

Monika Madej, Jan Siuta, Grażyna Wasiak

## ZIELEŃ WARSZAWY ŹRÓDŁEM SUROWCA DO PRODUKCJI KOMPOSTU

### Część II. Skład chemiczny mas roślinnych z różnych powierzchni zieleni warszawskiej

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badania składu chemicznego roślin trawnikowych oraz liści i gałęzi drzew pobranych z 21 powierzchni badawczych zieleni warszawskiej, które pogrupowano w następujący sposób: 1) zieleń wzdłuż ulic o dużym natężeniu ruchu, 2) zieleń terenów przemysłowych, 3) zieleń osiedlowa, 4) zieleń parkowa i rekreacyjna, 5) zieleń ogrodów działkowych.

W masie roślinnej oznaczono zawartości: substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu oraz metali ciężkich: kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci. Wyliczono też stosunek węgla organicznego do azotu (C:N).

Wyniki analizy chemicznej mas roślinnych oceniono w aspekcie jej przydatności do produkcji kompostu. Stwierdzono stosunkowo małe zawartości metali ciężkich, co kwalifikuje odpady roślinne z pielęgnacji zieleni warszawskiej do produkcji dobrej jakości kompostu.

**Słowa kluczowe:** zieleń Warszawy, odpady zielone, kompost, metale ciężkie

## WPROWADZENIE

Kompostotwórcza wartość mas roślinnych usuwanych (pozyskiwanych) w toku pielęgnacji zieleni miejskiej (zwanych odpadami zielonymi) zależy od wielu naturalnych i antropogenicznych czynników środowiska zurbanizowanego oraz od pielęgnacji i sposobu użytkowania powierzchni zieleni, a także od techniki i organizacji pozyskiwania surowca roślinnego do produkcji kompostu.

Jakość środowiska glebowego, areal powierzchni biologicznie czynnej (zielonej), charakter oraz intensywność użytkowania infrastruktury technicznej w otoczeniu, duże źródła emisji zanieczyszczeń przemysłowych i komunikacyjnych to najważniejsze czynniki stanowiące o produktywności i chemizmie roślin. Jakość surowca pozyskiwanego do produkcji kompostu, zależy ponadto od: ulepszenia (melioracji) gleb miernej jakości, doboru roślin, nawożenia i uzupełniania niedoboru wody, techniki usuwania (pozyskiwania) mas roślinnych, warunków pogodowych, wilgotności gleby w czasie koszenia runi trawnikowej. Sucha powierzchnia ziemi podczas koszenia trawnika intensywnie pyli i zanieczyszcza zbieraną masę roślinną. Słabemu wzrostowi runi trawnikowej

---

Monika MADEJ, Jan SIUTA, Grażyna WASIAK – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie.

i dużym odstępom między jej koszeniem towarzyszy odpowiedni wzrost zanieczyszczeń glebowych (pylenie) i atmosferycznych, co wydatnie pogarsza jakość surowca kompostowanego.

Chcąc przywracać zieleni miejskiej należne jej glebotwórcze i nawozowe zasoby biomasy trzeba rozpoznać istniejący potencjał oraz techniczno-organizacyjne uwarunkowania pozyskiwania i kompostowania surowca.

Próbki roślin trawnikowych, opadających liści drzew i krzewów oraz usuwanych gałęzi drzew i krzewów pobierano do analizy laboratoryjnej z powierzchni różnych pod względem zanieczyszczenia środowiska, rozpoznanych wcześniej przez wielu autorów [Atlas 1991; Chmielewski 1996; Czarnowska, Konecka-Betley 1984; Czarnowska 1978; Czarnowska, Gworek 1991; Dobrzański, Czerwiński, Borek, Kępka, Majsterkiewicz 1971; Dmuchowski, Bandurek 2001; Maciejowska, Kwiatkowska 2001].

## **WYBÓR POWIERZCHNI I METODYKA BADAŃ**

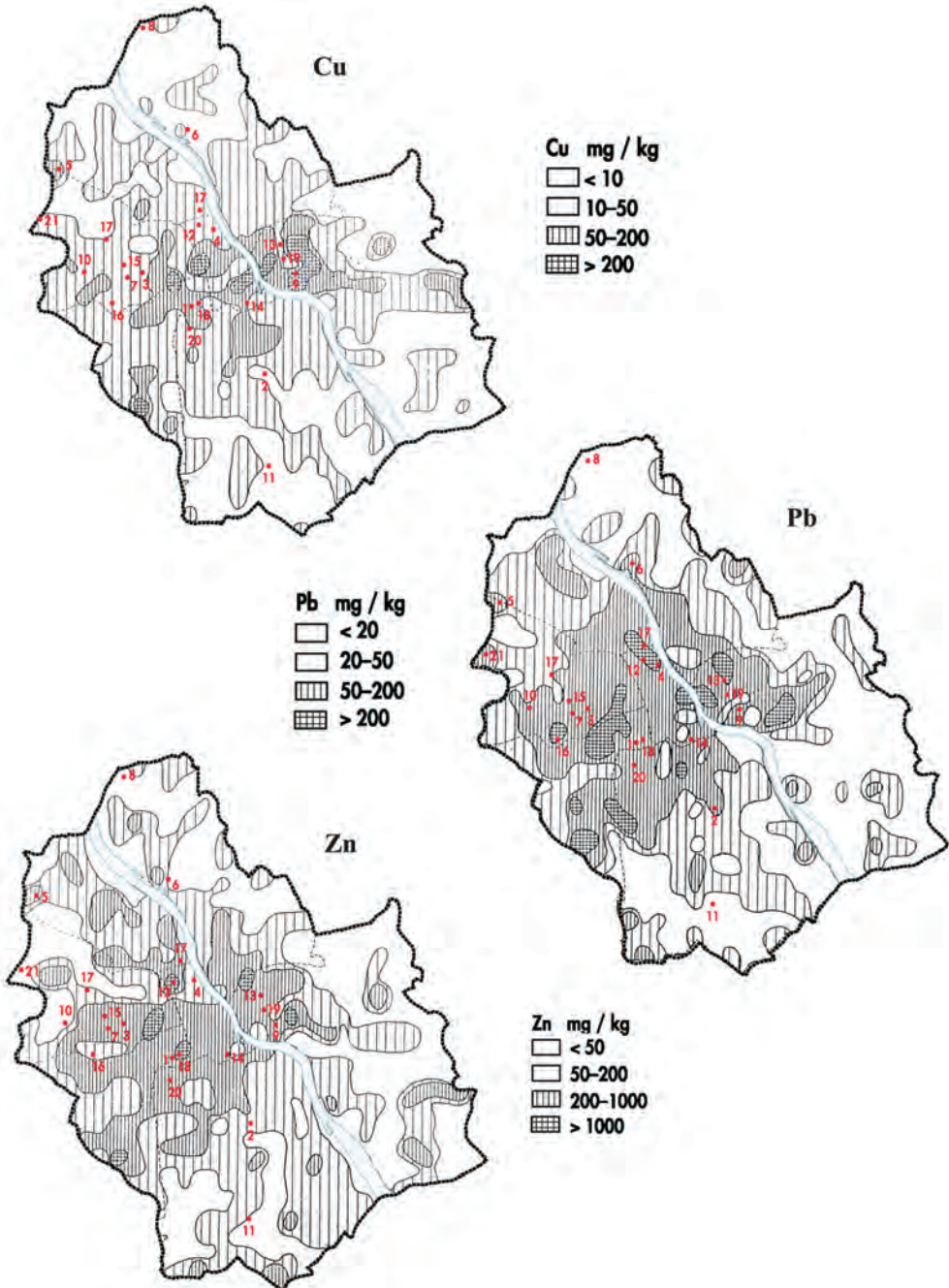
Na podstawie dostępnych wyników badań zanieczyszczenia środowiska glebowego oraz źródeł i struktur przestrzennych emitowanych zanieczyszczeń wyznaczono 21 powierzchni [Madej 2007] do poboru i analizy materiałów roślinnych (rys. 1 i 2).

1. Zieleń wzdłuż ulic o dużym natężeniu ruchu: 1) Żwirki i Wigury, 2) Sobieskiego, 3) Wolska, 4) Wisłostrada;
2. Zieleń przemysłowa: 5) Huta (Bielany), 6) Fabryki Samochodów Daewoo-FSO (Żerań), Ciepłownia Wola, 8) Oczyszczalnia Ścieków Czajka;
3. Zieleń osiedlowa: 9) Ateńska (Saska Kępa), 10) Lazurowa (Bemowo), 11) Wyżyny (Ursynów), 12) Próchnika (Żoliborz);
4. Zieleń parkowa i rekreacyjna: 13) Park Skaryszewski, 14) Park Łazienki Królewskie, 15) Park Szymanowskiego, 16) Stadion (Osiedle Przyjaźń), 17) Stadion Spójnia, 18) Pole Mokotowskie;
5. Ogrody działkowe (POD): 19) przy ul. Waszyngtona, 20) Owoc przy Al. Żwirki i Wigury, 21) Wirnik (Bemowo).

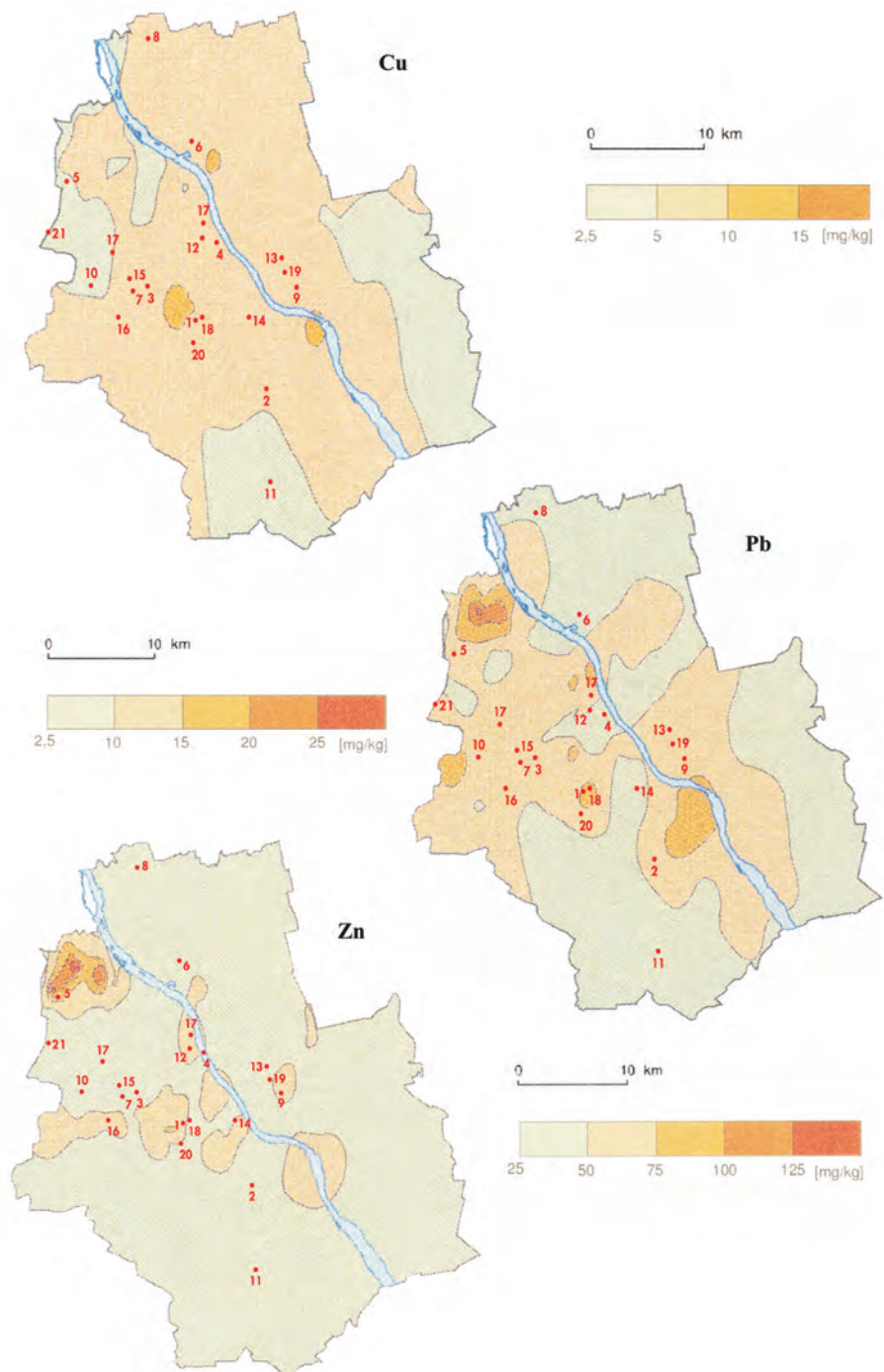
## **POBIERANIE MATERIAŁU ROŚLINNEGO DO ANALIZY LABORATORYJNEJ**

Próbki runi trawnikowej oraz liści i gałęzi drzew pobierano i przygotowywano do analiz laboratoryjnych w sposób następujący:

- Ruń trawnikową pobierano wiosną i w jesieni roku 2003 oraz w maju roku 2004 w czasie bezdeszczowej pogody.
- Z każdej powierzchni trawnikowej pobierano (każdorazowo) 10–15 próbek wyjściowych, które uśredniano, a następnie pobierano po około 1 kg próbki do dalszego postępowania.



Rys. 1. Rozmieszczenie powierzchni poboru próbek materiału roślinnego do badań na tle struktury przestrzennej zawartości miedzi, ołowiu i cynku w wierzchniej warstwie gleby [Czarnowska, Gworek 1991]



Rys. 2. Rozmieszczenie powierzchni poboru próbek materiału roślinnego do badań na tle struktury przestrzennej zanieczyszczenia miedzią, ołowiem i cynkiem powietrza [Dmuchowski 2005]

- Próbki liści opadłych na ruń trawnikową pobrano w październiku 2003 roku. Postępowano z nimi w taki sam sposób jak z próbkami runi trawnikowej – pozyskując po 3 próbki uśrednione.
- Próbki gałęzi drzew pozyskiwano z opadłych (przeważnie suchych części), a jeżeli nie były one dostępne, to pobierano gałęzie łącznie z liśćmi.

Łącznie pobrano 261 próbek roślinnych do analizy laboratoryjnej. Próbki masy roślinnej suszono w temperaturze około 40 °C, a następnie przetrzymywano w temperaturze pokojowej w celu uzyskania powietrznie suchej masy. Z każdej takiej próbki pobierano 10 próbek elementarnych, które uśredniano i rozdrabniano (mielono, pulweryzowano) umieszczając w zamkniętych pojemnikach szklanych do czasu analizy laboratoryjnej.

Analizy mas roślinnych wykonało Miejskie Laboratorium Chemiczne Miasta Stołecznego Warszawy oraz Laboratorium Monitoringu Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie, oznaczając:

- substancję organiczną – metodą spalania na sucho w temperaturze 500 °C,
- azot organiczny – metodą Kjehdahl,
- węgiel organiczny – metodą Tiurina w mieszaninie dichromianu (VI) potasu i stężonego kwasu siarkowego,
- potas – techniką emisyjnej spektrometrii (ESA) w roztworze po mineralizacji na mokro w stężonym kwasie azotowym i solnym,
- fosfor – metodą kolorymetryczną po hydrolizie w stężonym kwasie solnym z dodatkiem stężonego kwasu solnego,
- kadm, chrom, miedź, nikiel, ołów i cynk – metodą absorpcji spektrometrii atomowej (ASA) w roztworze po mineralizacji na mokro w stężonych kwasach azotowym i solnym,
- rtęć – w automatycznym analizatorze rtęci,
- pH – potencjometrycznie,
- wilgotność – wagowo.

Uśrednione zawartości substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu przedstawiono na rysunku 3 w g/kg s.m. według rozprawy doktorskiej M. Madej [2007], ale w tekście niniejszego artykułu opisano je w procentach s.m. Uczyniono to w celu ujednoczenia wyników z innymi cytowanymi danymi.

## **ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW W ROŚLINACH ZIELENI WARSZAWSKIEJ**

Zawartości węgla organicznego (substancji organicznej), azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu i siarki stanowią o jakości surowca roślinnego do produkcji kompo-

stu. W analizie materiału roślinnego uwzględniono zawartości: substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu oraz metali ciężkich ze względu na możliwości występowania ich w nadmiernych (szkodliwych) ilościach, co dotyczy głównie kadmu, chromu, niklu, ołowiu i rtęci.

Ze względu na obfitości danych liczbowych średnie zawartości substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu (rys. 3) oraz kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci (rys. 4) przedstawiono graficznie.

Substancja organiczna w trawach i liściach drzew stanowiła ponad 87,1% s.m., a w gałęziach ponad 92,7% (rys. 3). W zrębkach gałęzi stwierdzono do 97,4% substancji organicznej [Siuta, Wasiak 2000].

Średnie zawartości węgla organicznego wyniosły 38,5–43,4% s.m. analizowanych próbek ze wszystkich rodzajów zieleni miejskiej.

Średnie zawartości azotu w trawach z poszczególnych powierzchni wahały się od 1,93 do 3,28% s.m. Najmniej azotu (1,93 – 2,36%) zawierały rośliny terenów przemysłowych, a najwięcej z trawników osiedlowych (3,03 – 3,28%) i ogrodów działkowych (2,80 – 2,88%).

Liście drzew zawierały średnio 1,17 – 1,57% N, a gałęzie drzew 0,42 – 0,88% N.

Średnie zawartości azotu w analizowanych trawach były większe od tych, które stwierdzono w odpadach z pielęgnacji trawników dostarczonych do kompostowania w latach 1994–2000 [Wasiak, Mamełka, Jaroszyńska 2003].

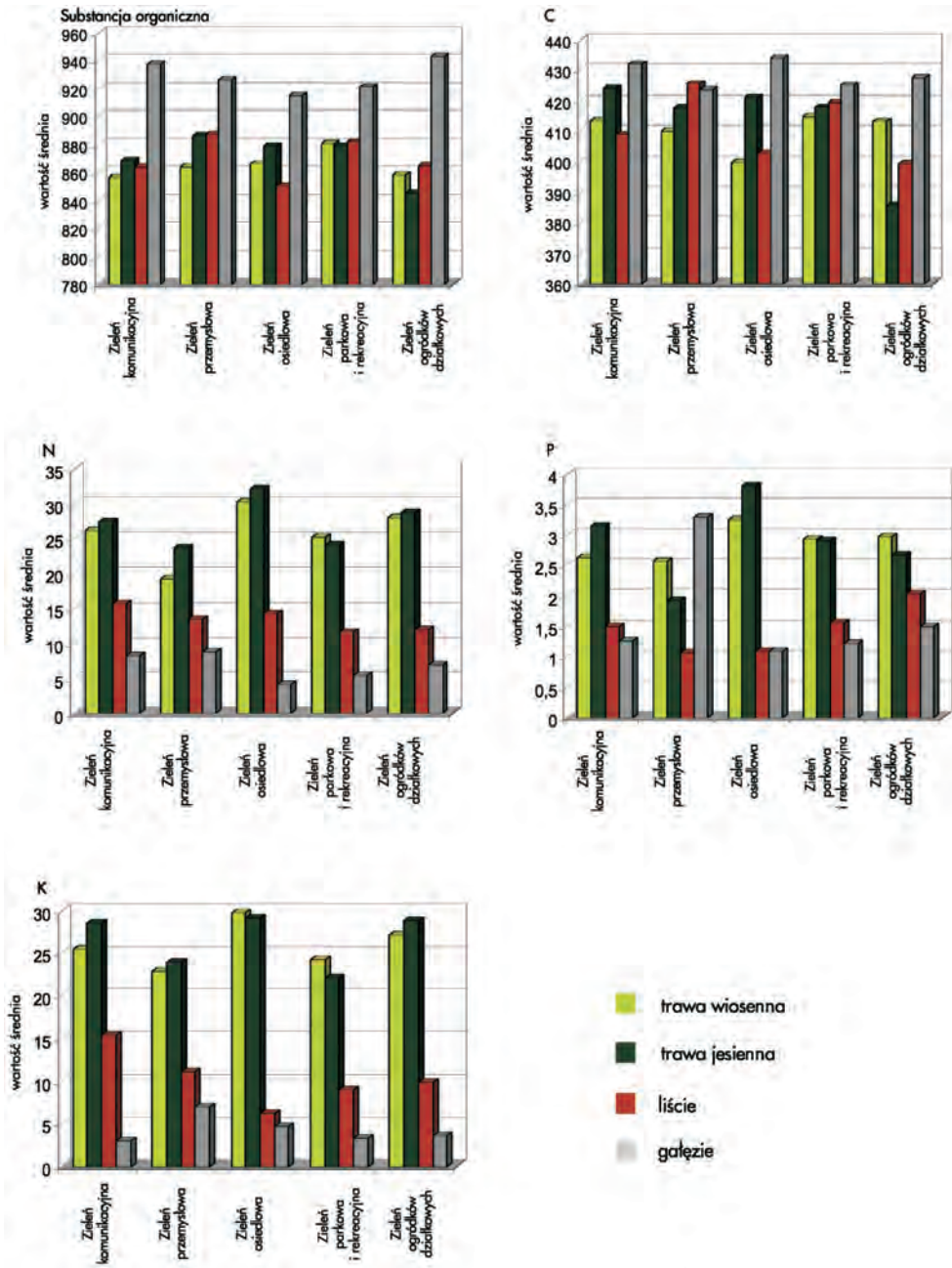
Stwierdzone różnice w zawartości azotu w trawach dostarczanych do kompostowania, a pobieranych bezpośrednio z trawników (powierzchni badawczych) wynikają zapewne ze sposobu mechanicznego usuwania (koszenia) trawy jak też z lepszej pielęgnacji (nawożenia, deszczowania) trawników w okresie prowadzonych badań.

Stosunek węgla do azotu (C:N) w trawach wyniósł średnio 15,8 (ze wszystkich powierzchni) przy wahaniami 26,0 – 38,1 z poszczególnych powierzchni. Gałęzie drzew wykazały największe wahania C:N (35 – 154), średnia z wszystkich powierzchni wyniosła 64,4. Tak duże rozpiętości C:N wynikają między innymi stąd, że niektóre gałęzie analizowano razem z zielonymi liśćmi. Według Wróblewskiej i Urbaniak [1999] w trocinach drzewnych przewaga C nad N była nawet 308 krotna.

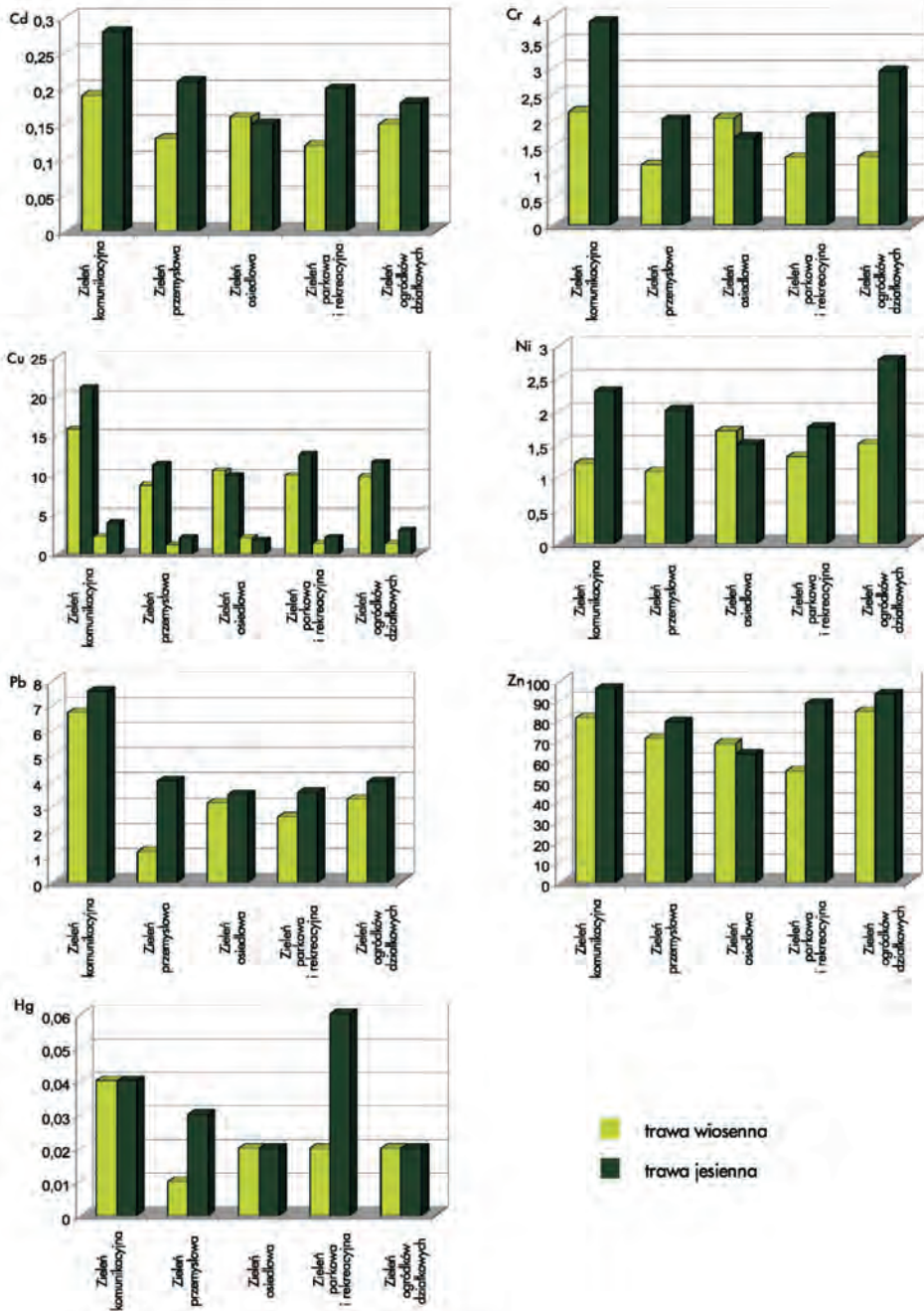
Średnie zawartości fosforu w trawach z poszczególnych rodzajów zieleni miejskiej wahały się od 0,19 do 0,38% s.m., liście drzew zawierały średnio od 0,11 do 0,20% s.m., a gałęzie drzew 0,11 – 0,33% s.m. Najwięcej fosforu (do 0,61% s.m.) zawierały gałęzie drzew z terenów przemysłowych.

Średnie zawartości potasu w trawie z poszczególnych rodzajów zieleni miejskiej wyniosły od 1,92 do 2,98% s.m. liście drzew zawierały 0,62 – 1,53 % s.m., gałęzie drzew 0,30 – 0,69% s.m.

Trawniki zieleni osiedlowej wykazały najlepsze (stabilne) zaopatrzenie roślin w potas, podobnie jak w azot. Niskie wskaźniki zawartości potasu i azotu stwierdzono w trawach na terenach przemysłowych.



Rys. 3. Uśrednione zawartości (g/kg s.m.) substancji organicznej, węgla organicznego, azotu, fosforu i potasu w roślinach zieleni warszawskiej



Rys. 4. Uśrednione zawartości: kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci (mg/kg s.m.) w roślinach trawnikowych



## ZAWARTOŚCI METALI CIĘŻKICH (rys. 4, 5, 6)

**Kadm (Cd).** Trawa zawierała średnio 0,12 – 0,28 mg Cd/kg s.m., przy waha- niach od 0,04 do 0,53 mg/kg s.m. Liście drzew zawierały średnio 0,21 – 0,62 mg/kg, a gałęzie drzew 0,79 – 0,71 mg Cd/kg s.m. Wielkości maksymalne wahały się odpo- wiednio 0,29–1,80 mg Cd/kg s.m. i 0,26 – 0,98 mg/kg s.m.

**Chrom (Cr).** Średnie zawartości Cr w trawie wynosiły 1,16 – 3,91 mg/kg s.m., a maksymalne 2,10 – 20,0 mg/kg s.m. Największe zanieczyszczenie trawy stwierdzo- no na terenach komunikacyjnych. Liście drzew wykazały dużo mniejsze zanieczysz- czenie chromem niż trawy, a gałęzie jeszcze mniejsze.

**Miedź (Cu).** Trawa zawierała średnio 9,9 – 21,1 mg Cu/kg s.m., maksymalnie 12,1 – 37,0 mg/kg s.m. W liściach drzew stwierdzono średnio od 7,6 do 18,5 mg Cu/kg s.m. maksymalnie 10,0 – 25,6 mg/kg s.m. Gałęzie drzew zawierały średnio 6,2 – 15,8 mg Cu/kg s.m. maksymalnie 8,1 – 23,1 mg/kg s.m. Najwięcej miedzi stwier- dzono w roślinach z terenów komunikacyjnych i przemysłowych, a najmniej na tere- nach zieleni osiedlowej.

**Cynk (Zn).** Trawa zbioru wiosennego zawierała (średnio) 55,0 – 64,8 mg Zn/kg s.m., a zbioru jesiennego 63,4 i 96,2 mg/kg s.m. Najmniejsze ilości cynku stwierdzono w roślinach trawników osiedlowych (63,4 – 68,4 mg/kg s.m.) i parkowych (55,0 i 88,9 mg/kg s.m.), a największe na terenach komunikacyjnych (81,4 i 96,2 mg/kg s.m.) i w ogrodach działkowych (84,8 i 93,2 mg/kg s.m.). Liście drzew zawierały 67,8 – 126,7 mg Zn/kg s.m. Najwięcej Zn zawierały liście drzew zieleni przemysłowej (126,7 mg/kg s.m.) i parkowej (108,5). Gałęzie drzew zawierały 50,4 – 159,4 mg Zn/kg s.m. Dużą kulminację Zn (159,4 mg) wykazywały gałęzie z terenów przemysłowych.

Maksymalne zawartości cynku w badanych próbkach trawy wynosiły: 74,0 – 131,0 mg/kg s.m. zbioru wiosennego i 97,0 – 420 mg/kg s.m. w zbiorze jesiennym. Liście drzew zawierały 86,0 – 256,0 mg/kg s.m. tego pierwiastka, a gałęzie do 74,0 – 212 mg/kg s.m. Największe zawartości Zn (123,0 – 420 mg) w zbadanych próbkach roślin stwier- dzono na terenach przemysłowych (rys.5).

**Nikiel (Ni).** Średnie zawartości Ni w trawach zbioru wiosennego wyniosły 1,07 – 1,31 mg/kg s.m., a zbioru jesiennego 1,50 – 2,78 mg/kg s.m. Na uwagę zasługuje największa średnia zawartość niklu (2,78 mg) w trawie ogrodów działkowych. Maksy- malne zawartości Ni w analizowanych próbkach trawy wyniosły 1,90 – 3,10 mg/kg s.m. w zbiorze wiosennym oraz 3,20 – 6,80 mg/kg s.m. w zbiorze jesiennym.

Liście drzew zawierały (średnio) 1,48 – 3,01 mg Ni/kg s.m. (maksymalnie 2,20 – 5,90), a gałęzie drzew 0,73 – 3,41 mg Ni/kg s.m. (maksymalnie 1,80 – 8,2). Najwięk- sze zawartości Ni stwierdzono w roślinach terenów przemysłowych i ogrodach dział- kowych (rys.5).

**Ołów (Pb).** Średnie zawartości Pb w trawach zbioru wiosennego wahały się od 1,21 do 6,72 mg/kg s.m., a zbioru jesiennego 3,48 – 7,59 mg/kg s.m. (rys.4). Maksy- malne stwierdzone zawartości Pb w próbkach traw zbioru wiosennego mieściły się w przedziale 2,3 – 14,1 mg/kg s,m, a zbioru jesiennego 5,5 – 10,6 mg/kg s.m.

Trawy zieleni komunikacyjnej zawierały dużo więcej ołowiu niż pozostałe tereny zieleni warszawskiej (rys.4).

**Rtęć (Hg).** Uśrednione zawartości Hg w trawie zbioru wiosennego wyniosły 0,01–0,04 mg/kg s.m., a zbioru jesiennego 0,02 – 0,08 mg/kg s.m. Maksymalne zawartości w badanych próbkach wyniosły 0,02 – 0,07 mg/kg s.m., a w zbiorze jesiennym 0,03 – 0,19 mg Hg/kg s.m. Na uwagę zasługują jednakowe zawartości Hg w obu zbiorach roślin z trawników komunikacyjnych oraz wyjątkowo dużo tego składnika w jesiennym zbiorze trawy zieleni parkowej i rekreacyjnej (rys.4). Liście drzew zawierały 0,05 – 0,08 mg Hg/kg s.m., maksymalnie 0,08 – 0,17 mg/kg s.m., a gałęzie tylko 0,02 – 0,03 (maksymalnie 0,03 – 0,07)mg/kg s.m. (rys.5).

**Uśrednione zawartości metali ciężkich** z wszystkich analizowanych próbek: 1) traw, 2) liści drzew, 3) gałęzi drzew przedstawia rysunek 6.

Zawartości kadmu były ponad dwukrotnie większe w liściach i gałęziach niż w trawie. Zawartości miedzi były największe w runi trawnikowej, a najmniejsze w gałęziach drzew. Zawartości ołowiu były większe w liściach i gałęziach drzew niż w runi trawnikowej. Największe zawartości rtęci wykazały liście drzew, a najmniejsze gałęzie. Zawartości chromu były nieco większe niż w roślinach trawnikowych oraz dużo mniejsze w gałęziach drzew. Zawartości cynku były trochę większe w liściach i gałęziach niż w roślinach trawnikowych.

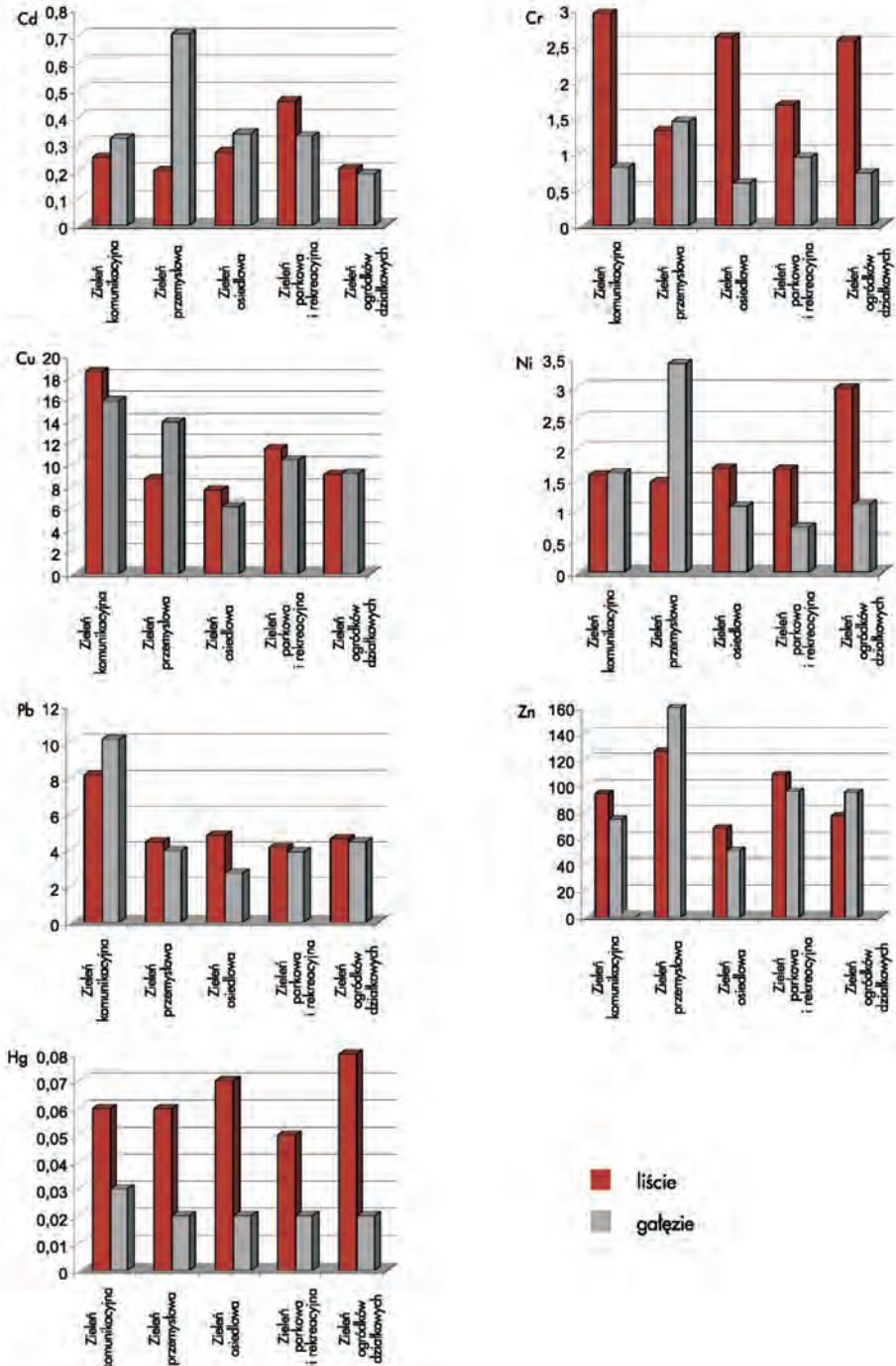
## DYSKUSJA

Zawartości substancji organicznej (węgla organicznego), azotu, potasu, fosforu, wapnia, magnezu i siarki w masach roślinnych stanowią o ich nawozowej wartości, jako surowca do produkcji kompostu. Najważniejsze są jednak zawartości substancji organicznej i azotu, o korzystnym stosunku węgla do azotu (C:N). Wtedy pozostałe makroskładniki występują proporcjonalnie do zawartości węgla organicznego i azotu [Siuta, Wasiak 2000].

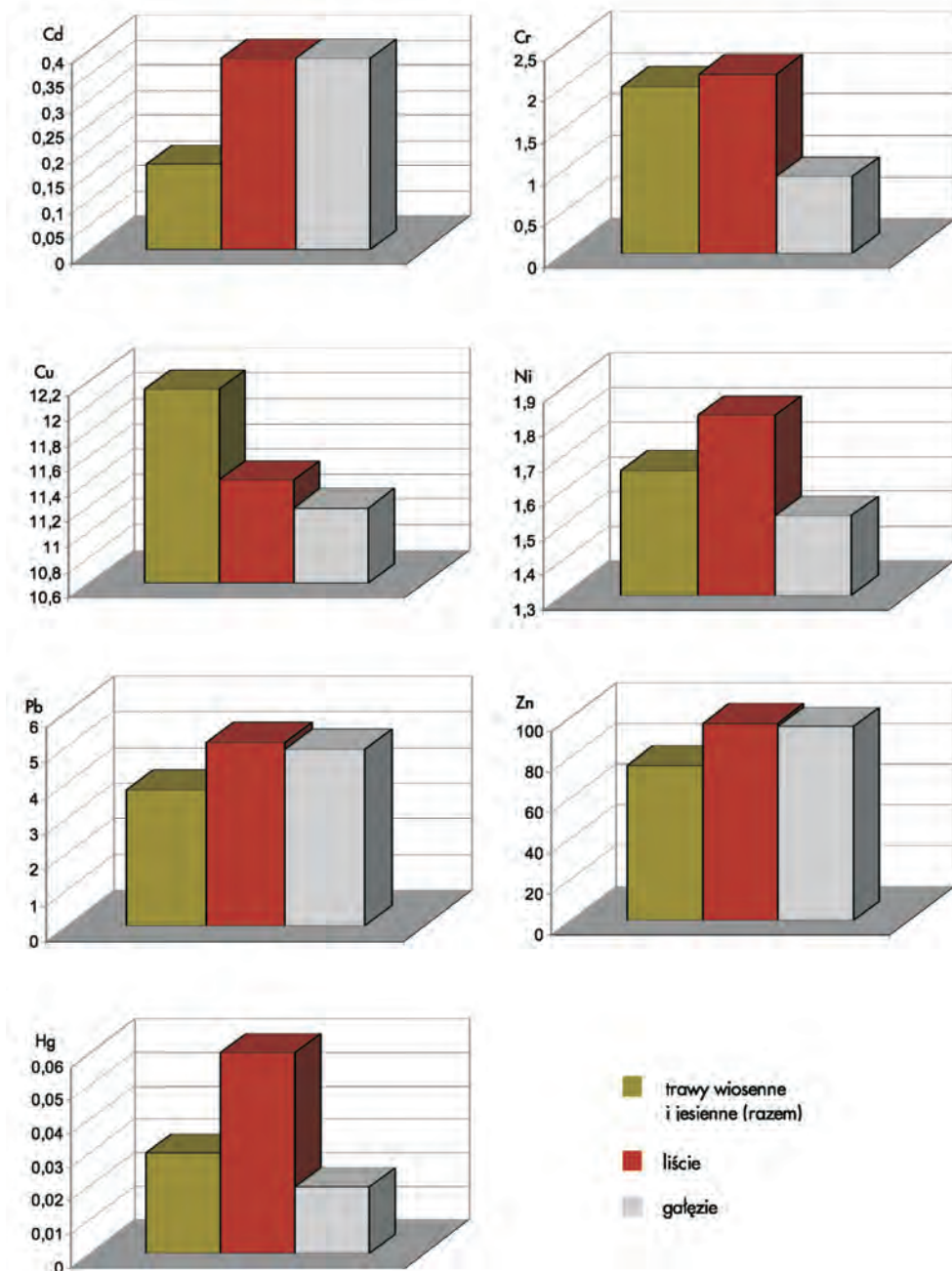
W korzystnych warunkach środowiska również mikroskładniki pokarmowe i pozostałe metale ciężkie występują w ilościach optymalnych dla wzrostu oraz jakości roślin [Ostrowska, Porębska 2002]. Nadmierne zawartości metali ciężkich, zwłaszcza kadmu, ołowiu, niklu i rtęci pogarszają kompostotwórczą jakość surowca.

Rośliny uprawy polowej i zieleni miejskiej niebędące pod dużą presją zanieczyszczeń przemysłowych i komunikacyjnych oraz nie uprawiane na składowiskach odpadów i poprzemysłowych gruntach nie wykazują zwykle ponadnormatywnych zawartości metali ciężkich. Nadają się, więc do produkcji kompostu i mulczozrębków na potrzeby urządzania i pielęgnowania terenów zieleni komunalnej.

Stwierdzone zawartości azotu 1,93 – 3,28% s.m. w roślinach trawnikowych są analogiczne jak w runi łąk i pastwisk rolniczych. Świadczy to o poprawnej agrotechnice trawników warszawskich [Andruszczak 1975; Czuba, Siuta 1976].



Rys. 5. Uśrednione zawartości: kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci (mg/kg s.m.) w liściach i gałęziach drzew



Rys. 6. Uśrednione zawartości: kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i rtęci (mg/kg s.m.) w trawach oraz liściach i gałęziach drzew

Liście drzew zawierały 1,17 – 1,57% N, podczas gdy słomy zbóż i rzepaku zawierały przeważnie 0,53 – 0,78% N [Czuba, Andruszczak 1983]. Zawartości fosforu i potasu w roślinach zieleni warszawskiej nie odbiegają od ich zawartości na terenach niezurbanizowanych. Odpady z pielęgnacji zieleni warszawskiej dostarczane w latach 1994 – 1999 do kompostowni były często mniej zasobne w substancję organiczną i azot [Siuta, Wasiak 2000] od prezentowanych w tej pracy, ale masy zbierano, gromadzono i transportowano w sposób niesystemowy, a ponadto pielęgnacja trawników była wówczas gorsza niż w ostatnich latach.

Zawartości metali ciężkich stanowiących niezbędne składniki pokarmowe (Cu, Zn) nie odbiegały istotnie od ich zawartości w roślinach uprawy polowej, w tym na glebach o podwyższonej zawartości tych składników.

Czuba i Andruszczak [1983] stwierdzili następujące zawartości miedzi: 1) 1,09 – 10,0 mg/kg s.m. w słomie zbóż, 2) 5,46 – 28,3 mg/kg s.m. w liściach buraków. Zawartości Zn wahały się w przedziale: 1) 4,39 – 96,3 mg/kg s.m. słomy zbóż. Rośliny łąkowe zawierały 5,1 – 13,2 mg Cu/kg s.m. oraz 20,3 – 76,0 mg Zn/kg s.m. [Andruszczak 1975].

Zawartości kadmu, chromu, niklu, ołowiu i rtęci (rys. 6) w trawach oraz w liściach i gałęziach drzew warszawskich są niewielkie [Madej, Mamełka 2004]. Uśredniając masy roślinne z pielęgnacji zieleni miejskiej uzyska się dobrej jakości surowce do produkcji kompostu o wszechstronnej użyteczności. Niezbędne będzie jednak stworzenie odpowiedniego systemu zbierania, transportowania i technologii kompostowania.

## WNIOSKI

1. Aglomeracja warszawska ma rozległe tereny zieleni o bardzo dużym potencjale wytwarzania biomasy odpadowej, która powinna być traktowana jako zasób ekologicznej użyteczności.
2. W miarę upływu czasu powinien być czyniony postęp w sposobach urządzania i użytkowania (pielęgnowania) terenów zieleni. Wymagać to będzie stosowania coraz większych ilości próchnicotwórczych i nawozowych materiałów, które powinny być pozyskiwane z pielęgnacji miejscowej zieleni.
3. Agrotechniczny postęp, intensyfikujący wegetację roślin oraz pielęgnacyjne pozyskiwanie ubocznych produktów (będących obecnie odpadami) biomasy, będzie wymagał ekologiczną i ekonomiczną racjonalizację gospodarowania ubocznymi produktami zieleni zurbanizowanej.
4. Niezbędne jest stworzenie zintegrowanego systemu pozyskiwania i przetwarzania mas roślinnych oraz użytkowania ich produktów w obrębie aglomeracji (dzielnicy) miasta. W tym celu należy dążyć do systemowego zintegrowanego gospodarowania terenami zieleni wraz z ich ubocznymi produktami.
5. Wyniki badań jakości mas roślinnych zieleni warszawskiej dowodzą dużej ekologicznej użyteczności kompostu oraz zrębów drzewnych w urządzaniu i pielęgnowaniu szaty roślinnej.

## PIŚMIENNICTWO

1. Andruszczak E. 1975. Zawartości makro i mikroelementów w glebach i roślinach użytków rolnych kotliny Kłodzkiej. *Rocz. Gleboz.* XXX, z. 3: 89–119.
2. Atlas geochemiczny Warszawy w skali 1: 100000 PIG Warszawa 1991.
3. Chmielewski W. 1996. Wieloletnie obserwacje fenologiczne drzew i skład chemiczny liści w ocenie stopnia zanieczyszczenia środowiska miejskiego. *Mat. III Krajowego Sympozjum „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe”*. Kórnik 23–26.05.1996. Wyd. Sorus, Poznań: 211–218.
4. Czarnowska K. 1978. Zmiany zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Warszawy, jako wskaźnik antropogenizacji środowiska. *Zesz. Nauk SGGW-AR, Rozpór. Nauk* 106. Warszawa: 71s.
5. Czarnowska K., Konecka-Betley K. 1984. Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na akumulację metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy. *Praca zbiorowa pod red. H.B. Szczepanowskiej*. PWN Warszawa: 151–161.
6. Czarnowska K., Gworek B. 1991. Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb. *Warszawski Roczn. Glebozn.* XLII 1/2: 49–56.
7. Czuba R., Siuta J. 1976. Agroekologiczne podstawy nawożenia. PWRiL. Warszawa: 300s.
8. Czuba R., Andruszczak E. 1983. Zawartość mikroelementów w roślinach uprawnych w krajowej sieci gospodarstw kontrolowanych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 242: 91–105.
9. Dobrzański B., Czerwiński Z., Borek S., Kęпка M., Majsterkiewicz T. 1971. Wpływ związków chemicznych stosowanych do odśnieżania na zasolenie zieleńców Warszawy. *Rocz. Gleboz.* 22(1): 59–74.
10. Dmuchowski W. 2005: Use of plant bioindicators assessment of environmental contamination with heavy metals. *Reports of the botanical garden of the Polish Academy of Science. Monographs and treatises* 7.
11. Dmuchowski W., Badurek M. 2001. Stan zieleni przyulicznej w Warszawie na podstawie wieloletnich obserwacji i doświadczeń Ogrodu Botanicznego. *CZUB PAN. Mat. Konf. Zieleni Warszawy problemy i nadzieje – 5 lat później*: Warszawa 4.10.2001: 19–28.
12. Dyrektywa Składowiskowa 1999/31/EC Dyrektora Rady z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów. *OJL* 182, 16.07.1999.
13. Maciejowska A., Kwiatkowska J. 2001. Contamination of soil with heavy metals along highways as well as in the city of Warsaw. W „*Obieg pierwiastków w przyrodzie*” Monografia tom I, IOŚ, Warszawa: 49–54.
14. Madej M. 2007: Zielen miejska źródłem surowca do produkcji kompostu (rozprawa doktorska). WSEiZ w Warszawie.
15. Madej M., Mamełka D. 2004. Metale ciężkie w odpadach z terenów zieleni Warszawy w aspekcie ich przydatności do kompostowania. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 501: 275–281.
16. Ostrowska A., Porębska G. 2002. Skład chemiczny roślin, jego interpretacja i wykorzystywanie w ochronie środowiska. Monografia IOŚ. Warszawa: 165s.
17. Siuta J., Wasiak G. 2000. *Kompostowanie i użytkowanie kompostu IOŚ* Warszawa: 60s.+38 fot.
18. Wasiak G., Mamełka D., Jaroszyńska J. 2003. Kompostowanie odpadów roślinnych z terenów zieleni miejskiej Warszawy. *Mat. XXI Między. Konf. Naukowej Ekolog. Zielonych i WSEiZ „Kierunki i metody zagospodarowania gospodarczego, wykorzystania oraz utylizacji odpadów w dużych aglomeracjach miejskich”*. Łódź: 130–136.
19. Wróblewska H., Urbaniak E. 1999. Badania nad kompostowaniem odpadów powstających podczas produkcji płyt wiórowych *Mat. I Konf. „Kompostowanie i użytkowanie kompostu”*. Puławy – Warszawa 16–18.06.1999: 201–208.

## **WARSAW'S URBAN GREEN AREAS AS SOURCE OF RAW MATERIAL FOR COMPOST PRODUCTION**

### **Part II. Chemical composition of the plant matter collected from different urban green areas**

#### **Summary**

The paper presents agrochemical analysis of green clippings, leaves and branch cuttings which were collected from 21 selected places of Warsaw greenery. They were divided into five categories of greenery: 1) near busy streets, 2) industrial areas, 3) housing estates, 4) parks and recreation areas, 5) gardens. In the plant matter the content of organic matter, TOC, total N P K and heavy metals (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg) were determined. The C:N ratio was calculated.

The obtained results were estimated according to the usability of green waste for compost production. A relatively low heavy metals content was found in green wastes, which qualifies them for good quality compost production.

**Key words:** areas green Warsaw's, green waste, compost, heavy metals.