

Akademia Rolnicza w Krakowie
Katedra Roślin Ozdobnych

**„Badanie wpływu czynników biotycznych i abiotycznych
na stan zieleni miejskiej Krakowa
oraz dobór drzew i krzewów do nasadzeń”**

Opis i interpretacja uzyskanych wyników

Zamawiający: GMINA MIEJSKA KRAKÓW, URZĄD MIASTA KRAKOWA
WYDZIAŁ GOSPODARKI KOMUNALNEJ I OCHRONY ŚRODOWISKA
os. Zgody 2, 31-949 Kraków

Wykonawca: AKADEMIA ROLNICZA im. HUGONA KOŁŁĄTAJA reprezentowana
przez prof. dr hab. Annę Bach, kierownika Katedry Roślin Ozdobnych i
Zespół w składzie : dr inż. Bożena Pawłowska, dr inż. Michał Pniak,
dr inż. Maria Bartyńska, dr inż. Danuta Kraus, dr inż. Zofia Malinowska

Kraków
1 grudnia 2006 r

Spis treści	strona
1. Wstęp	2
2. Krótka charakterystyka problemów wzrostu i rozwoju drzew na terenach zurbanizowanych	3
3. Materiał i metody badawcze	5
4. Wyniki i interpretacja obserwacji w terenie	
4.1. Przebieg pogody na terenie Krakowa w sezonie 2005/2006	11
4.2. Obserwacje wizualne stanu drzew	11
4.3. Zawartość metali ciężkich w glebie i wskaźniki ich akumulacji	12
4.4. pH i zasolenie gleby	13
4.5 Fluorescencja chlorofilu wybranych gatunków drzew	22
4.6. Określenie stopnia zagrożenia czynnikami biotycznymi	24
5. Wnioski i zalecenia pielęgnacyjne	42
5.1. Kontrola stanu zdrowotnego drzew – profilaktyka	44
5.2. Zalecane metody pielęgnacji drzew, krzewów i pnączy na terenach zurbanizowanych	45
5.3. Zakres i sposób chemicznych oraz nie chemicznych metod ochrony roślin w terenach zieleni miejskiej	53
5.4. Przeciwdziałanie szkodom powodowanym przez zasolenie podłoża – dobór drzew i krzewów	55
6. Literatura	58
7. Fotografie	59

1. Wstęp

Według najnowszego raportu ONZ (Trends in Sustainable Development, United Nations, New York 2006) w roku 2007, po raz pierwszy w historii globalnej, więcej ludzi będzie zamieszkiwać tereny miejskie, zurbanizowane, niż tereny poza nimi. Przewiduje się także, że udział ludności miejskiej będzie stale zwiększał się w porównaniu do ludności wsi. Fakt ten winien zwrócić uwagę społeczeństw na warunki życia w środowisku miejskim i zminimalizować jego negatywny wpływ na człowieka. Tymczasem jak wynika z opracowania Komisji Europejskiej zanieczyszczenia środowiska wywołują przedwczesną śmierć blisko 30 tysięcy Polaków rocznie, a spośród dużych miast europejskich, Kraków należy do obszarów o najniższej jakości powietrza, gdzie wysokie stężenie trujących substancji skraca życie mieszkańców średnio o kilka lat.

Ostatni raport Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie informuje o nadal niskiej jakości powietrza w centrum miasta, gdzie uśredniony roczny wskaźnik stężenia pyłu zawieszonego przy alei Krasińskiego przekracza normę 2,15 razy. Pył zawieszony, jest substancją złożoną z cząstek dymu, popiołu, sadzy, azbestu lub metali, w tym metali ciężkich, które powodują różne choroby. Skażenia te pochodzą w znacznym stopniu ze źródeł lokalnych: zanieczyszczeń energetycznych i motoryzacyjnych.

Jednocześnie znany jest fakt, że roślinność w miastach poprawia jakość życia ich mieszkańców. Korzyści wynikają nie tylko z aktywnego kontaktu poprzez prace w ogrodach, ale przede wszystkim z pozytywnego oddziaływania roślin na samopoczucie człowieka. Drzewa oczyszczają także powietrze poprzez wychwytywanie cząsteczek pyłów, wśród nich znaczną ilość metali ciężkich.

Pożądanym jest więc, aby wygląd drzew i krzewów rosnących na terenach miejskich był jak najkorzystniejszy. Głównymi problemami dla roślin egzystujących w środowisku miejskim jest jego kseryzacja (susza) i toksyzacja. Do podstawowych czynników wywierających szkodliwy wpływ na roślinność w miastach zalicza się także zniszczenie naturalnej gleby i rodzimej roślinności oraz stałe mechaniczne oddziaływanie na rośliny i zasolenie gleby. Kumulacja kilku stresów (np. susza i zasolenie) ma znacznie większy wpływ na rośliny niż występowanie tych czynników z osobna. Stresy abiotyczne, którym poddawane są rośliny w warunkach miejskich są przyczyną poważnych zmian w przebiegu procesów fizjologiczno-biochemicznych u drzew, w konsekwencji zaburzeń w morfologii roślin, ich niekorzystnego wzrostu i rozwoju oraz obniżenia walorów dekoracyjnych.

W związku z masowym zamieraniem drzew w centrum Krakowa, jesienią 2005 roku

rozpoczęto dwuletnie obserwacje nad wpływem czynników biotycznych i abiotycznych na stan zieleni miejskiej. Obserwacje te są spójne z badaniami nad stanem zieleni miejskiej w Krakowie realizowanymi jesienią 2004 r. oraz raportem nt.: „Charakterystyki zagrożeń zieleni miejskiej ze szczególnym uwzględnieniem zieleni w ciągach komunikacyjnych” wykonanym dla Urzędu Miasta Krakowa, Wydział Gospodarki Komunalnej i Ochrony Środowiska” w 2006 r.

2. Krótka charakterystyka problemów wzrostu i rozwoju drzew i krzewów na terenach zurbanizowanych

Reakcja roślin drzewiastych na naturalne (m.in. niska lub wysoka temperatura, susza, powódzie, nadmiar promieniowania) i antropogeniczne (m.in. ozon, kwaśne deszcze, zakwaszenie lub zasolenie gleb, gazowe zanieczyszczenia powietrza) czynniki stresowe jest złożona i może prowadzić do ograniczenia bytowania roślin na określonych obszarach aglomeracji miejskich.

Głównymi składnikami zanieczyszczenia powietrza w miastach są pyły zawieszone, dwutlenek siarki, tlenek węgla, węglowodory, dwutlenek azotu, ozon, smog i ołów. Spośród wszystkich źródeł powodujących zanieczyszczenia powietrza samochody emitują prawie 60% podstawowych zanieczyszczeń, takich jak tlenek węgla, węglowodory i tlenki azotu. Czynniki te powodują także stały wzrost temperatury w miastach, będący skutkiem rosnącego udziału CO₂ w składzie powietrza atmosferycznego. Wywołuje to efekt cieplarniany, oznaczający między innymi pojawianie się „wysp ciepła” w dużych aglomeracjach miejskich, które w znaczący sposób obniżają jakość życia mieszkańców.

Drzewa są wieloletnimi organizmami roślinnymi, których wszystkie części nadziemne tzn. pnie, konary, gałęzie i podziemne tzn. korzenie oraz gleba tworzą wzajemnie powiązany system. Dobroczynny wpływ drzew na klimat miejski zależy głównie od masy listowia ich koron, a ta cecha zależy w największym stopniu od warunków glebowych i stanu systemu korzeniowego.

W pokrytej płytami chodnikowymi ulicy tylko 20 - 40% korzeni mieści się w tzw. „dole na drzewo”, pozostałe rosną pod chodnikiem lub ulicą dążąc do miejsc bogatych w wodę, powietrze i składniki pokarmowe. System korzeniowy nie tylko umacnia drzewo w podłożu, ale bierze także udział w cyrkulacji wody i składników pokarmowych.

Drzewo liściaste wyparowuje latem od 135 do 450 litrów wody w ciągu 1 dnia. Ta sama ilość wody musi być pobrana z ziemi. Aby pobrać taką ilość wody z gleby drzewa mają silnie

rozwinęte korzenie żywicielskie zakończone korzeniami włosnikowymi. Korzenie włosnikowe o ogromnej powierzchni absorpcyjnej, są zlokalizowane głównie w górnej warstwie gleby, gdzie woda, powietrze i składniki pokarmowe są najbardziej dostępne.

Stan gleby silnie oddziałuje na jakość korzeni żywicielskich i włosnikowych. Mimo ciągłego wzrostu i dużych zdolności adaptacyjnych korzenie włosnikowe mogą być zniszczone przez osuszenie lub zalanie górnej warstwy gleby, pokrycie warstwą betonu, gliny lub ubitej ziemi.

Gleba charakteryzująca się korzystnymi właściwościami dla wzrostu drzew, powinna zawierać ok. 45% twardych cząstek, 25% powietrza, 25% przestrzeni dla magazynowania wody oraz 3-5% substancji organicznych.

Pobieranie składników mineralnych przez korzenie roślin zależy od stężenia jonów wodorowych (odczyn pH). Wartość pH określa stopień przyswajalności składników pokarmowych z podłoża. Przy pH około 6,5 wszystkie składniki pokarmowe są rozpuszczalne w stopniu pozwalającym na zaspokojenie potrzeb większości drzew. Jeśli odczyn pH ulega zmianie to niekorzystnie kształtuje się równowaga między składnikami pokarmowymi i stają się one toksyczne dla drzew. Przy pH poniżej 4 i pH powyżej 8,5 jony wodorowe lub wodorotlenowe stają się bezpośrednio szkodliwe dla roślin.

Zasolenie jest to sumaryczne stężenie rozpuszczalnych soli w glebie. Najsilniej na zasolenie wpływają aniony chlorkowe, azotanowe, siarczanowe i boranowe, następnie kationy sodu, potasu, amonu, glinu, żelaza. Słabszy wpływ wywierają fosforany, natomiast wapń może mieć działanie łagodzące.

Woda jest niezbędnym składnikiem wzrostu drzew. Na intensywność pobierania wody przez roślinę wywiera wpływ wiele czynników zewnętrznych., takich jak temperatura, zawartość tlenu oraz stężenie roztworu glebowego.

Pobieranie wody przez roślinę ustaje na ogół w temperaturze około 0°C. Niedostatek tlenu w strefie korzeni także silnie hamuje pobieranie wody. Zatem gleba ubita, zlewna ogranicza rozwój systemu korzeniowego.

Kolejny czynnik jakim jest nadmiernie wysokie stężenie roztworu glebowego silnie obniża potencjał wody i utrudnia, a nawet uniemożliwia pobieranie wody przez rośliny. Dzieje się to na skutek zasolenia gleby spowodowanego na przykład obfitym nawożeniem gleby lub stosowaniem soli do usuwania śniegu. W takich warunkach ujawnia się „susza fizjologiczna”, a więc niezdolność drzew do pobrania wody, podobnie jak w przypadku gleby zbyt zimnej lub pozbawionej tlenu.

3. Materiał i metody badawcze

Poszukując przyczyn zaburzeń we wzroście i rozwoju, a w konsekwencji zamierania drzew w pasach przydrożnych oraz na terenach zieleni Gminy Miejskiej Kraków przeprowadzono w okresie od września 2005 roku do września 2006 roku obserwacje biometryczne i oceniono stan zdrowotny wymienionych gatunków drzew, a także przeprowadzono laboratoryjne badania gleby i liści.

Na wybranych stanowiskach pomiarowych dokonywano oceny wizualnej stanu kory, pędów, liści i kwiatów, owoców oraz stopnia występowania suszu (w % korony), obecności ewentualnych uszkodzeń mechanicznych oraz chorób i szkodników. Pobierano także próbki liści i gleby.

Szczegółowa metodyka przedstawia się w sposób następujący:

Pobieranie próbek liści i gleby

W celu określenia stopnia zasolenia i poziomu pH gleby oraz zawartości metali ciężkich, a także oceny zdrowotności drzew przy głównych szlakach komunikacyjnych centrum Krakowa wybrano stanowiska pomiarowe w pasach przydrożnych 28 ulic, o największym ruchu samochodowym oraz zlokalizowane na terenach zieleni Gminy Miejskiej Kraków (to jest 14 miejsc pomiarowych w parkach i 7 w zieleńcach).

Na każdym stanowisku pomiarowym przebadano dwa różne obiekty (drzewa), rosnące bezpośrednio w pasach drogowych.

Określano rodzaj i gatunek drzew, stan kory, pędów, liści, owoców, stopień występowania suszu (w % korony), obecność ewentualnych uszkodzeń mechanicznych. Ogółem oceniono szczegółowo 98 wybranych okazów drzew, wykazujących objawy typowych uszkodzeń w postaci przedwczesnego opadania liści, nekrotycznego zbrunatnienia blaszek liściowych i zamierania pędów. Wykonano także dokumentację fotograficzną.

Z opisanych drzew rosnących na wymienionych powyżej stanowiskach pomiarowych zebrano także próbki liści w celu przeprowadzenia oceny ich zdrowotności w oparciu o analizę makro- i mikroskopową.

Ogółem pobrano 116 próbek liści z drzew rosnących w pasach drogowych i 84 próbki liści z terenów zieleni, w każdym z dwu terminów obserwacji: jesienią 2005 r. i na przełomie wiosny i lata 2006 r.

Podobną liczbę próbek gleby (116 x 2 terminy oraz 84 x 2 terminy) pobrano spod drzew będących przedmiotem obserwacji w celu oznaczenia zasolenia, poziomu pH oraz

zawartości metali ciężkich. Spod każdego badanego drzewa pobierano po 2 próbki gleby (od strony jezdni i od strony chodnika).

Próbki gleby pobierano łaską ogrodniczą, z warstwy miąższości 20-30 cm. Po wymieszaniu prób indywidualnych, pobierano około 0,5 dm³ próby mieszanej do woreczków foliowych, podając numer próby, gatunek drzewa i rodzaj podłoża.

Próbki poddano analizie w laboratorium Katedry Roślin Ozdobnych, gdzie gleba posiadała taką samą wilgotność jak w chwili pobrania. Próbki po rozpakowaniu rozdrabniano i odmierzono po około 20 cm³ gleby, używając specjalnego przyrządu do objętościowego odmierzania gleby. Następnie dodawano 40cm³ wody destylowanej, a po wymieszaniu i upływie 30 min dokonano oznaczenia zasolenia i poziomu pH.

Oznaczenie zasolenia i pH gleby

Oznaczenie zasolenia i pH wykonano metodą według NOWOSIELSKIEGO [1974]. Pomiar zasolenia w mS.cm⁻¹ (EC) wykonano przy użyciu mikrokomputerowego konduktometru CC-311 (ELMETRON) i elektrody Eurosensory EPS-2ZE, natomiast pomiar pH przeprowadzono przy użyciu pehametru mikrokomputerowego CI-316 i elektrody Eurosensory ESAgP-301 W.

Oznaczenie zawartości metali ciężkich w glebie

1. Mineralizacja

Mineralizacji badanych próbek gleby dokonano według Instrukcji Badawczej 01/PB23. Mineralizację w „Wodzie królewskiej” przeprowadzono w mineralizatorze firmy „TECATOR” z zastosowaniem naważki 3 g gleby.

2. Oznaczenie zawartości metali ciężkich

Oznaczenie zawartości metali ciężkich (Cd, Zn, Cu, Ni, Pb, Cr) przeprowadzono zgodnie z Procedurą Badawczą PB 23.

Oznaczenie wykonano na spektrofotometrze absorpcji atomowej firmy Perkin Elmer 1100 B, stosując następujące długości fali:

kadm – 228,8 nm,

cynk – 213,9 nm,

miedź – 324,8 nm,

nikiel – 232,0 nm,

ołów – 217,0 nm,

chrom – 357,9 nm.

W przypadku oznaczenia kadmu, cynku i ołowiu zastosowano korekcję deuterową.

Oznaczenie każdego z pierwiastków polegało kolejno na:

- sprawdzeniu poprawności kalibracji przyrządu zgodnie z instrukcją wzorcowania, sprawdzeniu i użytkowania spektrofotometru absorpcji atomowej,
- zasysaniu kolejno roztworów próby ślepej oraz roztworu badanego do płomienia i zmierzeniu wartości stężenia (mg/l) oznaczanego pierwiastka.

Do serii analitycznej dołączono: próbę kontrolną, próbę ślepą, próbki powtórzone, próbkę kontroli zakresu oraz próbkę kontroli granicy oznaczalności.

Ocenę statystyczną serii pomiarowej dokonano zgodnie z Instrukcją Ogólną IO 01/PO 13 „Sterowanie jakością badań”.

Oznaczenie wskaźników zawartości metali ciężkich

W celu oceny odporności roślin na metale ciężkie i stopnia skażenia roślin, na podstawie otrzymanych wyników zawartości metali ciężkich w liściach badanych gatunków oraz w podłożu, dla 20 wybranych stanowisk, obliczono następujące wskaźniki:

- wskaźnik bioakumulacji badanych metali

$A = \text{wzrost stężenia metalu w roślinie} / \text{wzrost stężenia metalu w podłożu}$

- wskaźnik stopnia skażenia gleby w czasie (jesień-wiosna)

$X = \text{stężenie metalu w podłożu jesienią} / \text{stężenie metalu w podłożu wiosną}$

Ponadto dla wybranych, najczęściej występujących gatunków (*Acer*, *Tilia*, *Fraxinus*) obliczono

- wskaźnik stopnia skażenia metalami

$C = \text{stężenie metalu w roślinie skażonej} / \text{stężenie metalu w roślinie kontrolnej}$

gdzie za roślinę kontrolną przyjęto tę, w której liściach stężenie badanego metalu było najniższe.

Fluorescencja chlorofilu

W celu uzyskania informacji o funkcjonowaniu aparatu fotosyntetycznego i zdolności adaptacyjnej rośliny do warunków stresowych, wykonano analizę liści badanych roślin na fluorometrze Photosynthesis Field Analyzer MINI PAM Portale Chlorophyll Fluorometer firmy WALZ GmbH Germany, za pomocą programu komputerowego WinControl Software for PAM Fluorometers (WALZ Germany). Analizom poddano liście drzew rosnących na 16 wybranych stanowiskach. Wykreślono krzywe adaptacji do światła po 20 minutowym

zaciemnieniu obiektów, co pozwoliło ustalić podstawowe parametry określające wydajność fotochemiczną:

Fv/Fm – jest to wydajność fotosystemu PS II, mierzona po całkowitym zaciemnieniu liścia, parametr ten określa maksymalną aktywność fotochemiczną oraz Y- określający faktyczną wydajność fotochemiczną

Fluorescencję chlorofilu mierzono u trzech gatunków: *Acer platanoides*, *Tilia cordata* i *Fraxinus excelsior*, badając liście u 5 szt. drzew w/w gatunków, w różnym stadium uszkodzenia. Pomiaru były przeprowadzane na górnej stronie blaszki liściowej, u trzeciego liścia licząc od wierzchołka wzrostu, przy użyciu ‘dark leaf clip’, przymocowanych do liści 20 minut przed rozpoczęciem pomiaru, w celu adaptacji do ciemności. Fluorescencję mierzono przez optyczną wiązkę światłowodów, której koniec był zbliżany do powierzchni liścia.

Stan zdrowotny badanych drzew i krzewów

Kontrolę zdrowotności liści i pędów przeprowadzono w oparciu o analizę makro i mikroskopową w obrębie wszystkich dostarczonych próbek roślinnych oceniając występowanie szkodników i chorób drzew na stanowiskach pomiarowych w dniu badania oraz na pobranych próbkach w laboratorium.

Metody badań entomologicznych

Stopień i liczbę uszkodzeń przeprowadzono na podstawie analizy 10 losowo wybranych liści z danej próbki.

Podczas analizy określano liczbę uszkodzonych liści wśród dziesięciu analizowanych, natomiast poziom uszkodzenia liści przez szkodniki na podstawie 5 stopniowej skali stopnia uszkodzenia liści gdzie 1 - oznaczał bardzo słaby poziom uszkodzeń (od 0% do 20% uszkodzonej powierzchni liścia), 2 – określano jako słaby (20-40% uszkodzonej powierzchni), 3 – jako średni (40-60%), 4 – duży (60-80%) i 5 - bardzo duży gdzie 80-100% powierzchni liścia była uszkodzona.

Na podstawie wykonanych obserwacji omówiono wyniki w ujęciu poszczególnych gatunków drzew w odniesieniu do szczegółowego zestawienia z tabeli (A,B,C).

Metody badań fitopatologicznych

Analizę fitopatologiczną w/w materiału roślinnego wykonano analogicznie jak w roku ubiegłym, poprzez kontrolę zdrowotności reprezentatywnych prób tegoż materiału (30 sztuk

liści, 10 sztuk pędów). W oparciu o diagnostykę fitopatologiczną rozróżniano charakter zmian chorobowych u liści i pędów tj. infekcyjny i nieinfekcyjny.

Oceny stopnia porażenia tych części roślin dokonywano wyłącznie w obrębie prób uznanych za infekcyjne. Stopień porażenia liści przez czynniki infekcyjne oceniano w oparciu o pięciopunktową skalę za Czyżewskim, oraz trzy - punktową dla pędów (przyjętą szacunkowo).

Stosowana skala porażenia liści w stopniach :

Stopień I – ślady porażenia blaszki liściowej		powierzchnia plam do 3 % powierzchni
Stopień II - porażenie słabe	„	3 – 10 %
Stopień III - „ średnie	„	10 – 20 %
Stopień IV - „ silne	„	20 – 50-%
Stopień V - „ bardzo silne	„	plam ponad 50%

Stosowana skala porażenia pędów :

Stopień I - porażenia słabe

Stopień II - porażenie średnie

Stopień III - porażenie silne

Poza tym w próbach z poszczególnych stanowisk wyliczano liczbę chorych liści i pędów, przekształcając następnie te dane na wartości procentowe. Na podstawie wyników oceny stopnia porażenia liści i pędów wyliczano dla tych organów wskaźnik ogólnego stopnia ich porażenia według wzoru Townsenda – Heubergera:

$$P = \frac{\text{Sumacja } n \times v}{V \times N} \times 100$$

gdzie :

P – ogólny stopień porażenia roślin lub ich organów (liści , korzeni, owoców, pędów) wyrażonych w procentach

n – liczba roślin (lub organów w poszczególnych stopniach porażenia

N – całkowita liczba badanych roślin (lub organów) w próbie

v – stopnie porażenia roślin (lub organów) od 0 – do najwyższego stopnia skali

V – najwyższy stopień skali porażenia

Następnie analizowane liście i pędy poddawano obserwacjom makro i mikroskopowym, w celu potwierdzenia, podejrzanego wcześniej, infekcyjnego charakteru

zmian chorobowych u badanych organów roślin. Obserwacje makroskopowe prowadzono za pomocą lupy binokularnej. Obserwacje mikroskopowe prowadzono nad preparatami sporządzanymi z oznak etiologicznych, występujących na powierzchni zmienionych chorobowo tkanek i dotyczyły one głównie pomiarów wielkości zarodników bądź innych utworów grzybów. W dalszej kolejności przyrównywano pozyskane wielkości z wzorcami mikologicznymi (Ellis i Ellis 1985).

4. Wyniki i interpretacja obserwacji w terenie

W celu prawidłowej analizy danych dotyczących stanu drzew i krzewów wzdłuż ciągów komunikacyjnych i w terenach zieleni Krakowa podano przebieg pogody w sezonie 2005/2006.

4.1. Przebieg pogody na terenie Krakowa w sezonie 2005/2006

Tabela 1

Charakterystyki meteorologiczne : temperatura powietrza, dla Krakowa w okresie od września 2005 roku do września 2006 roku, według Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, wydawanego przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, nr 9 (33) – 9 (45)

Miesiąc	Temperatura powietrza					
	T średnia (°C)	Odchylenie T średniej od normy (°C)	T max.	T min.	T min. przy gruncie (°C)	Liczba dni z T min. przy gruncie <0°C
09.2005	14,3	1,1	28,5	1,8	1,5	5
10.2005	8,7	0,3	20,7	-5,2	-6,1	6
11.2005	1,9	-0,9	15,1	-8,1	-10,6	24
12.2005	-0,9	-0,3	5,9	-10,0	-12,0	25
01.2006	-8,3	-6,0	3,2	-26,7	-27,0	31
02.2006	-3,1	-2,2	9,9	-19,9	-21,0	27
03.2006	0,1	-3,0	16,3	-15,7	-14,2	25
04.2006	9,2	1,2	23,1	-4,3	-4,5	3
05.2006	13,2	-0,2	26,9	2,6	2,2	-
06.2006	17,4	1,2	32,7	4,6	3,2	-
07.2006	21,6	3,8	35,1	8,2	8,9	-
08.2006	17,0	-0,5	30,3	8,2	8,5	-
09.2006	15,5	2,3	27,3	5,1	5,0	4

W okresie od września 2005 r. do września 2006 r. zanotowano najniższą, średnią temperaturę powietrza w styczniu 2006 r., a najwyższą w lipcu 2006 r. (21,6°C), gdzie odchylenie od średniej wieloletniej wynosiło aż 3,8°C. Najwyższą temperaturę maksymalną zanotowano w lipcu 2006r., a najniższą temperaturę odnotowano w styczniu 2006 r. Amplituda tych 2 wartości wyniosła 61,8°C.

Temperatura minimalna notowana przy gruncie była najniższa w styczniu 2006 r., a najwięcej dni z temperaturą poniżej 0°C wystąpiło także w styczniu 2006 r.

Suma opadów atmosferycznych w badanym okresie była największa w miesiącach: grudzień 2005 r. , a także czerwiec i sierpień 2006 r.

Największe przekroczenie normy opadów zanotowano w grudniu 2005 r. (232%) oraz w marcu i sierpniu 2006 r. Liczba dni z pokrywą śnieżną była największa w styczniu i lutym 2006 r., a maksymalna grubość pokrywy śnieżnej wahała się od 6 cm w marcu 2006 r. do 37 cm w lutym 2006r. Pokrywa śnieżna zalegała od listopada 2005 r. do marca 2006r.

W badanym okresie zanotowano największą sumę godzin usłonecznienia w kolejnych miesiącach maj-czerwiec-lipiec 2006 r.

Tabela 2

Charakterystyki meteorologiczne : opady atmosferyczne, pokrywa śnieżna, usłonecznienie, dla Krakowa w okresie od września 2005 roku do września 2006 roku, według Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, wydawanego przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, nr 9 (33) – 9 (45)

Miesiąc	Opady atmosferyczne			Pokrywa śnieżna		Uśłonecznienie
	Suma (mm)	% normy	Liczba dni z opadem	Liczba dni z pokrywą śnieżną	Max grubość pokrywy śnieżnej (cm)	Suma (godz)
09.2005	27,2	46	7	-	-	190,9
10.2005	7,7	16	6	-	-	130,7
11.2005	30,1	75	14	11	7	60,3
12.2005	87,7	232	21	20	24	22,0
01.2006	31,0	89	10	31	25	63,6
02.2006	31,8	107	20	28	37	59,4
03.2006	53,0	151	16	24	6	83,6
04.2006	45,7	91	17	-	-	168,5
05.2006	51,9	71	19	-	-	210,4
06.2006	89,4	95	14	-	-	236,8
07.2006	14,2	17	6	-	-	364,1
08.2006	104,1	137	19	-	-	173,6
09.2006	16,7	28	7	-	-	214,1

4.2. Obserwacje wizualne stanu drzew

W wyniku przeprowadzenia szczegółowych obserwacji stanu zachowania roślin (tabele obserwacji zamieszczono w „Sprawozdaniach z badań terenowych i laboratoryjnych” z 30 maja 2006r. oraz 1 grudnia 2006r.) stwierdzono masowe występowanie u większości badanych drzew (niezależnie od gatunku), rosnących wzdłuż ulic krakowskich, podobnych objawów uszkodzeń, w postaci nekrotycznego zbrunatnienia blaszek liściowych, obejmującego od 10 do 80% powierzchni blaszki. Ta ostatnia cecha była charakterystyczna dla większości badanych gatunków drzew w obu terminach obserwacji to

jest jesienią 2005 r. i na przełomie maja i czerwca 2006 r. W czasie wykonywania pomiarów w terminie od końca sierpnia do początku września 2005 r. zaobserwowano, że na uszkodzonych drzewach pozostawało niewiele z liści spośród tych, które rozwinęły się na wiosnę 2005r. Większość z nich, mocno uszkodzonych opadła i została zastąpiona, młodymi liśćmi, o niewielkiej powierzchni blaszki, barwy jasnozielonej, które w miarę wzrostu i rozwoju natychmiast wykazywały objawy uszkodzenia nekrozą. Symptomów takich nie notowano na drzewach rosnących na stanowiskach w parkach i zieleńcach.

Ponadto obserwowano zamieranie pędów, zwłaszcza w środkowej i wierzchołkowej części koron.. Susz obejmował niejednokrotnie 80-90% konarów i gałęzi, dając charakterystyczny symptom korony drzewa „z rogami”.

Kontrolne drzewa, rosnące w parkach i zieleńcach, z dala od ciągów komunikacyjnych (lipy, klony, jesiony), charakteryzowały się zdrowymi pędami i korą, bez uszkodzeń, ich liście były zielone i nie uszkodzone.

Większość badanych klonów pospolitych (*Acer platanoides*) rosnących przy szlakach komunikacyjnych wykazywała objawy nekrozy na około 80% liściach, a 60 - 90% pędów zamierała. W górnej części korony stwierdzano brak, przedwcześnie opadłych liści. Często w ich miejsce, rozwijały się nieliczne, nowe, jasnozielone liście, o stosunkowo małej powierzchni blaszki liściowej. Gleba wokół drzew była ubita.

Badane klony jawory (*Acer pseudoplatanus*) charakteryzowały się nekrozą brzeżną, zaawansowaną w różnym stopniu. Widoczne były nowe, młode liście, które rozwijały się na nielicznych gałęziach, wykazując pierwsze objawy nekrozy. Susz był obserwowany w na 40-90% konarów i gałęzi.

Rosnące w pasie drogowym badane jesiony (*Fraxinus excelsior*) wykazywały zamieranie (susz) około 70 - 90% konarów w koronie, a ich liście miały nekrotyczną obwódkę i zasychały od wierzchołka.

Opisane lipy (*Tilia cordata*) charakteryzowały się obecnością prawie wyłącznie nowych liści, pokrywających niemal całą koronę. Były one mniej liczne niż formowane zwykle na wiosnę. Susz obejmował od 65-100% konarów. Podobny typ uszkodzeń wykazywały lipy holenderskie (*Tilia x europaea*). Konary przylegające do pasa drogowego charakteryzowały się brakiem liści lub nielicznymi liśćmi z wyraźną nekrozą brzeżną. Od strony skweru liście wykazywały mniejszą nekrozę w porównaniu do liści wyrosłych na gałęziach od strony ulicy.

4.3. Zawartość metali ciężkich w glebie i wskaźniki ich akumulacji

Opierając się na rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9.09.2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi zaliczono objęty badaniami teren do grupy B, tj. gruntów zabudowanych i zurbanizowanych, z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych. Na terenach tych wartości dopuszczalne stężeń metali ciężkich przedstawiono w tabeli.3.

Zawartość metali ciężkich badano w wierzchniej warstwie gleby (do 30 cm), a uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Tabela 3

Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi (mg/kg suchej masy) metali ciężkich

Zanieczyszczenie metalami	Głębokość (m ppt*)	
	0-0,3	0,3-15
Chrom	150	150-190
Cynk	300 (200**)	300-350
Kadm	4	5-6
Miedź	150	100
Nikiel	100	50-100
Ołów	100	100-200

* ppt – poniżej poziomu terenu

** - wg Gambusia i Gorlacha 2001

Wszystkie wyniki analiz badanych próbek ziemi pochodzące z pasów przydrożnych, parków oraz zieleńców miasta Krakowa zamieszczono w „**Sprawozdaniach cząstkowych z badań terenowych i laboratoryjnych**” z 30.05.2006 i 1.12.2006 roku. Natomiast dla potrzeb niniejszego podsumowania wybrano 20 najbardziej reprezentacyjnych stanowisk, a wyniki poddano szczegółowej, zamieszczonej poniżej analizie.

Kadm

Analiza zawartości kadmu w próbkach ziemi pobranych jesienią 2005 i wiosną 2006 roku wskazuje na najwyższą zawartość tego pierwiastka na stanowiskach zlokalizowanych w pasach przydrożnych ciągów komunikacyjnych Krakowa. Zawartość wahała się w granicach od 0,70 (mg/kg suchej masy gleby) przy ul. Grzegórzeckiej do 2,20 (mg/kg s.m.) przy Al. 3 Maja. W terenach zieleni: parkach i zieleńcach zawartość tego pierwiastka w badanych próbkach gleby była niższa i wahała się od 0,33 mg/kg s.m. w Parku Lilii Wenedy do 1,40 mg/kg s.m. w Parku Krakowskim. Podane zawartości kadmu nie przekraczają wartości dopuszczalnych stężeń (4-5 mg/kg s.m.) lub krytycznych wg Gambusia i Gorlacha (5-10

mg/kg s.m.) co oznacza, że jego zawartość w glebie nie była toksyczna dla roślin na badanych stanowiskach

Cynk

Rośliny łatwo pobierają wszystkie rozpuszczalne formy cynku, a jego nadmierne ilości gromadzą się w korzeniach i liściach. Rośliny posiadają dużą tolerancję na wysokie stężenie tego pierwiastka, dlatego, nawet przy dużej zawartości cynku mogą nie wykazywać oznak toksyczności. Objawami nadmiernych stężeń cynku w roślinach są zmiany chlorotyczne i nekrotyczne na liściach. Analizując zawartość cynku stwierdzono najwyższe jego stężenie na stanowiskach zlokalizowanych przy traktach komunikacyjnych: przy ul. Basztowej, ul. Opolskiej i ul. Kazimierza Wielkiego (418,66 – 580,33 - mg/kg suchej masy). Ponadto na wszystkich stanowiskach badawczych przy szlakach komunikacyjnych krytyczna zawartość tego pierwiastka dla wzrostu roślin była przekroczona. W terenach zieleni notowano niższy o połowę poziom cynku w glebie, w porównaniu do szlaków komunikacyjnych. Sporadycznie, zwłaszcza jesienią i w punktach pomiarowych zlokalizowanych na zieleńcach (Plac Centralny, słowiański i Axentowicza) notowano przekroczenie poziomu krytycznego.

Miedź

Jest to pierwiastek mało ruchliwy w roślinach, dlatego jej brakiem dotknięte są zazwyczaj młode części roślin. Toksyczne oddziaływanie polega głównie na uszkodzeniu komórek korzeniowych i ograniczeniu ich wzrostu. Objawami nadmiaru miedzi w roślinach są początkowo ciemna zieleń, a następnie chloroza liści oraz zgrubienia i skrócenie korzeni.

Dopuszczalna zawartość miedzi w warstwie gleby do 30cm wynosi 150 mg/kg s.m. We wszystkich, badanych, próbkach gleby zawartość miedzi nie przekroczyła dopuszczalnej ilości. Najwyższą zawartość miedzi w próbkach gleby zanotowano w pasach przydrożnych, zwłaszcza na stanowisku przy ul. Basztowej oraz w Parku Krakowskim. Najmniejszą zawartość miedzi stwierdzono na terenach zieleni, w parkach: Jordana, Lili Wenedy i Dąbie, z wyjątkiem wspomnianego Parku Krakowskiego. Gleba zieleńców zawierała średnią ilość miedzi, mniejszą niż przy traktach komunikacyjnych, ale wyższą niż w większości parków. Porównując zawartość jonów miedzi w glebie w różnych porach roku stwierdzono, że poziom miedzi na badanych stanowiskach był zazwyczaj wyższy jesienią w porównaniu do okresu wiosna/lato.

Nikiel

Jest toksycznym dla roślin pierwiastkiem, a jego dopuszczalna zawartość w glebie kształtuje się na poziomie 50 mg/kg s.m. W badanych próbkach gleby zawartość niklu wynosiła około połowę dopuszczalnego stężenia przy szlakach komunikacyjnych i 1/3 w parkach i

zieleńcach. Odnotowano przekroczenie zawartości krytycznej dla wzrostu roślin przy ulicach: Nawojki, Grzegórzeckiej, Basztowej i 3 Maja.

Ołów

Powoduje zaburzenia fotosyntezy, podziału komórek oraz gospodarki wodnej. Objawy toksyczności uwidaczniają się w postaci ciemnozielonego zabarwienia i więdnienia liści, skróceniu korzeni, zdrobnieniu liści oraz pojawianiu się zwiększonej liczby pędów.

Dopuszczalna zawartość tego pierwiastka w podłożu wynosi 100 mg/kg s.m. Granica ta została przekroczona na wielu stanowiskach zlokalizowanych przy szlakach komunikacyjnych, szczególnie w okresie jesiennym. Najwyższe stężenia zanotowano przy ul. Opolskiej, Grzegórzeckiej, Basztowej, 3 Maja oraz w Parku Krakowskim.

Chrom

Na żadnym z badanych stanowisk nie stwierdzono przekroczenia zawartości tego pierwiastka w glebie, Rozporządzenie Ministra określa zawartość dopuszczalną na poziomie 150 mg/kg s.m.

W badanych próbkach zawartość chromu wahała się od 13,20 mg/kg s.m (ul. Galicyjska) do 98 mg/kg s.m (ul. 3 Maja).

Tabela 4

Zawartość kadmu, cynku i miedzi (mg/kg p.s.m.) w próbkach gleby pobranych z 20 wybranych stanowisk w Krakowie przed i po zimie 2005/2006

Wykaz stanowisk w Parku w Warszawie przed 1900 r. Lata 2005, 2006

stanowisko	gatunek	sym bol	kadm		cynk		miedź	
			Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	1,08	1,03	254,50	> 200	58,94	47,87
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus Excelsior</i>	A2/1	1,77	2,20	397,83	> 200	66,50	60,47
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	1,13	1,03	316,16	> 200	61,97	45,67
Ul. Kazimierza Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	1,60	1,17	418,66	> 200	53,37	39,30
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	1,80	1,70	434,50	> 200	72,93	65,89
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	1,14	0,70	432,83	> 200	76,90	54,87
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/ 1	1,97	1,43	523,66	> 200	116,06	93,30
Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/ 1	1,77	1,57	580,33	> 200	59,27	60,67

Ul. Galicyjska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/1	0,73	0,73	194,51	> 200	49,47	46,00
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/1	1,24	1,24	194,95	> 200	25,78	46,17
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	0,63	1,13	136,20	> 200	23,07	61,07
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	1,40	1,07	242,86	> 200	108,46	84,06
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	0,73	0,93	150,36	184,83	15,33	20,13
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	0,57	0,50	128,70	93,16	16,93	13,70
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	1,00	0,72	298,70	> 200	38,60	33,48
Park Lilii Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	0,37	< 0,33	121,20	54,00	17,50	13,13
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	2,87	1,73	993,72	> 200	28,13	18,27
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudoplatanus</i>	C16/2	1,23	0,97	248,73	189,0	36,43	29,73
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	1,20	0,80	284,56	> 200	40,00	33,57
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	1,17	1,02	385,80	> 200	49,52	49,63

Tabela 5

Zawartość niklu, ołowiu i chromu (mg/kg p.s.m.) w próbkach gleby pobranych z 20 wybranych stanowisk w Krakowie przed i po zimie 2005/2006

stanowisko	gatunek	sym bol	nikiel		ołów		chrom	
			Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006	Jesień 2005	Wiosna 2006
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	17,72	16,43	66,78	70,66	23,90	28,53
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus Excelsior</i>	A2/1	23,60	52,03	157,50	70,43	23,03	98,70
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	18,83	11,70	107,50	81,30	19,90	19,83
Ul. Kazimierza Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	17,07	20,43	163,33	> 100	19,50	51,60
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	25,70	18,34	96,66	> 100	27,50	31,45
Ul. Grzegorzewska	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	27,64	24,93	216,25	> 100	21,45	27,70
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/ 1	20,93	24,57	152,50	> 100	26,87	54,70

Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/1	19,26	14,90	184,16	86,96	27,47	34,70
Ul. Galicyjska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/1	13,33	15,30	174,16	55,16	13,20	40,90
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/1	18,93	16,62	34,74	38,65	19,74	30,26
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	14,03	16,60	55,87	24,53	15,10	24,70
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	17,60	16,13	363,33	> 100	16,23	21,20
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	13,33	13,73	42,70	> 100	19,30	18,47
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	23,06	14,53	25,27	56,13	25,53	18,27
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	24,52	18,78	74,40	22,97	24,46	37,86
Park Lili Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	17,30	12,07	25,20	17,30	20,07	15,97
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	17,33	11,07	82,33	54,27	38,37	23,47
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudoplatanus</i>	C16/2	14,80	13,97	87,53	86,96	20,70	16,00
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	16,26	14,77	69,90	64,97	25,37	21,27
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	17,54	15,00	65,70	61,98	29,36	22,96

W celu dokonania oceny odporności i stopnia skażenia roślin na metale ciężkie wyznaczono na podstawie uzyskanych wyników **wskaźnik bioakumulacji** (tabela 6) badanych metali (Me) (stężenia Me w roślinie/stężenia Me w podłożu), **wskaźnik stopnia skażenia gleby** w czasie (jesień 2005-wiosna 2006) (zawartość Me w glebie przed zimą/zawartość Me w glebie po zimie) oraz **wskaźnik stopnia skażenia** wybranych gatunków badanych drzew w Krakowie (C = stężenie metalu w roślinie skażonej/stężenie metalu w roślinie kontrolnej). Za roślinę kontrolną przyjęto roślinę, w której liściach stężenie badanego metalu było najniższe.

Wskaźnik bioakumulacji pokazuje ilość pobranego i nagromadzonego przez roślinę metalu ciężkiego w stosunku do jego zawartości w podłożu. Na większości badanych stanowiskach dla wszystkich pierwiastków kształtował się na poziomie poniżej 1.

Wskaźnik ten potwierdza zróżnicowanie zawartości metali ciężkich w liściach badanych roślin i różną ich fluktuację, w zależności od rodzaju pierwiastka i od gatunku roślin. Na przykład *Robinia pseudoacacia* okazała się gatunkiem pobierającym metale ciężkie z gleby w większej ilości, w porównaniu do *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior* i *Corylus avellana*. Lipy kumulowały metale ciężkie na średnim poziomie.

Prezentowany wskaźnik stopnia skażenia gleby (tabela 7) pokazuje wielkość skażenia gleby w skali względnej, w czasie od jesieni 2005 do wiosny (maj/czerwiec) 2006. Zawartość metali ciężkich w glebie była zazwyczaj niższa przed zimą niż w momencie ruszenia wegetacji na wiosnę.

Wskaźnik stopnia skażenia to wielkość skażenia roślin również w skali względnej, czyli stosunek zawartości toksycznego jonu do jego poziomu w roślinie kontrolnej. W obrębie badanych klonów pospolitych wykazujących objawy nekrozy u ok. 80% liści i 60-90% zamierających pędów stwierdzono znaczny wskaźnik stopnia skażenia dla każdego z badanych pierwiastków. Stopień kumulacji kadmu i niklu był nawet 10-ciokrotnie wyższy niż w roślinach kontrolnych, cynku – prawie 8-rokrotnie, miedzi – ok. 4-krotnie, ołowiu – ok. 3-krotnie. Klony pospolite wykazywały najwyższy wskaźnik stopnia skażenia, jesiony znacznie niższy. Badane lipy charakteryzowały się średnim wskaźnikiem stopnia skażenia (tabela 8).

Tabela 6

Wskaźnik bioakumulacji badanych metali na 20 wybranych stanowiskach pomiarowych w Krakowie

			kadm	cynk	miedź	nikiel	ołów	chrom
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	0,20	0,39	0,44	0,36	0,10	0,35
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus Excelsior</i>	A2/1	0,07	0,23	0,35	0,21	0,03	0,24
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	0,52	0,68	0,60	0,28	0,11	0,79
Ul. Kazimierza Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	0,19	0,50	0,35	0,57	0,09	1,15
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	0,14	0,53	0,59	0,34	0,05	0,60
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	0,26	0,35	0,21	0,25	0,05	0,63
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/1	0,22	0,17	0,12	0,18	0,04	0,38
Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/1	0,6	0,97	1,87	1,11	0,22	2,50
Ul. Galicyjska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/1	0,77	2,7	0,81	0,78	0,31	1,87
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/1	0,73	1,56	1,20	0,84	0,43	1,57

Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	0,07	0,15	0,10	0,20	0,02	0,38
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	0,10	0,34	0,11	0,32	0,02	1,64
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	0,49	0,92	1,25	1,41	0,25	4,08
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	0,52	1,23	1,17	0,61	0,51	2,47
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	0,59	0,75	0,60	0,24	0,20	1,48
Park Lili Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	0,40	0,57	1,04	0,66	0,18	2,40
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	0,17	0,17	1,05	0,83	0,17	1,61
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acr pseudoplatanus</i>	C16/2	0,31	0,66	0,54	0,63	0,11	2,44
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	0,21	0,36	0,37	0,57	0,09	1,51
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	0,56	0,28	2,94	0,70	0,12	1,48

Tabela 7

Wskaźnik stopnia skażenia gleby w czasie (jesień 2005-wiosna2006) na 20 wybranych stanowiskach w Krakowie

stanowisko	gatunek	sym bol						
			kadm	cynk	miedź	nikiel	ołów	chrom
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	Acer platanoides	A1/1	1,05	>1,00	1,23	1,08	0,95	0,84
Ul. 3 Maja	Fraxinus Excelsior	A2/1	0,80	>1,00	1,10	0,45	2,24	0,23
Ul. Czarnowiejska	Acer platanoides	A3/1	1,10	>1,00	1,36	1,61	1,32	1,00
Ul. Kazimierza Wielkiego	Acer platanoides	A4/1	1,37	>1,00	1,36	0,83	> 1,00	0,38
Ul. Nawojki	Tilia x europaea	A5/1	1,06	>1,00	1,11	1,40	> 1,00	0,87
Ul. Grzegórzecka	Acer platanoides	A9/1	1,63	>1,00	1,40	1,11	> 1,00	0,77
Ul. Basztowa	Acer platanoides	A14/ 1	1,38	>1,00	1,24	0,85	> 1,00	0,49
Ul. Opolska	Parthenocissus inserta	A22/ 1	1,13	>1,00	0,98	1,30	2,12	0,79
Ul. Galicyska	Robinia pseudoacacia	A23/ 1	1,00	>1,00	1,08	0,87	3,15	0,32

Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/ 1	1,00	>1,00	0,56	1,14	0,90	0,65
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	0,56	>1,00	0,38	0,85	2,27	0,61
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	1,31	>1,00	1,29	1,09	> 1,00	0,77
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	0,78	0,81	0,76	0,97	> 1,00	1,04
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	1,14	1,38	1,24	1,59	0,45	1,40
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	1,39	>1,00	1,15	1,30	3,24	0,64
Park Lilii Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	1,12	2,24	1,33	1,43	1,46	1,26
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	1,66	>1,00	1,54	1,57	1,51	1,63
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudopla tanum</i>	C16/2	1,27	1,32	1,23	1,06	1,01	1,29
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	1,50	>1,00	1,19	1,10	1,08	1,19
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	1,15	>1,00	1,00	1,17	1,06	1,28

Tabela 8

Wskaźnik stopnia skażenia (C) wybranych gatunków badanych drzew w Krakowie

Gatunek	<i>Acer platanoides</i>	<i>Tilia sp.</i>	<i>Fraxinus sp.</i>
Liczba przebadanych drzew	34	21	6
Chrom	1,1-6,17	1,01-4,13	1,23-2,10
C			
Cynk	1,07-3,79 (7,58)	1,16-2,43	1,17-2,22
C			
Ołów	2,52	4,00	2,32
C	1,08-3,21	1,06-3,88	1,07-1,53
Miedź	2,98	5,97	4,11
C	1,51-4,43	1,76-3,45	1,43-4,53
Kadm	0,05	0,11	0,08
C	1,2-10 (50)	1,45-4,73	1,13-1,75
Nikiel	0,35	1,04	0,77
C	2,03-9,86	1,13-3,88	1,18-6,04

* - zawartość metalu w ppm na stanowisku kontrolnym

** - wskaźnik stopnia skażenia

Podano wartości najniższe i najwyższe wskaźnika, nie zależą od miejsca pochodzenia drzew (szlaki komunikacyjne, parki, zieleńce)

Uzyskane wyniki wskazują, że zawartość metali ciężkich różni się na badanych stanowiskach, a także jest cechą gatunkową. Wykaz gatunków odpornych na zanieczyszczenia ‘motoryzacyjne’ zamieszczono w odrębnym opracowaniu, stanowiącym integralną część

4.4. Wyniki pH i zasolenia gleby

Zasolenie i pH gleby na wybranych stanowiskach w Krakowie przed i po zimie 2005/2006

Stanowisko	Gatunek	Symbol stanowiska	pH			Zasolenie (mS)		
			jesień 2005	wiosna 2006		jesień 2005	wiosna 2006	
Szlaki komunikacyjne								
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	7,70	9,19* 8,32**	8,76***	0,392	0,605 0,395	0,500
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus Excelsior</i>	A2/1	7,46	8,66 7,90	8,28	0,361	0,607 0,259	0,433
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	7,53	9,08 8,14	8,61	0,660	0,253 0,189	0,221
Ul. Kazimierza Wielkiego	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	7,21	8,11 6,54	7,33	0,528	0,260 0,204	0,232
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	8,13	8,77 8,74	8,76	0,586	1,098 0,435	0,767
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	7,17	7,58 8,02	7,80	0,945	0,674 0,600	0,637
Ul. Basztowa	<i>Acer platanoides</i>	A14/1	7,01	7,81 7,22	7,52	0,383	0,338 0,144	0,241
Ul. Opolska	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/1	8,01	8,77 8,29	8,53	0,464	0,310 0,284	0,297
Ul. Galicyjska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/1	8,08	7,95 8,04	7,99	0,132	0,104 0,091	0,098
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/1	8,00	8,02 8,07	8,03	0,320	0,188 0,522	0,355
Kontrola – parki Krakowa								
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	6,40	6,75 7,05	6,90	0,560	0,234 0,168	0,201
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	7,09	6,85 6,83	6,84	0,419	0,281 0,227	0,254
Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	7,08	7,05 6,61	6,83	0,228	0,159 0,176	0,168
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	6,82	6,30 7,25	6,78	0,280	0,128 0,159	0,144
Park Dębnicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	7,38	7,40 7,51	7,46	0,297	0,187 0,174	0,181
Park Lili Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	6,89	7,11 6,72	6,92	0,232	0,172 0,090	0,131
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	6,89	7,20 7,03	7,12	0,350	0,139 0,124	0,132
Kontrola – zieleńce miasta Krakowa								

Plac Axentowicza	<i>Acer pseudopla tanum</i>	C16/2	6,78	6,63 6,62	6,63	0,264	0,216 0,164	0,190
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	6,89	6,82 6,07	6,45	0,374	0,580 1,275	0,928
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	7,30	6,12 6,73	6,43	0,409	0,395 1,078	0,737

* - stanowisko bliżej chodnika

** - stanowisko bliżej jezdni

*** - średnia

Analizując stan zasolenia próbek gleby pobranych spod chorych drzew stwierdzono, że gleba na większości stanowisk badawczych znajdujących się wzdłuż uczęszczanych szlaków komunikacyjnych wykazuje nadmierne zasolenie. Drzewa rosnące przy ul. Kościuszki, 3 Maja, Nawojki, Słowackiego, Grzegórzeckiej, Dietla, Andersa, Beliny-Prażmowskiego, Tischnera, Okulickiego oraz Conrada są narażone na stres solny związany ze zbyt wysokim stężeniem soli rozpuszczalnych w podłożu. Stężenie soli przyjmowało tam wartości powyżej $0,500 \text{ mS.cm}^{-1}$, co jest wartością toksyczną, a nawet krytyczną dla większości rosnących tam gatunków drzew.

Na terenach wszystkich badanych parków obserwowano znacznie niższy poziom zasolenia gleby, osiągający zaledwie połowę wartości określoną w przypadku traktów komunikacyjnych. Przekroczenie dopuszczalnej normy na poziomie 200 mS.cm^{-1} występowało natomiast na terenach zieleńców zwłaszcza przy Placu Biskupim i Placu Axentowicza. Są to place, znajdujące się w centrum miasta i służące często jako tereny spacerowe nie tylko dla mieszkańców Krakowa ale i dla zwierząt. Prawdopodobnie gleba wokół drzew w tych miejscach jest b. silnie zasolona, nie tylko przez sól służącą do usuwania lodu i śniegu oraz składowanie wokół drzew słonego śniegu zimą ale i zanieczyszczenia odchodami zwierząt, głównie psów.

Porównując poziom zasolenia na terenach pasów przydrożnych w okresie jesieni i wiosny obserwowano częsty wzrost tej wartości w okresie wiosennym. Świadczyło by to o wpływie używania ogromnych ilości soli do usuwania śniegu i lodu w czasie zimy na wzrost tej wartości. Nawet obfite, wiosenne deszcze nie są bowiem w stanie wypłukać nadmiaru soli. W parkach wzrost stężenia soli w podłożu był minimalny.

W wyniku przeprowadzonych badań poziomu pH gleby stwierdzono występowanie podwyższonego, alkalicznego odczynu podłoża na większości badanych stanowisk przy szlakach komunikacyjnych. Na ul. Konrada, ul. Opolskiej, Al. Beliny-Prażmowskiego, ul. Dietla, al. Słowackiego, Czarnowiejskiej i Nawojki wartość pH osiągnęła poziom toksyczny (pH 9-10). Na pozostałych stanowiskach ciągów komunikacyjnych wskaźnik pH przyjmował różną, ale zawyżoną wartość, wskazującą na alkalizację gleby.

Na terenach zieleni Gminy Miejskiej Kraków w parkach i zieleńcach stwierdzono niższy poziom pH. Niezależnie od gatunku drzewa i stanowiska wartość ta kształtowała się w zakresie od 6 do 7, i wskazywała na lekko kwaśny odczyn gleby.

4.5. Fluorescencja chlorofilu wybranych gatunków drzew

Bjorkman i Demming (1987) i Johnson i in. (1999) uważają, że optymalny poziom wskaźnika Fv/Fm kształtuje się na poziomie nie niższym niż 0,83 dla większości roślin naczyniowych. Wartości poniżej tego poziomu wskazują na stres, a w szczególności na fotoinhibicję (Maxwell i Johnson 200). W przeprowadzonych badaniach wskaźniki Fv/Fm oraz Y były niższe od 0,83 dla liści wszystkich gatunków z wyraźnymi uszkodzeniami co sugeruje, że wydajność aparatu fotosyntetycznego u badanych, chorych drzew nie była tak sprawna jak u drzew zdrowych. W sytuacji stresu rezerwy energetyczne takich drzew maleją do tego stopnia, że następuje spadek kondycji i osłabienie drzewa, co w konsekwencji prowadzi do nieodwracalnej fazy zamierania.

Tabela 10

Wartości wskaźników Y i Fv/Fm mierzona na liściach wybranych gatunków drzew rosnących w Krakowie

Gatunek/Wskaźnik	Kontrola, drzewa nieuszkodzone	Drzewa z zasychającymi liśćmi	Drzewa z opadającymi liśćmi
Acer platanoides Y	0,683	0,613	0,545
Fv/Fm	0,818	0,666	0,630
Tilia cordata Y	0,730	0,690	0,594
Fv/Fm	0,830	0,692	0,645
Fraxinus excelsior Y	0,698	0,653	0,566
Fv/Fm	0,821	0,730	0,677

Tabela 11

Wartość parametrów wygaszania (qP, qN oraz NPQ) mierzona na liściach drzew z wyraźnym przedwczesnym opadaniem liści - *Acer platanoides*

Wartość PAR	qP	QN	NPQ
0	1,000	0,000	0,000
30	0,904	0,064	0,056
94	0,754	0,336	0,429
198	0,775	0,603	0,977
338	0,792	0,767	1,688
505	0,794	0,844	2,242
703	0,754	0,888	2,670
1038	0,641	0,918	2,780
1407	0,540	0,935	3,261

4.6. Określenie stopnia zagrożenia czynnikami biotycznymi

Tabela 12.

Zestawienie stopnia i liczby uszkodzeń spowodowanych przez szkodniki na liściach wybranych gatunków drzew rosnących na wybranych stanowiskach w Krakowie w dwóch terminach IX 2005 i VI 2006

A szlaki komunikacyjne

Stanowisko A	Gatunek	Symbol stanowiska	Wrzesień 2005				Czerwiec 2006			
			Typ uszkodzenia, szkodnik	Analiza 10 liści Liczba liści z uszkodzeniami [szt.] Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]	Pędy	Uwagi	Typ uszkodzenia, szkodnik	Analiza 10 liści Liczba liści z uszkodzeniami [szt.] Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]	Pędy	Uwagi
Ul. Kościuszki	<i>Acer platanoides</i>	A1/1	włochatka	3	1		włochatka	2	1	
			wyżerki gąsienic	2	1		paszynek	1	1	
Ul. Kościuszki	<i>Fraxinus excelsior</i>	A1/2	skoczek	8	1		skoczek	3	1	
							bawełnica jes-jod	3	1	
							przędziorek	1	1	
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus excelsior</i>	A2/1	-	-	-	brak liści	skoczek	2	1	
Ul. 3 Maja	<i>Fraxinus excelsior</i>	A2/2	skoczek	5	1		znamionówka	3	1-2	2 -gąsienice
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/1	włochatka	10	1		-	-	-	-
Ul. Czarnowiejska	<i>Acer platanoides</i>	A3/2	włochatka	7	1		przędziorek	2	1	
							paszynek	1	1	
Ul. Kazimierza Wlk	<i>Acer platanoides</i>	A4/1	włochatka	4	1		włochatka	3	1	
			wyżerki gąsienic	1	1		przędziorek	2	1	
Ul. Kazimierza Wlk	<i>Acer platanoides</i>	A4/2	włochatka	10	1		włochatka	3	1	
							wyżerki gąsienic	3	1	
							zwójka	1	1	
Ul. Nawojki	<i>Tilia x europaea</i>	A5/1	zdobniczka	2	1		zdobniczka	3	1	
							wyżerki gąsienic	2	1	
Ul. Nawojki	<i>Tilia cordata</i>	A5/2	zdobniczka	10	1		zdobniczka	2	1	biedronka
			śluzownica szkiel.	2	1					
			szrotówek	1	1					
Al. J. Słowackiego	<i>Tilia x europaea</i>	A6/1	-	-	-	-	zdobniczka	5	1	
							przędziorek	10	1	
Al. J. Słowackiego	<i>Tilia x europaea</i>	A6/2	zdobniczka	10	1	ss	zdobniczka	6	1	
			śluzownica szkiel.	3	1		przędziorek	10	2	
			szrotówek	1	1					
Ul. Królewska	<i>Aesculus hippocastanum</i>	A7/1	szrotówek	10	4	6-38 min /liść	szrotówek	3	1	1 mina/liść

Ul. Królewska	<i>Aesculus hippocastanum</i>	A7/2	szrotówek	10	4	15-30 min/liść	przędziorek	2	1
Plac Matejki	<i>Acer platanoides</i>	A8/1	włochatka	8	1		-	-	- - -
Plac Matejki	<i>Acer platanoides</i>	A8/2	włochatka	6	1		włochatka	3	1
			szrotówek	1	1				
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/1	włochatka	5	1		-	-	- - -
			wyżerki gąsienic	3	1		-	-	- - -
Ul. Grzegórzecka	<i>Acer platanoides</i>	A9/2	włochatka	6	1		-	-	- - -
Ul. Daszyńskiego	<i>Acer platanoides</i>	A10/1	włochatka	8	1		-	-	- - -
Ul. Daszyńskiego	<i>Acer platanoides</i>	A10/2	włochatka	9	1		-	-	- - -
			szrotówek	1	1		-	-	- - -
Ul. Dietla	<i>Acer platanoides</i>	A11/1	nieczytelne	-	-	- -	włochatka	3	1
Ul. Dietla	<i>Acer platanoides</i>	A11/2	nieczytelne	-	-	- -	włochatka	3	1
Ul. Westerplatte (od Plant)	<i>Acer platanoides</i>	A12/1	nieczytelne	-	-	- -	-	-	- - -
Ul. Westerplatte (od Plant)	<i>Acer platanoides</i>	A12/2	zdobniczka	8	1		włochatka	2	1
			pasnek miny	1	1				
Al. Andersa	<i>Acer pseudoplatanus</i>	A13/1	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	9	1
Al. Andersa	<i>Acer pseudoplatanus</i>	A13/2	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	10	1 ss
Ul. Basztowa (od Plant)	<i>Acer platanoides</i>	A14/1	włochatka	10	1		włochatka	7	1
			wyżerki gąsienic	1	1				
Ul. Basztowa (od Plant)	<i>Acer platanoides</i>	A14/2	włochatka	9	1		włochatka	2	1
Ul. Basztowa (przy MUW)	<i>Acer saccharinum</i>	A15/1	-	-	- - -	-	-	-	- - -
Ul. Basztowa (przy MUW)	<i>Acer saccharinum</i>	A15/2	-	-	- - -	wyżerki gąsienic	1	1	
Al. Prażmowskiego	<i>Tilia cordata</i>	A16/1	zdobniczka	10	1	ss	zdobniczka	4	1
			śluzownica szkielet.	4	1				
			szrotówek	2	1	1-2 miny/liść			
Al. Prażmowskiego	<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata'	A16/2	mszyce	10	3	ss	mszyce	10	1
Ul. Stella Sawickiego	<i>Tilia cordata</i>	A17/1	zdobniczka	10	1		zdobniczka	5	1
			śluzownica szkielet.	3	1		piłśniowiec	5	1
			wyżerki gąsienic	3	1		wyżerki gąsienic	2	1
Ul. Stella Sawickiego	<i>Tilia cordata</i>	A17/2	zdobniczka	10	1		zdobniczka	10	1
			misecznik	4	1				
Ul. Tischnera (wjazd na most)	<i>Populus x canadensis</i>	A18/1	rynnica (szkielet)	4	1		rynnica (szkielet)	10	1-2
							zwójka	1	1
Ul. Tischnera (wjazd na most)	<i>Acer platanoides</i>	A18/2	włochatka	8	1		włochatka	2	1
Ul. Ob.Krzyża	<i>Sorbus aucuparia</i>	A19/1	skoczki	9	2		skoczki	10	1-2
Ul. Ob.Krzyża	<i>Acer platanoides</i>	A19/2	włochatka	10	1		włochatka	1	1
Ul. Okulickiego (od str. Kalin.)	<i>Larix decidua</i>	A20/1	miodownica			dorośle i larwy	ochojnik ślady/igł		2
Ul. Okulickiego (od str. Kalin.)	<i>Lonicera tatarica</i>	A20/2	mszyce	9	2		mszyce	8	1-4
Al. Pokoju	<i>Populus x canadensis</i>	A21/1	skoczki	10	1	ss	skoczki	10	1-2
Al. Pokoju	<i>Acer pseudoplatanus</i>	A21/2	zdobniczka	10	3	ss	zdobniczka	2	1

Ul. Opolska (pnącza)	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ul. Opolska (pnącza)	<i>Parthenocissus inserta</i>	A22/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ul. Galicyjska	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A23/1	szrotówek	3	2				mszyce	3	1	
Ul. Galicyjska	<i>Betula pendula</i>	A23/2	mszyce	10	1				salebria	7	1-2	
			pasnek miny	1	1				mszyce	5	1	
Ul. Marka (skwer)	<i>Acer platanoides</i>	A24/1	włochatka	10	1				włochatka	3	1	
Ul. Marka (skwer)	<i>Acer platanoides</i>	A24/2	włochatka	9	2				włochatka	4	1	
Ul. Struga	<i>Acer pseudoplatanus</i>	A25/1	zdobniczka	10	3		ss		zdobniczka	10	1	
Ul. Struga	<i>Acer platanoides</i>	A25/2	włochatka	10	1				włochatka	3	1	
									skoczki	6	1	
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/1	szrotówek	5	3				mszyce	4	1	
									przędziorek	5	1	
Ul. Księcia Józefa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	A26/2	szrotówek	2	1				wyżerki	1	1	
			wyżerki	1	1							
Ul. Conrada	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	A27/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ul. Conrada	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	A27/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ul. Brodowicza	<i>Acer platanoides</i>	A28/1	włochatka	9	1				włochatka	2	1	
			pasnek miny	1	1							
Ul. Brodowicza	<i>Acer platanoides</i>	A28/2	nieczytelne	-	-	-	-	-	wyżerki gąsienic	1	1	

B – Tereny zieleni - PARKI

			Wrzesień 2005					Czerwiec 2006				
Stanowisko B	Gatunek	Symbol stanowiska	Typ uszkodzenia, szkodnik	Liczba liści z uszkodzeniami [szt.]	Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]	Pędy	Uwagi	Typ uszkodzenia, szkodnik	Liczba liści z uszkodzeniami [szt.]	Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]	Pędy	Uwagi
Planty Krakowskie	<i>Acer platanoides</i>	B1/1	włochatka	10	2			włochatka	9	1		
			szrotówek	1	1							
Planty Krakowskie	<i>Corylus avellana</i>	B1/2	zdobniczka	8	1			zdobniczka	10	1-2		
			przędziorek	3	1							
Park Krakowski	<i>Fraxinus excelsior</i>	B2/1	skoczek	4	1			bawelnica jes-jod	9	4		ss / wierzch
			ulotka jesionowa	3	1							
Park Krakowski	<i>Acer platanoides</i>	B2/2	włochatka	10	1			włochatka	8	1		
			pasnek miny	2	1			skoczki	4	1		
			zwójka	1	1			przędziorek	3	1		
Park Jordana	<i>Acer platanoides</i>	B3/1	włochatka	10	2			włochatka	3	1		
			szrotówek	2	1			szrotówek	1	1		
			wyżerki gąsienic	4	1							

Park Jordana	<i>Tilia cordata</i>	B3/2	zdobniczka	10	1		zdobniczka	2	1	
			śluzownica szkiel.	7	1		paszynek	3	1	
			szrotówek	6	1		szrotówek	1	1	
							wyżerki gąsienic	1	2	
Park Krowoderski	<i>Aesculus hippocastanum</i>	B4/1	szrotówek	10	4	30-40 min /liść	szrotówek	9	1	3-30 m/liść
Park Krowoderski	<i>Tilia cordata</i>	B4/2	zdobniczka	10	2	ss	przędziorek	3	1	
			śluzownica szkiel.	3	1		wyżerki gąsienic	2	1	
			szrotówek	2	1		szrotówek	1	1	
Park Kleparski	<i>Acer platanoides</i>	B5/1	włochatka	9	1		włochatka	3	1	
			szrotówek	1	1		wyżerki gąsienic	1	1	
			pasnek miny	2	1					
Park Kleparski	<i>Acer platanoides</i>	B5/2	włochatka	10	1		włochatka	3	1	
			pasnek miny	3	1					
Park Dąbie	<i>Tilia cordata</i>	B6/1	zdobniczka	5	1		śluzownica szkiel	2	1	
			śluzownica szkiel.	9	1					
			szpeciel	2	1					
Park Dąbie	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B6/2	szrotówek	5	2	1-2 miny /liść	wyżerki	2	1	
			wyżerki	1	3					
Park Dębicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/1	włochatka	5	1		-	-	-	-
Park Dębicki	<i>Acer platanoides</i>	B7/2	włochatka	3	1		wyżerki gąsienic	1	1	
			wyżerka gąsienic	1	1					
Park Bednarskiego	<i>Fraxinus excelsior</i>	B8/1	wyżerka gąsienic	2	1		ulotka jesionowa	2	1	
			pryszczarek	1	1	2 gal/ 1 liść				
Park Bednarskiego	<i>Corylus avellana</i>	B8/2	oszynda	3	3		zdobniczka	3	1	
			zdobniczka	4	1					
Park Prokocim	<i>Fraxinus excelsior</i>	B9/1	skoczek	5	1		pryszczarek	4	1	
							ulotka jesionowa	3	1	
Park Prokocim	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B9/2	szrotówek	4	2	1-3 miny /liść	szrotówek	3	1	1-3 min/liść
			wyżerki	2	2					
Park Lili Wenedy	<i>Fraxinus excelsior</i>	B10/1	skoczek	3	1		bawełnica jes-jod	6	1-2	
			ulotka jesionowa	4	1	1-3 uszk. /liść	ulotka jesionowa	3	1	
			galasy pryszcz.	1	1	1 gal/ liść				
Park Lili Wenedy	<i>Robinia pseudoacacia</i>	B10/2	szrotówek	6	3		oprzędzik	1	1	
Park Plac Ratuszowy	<i>Acer platanoides</i>	B11/1	włochatka	10	1		włochatka	3	1	
Park Plac Ratuszowy	<i>Acer platanoides</i>	B11/2	włochatka	10	2		włochatka	6	1	
			pasnek miny	1	1					
			zwójka	1	1					
Park Kościuszki	<i>Tilia cordata</i>	B12/1	zdobniczka	10	1		zdobniczka	4	1	
			drobne miny	2	1	2-6 min/liść	wyżerki gąsienic	4	1	
			szrotówek	4	1					

			pasnek miny	1	1				
			wyżerki gąsienic	2	1				
Park Kościuszki	<i>Aesculus hippocastanum</i>	B12/2	szrotówek	10	4	30-40 min /liść	szrotówek	6	1-5 min/liść
Park Bulwary Wiślane	<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Globosa'	B13/1	szrotówek	6	3		mszyce	4	1
			wyżerki	1	1		wyżerki	2	1
							szkieletowanie	3	1
Park Bulwary Wiślane	<i>Tilia platyhylllos</i>	B13/2	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	6	1
			śluzownica szkiel.	4	1				
			rozkowiec	2	1				
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/1	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	10	1-2 ss
			szrotówek	5	2	1-8 min/liść			
			śluzownica szkiel.	2	1				
Park Szwedzki	<i>Tilia x europaea</i>	B14/2	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	10	1 ss
			śluzownica szkiel.	7	1				
			szrotówek	3	1				

C Tereny zieleni - ZIELEŃCE

			Wrzesień 2005				Czerwiec 2006			
Stanowisko C	Gatunek	Symbol stanowiska	Typ uszkodzenia, szkodnik	Liczba liści z uszkodzeniami [szt.]	Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]	Pędy	Uwagi	Typ uszkodzenia, szkodnik	Liczba liści z uszkodzeniami [szt.]	Stopień uszkodzenia [skala od 1 do 5]
Plac Biskupi	<i>Tilia cordata</i>	C15/1	zdobniczka	10	1	ss		zdobniczka	5	1
			szrotówek	2	1			paszynek	1	1
			wyżerki gąsienic	2	1			śluzownica szkiel	3	1
Plac Biskupi	<i>Tilia cordata</i>	C15/2	zdobniczka	10	2	ss		zdobniczka	6	1
			śluzownica szkiel.	3	1			przędziorek	3	1
								wyżerki gąsienic	4	1
Plac Axentowicza	<i>Tilia cordata</i>	C16/1	zdobniczka	10	1			zdobniczka	8	1
			śluzownica szkiel.	4	1			przędziorek	10	1-2
			szrotówek	3	1			szrotówek	1	1
			szpeciel galasy	1	1					2 /liść
Plac Axentowicza	<i>Acer pseudoplatanus</i>	C16/2	zdobniczka	10	2	ss		zdobniczka	9	1
								rozkowiec	3	1
Plac Słowiański	<i>Tilia cordata</i>	C17/1	śluzownica szkiel.	6	1			zdobniczka	3	1
			szpeciel galasy	4	1			szpeciel	4	1
								przędziorek	2	1
Plac Słowiański	<i>Robinia pseudoacacia</i>	C17/2	mszyce	6	3	ss		przędziorek	2	1
Pl. Serkowskiego (przy MN)	<i>Acer platanoides</i>	C18/1	włochatka	8	1			włochatka	4	1

			szrotówek	1	1				
			wyżerki gąsienic	2	1				
Pl.Serkowskiego (przy MN)	<i>Tilia cordata</i>	C18/2	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczka	3	1
			szpeciel	8	1		szpeciel	7	1
			śluzownica szkiel.	4	1				
			wyżerki gąsienic	1	1				
Ul. Józefińska (pas drogowy)	<i>Acer platanoides</i>	C19/1	włochatka	10	1		włochatka	2	1
			szrotówek	1	1				
Ul. Józefińska (pas drogowy)	<i>Acer platanoides</i>	C19/2	włochatka	7	1		włochatka	2	1
Plac Jasia i Małgosi	<i>Tilia cordata</i>	C20/1	zdobniczka	10	1		zdobniczka	3	1
			śluzownica szkiel.	3	1		wyżerki gąsienic	4	1
			wyżerki gąsienic	2	1				
			misecznik			2			
Plac Jasia i Małgosi	<i>Acer pseudoplatanus</i>	C20/2	zdobniczka	10	2	2 dziubałki	zdobniczka	10	1
			szrotówek	2	1		wyżerki gąsienic	3	1-3
			wyżerki gąsienic	3	2				
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/1	zdobniczka	10	1	1 dziubałek	zdobniczka	10	1
			śluzownica szkiel.	5	1				
			wyżerki gąsienic	1	1				
Plac Centralny	<i>Tilia cordata</i>	C21/2	zdobniczka	10	2	ss	zdobniczki	10	1-2
			śluzownica szkiel.	2	1				

ss – spadź i grzyby sadzakowi

ss/wierzch – spadź na wierzchołkowych liściach

Stopień uszkodzenia liści:

1	b. słaby	0-20%
2	słaby	20-40%
3	średni	40-60%
4	duży	60-80%
5	b. duży	80-100%

Interpretacja wyników badań entomologicznych

Na poszczególnych gatunkach drzew i stanowiskach obserwacyjnych (Tabela 12) (A-pasy przydrożne najważniejszych traktów komunikacyjnych Krakowa oraz tereny zieleni: B- parki i C- zieleńce) obserwowano różną liczbę uszkodzeń, jak również ich poziom był zróżnicowany. Jednak liczba i poziom uszkodzeń w większości przypadków nie były wysokie, a uszkodzenia te nie mogły w dużym stopniu wpływać na ogólną zdrowotność roślin. Oznacza to, że stopień zagrożenia badanej populacji drzew przez szkodniki nie jest wysoki.

Na podstawie wykonanych obserwacji omówiono wyniki w ujęciu poszczególnych gatunków drzew w odniesieniu do szczegółowego zestawienia wyżej podanych tabel (A,B,C), które odpowiadają stanowiskom pomiarowym przy pasach przydrożnych A, w parkach B oraz zieleńcach C.

Acer platanoides

- Włochatka klonowa żółta – *Periphyllus aceris* – drobne żółtawe mszyce żerujące gromadnie w zwartych koloniach po spodniej stronie blaszki liściowej najczęściej w okolicy nerwów.

Szkodnik ten występował pospolicie wszystkich stanowiskach zarówno jesienią jak również w czerwcu. Liczba opianowanych liści była wyższa w okresie jesiennym i mimo, że w wielu przypadkach na wszystkich liściach widoczne były ślady żerowania szkodników ale tylko w dwóch przypadkach stopień uszkodzenia liści określono na słaby (20 – 40% powierzchni liści z widocznymi śladami uszkodzeń). W pozostałych przypadkach stopień uszkodzenia liści określono jako bardzo słaby i nie przekraczał 20%.

Pomimo powszechnego występowania szkodnika nie powoduje on szkód wpływających znacznie na zdrowotność roślin.

- Szrotówek klonowiaczek – *Phyllonorycter platanoidella* – gąsienice tego motyla żerują od VII do IX pod skórą od dołu liścia tworząc pęcherzykowatą minę, która powoduje lekkie deformacje liści. Występuje zazwyczaj na klonie zwyczajnym.

Na liściach badanych roślin stwierdzono pojedyncze uszkodzenia spowodowane przez tego szkodnika, które nie miały wpływu na stan roślin.

- Pasynki – *Stigmella* sp. – larwy motyli żerują od VI do VIII pod skórą tworząc kręte, węzowate miny na górnej stronie blaszki liściowej. Mogą żerować na wielu gatunkach drzew i krzewów ozdobnych.

Uszkodzenia stwierdzone na pojedynczych liściach analizowanych drzew. Żerowanie larw pasynka nie wpłynęło na zdrowotność drzew.

- Gąsienice wielożerne (wyżerki w liściach) – uszkodzenia powodowane przez gąsienice wielożerne mogą powodować różnej wielkości uszkodzenia blaszki liściowej w tym gołożeń. W przypadku analizowanych drzew na niewielu liściach stwierdzono ślady żerowania gąsienic i taka ilość uszkodzeń i ich skala nie wpłynęła na zdrowotność drzew.
- Przędziorki – drobne pajęczaki (ok. 0,5 mm) żerujące po spodniej stronie blaszki liściowej, wysysając soki z liści.

Na pojedynczych liściach analizowanych drzew występowały przędziorki ale w ilości nie zagrażającej drzewom.

Acer pseudoplatanus

- Zdobniczka jaworowa – *Drepanosiphon platanoidis* – mszyce, które żerują od V do IX na pędach ogonkach liściowych i młodych liściach. Występują głównie na klonie jaworze rzadziej na innych gatunkach klonów.

Na analizowanych roślinach zdobniczka jaworowa występowała powszechnie na jaworach i kolonie na liściach były silne o czym świadczy stopień powierzchni liścia z widocznymi uszkodzeniami sięgająca nawet 60%. Jednak takie uszkodzenia były obserwowane jesienią, latem mimo, że na większości analizowanych liści obserwowano uszkodzenia ich poziom nie był duży. Dodatkową szkodą była w dużej ilości wydzielana spadź. Jednak poziom uszkodzeń nie wpłynął znacznie na zdrowotność roślin.

- *Phyllonorycter acernella* – gąsienice żerują od VI do IX pod skórka, od dołu liścia tworząc pęcherzykową minę, między nerwami lub na brzegu liścia

Pojedyncze miny na analizowanych drzewach, bez znaczenia dla ich zdrowotności.

- Rożkowiec klonowy – *Artacris macrorhynchus* – szpeciel żerujący wiosną i latem, tworzący na górnej stronie blaszki liściowej podłużne ciemnoczerwone wyrośla. Występuje na klonie jaworze.

Na analizowanych drzewach obserwowane pojedyncze liście z niewielką liczbą wyrosła. Nie stanowią zagrożenia dla drzew.

Acer saccharinum

- Włochatka klonowa żółta – *Periphyllus aceris* – drobne żółtawe mszyce żerujące gromadnie w zwartych koloniach po spodniej stronie blaszki liściowej najczęściej w okolicy nerwów.

Pojedyncze ślady żerowania nie wpływają na zdrowotność roślin.

Aesculus hippocastanum

- Szrotówek kasztanowcowiaczek – *Cameraria ohridella* – gąsienice żerują wewnątrz liści powodując minowanie liści. Zimują poczwarki w opadłych liściach a na przełomie kwietnia i maja pojawiają się osobniki dorosłe. Samice składają jaja a wylęgające się larwy wgryzają się do liścia. W ciągu roku w naszych warunkach rozwijają się trzy pokolenia szkodnika.

Na drzewach objętych analizą szrotówek kasztanowcowiaczek występował powszechnie i licznie. Wszystkie drzewa były opanowane przez szkodnika, a w terminie jesiennym obserwowano szczególnie silne uszkodzenia sięgające nawet 80% powierzchni liści. szkodników czerwcu nasilenie szkodników było mniejsze, choć ślady żerowania stwierdzano na większości liści. Jednak mniejsza liczba mniejszych min była spowodowana jeszcze nie w pełni rozwiniętą populacją szkodników.

Szrotówek kasztanowcowiaczek na analizowanych drzewach w obserwowanej ilości może spowodować zaburzenia i osłabienie rozwoju roślin, ale nie doprowadzi do zniszczenia i obumarcia drzew.

- Przędziorki – występowały nielicznie na pojedynczych liściach analizowanych drzew, ale w ilości niezagrożącej drzewom.

Betula pendula

- Mszyca brzozowa srebrzysta – *Euceraphis betulae* – mszyce żerują wiosną i latem, po spodniej stronie liści, mszyce pokryte niebieskobiłą wydzieliną woskową.

Na analizowanych drzewach występowała powszechnie, ale jej nasilenie było niewielkie.

- *Salebria betullae* – gąsienice z podwójną ciemniejszą linią na grzbiecie i ciemnobrunatnej głowie. Żeruje na roślinach V-VII na młodych liściach splatając je i wyžera w nich otwory.

Na obserwowanym obiekcie uszkodzenia były wyraźne, ale nie na wszystkich liściach, co nie zagrażało zdrowotności drzewa.

- Pasyunki – *Stigmella* sp. – pojedyncze miny bez znaczenia.

Corylus avellana

- Zdobniczka leszczynówka – *Myzocallis coryli* – mszyce żerują od V do IX na dolnej stronie liści w koloniach lub pojedynczo. Z uwagi na długi okres występowania mogą powodować znaczne szkody w pewnych okresach.

Na obserwowanych obiektach uszkodzenia spowodowane przez mszyce nie były duże, ale zaobserwowano większą ich liczbę na jednym ze stanowisk w czerwcu. Jednak występowanie zdobniczki w takiej ilości nie wpływa na zdrowotność roślin.

- Oszynda leszczynowiec – *Apoderus coryli* – larwy chrząszcz z rodziny tutkarzowatych, żeruje w VI i VII na liściach, wygryzając otwory w tkance pomiędzy grubszymi nerwami liści. Na analizowanych obiektach obserwowano na części liści w znacznym stopniu uszkodzone liście w okresie jesiennym.

Występowanie tego szkodnika nie ma znaczenia dla zdrowotności roślin.

- Przędziorki – uszkodzenia powodowane przez te szkodniki występowały nielicznie na pojedynczych liściach analizowanych drzew.

Fraxinus excelsior

- Ulotka jesionowa - *Psyllopsis fraxini* – miodówka, której larwy żerują od V do VII powodując nabrzmiewanie i skręcanie brzegu liścia na szerokości 2-3 mm do dołu, wewnątrz wyrosli znajdują się larwy pokryte woskowym puchem.

Na badanych roślinach obserwowana na części liści, lecz powodowane uszkodzenia nie były intensywne i nie wpływały na rozwój drzew.

- Pryszczarek jesionowiec - *Dasineura fraxini* - pomarańczowe larwy muchówki żerują w lekko wydłużonych wyrosłach wzdłuż nerwu głównego liścia po dolnej stronie liścia.

Na analizowanych jesionach pojedyncze liście z nielicznymi galasami. Szkodnik bez znaczenia.

- Bawełnica jesionowo – jodłowa – *Prociphilus bumeliae* – mszyce żerują na młodych pędach i po dolnej stronie liści powodując ich deformację, zawijanie w dół i zbijanie w kuliste gniazda. Mszyce te podczas żerowania wydzielają duże ilości spadź, co powoduje zabrudzenie liści i ograniczeni transpiracji i wymiany gazowej liści.

Na analizowanych obiektach w czerwcu widoczne były uszkodzone pędy w różnej liczbie. Na jednym ze stanowisk obserwowano silne liczne uszkodzenia co mogło wpłynąć na rozwój młodych pędów, zaś na pozostałych uszkodzenia nie były liczne.

- Skoczki – *Iassidae* – larwy i dorosłe żerują po spodniej stronie liści wysysając soki roślin. Uszkodzenia widoczne w postaci drobnych odbarwień liści.

Uszkodzenia na części liści ale niewielkie i nie mają wpływu na zdrowotność drzewa.

- Znamionówka tarniówka – *Orgia antiqua* – gąsienice żerują na liściach wyzerając w nich otwory a czasem prowadzą do gołożerów.

Zaobserwowano 2 gąsienice i mimo ale uszkodzenia przez nie powodowane nie wpłynęły na zdrowotność drzewa.

Fraxinus pennsylvanica

Nie obserwowano uszkodzeń spowodowanych przez szkodniki.

Larix decidua

- Ochojnik – *Adelges* sp. – larwy i dorosłe osobniki żerują na igłach okryte białym wojłokiem powodując ich zaginanie i żółknięcia.

Na analizowanym obiekcie stwierdzono występowanie tych szkodników w czerwcu, ale ich obecność nie miała większego wpływu na rozwój drzewa.

- Miodownica – *Cinara* sp. – mszyce żerują na pędach wysysając soki roślin. Wydzielają duże ilości spadzi.

Na pędach analizowanych roślinach zaobserwowano we wrześniu larwy i postacie dorosłe.

Lonicera tatarica

- Mszyca wiciokrzewiowo-pasternakowa – *Hyadaphis passerini* – mszyca żeruje w koloniach wysysając soki roślin, silnie porażone rośliny mają zahamowany wzrost a liści pokrywa spadz, na której rozwijają się grzyby sadzakowe oraz ograniczona jest transpiracja roślin.

Na analizowanych roślinach obserwowano silnie uszkodzone młode liście co mogło w znacznym stopniu ograniczyć rozwój roślin.

Quercus robur 'Fastigiata'

- Zrostek dębowy – *Thelaxes dryophila* – mszyce wysysające soki głównie z rozwijających się liści i młodych pędów dużych koloniach. Podczas żerowania obficie wydalają spadz, która ogranicza transpirację oraz rozwój roślin.

W okresie jesiennym na obserwowanych obiektach ślady żerowania i stopień uszkodzeń był znacznie większy, dodatkowo liście były silnie pokryte spadzią co mogło wpłynąć w niewielkim stopniu na rozwój roślin.

Parthenocissus inserta

Nie obserwowano uszkodzeń spowodowanych przez szkodniki.

Populus x canadensis

- Skoczki – *Iassidae* – larwy i dorosłe żerują po spodniej stronie liści wysysając soki roślin. Uszkodzenia widoczne w postaci drobnych odbarwień liści.

Uszkodzenia obserwowane na większości liści, ale stopień uszkodzenia słaby lub bardzo słaby. Pomimo że na liściach jesienią widoczna była spadź, stopień uszkodzeń nie wpłynął znacząco na zdrowotność drzew.

- Rynnica topolowa – *Melasoma populi* – larwy chrząszczy szkieletują liście, dorosłe mogą również szkieletować liście, ale również wyzerają otwory.

Jeden z obiektów poddany analizie był uszkodzony przez rynnice w różnym stopniu. Jesienią obserwowano ślady żerowania na części liści natomiast w czerwcu na wszystkich badanych liściach stwierdzono słaby lub bardzo słaby poziom uszkodzeń. Jednak żerowanie tego szkodnika nie wpływa na rozwój drzew.

- Zwójki – *Tortricidae* – gąsienice żerują w splecionych ze sobą liściach lub zwiniętym liściu.

Stwierdzono jeden oprzęd zwójki w analizowanym materiale.

Robinia pseudoacacia

- Mszyca złotokapowo-wykowa – *Aphis craccivora* – mszyca żeruje gromadnie na młodych pędach i liściach wydzielając spadź.

Na części analizowanych stanowisk obserwowano uszkodzenia i mszyce. Na liściach zebranych w czerwcu stopień uszkodzenia był bardzo mały natomiast na jednym ze stanowisk w analizie jesiennej uszkodzenia były obserwowane nie na wszystkich liściach, ale stopień uszkodzeń był znaczny (do 60%). Na tym stanowisku stwierdzono również liście silnie pokryte spadzią. Późne uszkodzenia nie wpływają na zdrowotność drzew.

- Szrotówek robiniaczek – *Phyllonorycter robinella* – gąsienice żerują w miękiszu liści powodując ich minowanie. Kształt min jest owalny a w ciągu roku rozwijają się dwie generacje.

Na liściach akacji, poddanych analizie obserwowano różny stopień porażenia przez szkodnika ale w większości przypadków szkody te występowały na liściach zbieranych jesienią. Stopień opanowanych liści sięgał 60%. Pomimo to szkodnik nie wpływa znacznie dla rozwoju drzew.

- Oprzędzik pręgowany –*Sitona lineatus* – chrząszcz z rodziny ryjkowcowatych, który żerując na liściach wyžera ich brzegi w formie zatok.

Uszkodzenie liścia stwierdzone na jednym ze stanowisk.

- Przędziorki – uszkodzenia powodowane przez te szkodniki występowały nielicznie na pojedynczych liściach analizowanych drzew.
- Gąsienice wielożerne (wyżerki w liściach) - w przypadku analizowanych drzew na niewielu liściach stwierdzono ślady żerowania gąsienic a ilość uszkodzeń i ich skala nie wpłynęła na zdrowotność drzew.

Sorbus aucuparia

- Skoczki –*Iassidae* – Uszkodzenia obserwowane na większości liści, ale stopień uszkodzenia słaby lub bardzo słaby. Stopień uszkodzeń nie wpłynął znacząco na zdrowotność drzew.

Tilia cordata

- Zdobniczka lipowa –*Eucallipterus tiliae* – mszyce żerują od V do IX na młodych pędach i liściach, wydzielają obficie spadź. Zasiedlają dolną stronę liści.

Zdobniczka była obserwowana powszechnie na wszystkich analizowanych obiektach na zdecydowanej większości liści. Stopień uszkodzenia analizowanych liści był niski lub bardzo niski. Ponadto stwierdzono na kilku obiektach obecność spadzi. Występowanie zdobniczki nie wpłynęło na zdrowotność roślin.

- Śluzownica lipowa –*Celiroa annulipes* – pokryte śluzem larwy błonkówki szkieletują liście w VI – VII i VIII-IX.

Prawie na wszystkich obiektach, na części liści, zostały stwierdzone słabe uszkodzenia liści powodowane przez śluzownice. Żerowiska o takiej wielkości i intensywności nie zagrażały rozwojowi drzew.

- Szrotówek –*Phyllonorycter issikii* – larwy motyli żerują w minach tworzonych po spodniej stronie liścia.

Na stanowiskach *T. cordata* szrotówek występował na nielicznie pojedyncze miny na pojedynczych lub liściach. Nie wpłynęły na zdrowotność drzew.

- Szpeciel lipowy –*Eriophyes tiliae* – szpeciele żerują po dolnej stronie blaszki liściowej powodując powstawanie niewielkich filcowatych poduszeczek po dolnej stronie liści, ponadto mogą występować inne objawy żerowania tj. powstawanie wydłużonych czerwonych galasów na górnej stronie blaszki liściowej (określane wówczas jako rożkowiec).

Na liściach badanych obiektów szpeciel występował nielicznie ale w obydwóch postaciach: pilśniowych poduszeczek i rożkowatych wyrośli na liściach. Nie wpłynęły one na rozwój drzew.

- Gąsienice wielożerne (wyżerki w liściach) - w przypadku analizowanych drzew na niewielu liściach stwierdzono ślady żerowania gąsienic a ilość uszkodzeń i ich skala nie wpłynęła na zdrowotność drzew.
- Przędziorek lipowiec – *Eotetranychus tiliarum* – roztocze wysysają soki z liści żerując po spodniej stronie liści.

Występowały nielicznie na pojedynczych liściach analizowanych drzew. Na jednym obiekcie stwierdzono uszkodzenia spowodowane przez szkodniki na wszystkich badanych liściach w stopniu słabym i bardzo słabym. Przędziorki nie zagrażały jednak drzewom.

- Pasyнки – *Stigmella* sp. – uszkodzenia stwierdzone na pojedynczych liściach analizowanych drzew. Żerowanie larw pasynka nie wpłynęło na zdrowotność drzew.

Tilia x europaea

Szkodniki występujące na *T. europae* były takie same jak na *T. cordata*. Obserwowano nieznacznie większy stopień uszkodzenia liści przez zdobniczki u *T. europae*. Żaden z zaobserwowanych szkodników nie powodował uszkodzeń mogących wpłynąć na zdrowotność drzew.

Tilia platyhyllus

Na tych lipach zaobserwowano uszkodzenia spowodowane przez zdobniczki, śluzownice i szpeciele tworzące wyrośla (rożkowce). Szkodniki te nie miały wpływu na zdrowotność roślin.

W posumowaniu wyników obserwacji entomologicznych stwierdza się, że na większości poddanych analizie drzew, rosnących w pasach przydrożnych jak i bytujących na wybranych stanowiskach pomiarowych terenów zieleni Gminy Miejskiej Kraków, nie obserwuje się większej liczby uszkodzeń powodowanych przez szkodniki. Najwięcej z nich było powodowane przez mszyce (włochatki, zdobniczki itp.), ale stopień uszkodzonych liści nie był na tyle wysoki aby decydować o wykonaniu zabiegów ochronnych. Ślady żerowania jak również liście pokryte spadzią wydzielaną przez te szkodniki były większe jesienią przed opadaniem liści niż na przełomie wiosny I lata w sezonie 2006 r. Pozostałe szkodniki z wyjątkiem szrotówka kasztanowcowiaczka uszkadzały drzewa w stopniu świadczącym o liczebności nie wymagającej zwalczania. Jedynie szrotówek kasztanowcowiaczek powodował uszkodzenia, które wskazywałyby na konieczność wykonania prac ograniczających

występowanie tego szkodnika. Ponieważ silne uszkodzenia obserwowane były dopiero w okresie jesiennym, a w czerwcu stopień porażenia liści nie przekraczał 20% nie trzeba wykonywać zabiegów z wykorzystaniem środków chemicznych (iniekcja). Wystarczającymi czynnościami będzie pozbywanie się opadłych liści i zastosowanie opasek lepowych na pniach z dodatkiem feromonu płciowego.

Wyniki badań fitopatologicznych

Kontrola zdrowotności analizowanych liści i pędów oraz częściowo owocostanów wykazała przewagę objawów pochodzenia infekcyjnego (Tabele 2 i 3 zamieszczone w Sprawozdaniu z badań terenowych i laboratoryjnych w 2006 r.).

W obrębie wszystkich badanych próbkach materiału roślinnego, wyłącznie u 11 wykazano zmiany natury czysto fizjologicznej tj. regularne zasychanie brzegów liści. Były to stanowiska: A1/1, A3/1, A3/2, A4/1, A6/1, A10/1, A25/2, A28/2, B16/1, C18/1, C19/1. Ten typ objawów występował również w kilku próbach ale jednocześnie z objawami infekcyjnymi, i było to na stanowiskach :A7/1, A8/2, A9/1, A10/1, A29/1, C21/1.

Ponadto zidentyfikowano także objawy fizjologicznego zasychania owocostanów na dwóch stanowiskach tj. A1/2 i B11/2. We wszystkich pozostałych próbach stwierdzono infekcyjny charakter zmian chorobowych.

I tak najwyższy udział procentowy (100,00) chorych liści i pędów jednocześnie oraz najwyższy wskaźnik ogólnego stopnia ich porażenia w obrębie analizowanych prób wykazano wyłącznie na stanowisku C16/2., to jest na stanowisku gdzie rósł *Acer pseudoplatanus* – klon jawor - przy Pl. Axentowicza, na którym w październiku 2005 roku zdiagnozowano liście porażone w 3, najwyższym stopniu skali.

Na innych stanowiskach stwierdzono wielokrotnie, najwyższy, bo stu procentowy udział chorych liści, ze wskaźnikiem ogólnego stopnia ich porażenia, zawartym między 26,66% a 84,00% (Tab. 2- Sprawozdaniu z badań terenowych i laboratoryjnych w 2006).

Wysokie wartości tego wskaźnika (powyżej 60,00% wyliczono na stanowiskach : A2/2, A5/1, A7/1. A8/2, A10/1, A13/2, A18/1, A19/1, B7/1, C15/1 C20/21, C21/1. Na pozostałych – zawierał się między 2,85 a 58,18 %.

Natomiast zdrowotność pędów u badanych roślin była znacznie słabsza, gdyż wyliczono dla nich zarówno stu procentowy udział chorych, jak też stu procentowe wartości wskaźnika ogólnego stopnia ich porażenia. Miało to miejsce w kombinacjach : A2/2, A5/2, A18/1, A20/1, A21/2, A27/1, A28/1, B1/1, B10/2, C15/2, C16/2, C17/2, C21/2. Nieco niższy wskaźnik ale również przy stu procentowym udziale chorych pędów wykazano na

stanowiskach : A17/2 (86,00%), A13/1 (83,33%). Z kolei w kombinacjach : A4/1, A4/2, A5/1, A14/2, A18/2, A22/2, B3/2, B4/1 B5/1, B7/1, B9/2, B13/1, B13/2, C15/1, C17/1, C18/1, C18/2, C19/2 , gdzie wynosił on 66,66%. W próbach z pozostałych stanowisk wahał się od 16,66% - 50,00%.

Kontrola zdrowotności analizowanych drzew wykazała, że w najlepszej kondycji, bo z całkowicie zdrowymi liśćmi i pędami były różne gatunki drzew a to :

Acer platanoides - na stanowisku A10/2, A25/2, B11/1

Robinia pseudoacacia - na stanowisku B6/2

Tilia cordata na - stanowisku A16/1

Tilia europea - na stanowisku A6/1

Największy udział w analizowanym materiale roślinnym miały drzewa z całkowicie zdrowymi liśćmi i były to :

Acer platanoides – na stanowiskach : A1/1, A3/1, A3/2, A4/1, A4/2, A19/2, A14/2, A28/2, B1/1, B2/2, B5/2, B11/1, B11/2

Acer pseudoplatanus – na stanowiskach : A25/1, C18/1, C19/1,

Aesculus hippocastanum – na stanowisku A7/2

Corylus avellana – na stanowisku B1/2

Fraxinus pensylvanica – na stanowisku A27/1

Robinia pseudoacacia – na stanowiskach : B6/2, C17/1, C21/2

Robinia pseudoacacia 'Globosa' – na stanowisku B13/1

Tilia europea - na stanowisku B14/1

Tilia cordata – na stanowiskach : B4/2, C16/1,

Quercus robur 'Fastigiata' – na stanowisku A16/2

Zaś całkowicie zdrowe pędy zaobserwowano wyłącznie u dwóch gatunków drzew tj. *Acer platanoides* na stanowiskach : A8/2, A9/2, A14/1 oraz *Robinia pseudoacacia* na stanowiskach : A26/1, A26/2, B7/2, B8/2 (Tab. 2 Sprawozdania).

W oparciu o wykonaną analizę fitopatologiczną najzdrowszymi gatunkami spośród drzew bez względu na miejsce występowania okazały się *Acer platanoides*, *Robinia pseudoacacia*, *Tillia cordata* i *T. europea*.

Wyniki analizy mikroskopowej badanych organów różnych drzew potwierdziły infekcyjny charakter zdiagnozowanych u tych roślin zmian chorobowych (Tab.3 Sprawozdania). W preparatach z chorych tkanek liści i pędów zidentyfikowano 36 gatunków grzybów, przynależnych do 21 rodzajów. Grzyby te są uznawane powszechnie za patogeny właściwe dla analizowanych roślin (Ellis i Ellis, 1985; Westcoott, 1971). W porównaniu z wynikami

ubiegłorocznej (2005 r. jesień) identyfikacji mikroskopowej, populacja grzybów w obserwacjach roku bieżącego jest uboższa, gdyż nie zawiera grzybów saprofitycznych (zbiór próbek liści przeprowadzono w 2005 r. w okresie wilgotnej jesieni). W związku z tym można sądzić, że obecnie obraz zmian chorobowych był wyraźnie czytelny, a tym samym – identyfikacja przyczyn ich występowania była bardziej jednoznaczna i prawidłowa.

W posumowaniu wyników obserwacji fitopatologicznych, dotyczących kontroli zdrowotności drzew parkowych i drzew rosnących wzdłuż ciągów komunikacyjnych, przeprowadzonych na terenie Krakowa jesienią 2005 r. oraz w czerwcu 2006 roku wykazano, że przyczyną występowania u nich części zmian chorobowych były głównie czynniki infekcyjne, a to grzyby pasożytnicze. Fakt ten powinien stanowić podstawę w praktycznej ochronie tych drzew w warunkach miejskich przed chorobami, które poważnie umniejszają ich walory dekoracyjne oraz degradują ich kondycję w roli „płuc miasta”. Niedostateczny stan zdrowotności badanych drzew, fakt występowania grzybów pasożytniczych, był jak się przypuszcza następstwem osłabienia kondycji drzew. Ze względu na ograniczone zasoby energetyczne spowodowane uszkodzeniem aparatu fotosyntetycznego, nastąpiło obniżenie kondycji roślin. Dojrzałe drzewo zamiera dopiero wtedy, gdy nakładają się czynniki chronicznego stresu, jak długotrwała susza, zranienia, ubytki części korzeni, w konsekwencji także inwazje chorób i szkodników.

5. Wnioski i zalecenia pielęgnacyjne

Na podstawie obserwacji terenowych i badań laboratoryjnych wykonywanych w sezonie 2005/2006 stwierdzono zróżnicowany stan zieleni w Krakowie, zależnie od jej lokalizacji.

W pasach przydrożnych ciągów komunikacyjnych miasta stwierdzono masowe występowanie objawów uszkodzeń roślin drzewiastych w postaci nekrotycznego zbrunatnienia blaszek liściowych, obejmującego od 10-80% powierzchni blaszki, zredukowanie powierzchni blaszek liściowych, zamieranie pędów, zwłaszcza w środkowej części koron, obecność suszu 80-90% konarów gałęzi, niezależnie od gatunku. Uszkodzenia te występowały głównie u drzew rosnących w ciągach komunikacyjnych, gdzie gleba jest najbardziej zniszczona i w pobliżu miejsc z największym natężeniem ruchu samochodowego.

Na terenach parków i zieleńców Gminy Miejskiej Kraków w/w uszkodzenia występowały sporadycznie, na 5-10% roślin drzewiastych i krzewiastych.

Biorąc pod uwagę całokształt wyników obserwacji stanu różnych gatunków roślin drzewiastych na 28 stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych przy szlakach komunikacyjnych oraz 21 stanowiskach pomiarowych usytuowanych w parkach i zieleńcach Gminy Miejskiej Kraków, wyników analiz gleby na zawartość soli rozpuszczalnych i metali ciężkich, w podłożu oraz pH gleby, a także analizy stanu zdrowotnego, stwierdzono, że uszkodzenia roślin na wymienionych stanowiskach są spowodowane kompleksowym działaniem kilku czynników, ale przede wszystkim zniszczeniem gleby jako środowiska wzrostu korzeni drzew. Za wnioskiem tym przemawiają następujące argumenty:

1. Wyniki pomiarowe próbek gleby pobranych spod chorych drzew rosnących w pasach przydrożnych ciągów komunikacyjnych i niektórych zieleńcach, wykazały nadmierne zasolenie podłoża. Przekroczenie dopuszczalnej normy występowało często w pobliżu jezdni, było natomiast rzadziej notowane w pobliżu chodników. Wyjątkowo, wysokie zasolenie gleby od strony chodników mogło być spowodowane przymowaniem 'słonego' śniegu wokół pni drzew. Zasolenie podłoża wynika z intensywnego używania chlorku sodu w okresie zimowym do odśnieżania i usuwania lodu z ulic.
W parkach zasolenie podłoża utrzymywało się w normie.
2. W wyniku przeprowadzonych badań poziomu pH gleby stwierdzono występowanie podwyższonego, alkalicznego odczynu podłoża na większości badanych stanowisk przy szlakach komunikacyjnych. Na terenach zieleni Gminy Miejskiej Kraków, w parkach i zieleńcach stwierdzono niższy, lekko kwaśny odczyn gleby.
3. Analiza zawartości metali ciężkich w próbkach gleby wykazała wysoką zawartość ołowiu i cynku, szczególnie przy szlakach komunikacyjnych. Spośród terenów zieleni,

tylko w Parku Krakowskim notowano podwyższony poziom tych pierwiastków; w innych parkach i zieleńcach stężenie metali ciężkich w glebie było znacznie niższe niż na terenach zlokalizowanych przy ciągach komunikacyjnych.

W Parku Krakowskim zanotowano także podwyższoną zawartość miedzi w podłożu. Stężenie pozostałych badanych pierwiastków metali ciężkich, to jest niklu, chromu i kadmu utrzymywało się na podwyższonym, ale dopuszczalnym poziomie.

Względnie dobry stan drzew na terenie Parku Krakowskiego, mimo wysokiego stężenia metali ciężkich i usytuowania przy ruchliwej Alei Słowackiego, ale zabezpieczonego niskim murem od jezdni, przemawia za wskazaniem nadmiernego zasolenie i alkalizacji podłoża jako głównych czynników osłabienia i zamierania drzew w ciągach komunikacyjnych, które są poddane długotrwałemu stresowi miejskiemu.

4. Stopień nagromadzenia metali ciężkich (wskaźnik bioakumulacji) pokazał, że ilość pobranych metali ciężkich zależy od gatunku drzew i krzewów oraz rodzaju pierwiastka.
5. Na podstawie obserwacji w terenie stwierdzono ponadto, że gleba w pasach przydrożnych traktów komunikacyjnych, a także na terenie niektórych zieleńców (intensywny ruch pieszych) jest zdegradowana, mocno zagęszczona, a dla korzeni roślin pozostawiono bardzo ograniczoną powierzchnię podłoża. Natomiast rośliny rosnące w parkach i na niektórych, mniej „zadeptywanych”, zieleńcach posiadały optymalne warunki dla swego rozwoju.
6. W wyniku analizy entomologicznej i fitopatologicznej stwierdzono, że obserwowane u drzew objawy chorobowe są częściowo powodowane przez czynniki biotyczne, które nie stanowią zagrożenia dla drzew i krzewów.
7. **Uszkodzenia drzew rosnących na badanych stanowiskach są powodowane kompleksowym działaniem nadmiernego zasolenia podłoża, jego alkalizacją oraz zniszczeniem struktury gleby. Konieczne jest podjęcie działań profilaktycznych, stosowanie prawidłowych zabiegów pielęgnacyjnych oraz sadzenie gatunków roślin dobrze znoszących stres miejski (punkty 5.1 oraz 5.2 niniejszego opracowania – strona 44).**

Dobór gatunków drzew, krzewów i pnączy

- odpowiednich na stanowiska o nadmiernym zasoleniu podłoża lub narażonych na aerozol solny, zamieszczono na stronach 57-58 niniejszego sprawozdania,
- a gatunków odpowiednich do warunków miejskich podano w opracowaniu pt.

„Charakterystyka zagrożeń zieleni miejskiej ze szczególnym uwzględnieniem zieleni w ciągach komunikacyjnych” dla UMK, Wydz. Gospodarki Komunalnej i Ochrony Środowiska (umowa W II/4093/GO/84/2006 z dn. 14.11.2006), opracowanym przez A.Bach i M. Frazik-Adamczyk, stanowiącym integralną całość z niniejszym sprawozdaniem.

Poniżej zamieszczono zalecenia pielęgnacyjne dla drzew i krzewów rosnących na terenach zieleni Gminy Miejskiej Kraków oraz pasach przydrożnych miasta.

5.1. Kontrola stanu zdrowotnego drzew-profilaktyka

W celu utrzymania drzewostanu traktów komunikacyjnych i terenów zieleni Krakowa w dobrym stanie, koniecznym jest regularne badanie stanu zdrowotnego dojrzałych drzew i krzewów przynajmniej raz w roku. Kontrola zdrowotności zmniejsza bowiem niebezpieczeństwo wystąpienia nagłych strat w nasadzeniach.

Kontrola zdrowotności powinna obejmować:

- pojawianie się nowych liści i pąków
- wielkość liści
- długość przyrostów
- obecność posuszu, czyli suchych obumarłych gałęzi i konarów.

Jeśli przyrosty, pąki lub nowe liście są mniejsze niż w ubiegłych latach, może to być objawem pogorszenia się zdrowotności drzewa. O zły kondycji drzewa świadczą także plamy nekrotyczne na liściach, niekiedy występowanie szkodników lub chorób, a także deformacja i przebarwienia pędów lub liści. Zredukowana gęstość liści, zwłaszcza na końcach gałęzi; zamierające gałęzie na końcach tzw. „symptom korony drzewa z rogami”; przedwczesne barwienie liści; obfite odrosty korzeniowe lub nadmierne, stresowe owocowanie; opadająca kora, świadczą o osłabieniu drzewa.

Zdrowy wzrost i rozwój roślin może przebiegać tylko w odpowiednich warunkach środowiska zewnętrznego. Podstawowymi elementami wpływającymi na zdrowie roślin w trudnych warunkach miejskich są: dostateczna ilość wody i powietrza w glebie, optymalna temperatura i światło oraz równowaga pokarmowa. Poniżej zamieszczono zalecenia dotyczące prawidłowej pielęgnacji roślin drzewiastych na terenach zurbanizowanych.

5.2. Zalecane metody pielęgnacji drzew, krzewów i pnączy na terenach zurbanizowanych

Wzrost drzew, krzewów i pnączy w warunkach miejskich zależy od wyboru właściwego gatunku i odmiany dla danego miejsca, odpowiedniego przygotowania stanowiska i prawidłowego posadzenia rośliny, oraz od starannej i systematycznej pielęgnacji po posadzeniu.

Przestrzeń korzenia się roślin

Przyjmuje się, że dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania systemu korzeniowego drzew na 1 m² rzutu korony powinno przypadać 0,75 m³ gleby. Według tego założenia drzewa małych przestrzeni o średnicy korony 6 m wymagają 21,19 m³ przestrzeni korzenia, co odpowiada misie o wymiarach 4,6 m x 4,6 m i 1 m miąższości gleby. W przeciętnych warunkach glebowych większość korzeni zlokalizowanych jest w 30 cm wierzchniej warstwy, 90% masy korzeniowej nie głębiej niż 90 cm. Większość korzeni pobierających wodę wraz z solami mineralnymi znajduje się poza rzutem korony. Dlatego ważna jest zarówno powierzchnia misy jak i jej głębokość oraz bezpośrednie połączenie z warstwami gleby położonymi poniżej 1 m, nie odciętych kanałami infrastruktury podziemnej.

Prawidłowa powierzchnia misy

W warunkach ulicy śródmiejskiej pojęcie misy oznacza teren przeznaczony do życia dla pojedynczego drzewa, który zapewnia pobieranie wody wraz z solami mineralnymi oraz wymianę gazową pomiędzy glebą, a atmosferą. Im większa powierzchnia misy, tym większe są szanse roślin na prawidłowy przebieg procesów życiowych. Sposób wyliczenia minimalnych wymiarów misy (D x D), gdzie:

$$D = \sqrt{\frac{3,14 \times r^2 \times 0,75}{h}}$$

r – promień korony dorosłego drzewa, h – głębokość misy.

W celu zwiększenia powierzchni biologicznie czynnej powinno się dążyć, o ile to możliwe, do sadzenia rzędu drzew we wspólnym pasie o szerokości co najmniej 3 m, a nie do tworzenia pojedynczych stanowisk wyspowych.

W pasach pokrytych roślinami zielnymi (m.in. na trawnikach) misy formuje się po posadzeniu drzew i krzewów. Jest to wolny od innych roślin teren, odpowiadający co

najmniej rzutowi korony. Początkowo misa powinna mieć wzniesione brzegi, tak by w trakcie opadów deszczu czy podlewania gromadziła wodę. Gleba w obrębie misy nie może być zaskorupiona. Uzyskuje się to przez mechaniczne spulchnianie powierzchni gleby, ściółkowanie i stosowanie roślin okrywowych. Misa wyznacza czytelną granicę stanowiąc barierę przed uszkodzeniem pnia lub części nasadowej pędów krzewów podczas koszenia trawników.

Poprawa warunków fizycznych i chemicznych gleby

Podejmowane próby wymiany gleby wokół drzew już rosnących jest problematyczne, zarówno ze względów technicznych jak i niewielkich efektów. Natomiast szanse poprawy właściwości gleby istnieją w trakcie sadzenia drzew nowych.

a. Poprawa warunków powietrznych

Skład granulometryczny powinien zapewniać udział 20-30% przestworów glebowych niekapilarnych (makroporów) umożliwiających wymianę gazową i optymalizację natlenienia gleby. Dlatego, podczas sadzenia na glebach cięższych, gliniastych do podłoża do zaprawiania dołów należy wprowadzić piasek gruboziarnisty lub inny materiał o dużej porowatości, którego udział w objętości podłoża może dochodzić do 40%. Nadmierny udział piasku powoduje wymywanie składników pokarmowych i zbyt szybkie przesuszanie gleby. Dzięki prawidłowemu natlenieniu (około 20%) zapewnia się warunki do utrzymania aktywności mikrobiologicznej gleby. Przy korzystnym składzie mechanicznym do wymiany gazowej gleba – powietrze będzie dochodziło jedynie przy zachowaniu nie zaskorupionej powierzchni gleby. Działanie w tym zakresie powinno się podejmować zarówno w stosunku do drzew już rosnących jak i nowo posadzonych.

Podstawowym zabiegiem, który powinien mieć miejsce przynajmniej raz w roku wczesną wiosną, po rozmarznięciu gruntu, jest mechaniczne spulchnienie ziemi motyką, w celu zlikwidowania powierzchniowego zaskorupienia. Czynność tą należy wykonywać każdorazowo po dłuższych okresach opadu deszczu lub powierzchniowym ubiciu gleby oraz bezpośrednio przed ściółkowaniem.

Powierzchnia wyściółkowanej gleby nie zasklepia się, przez co ograniczone jest parowanie wody z gleby, woda łatwo przenika w głąb profilu, a nie spływa po powierzchni gleby do kanalizacji burzowej, możliwa jest wymiana gazowa. Ściółka chroni system korzeniowy roślin nie tylko przed przesuszaniem, ale i przed przegrzewaniem oraz przemarzaniem. Ściółka wzbogaca podłoże w substancję organiczną powstającą z rozkładu materiału

ściółkującego, ogranicza także rozwój chwastów. Szczególnie ważne jest to w pielęgnacji krzewów i żywopłotów, których zachwaszczone, a tym samym słabo doświetlone podstawy „łysieją”. Ściółkowanie niesie także pewne niebezpieczeństwa. Gruba warstwa ściółki chroni glebę przed przemarznięciem, ale miejsca takie są chętnie zasiedlane przez gryzonie. Ponadto materiał do ściółkowania, szczególnie świeże zrąbki drzewne i trociny, mogą być zakażone grzybami patogenicznymi lub być siedliskiem szkodników, dlatego stosowanie ich jest dopuszczalne dopiero po przekompostowaniu. Aby ściółka spełniała swoją rolę powinna mieć grubość co najmniej 5 cm. Krzewy należy ściółkować w obrębie rzutu korony, żywopłoty strzyżone po 15 cm na zewnątrz ścian bocznych. Nową warstwę ściółki rozkłada się wiosną, po dokarmieniu roślin nawozami.

Tam, gdzie stosowanie ściółki jest utrudnione, powinno się wprowadzić odpowiednie rośliny okrywowe, które w sposób naturalny i tani zapobiegają zasklepieniu gleby.

b. Poprawa warunków wilgotnościowych

Na glebach „miejskich”, przekształconych mechanicznie, o zniszczonej strukturze gleby, zagęszczonej, obserwuje się przerwanie podsiąkania kapilarnego. Poprawa składu mechanicznego gleby i natlenienia gleby wpływa także na przepuszczalność i infiltrację wody. Optymalna polowa pojemność wodna wynosi 25-30 % objętościowych.

Podlewanie jest niezbędne na etapie sadzenia drzew, krzewów i pnączy, w pierwszym roku po posadzeniu oraz w okresach niedoboru wody w czasie suszy. Podczas sadzenia, po umieszczeniu całych brył korzeniowych w przygotowanym dole, należy obsypać je pulchną ziemią do około $\frac{3}{4}$ głębokości, lekko ubić i obficie podlać. Po wsiąknięciu wody i całkowitym zasypaniu dołu formuje się niewysoki brzeg, aby w przyszłości ułatwić podlewanie. Przesadzone drzewa wymagają podlewania 2-3 razy w ciągu tygodnia w ciągu pierwszych trzech tygodni, następnie w razie braku opadów deszczu jeden raz na tydzień do dwóch tygodni. Obowiązuje ogólna zasada – rzadziej, a obficie. Częste słabe podlewanie stymuluje wytwarzanie niekorzystnego dla roślin płytkiego systemu korzeniowego. Krzewy liściaste mają największe zapotrzebowanie na wodę w okresie tworzenia pąków kwiatowych. Jesienny niedobór wody sprzyja drewnieniu pędów przed zimą.

W miastach, szczególnie w miejscach wyjątkowo niekorzystnych dla roślin (znikome możliwości retencji), instaluje się systemy automatycznego nawadniania w postaci nawadniania liniami kroplującymi.

Na glebach miejskich na ogół nie ma potrzeby odwadniania terenu za pomocą drenażu.

c. Poprawa aktywności biologicznej i żyzności gleby

Do zabiegów ograniczających obniżenie żyzności gleby i poprawiających aktywność biologiczną, oprócz omówionych powyżej, należą: wzbogacanie w materię organiczną, nawożenie mineralne, modyfikacja odczynu, mikoryzowanie.

Próchnica w ilości 2-4 % niezbędna jest dla zapewnienia właściwych stosunków powietrzno - wodnych. W celu zwiększenia zasobności gleb w materię organiczną i wzmożenie aktywności biologicznej należy stosować podsypywanie drzew i krzewów ziemią kompostową lub kompostami z kory sosnowej i trocin w dawce 8-12 kg/m². Kompost korowo - trocinowy nie jest jednak istotnym źródłem składników mineralnych.

Świeżo przesadzone rośliny o zredukowanym systemie korzeniowym, w okresie ich regeneracji nie powinny być nawożone nawozami mineralnymi. Może ono mieć miejsce dopiero od drugiego roku po posadzeniu i należy je poprzedzać analizą gleby. Wieloskładnikowe nawozy mineralne można aplikować od końca marca do końca czerwca w dwóch lub trzech dawkach. Nawożenie azotem należy zakończyć w czerwcu, by nie przedłużać wegetacji i umożliwić roślinom wejście w okres spoczynku. Nawożenie azotowe wraz z obfitym podlewaniem powinno towarzyszyć stryżeniu żywopłotów na wiosnę i w czerwcu. Rośliny z rodziny bobowatych (*Fabaceae*) mają zdolność wiązania azotu atmosferycznego i nie ma potrzeby dodatkowego nawożenia mineralnego tym składnikiem. U roślin ozdobnych z kwiatów przenawożenie azotem może znacznie ograniczyć ich kwitnienie. Zbyt wysokie dawki nawozów mineralnych niszczą także pożyteczne mikroorganizmy glebowe.

Wolno działające nawozy typu Osmocote wystarczy zastosować jednorazowo wczesną wiosną. Niebezpieczne jest zbyt późne zastosowanie nawozów o spowolnionym działaniu, szczególnie tych o półrocznym okresie aktywności.

Poprzez stosowanie kompostów organicznych można modyfikować pH gleby. Komposty z odpadów komunalnych mają pH 7,5-8,1, natomiast pH kompostu z trocin drzewnych wynosi 5,4, a kompostu z kory sosnowej 5,8. Komposty korowo - trocinowe mogą więc obniżać wysokie pH gleb miejskich.

Na glebach urbanoziemnych, w miastach, można rozważać wprowadzanie grzybów mikoryzowych.

Cięcie krzewów

Cięcie krzewów jest jednym z najważniejszych zabiegów pielęgnacyjnych. Większość krzewów dobrze znosi cięcie, jednak każda rana to potencjalne wrota infekcji i im jest

mniejsza, tym szybciej się zablżnia. Cięcie zależy od gatunku, naturalnego pokroju, wielkości krzewu, celu dla którego się go uprawia, wieku rośliny i jej stanu zdrowotnego. Każdy **krzew prowadzi się zgodnie z jego naturalnym typem wzrostu i pokroju**. Miejsce krzewienia znajduje się u podstawy pędu głównego tuż nad ziemią lub pod ziemią. W latach następnych także u podstawy pędów starszych wyrastają nowe pędy. W ten sposób część nadziemna rozrasta się i zagęszcza przyjmując charakterystyczny krzacasty pokrój.

Cięcie krzewów liściastych w pierwszym roku po posadzeniu

Krzewy o liściach sezonowych, takich jak: ligustr pospolity, irga błyszcząca, tawuły, żylistek, forsycja, jaśminowiec czy porzeczka alpejska w chwili zakupu mają 30-40 cm wysokości i po jednokrotnym szkółkowaniu (a przynajmniej takie powinny być w handlu) muszą mieć minimum dwa pędy. Zwykle sprzedawane są z tak zwanym gołym korzeniem, a więc wykopane ze szkółki utraciły część korzeni. Aby została przywrócona równowaga pomiędzy częściami nadziemnymi i podziemnymi, w celu zbilansowania gospodarki wodnej krzewom sadzonym wiosną - bezpośrednio po posadzeniu, a sadzonym jesienią - z końcem marca należy ścinać wszystkie pędy sekatorem bardzo nisko, na wysokości 10-15 cm. Zapewni to także zagęszczenie krzewu już od samej ziemi, a nie dopiero od wysokości 40 cm.

Cięcie krzewów liściastych w dalszych latach

a. Cięcie sanitarne ma na celu zachowanie roślin w dobrym zdrowiu. Wiele chorób rozwija się na uszkodzonych gałęziach krzewów. Każdy złamany lub z uszkodzoną korą pęd należy traktować jako przyszłe ognisko infekcji, a więc usuwać systematycznie, aż do zdrowego miejsca. Zbyt zagęszczone wnętrze krzewu, do którego nie dociera światło, a gromadzi się wilgotne powietrze, sprzyja rozwojowi chorób grzybowych, pędy są słabe, wyciągnięte i trudniej drewnieją.

Wykonując ciecie sanitarne trzeba łączyć je z prześwietlaniem, a więc rozluźnianiem wnętrza krzewu (jeżeli to nie ma być gęsty żywopłot!). Usuwa się tuż przy ziemi pędy krzyżujące się, bardzo słabe, a także najstarsze, najbardziej zdrewniałe - te powyżej 5 lat, łatwe do odszukania, bo najgrubsze. Pozostawia się około sześciu pędów najlepiej rozwiniętych, młodych, żywotnych, o jasnej barwie kory. Właściwym regularnym cięciem prześwietlającym wywołuje się wydawanie przez roślinę nowych pędów u samej jej podstawy. Zastępują one pędy stare, uszkodzone. Równocześnie zostaje zachowany naturalny sposób krzewienia roślin, a tym samym i pokrój. Cięcie prześwietlające wykonuje się minimum co 2 lata,

wczesną wiosną. U roślin uszlachetnionych usuwa się systematycznie wilki wyrastające z podkładek.

b. Jeżeli rośliny o liściach sezonowych posadzono w celu uzyskania żywopłotu formowanego, to na przedwiośniu w drugim roku po posadzeniu powtarza się głębokie cięcie wsteczne, tzn. przycina powtórnie krzewy, tym razem na wysokość 20-30 cm. Głębokie cięcie w dwóch pierwszych latach po posadzeniu jest niezwykle skuteczne, jeżeli chcemy uzyskać żywopłot gęsty od samej ziemi. W czerwcu drugiego roku rozpoczyna się także formowanie żywopłotów strzyżonych. Wysokość i szerokość żywopłotu wyznacza się w formie trapezu, tak aby boki pochylały się nieznacznie do wewnątrz od podstawy ku wierzchołkowi. Dla osiągnięcia dobrej stabilności żywopłotu przyrost do góry nie powinien przekraczać $\frac{1}{3}$ normalnego przyrostu. Warunkiem otrzymania gęstego, pięknego żywopłotu jest **REGULARNE COROCZNE STRYŻENIE**.

W celu pobudzenia do aktywności pąków bocznych rośliny liściaste o liściach sezonowych, na przykład ligustr pospolity lub porzeczkę alpejską, strzyże się 2-3 razy w roku, za każdym razem skracając nowy przyrost o $\frac{1}{2}$ lub $\frac{2}{3}$ jego długości. Najlepszym terminem jest 2 połowa czerwca lub początek lipca, gdy nowe przyrosty roczne zakończyły swój rozwój na długość. Przed cięciem należy sprawdzić, czy w gniazdach nie znajdują się jeszcze pisklęta ptaków. Wtedy z pracami trzeba wstrzymać się, aż do całkowitego opuszczenia przez nie gniazd. Dodatkowe terminy strzyżenia to wczesna wiosna - w marcu przed rozwojem liści (ten termin nie dotyczy gatunków "płaczących") i sierpień - dla usunięcia pędów wyrosłych poza zamierzony kształt żywopłotu. Żywopłoty z roślin "płaczących" na wiosnę, na przykład klonu Ginnala strzyże się po rozwoju liści, najlepiej w lipcu i sierpniu.

Cięcie dla utrzymania formy roślin może dotyczyć także krzewów swobodnie rosnących. Czasami koniecznością staje się przycięcie pędów wyrastających poza naturalną formę rośliny lub przerastających poza przestrzeń przeznaczoną dla krzewu, np. przy chodniku dla pieszych. Może się tak zdarzyć nie tylko z przyczyn naturalnych (zbyt duży krzew w zbyt wąskim miejscu), ale także z powodu źle wykonanego wcześniej cięcia i reakcji rośliny odwrotnej niż oczekiwano. Po intensywnym cięciu pędów, krótkim, na 2-3 pąki następuje wybiecie nowych pędów bardzo silnych, długich, wybijałych poza naturalny pokrój krzewu. Po cięciu słabym, długim, z pozostawieniem fragmentu pędu z około 6 pąkami, zachowuje się równowagę pomiędzy zredukowaną częścią nadziemną, a nie tkniętą częścią podziemną i w związku z tym nowe przyrosty są zdecydowanie krótsze.

c. Krzewy ozdobne najczęściej sadi się z powodu atrakcyjnego, obfitego kwitnienia lub owocowania. O trybie postępowania z takimi roślinami decyduje termin kwitnienia i miejsce

wytwarzania pąków kwiatowych. Cięcie regulujące ma nie dopuścić do nadmiernego rozrastania się krzewów, nadać im foremny kształt i pobudzić do obfitego kwitnienia w latach następnych. Większość sadzonych u nas krzewów ozdobnych tworzy pąki kwiatowe w lecie roku poprzedzającego kwitnienie (m.in. forsycja) lub zakwita na krótkich, ulistnionych gałązkach tegorocznych, wyrastających wzdłuż zeszłorocznych pędów (m.in. tawuła wczesna, tawuła Thunberga) - a więc wszystkie krzewy, które kwitną wiosną. Rośliny te tnie się bezpośrednio po przekwitnięciu, skracając pędy z zamierającymi kwiatami o 1/3 długości nad pierwszym pąkiem skierowanym na zewnątrz korony. Częściej spotykane rośliny, u których cięcie regulujące przeprowadza się bezpośrednio po kwitnieniu to: *Caragana* sp., *Deutzia* sp., *Forsythia* sp., *Lonicera* sp., *Philadelphus* sp., *Spiraea* x *arguta*, *Spiraea* x *cinerea*, *Spiraea nipponica*, *Spiraea thunbergii*, *Spiraea* x *vanhouttei*, *Syringa* sp., *Tamarix parviflora*, *Weigela florida*.

Jeżeli zależy nam na obfitym owocowaniu krzewów, to koniecznym staje się ograniczenie cięcia po kwitnieniu do niezbędnego minimum. Krzewy o dekoracyjnych lub użytecznych owocach i ograniczonym z tego powodu cięciu regulującym to m.in.: *Berberis* sp. (gatunki o liściach sezonowych), *Cornus mas*, *Cotoneaster* sp., *Crataegus* sp. *Symphoricarpos* sp.

Część krzewów, które kwitną późno, od czerwca do końca lata, tworzy pąki kwiatowe na silnych pędach, wyrosłych w danym okresie wegetacji. Aby pobudzić rośliny do wydawania dużej ilości nowych, silnych przyrostów z pąkami kwiatowymi, należy krzewy tej grupy corocznie przycinać na przedwiośniu (w marcu) nisko nad ziemią lub skracać przyrost ubiegłoroczny o 2/3, w praktyce pozostawiając jego fragment tylko z 2-3 pąkami. Za tak drastyczne postępowanie krzewy odpłacają obfitym kwitnieniem. Krzewy, u których cięcie regulujące przeprowadza się na przedwiośniu to m.in.: *Potentilla fruticosa*, *Spiraea betulifolia*, *Spiraea decumbens*, *Spiraea japonica*, *Tamarix ramosissima*.

Zdarza się czasami, że krzew ma ozdobne pędy, bądź to z barwy, bądź z kolców. Walory te ujawniają się przede wszystkim na pędach najmłodszych. Jeżeli zależy nam na takim efekcie zdobniczym, to rośliny powinno przycinać się nisko nad ziemią wczesną wiosną, dla uzyskania jak największej ilości pędów tegorocznych. Tak postępuje się w przypadku *Cornus alba* 'Sibirica', *Cornus stolonifera* 'Flaviramea', *Salix purpurea* 'Nana'. Wczesnowiosennego cięcia wymaga także ozdobna z pstrych liści na młodych przyrostach *Salix integra* 'Hakuro Nishiki' czy intensywnie żółtych u *Sambucus racemosa* 'Plumosa Aurea'.

Cięcie krzewów ozdobnych każdorazowo wymaga odpowiedzi na pytanie „po co tniemy?”. Inaczej i w innym terminie będzie się ciąć forsycję z powodów sanitarnych, a gdzie indziej i

kiedy indziej dla pobudzenia jej do obfitego kwitnienia. Obserwowane powszechnie cięcie wszystkiego bez celu i sensu nie jest w niczym lepsze niż całkowite zaniechanie cięcia.

Cięcie drzew

Cięcie drzew powinno się ograniczyć do cięcia sanitarnego polegającego na usuwaniu pędów chorych lub martwych. Tylko w wyjątkowych wypadkach należy dopuszczać do cięcia żywych gałęzi o średnicy powyżej 10cm. U odmian uszlachetnianych przez szczepienie na podkładkach innych roślin często obserwuje się na pniu należącym do innego gatunku lub odmiany pojawianie się odrostów. Wymagają one regularnego usuwania, w przeciwnym razie podkładka może zagłuszyć szlachetną koronę. Najodpowiedniejszą porą cięcia sanitarnego jest okres spoczynku zimowego. Cięcie na początku wegetacji może u niektórych gatunków (klon, kasztanowiec, jesion, jarzab) powodować tzw. „płacz” i osłabienie drzew.

Do stałych zadań związanych z pielęgnacją drzew powinno zaliczyć się systematyczny przegląd ich stanu zdrowotnego, szybką reakcję na zauważone nieprawidłowości, a także usuwanie drzew martwych.

Pielęgnacja pnączy

Niektóre silnie rosnące pnącza nadają się do pokrywania ekranów dźwiękochłonnych przy ulicach. Powierzchnia ekranu powinna być dostosowana do sposobu wspinania wybranej rośliny. Pnącza przylgoczepne mogą przyczepiać się do gładkich powierzchni, pnącza ogonkoczepne i wąsoczepne wymagają konstrukcji kratowej, pnącza wijące słupowych elementów pionowych, wokół których okręca swoje pędy. Poprawę warunków wzrostu pnączy przy ekranach można uzyskać sadząc rośliny po stronie przeciwnej w stosunku do jezdni. Na ogół rośliny mają tam więcej przestrzeni do rozwoju, są w mniejszym stopniu narażone na zasolenie gleby i spryskiwanie aerozolem solnym. Mieszkańcy i przechodnie mają szansę oglądać zielone ściany, a nie konstrukcję ekranów, natomiast w przestrzeni ulic silnie rosnące pnącza pojawiają się w formie kaskady spływającej z korony ekranu dźwiękochłonnego.

Budowanie nawierzchni w sąsiedztwie drzew

Utwardzanie nawierzchni w pobliżu drzew powoduje zawsze pogorszenie warunków glebowych. Najgorszą sytuację stwarza wprowadzanie nawierzchni nieprzepuszczalnych w stosunku do wody i powietrza, bitumicznych. Znaczne uszkodzenie korzeni następuje także przy posadowieniu krawężników. Dla złagodzenia skutków tych działań zaleca się budowę ciągów komunikacyjnych na podbudowie tłuczniowej z nawierzchnią z niewielkich elementów (np. kostka typu Bauma) i licznymi spoinami wypełnionymi gruboziarnistym piaskiem, a tam gdzie jest to możliwe ażurowych krat typu areal wypełnionych drobnym

kruszywem, żwirem lub wypełnionych podłożem z posadzonymi roślinami zielnymi lub posianą trawą.

Techniczna ochrona drzew po posadzeniu

Drzewa po posadzeniu należy przywiązać do drewnianych palików, w liczbie 2-4 o długości około 3 m i średnicy 8 cm przy pomocy szerokiej taśmy parcianej. Paliki wbija się poza bryłą korzeniową i po roku usuwa się.

Jeżeli misy dla drzew znajdują się w trakcie komunikacji pieszej, można je zabezpieczyć obudową wyższym obrzeżem. Korzystnym rozwiązaniem jest ażurowe, niskie ogrodzenie, chroniące drzewo także przed psimi odchodami. W sytuacji dużego ruchu pieszego oraz gdy niemożliwe jest zastosowanie ograniczeń wzniesionych ponad poziom chodnika ze względów bezpieczeństwa pieszych, wtedy misy i pnie drzew można zabezpieczyć metalowymi kratami. 35-50% powierzchni tych zabezpieczeń powinny stanowić otwory, dzięki ruchomym elementom kraty, glebę wokół drzewa można pielęgnować. Konstrukcję kraty należy wesprzeć na fundamencie i umieścić kilka centymetrów ponad powierzchnią gleby, co uchroni glebę przed zagęszczaniem, a korzenie przed uszkodzaniem przez parkujące samochody. Pomiędzy powierzchnią kraty, a glebą umieszcza się warstwę tłucznia lub żwiru. Innym sposobem uniemożliwiającym parkowanie są metalowe odbojniki lub pachołki.

5.3. Zakres i sposób chemicznych oraz nie chemicznych metod ochrony roślin w terenach zieleni miejskiej

Ze względu na specyfikę terenów zieleni w miastach, sposoby ograniczania liczebności szkodników i chorób drzew, i krzewów nie mogą opierać się na takich samych zasadach jak w uprawach polowych. Inne podejście do ochrony zieleni miejskiej wynika w głównej mierze ze stałej obecności ludzi, zwierząt domowych oraz bliskości domów, co utrudniona, a w większości przypadków uniemożliwia stosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Ponadto różnorodność gatunków roślin, jak również odmienne warunki wzrostu i rozwoju drzew i krzewów w warunkach miejskich powodują, że zastosowanie tradycyjnych metod i technik ochrony roślin przeniesionych z upraw wielkotowarowych nie sprawdzają się.

Zastosowanie metody chemicznej nie jest zalecane w terenach zurbanizowanych, ale czasem konieczne. Decydując się na taką metodę należy pamiętać o kilku zasadach:

- zabiegi chemicznymi środkami ochrony roślin powinny być wykonywane jedynie w przypadkach rzeczywistych zagrożeń dla roślin,
- podczas stosowania pestycydów zwracamy uwagę nie tylko na jego skuteczność, ale również na okres prewencji,

- należy dobrać właściwy, selektywny preparat (najbardziej bezpieczny dla ludzi i środowiska, unikając środków o szerokim spektrum działania) oraz zastosować go w odpowiednim terminie,
- przed podjęciem decyzji o zastosowaniu pestycydu zastosować metody alternatywne,
- unikać metod opryskiwania drzew, a stosować bezpieczniejsze dla środowiska formy stosowania pestycydów np.: iniekcje lub sworznie insektycydowe.

Metodą alternatywną do chemicznej może być metoda biologiczna polegająca na wykorzystaniu w ochronie roślin wrogów naturalnych - gatunków drapieżnych i pasożytniczych oraz mikroorganizmów chorobotwórczych. Metoda ta jest wykorzystywana w USA, gdzie wprowadza się entomofagi zwalczające różne grupy szkodników. W Europie niewiele jest tego typu działań. Jedynymi działaniami w obecnej chwili może być ochrona gatunków pożytecznych głównie przez zupełne ograniczenie lub umiejętne stosowanie pestycydów. Największe zastosowanie w metodzie biologicznej mają biopreparaty oparte na mikroorganizmach np. *Bacillus thuringiensis* do zwalczania gąsienice licznych gatunków motyli.

Jednym z najważniejszych działań w niechemicznej ochronie roślin w miastach jest zapobieganie występowaniu szkodników i chorób roślin. Ważną rolę odgrywa tu dobór gatunków i odmian roślin odpornych lub tolerancyjnych w stosunku do patogenów chorobotwórczych i szkodników. Na przykład: stosując lipy do nasadzeń ulicznych należy unikać lipy szerokolistnej i lipy amerykańskiej ze względu na ich podatność na przedziorka lipowca, wprowadzać do nasadzeń gatunki i odmiany odporne na mączniaki prawdziwe, patogeny powodujące holenderską chorobę wiązków czy rdzę. Innymi komponentami niechemicznej ochrony roślin w terenach zurbanizowanych są:

- sadzenie zdrowego materiału szkółkarskiego na nowo zakładanych terenach,
- odpowiedni dobór sąsiadujących roślin np. sąsiedztwo modrzewi i świerków stwarza korzystne warunki do rozwoju ochojników,
- wykonywanie prac pielęgnacyjnych mających na celu poprawienie warunków rozwoju drzew np. deficyt wody może mieć wpływ na występowanie chorób nieinfekcyjnych,
- prace pielęgnacyjne mające na celu ochronę drzew i wpływanie na niekorzystne dla tych drzew czynniki np. zabezpieczanie ran przed wnikaniem zarodników hub, grabienie liści kasztanowca białego i kompostowanie w kompostowniach w celu ograniczenia szrotówka kasztanowcowiaczka i plamistości kasztanowca,

- mechaniczne usuwanie chorych fragmentów drzew lub krzewów, złóż jaj, gniazd zimowych i skupisk szkodników,
- odpowiednio szybka sygnalizacja i identyfikacja patogenów i szkodników roślin,
- zastosowanie pułapek i innych urządzeń do chwytania szkodników np. barwne tablice lepowe, opaski lepowe lub papierowe umieszczane na pniach itp.

Podobnie jak w przypadku upraw roślin rolniczych i ogrodniczych coraz częściej ochrona zieleni w miastach opiera się na koncepcji metody integrowanej (IPM). Metoda ta polega na wykorzystaniu wszystkich możliwych metod ochrony roślin, jednak w pierwszej kolejności wykorzystuje się metody nie chemiczne. Jednocześnie koncepcja ta nie wyklucza zastosowania w pewnych sytuacjach selektywnych i dopuszczonych do tej metody środków chemicznych.

Biorąc pod uwagę przedstawione założenia integrowanej ochrony roślin w terenach miejskich można stwierdzić, że posługiwanie się tą metodą wymaga dobrego przygotowania nie tylko teoretycznego, ale również wielu praktycznych doświadczeń.

5.4 Przeciwdziałanie szkodom powodowanym przez zasolenie podłoża środkami używanymi w mieście w okresie zimowym

W ostatnich latach obserwuje się masowe zamieranie drzew starszych w wielu miastach Polski. Kraków nie jest tu wyjątkiem, a szkody są spowodowane najczęściej długotrwałym stresem abiotycznym, w szczególności chroniczną suszą, zasoleniem, brakiem tlenu i alkalizacją podłoża oraz zanieczyszczeniami powietrza.

Mogą być różne przyczyny zasolenia podłoża, ale w miastach jest ono bardzo często konsekwencją działalności człowieka, czyli stosowaniem soli do usuwania śniegu i gołoledzi na ulicach.

Do odśnieżania dróg stosuje się najczęściej chlorek sodu (NaCl) lub rzadziej chlorek wapnia (CaCl_2). Ujemny wpływ zasolenia może być spowodowany indywidualnym oddziaływaniem toksycznych jonów (np. sodu lub boru) lub przekroczeniem granicy tolerancji drzew na sumaryczne stężenie soli prowadzące do ograniczenia pobierania wody przez rośliny.

Nie istnieją rośliny całkowicie odporne na działanie soli, lecz wrażliwość ich jest różna i zależy od gatunku, a także organu roślinnego poddanego działaniu soli. Uszkodzenia drzew i krzewów a także pnączy w miastach mogą być spowodowane przez nadmiar soli w glebie (pochodzącą zazwyczaj od soli rozsypywanej na jezdniach i poboczach dróg) oraz tzw. aerozol solny, czyli zawiesinę solną, obecną w powietrzu nad powierzchnią jezdni dróg lub autostrad. Reakcja roślin jest różna zależnie od formy zasolenia. Te same gatunki roślin

mogą być wrażliwe na nadmiar soli w podłożu i jednocześnie odporne na aerozol solny i odwrotnie.

Charakterystyka uszkodzeń powodowanych przez aerozol solny

Aerozol solny powstaje w czasie ruchu pojazdów mechanicznych i jest mieszaniną powietrza oraz solanki. Im szybszy jest ruch samochodów na trasach przejazdowych, tym zasięg działania aerozolu solnego jest większy. Największe szkody aerozol powoduje w odniesieniu do pąków i wierzchołków gałązek. Efekt działania aerozolu jest widoczny dopiero na wiosnę, kiedy to pąki rozwijają się ukazując charakterystyczny pokrój pędów uszkodzonych (tzw. czarcie miotły), to jest gęsto rozwijające się młode pędy u podstawy zniszczonych pąków. U roślin zimozielonych i iglastych takim symptomem jest żółknienie lub brunatnienie liści lub igieł.

Aerozol solny uszkadza w mniejszym stopniu drzewa o grubej korze i takie, których pąki pokryte są licznymi, grubymi łuskami z nalotem woskowym, w porównaniu do gatunków o cienkiej korze i nagich pąkach.

Uszkodzenia powodowane przez nadmiar soli w podłożu

Stopień tego typu uszkodzeń zależy od :

- kierunku i natężenia ruchu drogowego
- ilości opadów śniegu oraz deszczu
- typu gleby
- stanu zdrowotnego drzew.

Zdrowe, dojrzałe drzewo lepiej znosi zasolenie niż młode lub bytujące w warunkach stresowych. Drzewa rosnące w glebach zagęszczonych, o nieodpowiednim pH, alkalicznych są bardziej podatne na uszkodzenia powodowane zasoleniem podłoża. Efekt zasolenia kumuluje się w tkankach drzew, a po osiągnięciu poziomu toksycznego objawia się słabym wigorem, przedwczesnym opadaniem liści, nekrozą brzeżną liści oraz zamieraniem wierzchołków liści.

Zmniejszanie strat spowodowanych nadmiernym zasoleniem podłoża

Uszkodzenia roślin wywołane nadmiernym zasoleniem podłoża można zmniejszać przez następujące działania:

- stosowanie gatunków odpornych na zasolenie podłoża i aerozol solny lub gatunków odpowiednich na suche stanowiska
- obfite nawadnianie roślin w okresie wiosennym
- sadzenie roślin w optymalnej odległości od osi jezdni, zwłaszcza przy dużym nasileniu ruchu drogowego
- stosowanie osłon mechanicznych ograniczających dostęp soli do podłoża, w którym rosną drzewa
- stosowanie **racjonalnej** ilości soli do zniszczenia lodu lub śniegu
- zakaz przyzmiwania „słonego” śniegu wokół nasady drzew w miastach
- wywóz śniegu i lodu poza centrum miasta
- utrzymywanie gleby wokół nasady drzew w dobrej kulturze.

Poniżej przedstawiono listę najważniejszych roślin drzewiastych stosowanych na terenach miejskich i stopień ich wrażliwości na zasolenie typu aerozol solny i zasolenie podłoża:

Tabela 13.

Odporność drzew stosowanych w miastach na zasolenie podłoża i aerozol solny

Gatunek drzewa/krzewu	Zasolenie typu aerozol	Zasolenie podłoża
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Odporny	Średnio wrażliwy
<i>Acer saccharinum</i>	Odporny	Wrażliwy
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Odporny	Niewrażliwy
<i>Berberis sp.</i>	Wrażliwy	Wrażliwy
<i>Betula verrucosa</i>	Średnio wrażliwa	
<i>Carpinus betulus</i>	Wrażliwy	Wrażliwy
<i>Catalpa speciosa</i>	Średnio wrażliwa	
<i>Chaenomeles speciosa</i>	Wrażliwy	Średnio wrażliwy
<i>Coryllus avellana</i>	Wrażliwa	Wrażliwa
<i>Crataegus species</i>	Wrażliwy	średnio wrażliwy
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Odporny	Niewrażliwy/średniowrażliwy
<i>Fagus sylvatica</i>	Wrażliwy	Wrażliwy
<i>Forsythia x intermedia</i>	Średnio wrażliwa	
<i>Fraxinus excelsior</i>	Odporny	
<i>Ginkgo biloba</i>	Średnio wrażliwy	

<i>Hippophae rhamnoides</i>	Odporny	
<i>Juniperus chinensis</i>		Odporny
<i>Juniperus horizontalis</i>		Odporny
<i>Larix sp.</i>	Odporny	Wrażliwy
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Wrażliwy	
<i>Malus species</i>	Wrażliwa	Średnio wrażliwa
<i>Morus alba</i>	Wrażliwa	Odporna
<i>Parhenocissus quinq.</i>	Odporny	Odporny
<i>Pinus nigra</i>	Odporna	Średnio odporna
<i>Pinus silvestris</i>	Wrażliwa	Średnio wrażliwa
<i>Populus alba</i>	Średnio wrażliwa	Średnio wrażliwa
<i>Prunus serrulata</i> ‘Kwanzan’	Wrażliwa	Wrażliwa
<i>Quercus robur</i>	Wrażliwy	Odporny
<i>Quercus rubra</i>	Średnio wrażliwy	Odporny
<i>Sorbus aucuparia</i>	Średnio wrażliwa	Wrażliwa
<i>Spirea x vanhouttei</i>	Odporna	Wrażliwa
<i>Syringa vulgaris</i>	Wrażliwy	Średnio wrażliwy
<i>Taxus baccata</i>	Wrażliwy	
<i>Tillia americana</i>	Średnio wrażliwa	Wrażliwa
<i>Tillia cordata</i>	Średnio wrażliwa	Średnio wrażliwa
<i>Tilia platyphyllos</i>	Odporna	
<i>Ulmus glabra</i>	Odporny	Średnio wrażliwy
<i>Viburnum species</i>	Wrażliwa	

6. Literatura

Literatura dotycząca pielęgnacji:

Drozd J., 1998. Środowisko glebowe na terenach zieleni miejskiej. [w:] Miasto – ogród. Sto lat rozwoju idei. (red.: Drapella-Hermansdorfer A., Gospodarczyk F., Weber J.), Konferencja Naukowa 18-20 czerwca 1998, Dolnośląskie Wydawnictwo Naukowe: 29-33.

Kropisz A., Kozłowski W. M., 1990. Zastosowanie kompostów z kory i trocin drzew iglastych w terenach zieleni. [w:] Problemy ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego na obszarach zurbanizowanych. Cz.I. Wyd. SGGW-AR, Warszawa: 140-149.

Muras P., Frazik-Adamczyk M., 2002. Żywopłoty. Plantpress, Kraków.

Siewniak M., 1997. Konieczność i możliwość kompensacji warunków siedliskowych drzew ulicznych. [w:] Sztuka ogrodów w krajobrazie miasta. (red.: Drapella-Hermansdorfer A., Gospodarczyk F., Wojtyszyn B.), Konferencja Naukowa 20-22 czerwca 1997, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej: 207-212.

Szczepanowska H.B., 2001. Drzewa w mieście. Hortpress, Warszawa.

Literatura dotycząca metod ochrony chemicznej i nie chemicznej:

Baranowski T. 2000. Integrated protection in urban green areas [Integrowana ochrona zieleni miejskiej]. w: Protection of plant collections against pests and diseases. red. Wiech K., Zemanek B. Kraków, Oficyna Wydawnicza TEXT, str. 37-43

Łabanowski G. Sz., 1996. Klucz do oznaczania szkodników roślin ozdobnych na podstawie uszkodzeń. W : Diagnostyka szkodników roślin i ich wrogów naturalnych, t. II. red. J.Boczek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, str. 232 - 385

Łabanowski G., Soika G. 2000. Occurrence of dangerous mites and insects in botanical gardens and parks in Poland and proposals for their control [Występowanie ważnych gospodarczo roztoczy i owadów w ogrodach botanicznych i parkach na terenie Polski oraz propozycje ich zwalczania]. W: Protection of plant collections against pests and diseases. red. Wiech K., Zemanek B. Kraków, Oficyna Wydawnicza TEXT, str. 19-27

Kropczyńska D. 2002. Ochrona przed szkodnikami drzew i krzewów w mieście - program optymalny. Materiały z konferencji: „Zieleń w mieście, nowy wiek, nowe wyzwania” Warszawa. S. 86-92.

Zamorski C. 2002. Ochrona drzew i krzewów przed chorobami. Materiały z konferencji: „Zieleń w mieście, nowy wiek , nowe wyzwania” Warszawa. S. 86-92.

Literatura dotycząca fluorescencji chlorofilu

Bjorkman O., Demmig B. 1987. Proton field of CO₂ evolution and chlorophyll fluorescence at 77K among vascular plants do diverse origin. *Planta* 170: 489-504

Johnson G.N., Young A.J., Scholes J.D., Horton P. 1999. The dissipation of excess excitation energy in British plant species. *Plant Cell and Enviroment* 16: 673-690

Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. *CRC Critical Reviews in Analitical Chemistry* 19: 29-85

7. Fotografie



a



b

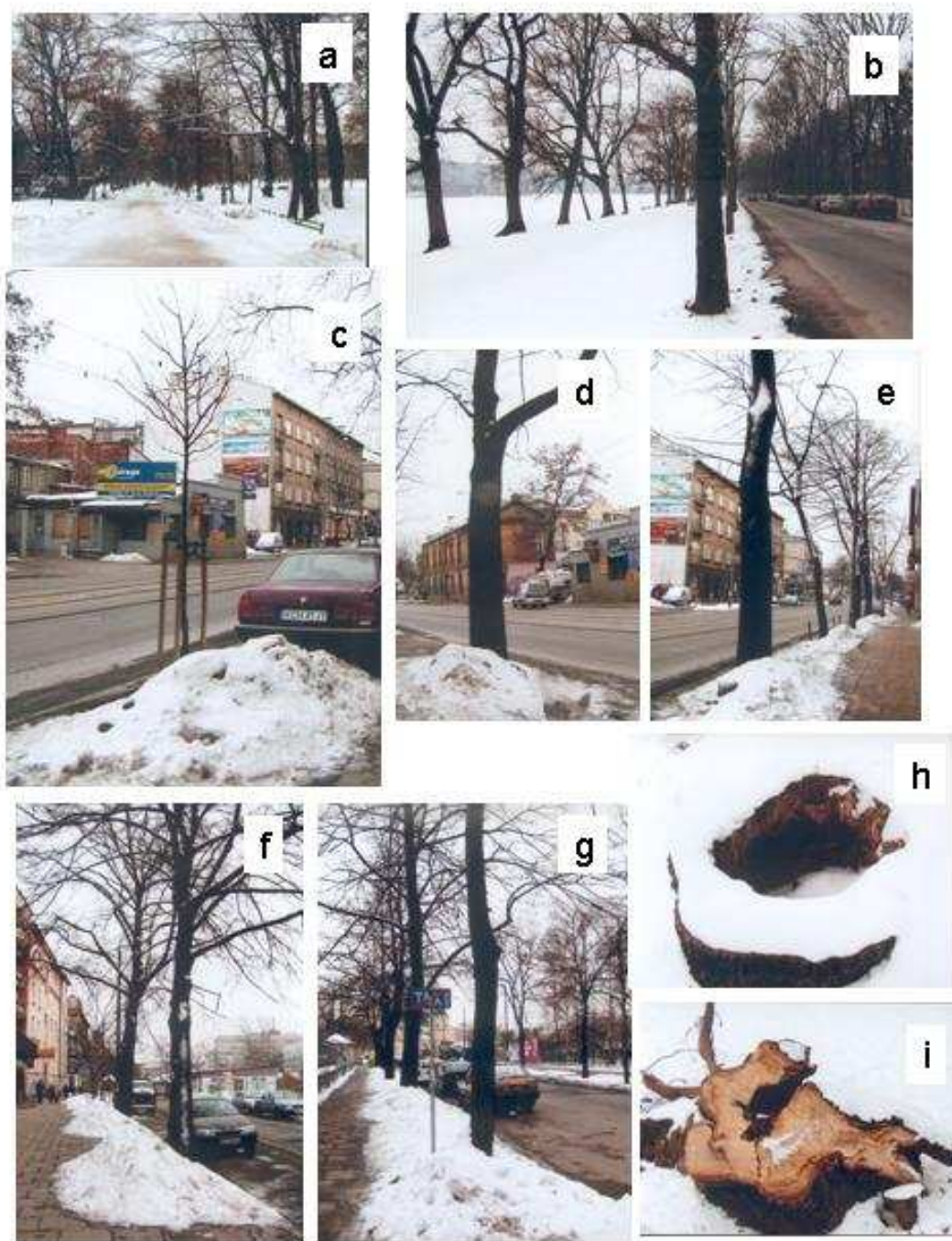


c

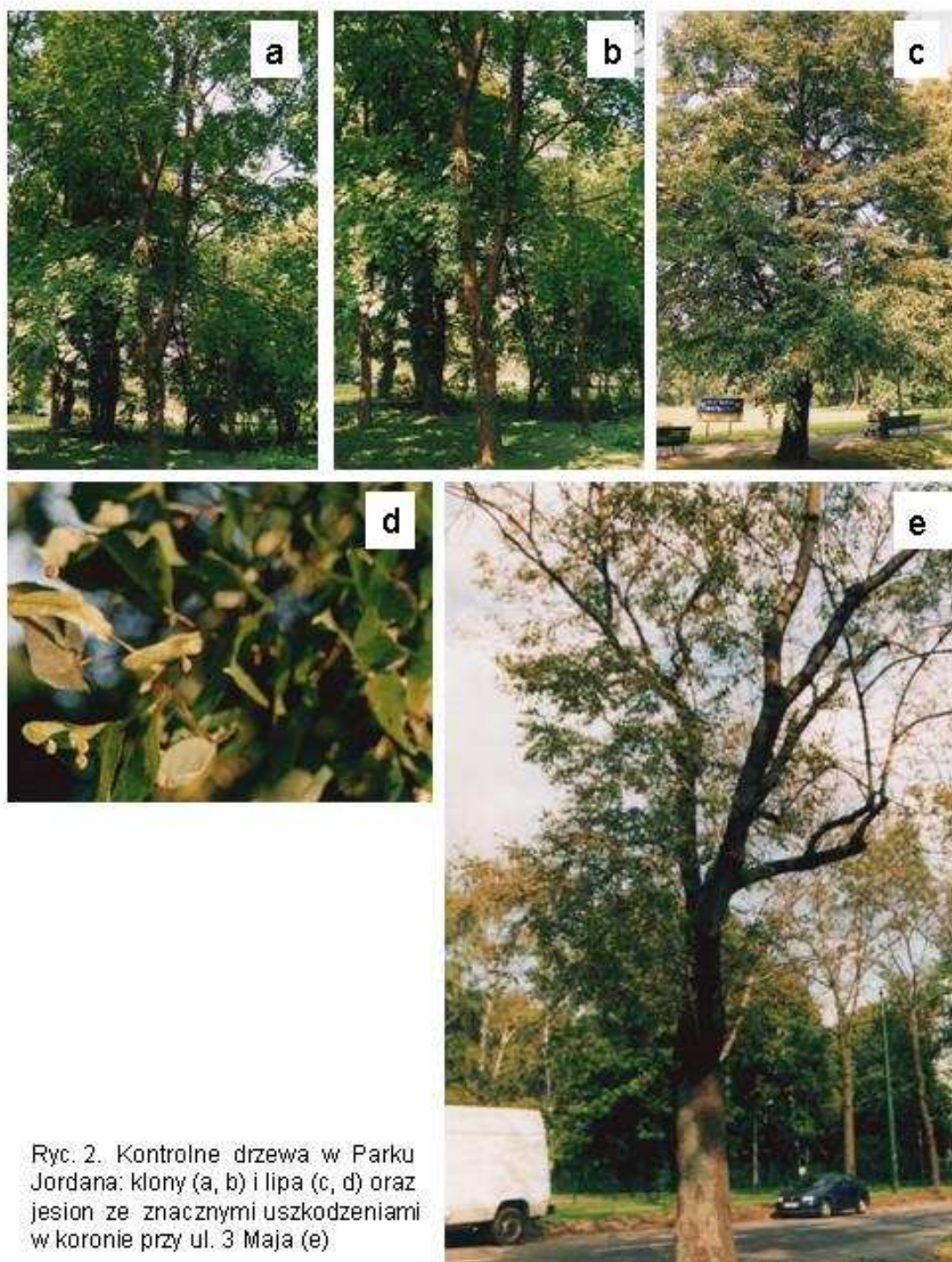


d

Ryc. 5. Ograniczenie powierzchni wzrostu korzeni drzewa i zniszczona struktura gleby (a, b), prawidłowo posadzone i zabezpieczone drzewo – *Quercus robur* 'Fastigiata', ale gatunek niewłaściwy do pasów przydrożnych, ul. Beliny-Prażmowskiego (c), *Corylus avellana* na Plantach Krakowskich (d)



Ryc. 1. Widok terenów zieleni Krakowa zimą 2005/2006: ścieżka w Parku Jordana posypana solą (a), ulica 3 Maja (b), przyzmy słonego śniegu składowane wokół drzew przy ul. Kościuszki (c-f) i Senatorskiej (g), uszkodzone pnie wyciętych jesionów (ul. 3 Maja) (h-i)



Ryc. 2. Kontrolne drzewa w Parku Jordana: klony (a, b) i lipa (c, d) oraz jesion ze znacznymi uszkodzeniami w koronie przy ul. 3 Maja (e)



Ryc. 3. *Parthenocissus quinquefolia* przy ul. Opolskiej – odpomy na warunki miejskie (a-c) klony przy ul. Kazimierza Wielkiego (d) widoczny susz konarów (80-90% korony)



Ryc. 4. Nieprawidłowo wykonane cięcie pielęgnacyjne drzew rosnących w pasie drogowym przy ul. Opolskiej (a), dobry stan drzew w Parku Krakowskim (b), wyraźny susz korony klonów al.Słowackiego i ul. Czarnowiejska (c, d)