego zawartości w skałach macierzystych, ale duży wpływ antropogeniczny spowodował, że jest to obecnie metal najbardziej wzbogacany. Średni jego zakres zawartości w glebach różnych krajów mieści się w granicach 0,2-1,05 $mg \cdot kg^{-1}$ (Kabata-Pendias i Pendias 1999).

Zawartość kadmu oznaczona w warstwie 5-10 cm gleb Parku Szczytnickiego jest bardzo zróżnicowana i mieści się w granicach < 0,07-10,80 $mg \cdot kg^{-1}$ (Tabela 20). Zakres ten jest znacznie szerszy od notowanego na terenie parku w warstwie 0-20 cm (Karczewska i in., 2000; Licznarowie, 2005). Świadczy to o kumulacji kadmu w powierzchniowej części poziomu próchnicznego zasobniejszego w materię organiczną. Potwierdzają to między innymi badania Gąsiorka i Niemyskiej-Łukaszczuk (2004). Notowane zawartości kadmu na terenie parku, łącznie z ekstremalnymi, są podobne do spotykanych na terenie aglomeracji Wrocławia (Meinhardt, 1998). W odniesieniu do Rozporządzenia Ministra Środowiska (2002) naturalną zawartość kadmu wykazywało 94% gleb parku (Rysunek 18). Nie stwierdzono występowania gleb zanieczyszczonych w rejonie zalegania gleb antropogenicznych próchnicznych i antropogenicznych o niewykształconym profilu glebowym. Przekroczenie dopuszczalnych stężeń kadmu w większym procen-

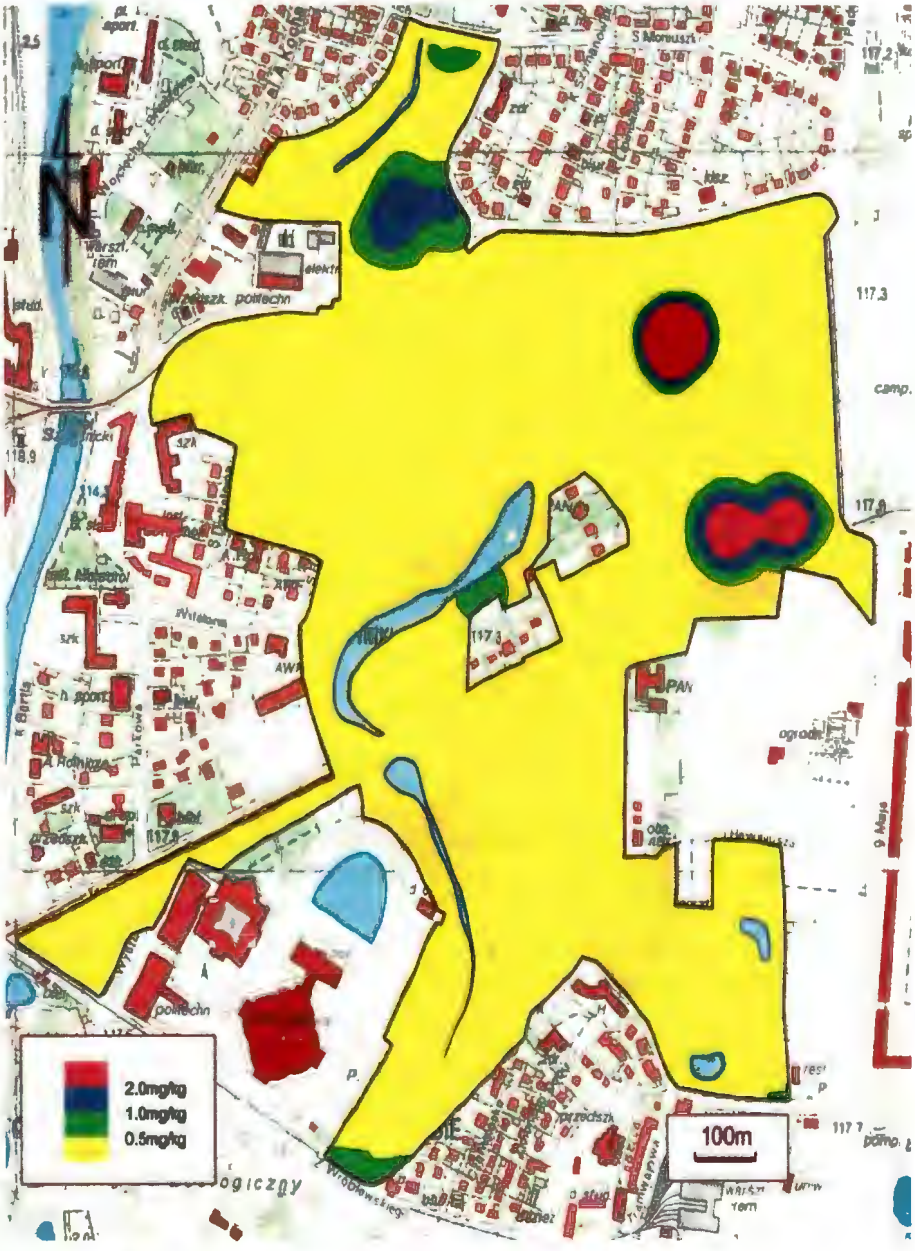
cie analizowanych prób stwierdzono w rejonie zalegania pararędzin antropogenicznych i mad próchnicznych. Gleby przekraczające dopuszczalne stężenia kadmu w parku występują w rejonie polan oraz na obszarach porośniętych drzewostanem mieszanym (Tabela 21).

Tabela 20. Zawartość Cd w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	<0,07-1,94	97	3
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	<0,07-10,8	87	13
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	<0,07-0,17	100	0
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	<0,07-0,24	100	0
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	<0,07-1,94	71	29
Gleby parku *Park's soils*	<0,07-10,8	94	6

Przestrzenne zróżnicowanie zawartości kadmu w glebach parku (Rysunek 18) wskazuje, że 91% jego powierzchni posiada zawartość poniżej 0,5 $mg \cdot kg^{-1}$, a około 4% 0,5-1,0 $mg \cdot kg^{-1}$. Tym samym około 95% jego powierzchni nie przekracza stężeń dopuszczalnych. Stężenie powyżej 2 $mg \cdot kg^{-1}$ kadmu stwierdzono w dwóch punktach, z których najwyższe stężenie 10,8 $mg \cdot kg^{-1}$ występowało w sektorze VII parku. Podobnie w tym rejonie Karczewska i in. (2000) stwierdzili kilkakrotnie wyższą koncentrację kadmu, niż w pobliżu ciągów ulicznych. Fakt ten tłumaczą miedzy innymi zakładaniem terenów rekreacyjnych na obszarach zrekultywowanych nieużytkach poprzemysłowych, gruzowiskach itp., gdzie do rekultywacji używano gruntów obcego pochodzenia, odpadowych, o nieznanym składzie. Potwierdzeniem tego może być mało zróżnicowana zawartość kadmu (0,11-0,82 $mg \cdot kg^{-1}$) w miejskich parkach leśnych Zielonej Góry (Greinert,

2001), które powstały na terenach naturalnych, bez wcześniejszej ingerencji przemysłu i człowieka w porównaniu z Parkiem Szczytnickim.



Rysunek 18. Zawartość kadmu.

Tabela 21. Zawartość Cd w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	<0,07-0,43	100	0
Łąki i polany *Meadows and glades*	<0,07-10,8	81	19
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	<0,07-4,4	95	5

5.5.7. Chrom

Chrom występuje powszechnie w skorupie ziemskiej, a zawartość jego w glebach niezanieczyszczonych jest na ogół pochodną zawartości w skałach macierzystych (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). W piaszczystych glebach Polski zawartość chromu waha się w przedziale 2-60 $mg \cdot kg^{-1}$. Znaczne zawartości chromu wykazują gleby wytworzone z serpentynitów. Zanieczyszczenie gleb chromem może zachodzić pod wpływem emisji przemysłowych oraz nawożenia gleb ściekami i kompostami z aglomeracji wielkoprzemysłowych (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Chrom może występować w glebie w formach kationowych Cr^{3+} stosunkowo trwałych i anionowych Cr^{6+}. Antropogeniczne zanieczyszczenia gleb zwykle zawierają Cr^{6+} w postaci chromianów silnie trujących dla roślin, stanowiących też źródło zagrożenia dla wód podziemnych.

Średnia zawartość chromu w glebach Wrocławia wynosi 20 $mg \cdot kg^{-1}$, a jej wahania kształtowały się od 6-47 $mg \cdot kg^{-1}$ (Meinhardt 1998). Prowadzone badania (Tabela 22) wskazują, że na terenie Parku Szczytnickiego zawartość chromu jest wyższa, waha się w przedziale 8,6-138,0 $mg \cdot kg^{-1}$, a średnia arytmetyczna wynosi 32,0 $mg \cdot kg^{-1}$. Wśród wydzielonych jednostek taksonomicznych jedynie pararędziny antropogeniczne wykazywały średnią zawartość chromu zbliżoną do stwierdzonej przez Meinhardt (1998). W świetle danych Kabaty-Pendias i Pendias (1999) niska zawartość chromu jest cechą charakterystyczną skał węglanowych.

W pozostałych jednostkach systematycznych średnia zawartość chromu była wyższa i bardziej zróżnicowana.

Tabela 22. Zawartość Cr w jednostkach systematycznych gleb.

Jednostka systematyczna *Taxonomic unit*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Mady brunatne *Alluvial brown soils*	27,7* 11,7-52,0**	97	3
Mady próchniczne *Alluvial humous soils*	43,3 11,4-138,0	74	26
Gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu *Anthropogenic soils with unformed profile*	29,3 10,4-63,0	78	22
Gleby antropogeniczne próchniczne *Anthropogenic humous soils*	30,9 15,2-54,1	83	17
Pararędziny antropogeniczne *Anthropogenic pararendzinas*	21,9 8,6-37,4	100	0
Gleby parku *Park's soils*	32,0 8,6-138,0	87	13

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

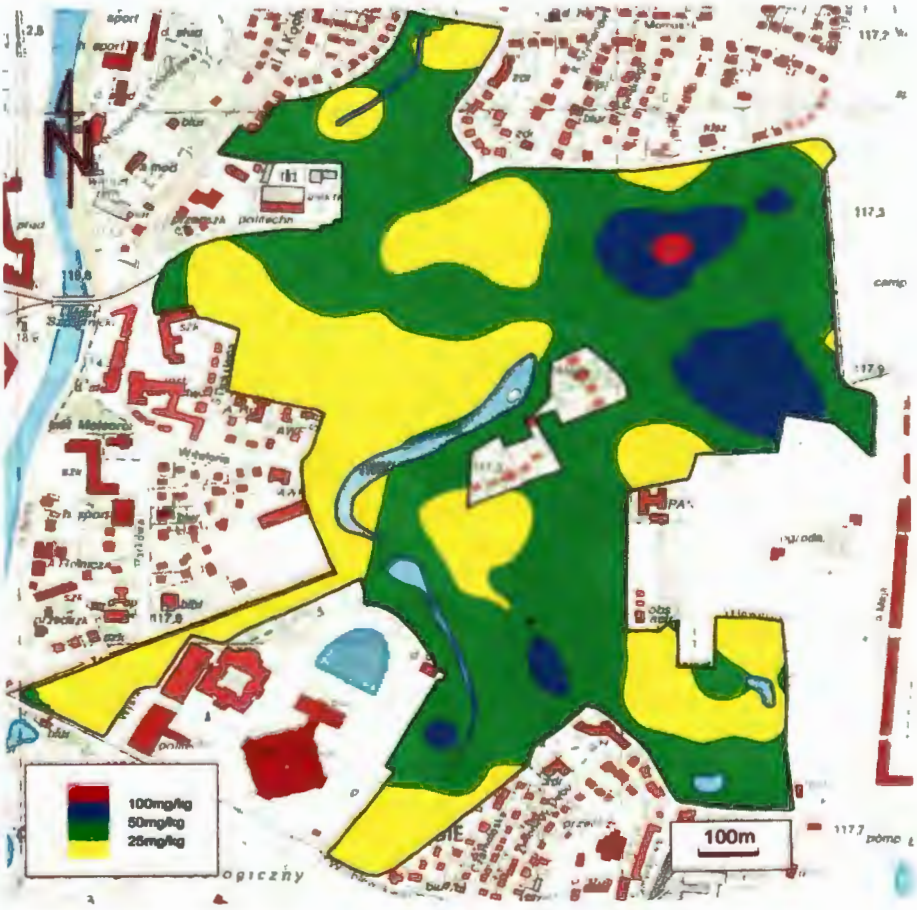
Tabela 23. Zawartość Cr w glebach pod zbiorowiskami roślinnymi.

Zbiorowisko *Community*	Całkowita (HNO_3 + HCl) *Total*		
	$mg \cdot kg^{-1}$	Procentowy udział prób o zawartości Percent of samples with content	
		naturalnej natural	przekraczającej normę exceeding the limit
Drzewostan iglasty *Coniferous tree stand*	27,3* 12,8-55,6**	93	7
Łąki i polany *Meadows and glades*	40 15,2-138,0	76	24
Drzewostan mieszany *Mixed stand*	30,0 8,6-76,0	91	9

* wartości średnie *mean values*
** przedziały wartości *ranges of values*

W rejonie ich zalegania stwierdzono zawartości przekraczające dopuszczalne stężenie dla obszarów chronionych. Wśród analizowanych 82 prób na terenie parku 13% wykazywało stężenie powyżej 50 $mg \cdot kg^{-1}$. Większe ich ilości lokalizowały się na łąkach i polanach w rejonie występowania mad próchnicznych i gleb antropogenicznych próchnicznych (Tabela 23).

Na terenie parku dominują gleby o naturalnej zawartości chromu (Rysunek 19). Gleby przekraczające stężenie dopuszczalne dla obszarów chronionych (Rozp. Min. Srod. z dn. 9.09.2002) stanowią około 9% powierzchni parku. Lokalizują się one w sektorze VII, gdzie występują w formie większych płatów. Pojedyncze i przeważnie mniejsze płaty gleb o zawartości >50 $mg \cdot kg^{-1}$ stwierdzono również w sektorach II i III.



Rysunek 19. Zawartość chromu.

7. WNIOSKI

1. Na terenie Parku Szczytnickiego występują gleby napływowe: mady brunatne i mady próchniczne oraz gleby industro– i urbanoziemne: antropogeniczne o niewykształconym profilu, antropogeniczne próchniczne i pararędziny antropogeniczne. Antropogeniczne gleby parku powstały w wyniku mechanicznego zniekształcenia gleb aluwialnych oraz włączenia w proces glebotwórczy materiałów gruzowiskowych,

2. Gleby parku wykazują budowę wieloczłonową i zróżnicowany skład granulomertyczny kwalifikujący je do kategorii gleb bardzo lekkich, lekkich, średnich, ciężkich i bardzo ciężkich. Zróżnicowanie gatunkowe gleb na terenie parku jest warunkowane przynależnością typologiczną i położeniem względem koryta rzeki Odry.

3. Układ czynników glebotwórczych oraz wzmożona faza antropogenezy gleb związana z rozwojem aglomeracji miejskiej wpływają w sposób zasadniczy na właściwości chemicznych i fizykochemicznych gleb parku.

4. Aktualnie wśród zróżnicowanych pod względem odczynu gleb na terenie parku dominują gleby silnie kwaśne i kwaśne. Oddziaływanie aglomeracji miejskiej wzmaga przyrodnicze procesy zakwaszania gleb w wyniku kumulacji $S\text{-}SO_4$ i jednocześnie przyczynia się do ich alkalizacji, głównie przez włączenie w proces glebotwórczy gruzu węglanowego.

5. Współdziałanie czynników przyrodniczych i antropogenicznych nie sprzyjają kumulacji i humifikacji materii organicznej zwłaszcza w silnie kwaśnych i kwaśnych glebach parku. Materia organiczna tych gleb wykazuje niski stopień humifikacji, a wśród jej produktów dominują połączenia niskocząsteczkowe kwasów fulwowych nad kwasami huminowymi.

6. Gleby Parku Szczytnickiego wykazują znaczne zawartości cynku, miedzi i ołowiu. Ponadnormatywne stężenia metali ciężkich w powierzchniowej warstwie poziomów próchnicznych oraz wysoki udział

ich form rozpuszczalnych wskazują na znaczny stopień antropogenizacji gleb parku związany z jego historią i oddziaływaniem aglomeracji Wrocławia.

7. W przeprowadzonych badaniach gleboznawczych zaobserwowano możliwość praktycznego wykorzystania metod krigingu do sporządzania map przestrzennego rozmieszczenia stężeń metali ciężkich i siarki w glebach. Metody te nie były jednakże możliwe do zastosowania w graficznym przedstawieniu pokrywy glebowej, z uwagi na silną antropopresję, jakiej były poddane gleby Parku Szczytnickiego.

LITERATURA

Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z. (2004) *Badania ekologiczno-gleboznawcze.* Wyd. PWN, Warszawa, 344.

Bieniek A., Łachacz A. (2003) Zawartość metali ciężkich w glebach strefy podmiejskiej Olsztyna. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 31-38.

Bińkowska I. (1995) Kształtowanie systemu zieleni miejskiej we Wrocławiu w XIX i na początku XX stulecia. *Architektura Wrocławia, Urbanistyka*, 225-244.

Bińkowska I., Grajewski G., Ilkosz J. (1995) *Studium historyczno-konserwatorskie Parku Szczytnickiego.* Maszynopis Urząd Miasta Wrocławia.

Bińkowska I. (1996) Wrocławskie parki miejskie i tereny spacerowe na przełomie XIX i XX wieku. *Roczn. Wrocławskie*, **3**: 194-200. Towarzystwo Przyjaciół Ossolineum.

Bishop T.F.A., McBartney A.B. (2001) A comparison of of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. *Geoderma*, 103: 149-160.

Bogda A., Karczewska A., Lech E., Marynowicz K. (2003) Metale ciężkie w glebach sąsiadujących z hałdami dawnego górnictwa miedzi i uranu w Miedziance (Rudawy Janowickie). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 45-51.

Borcz Z. (2002) Elementy projektowania zieleni. Wyd. Akademii Rolniczej, 475: 139.

Bourennane H., King D., Couturier A. (2000) Comparison of kriging with external drift and simple linear regression for predicting soil horizon thickness with different sample densities. *Geoderma*, 97: 255-271.

Bowanko G., Hajnos M. (2003) Wybrane właściwości urbanoziemów. Badania modelowe. *Acta Agrophysica, Monografia*, 81: 83.

Castrignanò A., Giugliarini L., Risaliti R., Martinelli N. (2000) Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma*, 97: 39-60.

Cebrat K. (1998) Koncepcja wystaw ogrodniczych we Wrocławiu w kontekście wielkich światowych ekspozycji zieleni. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei.* Dolnośląskie Wyd. Nauk, 199-208.

Cressie N.A.C. (1991) *Statistics for Spatial Data.* John Wiley and Sons, Inc., New York. 900.

Curzydło J. (1995) Skażenia motoryzacyjne wzdłuż dróg i autostrad oraz sposoby przeciwdziałania ujemnym skutkom motoryzacji w środowisku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 265-270.

Czarnowska K. (1995) Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 87-90.

Czarnowska K. (1997) Poziom niektórych metali ciężkich w glebach i liściach drzew miasta Łodzi. *Roczn. Glebozn.* **48,** 3/4: 49-61.

Czarnowska K. (1999) Metale ciężkie w glebach zieleńców Warszawy. *Roczn. Glebozn.* **50,** ½:31-39.

Czarnowska K., Bednarz I. (2000) Heavy metals in street dust from Warsaw. *Roczn. Glebozn.* **51,** 3/4: 28-56.

Czarnowska K., Chlibiniuk M., Kazanecka T. (2002) Pierwiastki śladowe w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy. *Roczn. Glebozn.* **53,** 3/4: 67-74.

Czarnowska K., Gworek B. (1991) Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy. *Roczn. Glebozn.* **42,** 1/2: 49-56.

Czarnowska K., Konecka-Betley K. (1977) Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na właściwości gleb i akumulację metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy. *Człowiek i środowisko.* 1/4: 73-90.

Czarnowska K., Kozanecka T. (2001) Rozpuszczalne formy metali ciężkich w glebach antropogenicznych z terenu Warszawy. *Roczn. Glebozn.* **52,** 3/4: 45-51.

Czarnowska K., Kozanecka T. (2003) Akumulacja Zn, Pb, Cu, i Cd w glebach antropogenicznych Warszawy. *Roczn. Glebozn.* **54,** 4: 77-81.

Czerwiński Z. (1978) Wpływ chemicznej technologii odśnieżania ulic na gleby i roślinność drzewiastą aglomeracji miejskich. *Zesz. Nauk SGGW, Rozpr. nauk.* 104: 1-42.

Czerwiński Z., Pracz J. (1990) Kierunki przekształceń gleb Warszawy pod wpływem czynników antropogenicznych i systematyka gleb terenów zurbanizowanych. W: *Problemy ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego na obszarach zurbanizowanych. Cz. I. SGGW-AR,* Warszawa, 28-34.

Czerwiński Z., Pracz J., Rolczyk K., Zagórski Z. (1990) Odczyn powierzchniowej warstwy gleb Warszawy i zawartość w glebach węglanu wapnia. W: *Problemy ochrony i kształtowania środowiska na obszarach urbanoziemnych. Cz. I. SGGW-AR,* Warszawa, 45-51.

Deutsch C.V., Journel A.G. (1998) GSLIB: *Geostatistical Software Library and User's Guide.* 2nd Edition. Oxford University Press, New York Oxford, 369.

Dobrzański B., Borek S., Czarnowska K., Czerwiński Z., Czempińska-Kamińska D., Kepka M., Konecka-Betley K., Kusińska A,. Mazurek A., Pracz J. (1975) Badania gleboznawcze Parku Łazienkowskiego w Warszawie w nawiązaniu

do ochrony środowiska. Cz. I. Charakterystyka gleb. *Rocz. Nauk. Roln. A*, **101**, 1: 101-140.

Dobrzański B., Czarnowska K., Czerwiński Z., Konecka-Betley K., Pracz J. (1975) Badania gleboznawcze Parku Łazienkowskiego w Warszawie w nawiązaniu do ochrony środowiska. Cz. II. Wpływ aglomeracji miejskiej na gleby i rośliny. *Rocz. Nauk. Roln.* A, **101**, 1: 141-158.

Drapella-Hermansdorfer A. (1997) Wrocławska architektura krajobrazu w XX wieku. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta.* Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 9-15.

Drapella-Hermansdorfer A., Masztalski R., Świerkosz K., Wojtyszyn B. (1996) Wielka wyspa - ekodzielnica Wrocławia. *Roczn. Wrocławski*, **3**: 24-55. Towarzystwo Przyjaciół Ossolineum.

Drapella-Hermansdorfer A., Ogielski P. (1998): Zielony pierścień Wrocławia. Tradycje i perspektywy rozwoju osadnictwa w strefie podmiejskiej. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei.* Dolnośląskie Wyd. Nauk. Wrocław, 159-170.

Drozd J. (1973) Związki próchniczne niektórych gleb na tle ich fizykochemicznych właściwości. *Roczn. Glebozn.* **24**, 1: 3-55.

Drozd J. (1996) Gleby terenów urbanizowanych ich zagrożenie ekologiczne i metody kształtowania żyzności. W: *Zieleń w środowisku miejskim.* Wrocław, 11-15.

Drozd J. (1997) Gleby terenów miejskich i metody podnoszenia ich żyzności. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta.* Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 168-172.

Drozd J. (1998) Środowisko glebowe na terenach zieleni miejskiej. W: *Miasto – ogród sto lat rozwoju idei.* Dolnośląskie Wyd. Nauk, 29-34.

Drozd J., Licznar M. (1994) Influence of copper smelter pollution on soils organic matter transformations. In: *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*, Ed. N. Senesi and T.M. Miano, Elsevier Science B.V., 567-572.

Drozd J., Licznar M., Nowakowski A. (2001) Zawartość ołowiu i kadmu w glebach wzdłuż głównych tras komunikacyjnych na przykładzie wybranych tras komunikacyjnych miasta Wrocławia. *Acta Agrophysica*, **56**, 105-114.

Drozd J., Licznar M., Licznar S.E., Weber J. (1998) Związki próchniczne degradowanych gleb górnoreglowych ekosystemów leśnych Karkonoszy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 464, 281-291.

Drozd J., Licznar M., Licznar S.E., Weber J. (2002): *Gleboznawstwo z elementami geologii.* Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, **470**, 210.

Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S.E., Jamroz E., Dadrach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbny T. (1998a) *Degradacja gleb w niszczonych ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania.* PTSH Wrocław, 123.

Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski A. (2002) Klimat Wrocławia. W: *Środowisko Wrocławia. Informator 2002.* Dolnośląski Fundusz Ekorozwoju, 9-25.

Dziadowiec H. (1993) Ekologiczna rola próchnicy glebowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 411: 271-282.

Gąsiorek M., Niemyska-Lukaszczuk J. (2004) Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa. *Roczn. Glebozn.* **55**, 1: 127-134.

Gliński J., Turski R. (2002) Ewolucja, zasoby i główne zagrożenia gleb. *Acta Agrophysica, Monografie*, **65**: 88.

Goovaerts P. (1999) Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspective. *Geoderma*, **89**: 1-45.

Goovaerts P. (2001) Geostatistical modeling of uncertainty in soil science. *Geoderma*, **103**: 3-26.

Greinert A. (2001) Soils of the Zielona Góra urban forest parks as an example of anthropogenic transformation of natural forest soil. *Acta Agrophysica*, **51**: 57-66.

Hajduk E., Baran S., Kaniuczak J. (2003) Zawartość Ni w glebach objętych wpływem zanieczyszczeń przemysłowych w wybranych rejonach południowowschodniej Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **493**: 101-109.

Haladyn K. (1997) Możliwości rozwoju terenów zieleni w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Wrocław. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta.* Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 39-44.

Hrynkiewicz-Sudnik J. (1996) Zieleń miasta Wrocławia. W: *Zieleń w środowisku miejskim.* Wrocław, 7-9.

Isaaks E.H., Srivastava, R.M. (1989) *Applied Geostatistics.* Oxford University Press, New York, 561.

Kabała C., Chodak T. (2002) Gleby. W: *Środowisko. Wrocławia Informator 2002*, Dolnośląski Fundusz Ekorozwoju, 66-73.

Kabała C., Kaszubkiewicz J. (2003) Zanieczyszczenie gleb i roślin uprawnych na terenie gminy Wrocław. W: *Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim 2003 r.* Bibliot. Monitoringu Środowiska Wrocław, 228-229.

Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H. (1993) Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy, P. (53), ss 20.

Kabata-Pendias A., Pendias H. (1999) Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN Warszawa, 398.

Karczewska A. (2003) Mniszek pospolity Taraxacum officinale FH. WIGG jako roślina wskaźnikowa całkowitych zawartości i form rozpuszczalnych Cu, Pb, Zn i Cd w glebach zanieczyszczonych Dolnego Śląska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493: 139-146.

Karczewska A., Kabała C., Avenarius K. (2000) Metale ciężkie w glebach na obszarze Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. *Zesz. Probl. Nauk Roln.* 471: 981-987.

Kitanidis P.K. (1997) *Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology.* Cambridge University Press, Cambridge, 249.

Klasyfikacja Gleb Leśnych Polski (2000) Wyd. Centr. Infor. Lasów Polskich, 123.

Klimowicz Z., Melke J. (2000) Zawartość metali ciężkich w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych na przykładzie wybranych tras. *Roczn. Glebozn.* 51, 1/2: 73-78.

Konecka-Betley K., Czępińska-Kamińska D., Janowska E. (1999) Przemiany pokrywy glebowej w Kampinowskim Parku Narodowym (1991-1994). *Roczn. Glebozn.* **50**, 4: 5-29.

Konecka-Betley K., Czępińska-Kamińska D., Janowska E., Okołowicz M. (2002) Gleby stref ochrony ścisłej i częściowej w rezerwacie biosfery „Puszcza Kampinowska". *Roczn. Glebozn.* **53**,1/2: 5-21.

Konecka-Betley K., Janowska E., Łuniewska-Broda J., Szpotański M. (1984) Wstępna klasyfikacja gleb aglomeracji warszawskiej. *Roczn. Glebozn.* **35**, 2: 151-163.

Kowalski J. (1977) Dynamika stanów wód podziemnych m. Wrocławia. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawy.* 8: 1-67.

Kusińska A. (1991) Przemiany substancji organicznej zieleńców i parków miasta Łodzi. *Roczn. Glebozn.* **42**, 1/2: 101-107.

Kusza G., Strzyszcz Z. (2005) Rezerwaty leśne Opolszczyzny stan i technogenne zagrożenia. Inst. Inżynierii Środowiska PAN Zabrze, *Prace i studia*, 63: 156.

Kwiatkowska-Szygulska B., Mikołajczyk A., Zyniewicz S. (2002) Powietrze. W: *Środowisko Wrocławia. Informator 2002.* Dolnośląski Fundusz Ekorozwoju. 26-37.

Laskowski S., Tołoczko W. (1998) Zmiany odczynu i zawartości siarki w glebach objętych oddziaływaniem aglomeracji miejsko-przemysłowej Zgierza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456: 343-351.

Licznar S.E., Licznar M. (2005) Oddziaływanie aglomeracji miejskiej Wrocławia na poziomy próchniczne gleb Parku Szczytnickiego. *Roczn. Glebozn.* **56**, 1/2: 113-118.

Lis A. (2005) Struktura podłoża motywacyjnego zachowań użytkowników parków miejskich. *Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Monografia*, 45: 73.

Lityński T., Jurkowska H. (1982) *Żyzność gleby i odżywianie roślin*. PWN, Warszawa, 643.

Łakomiec I. (1984) Substancja organiczna w glebach zieleńców parków warszawskich. W: *Wpływ zieleńców na kształtowanie środowiska miejskiego*. PWN, Warszawa, 145-150.

Łanowiecki M., Chudzyński L. (2004) *Ogród Japoński we Wrocławiu*. Wyd. Oświat. Oficyny Wyd. ATUT, Wrocław.

Malczyk T., Glubiak T., Rylewicz-Butryn M., Kusz A. (1998) Koncepcja zagospodarowania wybranych fragmentów dawnych terenów wystawowych Parku Szczytnickiego we Wrocławiu. W: *Miasto – ogród sto lat idei*. Dolnośląskie Wyd. Nauk, 209-213.

Masztalski R. (1997) Organizacyjno-prawna strategia ochrony miejskich założeń przyrodniczo-krajobrazowych. Szczytnicki Zespół Przyrodniczo – Krajobrazowy. W: *Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta*. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 25-30.

Meinhardt B. (1995) Stan zanieczyszczenia gleb na terenie miasta Wrocławia i województwa wrocławskiego (na podstawie badań własnych WIOŚ Wrocław). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 285-290.

Meinhardt B. (1998) Stan środowiska przyrodniczego Wrocławia ze szczególnym uwzględnieniem gleb. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. *Rolnictwo*, **73**, 347: 9-41.

Misura U.K., Das C.P., Mitra G.N. (1900) Forms of sulphur in some of orissa in relation to relevant soil properties. *Journ. the Indian Society of Soil Sci.* **38**, 1: 61-69.

Motowicka-Terelak T., Terelak H. (1998) *Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenia*. PIOŚ Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa, 106.

Mucha J. (1991) *Wybrane metody matematyczne w geologii górniczej*. Wyd. AGH, Kraków, 157.

Pannatier Y. (1996) *VARIOWIN Software for Spatial Data Analysis in 2D*. Spinger-Verlag, Berlin-Heidelberg, 91.

Pływaczyk A. (1999) Ocena stosunków wodnych na terenie Parku Szczytnickiego. W.: *Kształtowanie pielęgnacja i ochrona zieleni miejskiej*, 47-51.

Pływaczyk A., Kowalczyk T. (2000) Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Szczytnickim, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu. *Inżynieria Środowiska*, **11**, 385: 301-308.

Reda P. (1998) Wpływ powodzi w lipcu 1997r. na degradację drzewostanu terenów leśnych i parków Wrocławia. W: *Miasto – ogród sto lat idei.* Dolnośląskie Wyd. Nauk, 11-28.

Reda P. (2002) Rozmieszczenie lasów i parków oraz zmiany w składzie dendroflory po powodzi w 1997 roku w dolinie zalewowej Odry we Wrocławiu. Komputeropis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski.

Roszyk E., Roszykowa S. (1975) Ołów w glebach i roślinach w pobliżu dróg na terenie Wrocławia. *Roczn. Glebozn.* **26**, 1: 177-185.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. (Dz.U. 02.165.1359 z dn. 4 października 2002 r.).

Siuta J., Zielińska A., Makowiecki K. (1985) *Degradacja ziemi.* Warszawa IKS, 318.

Stach A. (2002) Geostatystyczna identyfikacja mechanizmów transportu roztworów w ciekach. W: *Materiały sympozjum: „Erozja Gleb i Transport Rumowiska Rzecznego" Zakopane 10-12.X.2002*, 186-196.

Surfre 8 – User's Guide, Golden Software, Inc. 2002, Colorado U.S.A., 640.

Systematyka gleb Polski 1974, Praca zbiorowa. 5 Kom. Pol. Tow. Gleb. *Roczn. Glebozn.* 25, 1.

Systematyka gleb Polski 1989, Praca zbiorowa. *Roczn. Glebozn.* 40, 1.

Szopińska E. (1999) Drzewa i krzewy parków wrocławskich oraz ich rola w kształtowaniu i ochronie terenów zieleni. Komputeropis pracy doktorskiej, Uniwersytet Wrocławski.

Szymańska E. (1999) Wpływ powodzi w lipcu 1997 roku na szatę roślinną Parku Szczytnickiego. W: *Kształtowanie pielęgnacja i ochrona zieleni miejskiej.* Wrocław, 53-60.

Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak.T., Stuczyński T., Budzyńska K. (1995) Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 418: 45-60.

Urbanik J. (2002) *Wrocławska wystawa werkbundu WUWA 1929.* Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 343.

Wackernagel H. (1998) *Muitivariate Geostatistics – An Introduction with Applications.* Spinger-Verlag, Berlin-Heidelberg, 291.

Wąs C. (1993) *Ogród i park księcia Hohenlohe w Szczytnikach.* Śląski labirynt krajoznawczy. Oddz. Wrocławski, PTTK 5, 138-143.

IBS PAN Sefia
45644

Stanisława E. Licznar, Michał Licznar, Paweł Licznar

MONITORING ŚRODOWISKA: BADANIA POKRYWY GLEBOWEJ PARKU SZCZYTNICKIEGO WE WROCŁAWIU

Praca dotyczy zagadnień monitoringu środowiska w odniesieniu do monitoringu składu gleby. Przedstawia oryginalne i bardzo szczegółowe oraz dobrze udokumentowane wyniki badań morfologii gleby, jej właściwości fizyko-chemicznych oraz zawartości metali ciężkich, wykonanych w Parku Szczytnickim we Wrocławiu, stanowiącym obecnie objęty ochroną Szczytnicki Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy. W pracy przedstawiono szczegółowo metodologię monitoringu pokrywy glebowej, polegającego na pobieraniu próbek gleby w terenie w odpowiednio wybranych punktach pomiarowych a następnie na wykonywaniu badań laboratoryjnych próbek. Wynikiem końcowym są mapy koncentracji badanych parametrów w badanym obszarze wykonane po przeprowadzeniu aproksymacji przestrzennej wartości parametrów przy użyciu algorytmów krigingowych. Praca umiejętnie łączy opis klasycznego sposobu pomiarów terenowych i laboratoryjnych z ich uogólnianiem i wizualizacją za pomocą nowoczesnych metod informatycznych.

ISBN 83-894-7510-3
9788389475107
ISSN 0208-8029