

WOJCIECH BOBEK*

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE BUDOWLANE
WYKORZYSTYWANE PODCZAS WPROWADZANIA
DRZEW W SILNIE PRZEKSZTAŁCONYCH
PRZESTRZENIACH MIASTAMODERN BUILDING TECHNOLOGIES USED DURING
TREES LEADING PROCESS INTO STRONGLY
TRANSFORMED URBAN SPACES

Streszczenie

W artykule przedstawiono sposoby wprowadzania drzew w trudnych warunkach miejskich przy użyciu nowoczesnych technologii budowlanych oraz materiałowych. Silnie przekształcone przestrzenie miejskie, w wyniku intensywnie prowadzonych prac budowlanych przestają być przyjazne dla drzew i utrudniają ich trwałą adaptację. Wykorzystanie nowych technologii budowlanych, wspomagających przygotowanie miejsc dla drzew oraz w samym procesie sadzenia, daje szansę na ich właściwy rozwój i trwałą egzystencję. W artykule scharakteryzowano dostępne i stosowane rozwiązania, prezentując przykłady realizacji.

Słowa kluczowe: drzewa, sadzenie, nowoczesne technologie budowlane

Abstract

The paper presents the ways of leading trees in difficult urban conditions with using modern building and material technologies. Strongly transformed urban spaces, as a result of intensive building works, are unfriendly for trees and they are making their long-lasting adaptation hard. Using new building technologies, aiding places preparation for trees and in process of planting, is giving chances to their appropriate development and long-lasting existence. Accessible and taken solutions were characterized in the article with examples of realization.

Keywords: trees, planting, modern building technologies

* Mgr inż. Wojciech Bobek, architekt krajobrazu, Instytut Architektury Krajobrazu, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Geneza problemu

Kłopoty z sadzeniem drzew, a raczej ich wprowadzaniem w trudnych warunkach miejskich, nie są czymś nowym. Ahumanitarne przestrzenie dziewiętnastowiecznych miast nie były na pewno łatwiejszymi do adaptacji dla roślin niż obecne. A jednak większość drzew zasadzonych w okresie tzw. upiększania miast rosło i dawało wymierne efekty, niekiedy trwające do dzisiaj. Skąd zatem paradoks „chwili obecnej”, gdzie przy dostępie do nowoczesnych technik i technologii, nie możemy sprostać tak, mogłoby się wydawać, błahemu problemowi, jakim jest sadzenie drzew? Otóż przyczyn takiego stanu rzeczy jest kilka. Autor chciałby zwrócić na nie uwagę oraz wskazać możliwe do zastosowania rozwiązania.

1.1. Stare zasady – o czym współcześnie nie pamiętamy?

W wielu przypadkach, gdy stwierdzamy, że nowo posadzone drzewo nie rośnie prawidłowo, a jest tak w przypadku co najmniej 70–90% nowych nasadzeń¹ miejskich wykonanych w ostatnich 10–20 latach, przyczyna może mieć charakter bardzo podstawowy. Błąd ludzki, gdyż on jest najczęstszym powodem powstania problemu, wynika z zapominania o zasadniczych regułach sadzenia, znanych od wielu dziesiątków, a nawet setek lat. Najczęściej spotykanym przejawem tej dziwnej „amnezji” jest sadzenie drzew zbyt głęboko lub/i przysypywanie ich nadmierną ilością ziemi, a czasem, w dobrych intencjach, mulczem², co w zasadniczy sposób utrudnia i ogranicza możliwość wymiany gazowej w glebie. Jest to szczególnie ważne, gdyż w takim wypadku silnie wyhamowuje proces naturalnego dopływu tlenu do powietrza glebowego, skutkujący obumieraniem istniejących korzeni, zwłaszcza tych strukturalnych, oraz spowolnionym rozwojem nowych³. W oczywisty sposób utrudniony jest także odpływ dwutlenku węgla oraz ewentualnych innych szkodliwych gazów powstających podczas beztlenowego rozkładu materii organicznej. Jeśli fakt ten połączymy z częstym przypadkiem tworzenia zbyt małych mis sadzeniowych oraz brakiem podlewania, to drzewa zaczynają umierać, choć dopiero co zostały posadzone i powinny szybko wzrastać. Takie działania wynikają z braku zrozumienia procesów glebowych, a także tego, że woda znacząco wspomaga proces wymiany gazowej. Autor nie zamierza omawiać wszystkich „grzechów niepamięci” współczesnych wykonawców, a raczej się do nich ustosunkować, proponując konkretne rozwiązania, wychodząc z założenia, że sama negatywna recenzja poczynań innych zwykle nie

¹ Autor opiera twierdzenie na licznych rozmowach z zarządcami zieleni w polskich miastach, własnych obserwacjach na terenie miasta Krakowa i Warszawy oraz na podstawie wieloletnich badań prowadzonych przez pana profesora Marka Siewniaka.

² Mulczowanie obecnie wykonuje się dość często, stosując rozdrobnioną korę lub zrębki drewna. Ma to bardzo pozytywne działanie, ale przy właściwym wykonaniu i zachowaniu właściwej grubości warstwy, zwłaszcza przy pniu.

³ Optymalna zawartość tlenu w powietrzu glebowym to min 15%, przy stężeniu na poziomie 2% korzenie obumierają trwale. Jest to szczególnie szkodliwe, gdyż obumierają wtedy m.in. korzenie odpowiedzialne za stabilność drzewa w gruncie, których drzewo nie jest w stanie w pełni odbudować.

pomaga w niczym. Wspaniale oddają to słowa Mikołaja Kopernika: Krytyka jest mało użyteczna i nieowocna i zarozumiałcem jest ten, kto woli odgrywać rolę raczej złośliwego krytyka niż twórcy. Zatem w dalszej części wszelkie cierpkie słowa ze strony autora mają na celu tylko uwypuklenie pewnych, niejednokrotnie pomijanych problemów i szczegółów, istotnych dla prawidłowego wprowadzania drzew w trudne warunki naszych miast [2].

1.2. Współczesne problemy przestrzeni miejskich

Współczesne miasta, tak bogate w technologie, zdobycze techniki, pełne specjalistów i fachowców, nie są jednocześnie zbyt przyjazne dla nas ludzi, a dla drzew stają się trudnym do przetrwania poligonem, gdzie poddawane ciągłym stresom⁴ coraz słabiej wytrzymują takie warunki. Presja cywilizacyjna jest na tyle silna, że tradycyjne metody sadzenia drzew nie wytrzymują próby czasu, zwłaszcza w świetle wspomnianych wyżej licznych błędów i zaniedbań.

1.2.1. Wynaturzenie przestrzeni miejskich

Główną przyczyną tak trudnej sytuacji drzew w mieście, zwłaszcza tych nowo wprowadzanych, jest coraz silniejsze wynaturzenie przestrzeni miejskich. Wynika ono z kilku występujących zwykle w jednym czasie czynników. Podstawowym problemem dla drzew jest notoryczny brak wody, który najczęściej nie wynika tylko z małej liczby opadów czy braku podlewania. Bardzo często zasolenie, czy mówiąc nieco szerzej nieodpowiedni chemizm i odczyn gleby, utrudnia sorpcję wody przez konkretne rośliny. Dodatkowo nadmierne zagęszczenie gleby wywoływane jej ubiciem, a czasami niewłaściwym składem granulometrycznym, nie trudno stwierdzić, że gleba nie ma właściwej struktury do magazynowania wody dla roślin. Ma to silne reperkusje także dla wymiany gazowej, wywołując niedotlenienie⁵. Przy założeniu, że w miastach, powierzchnia wokół większości drzew jest mniej lub bardziej „zapłytowana”⁶, dostrzegamy kolejną przeszkodę utrudniającą przenikanie i wymianę obu faz: ciekłej i gazowej. Prowadzi to także do zaniku korzystnych procesów glebowych. Jeśli przy tym wszystkim uwzględnimy w wielu wypadkach skrajne warunki oświetlenia, czyli niedobór światła powodujący spowolnienie fotosyntezy i deformacje pokroju⁷ albo nadmiar światła wywołujący przegrzanie, nadmierną transpirację i silny deficyt wody w efekcie. Trudne warunki jakie stwarzamy w miastach, musimy starać się neutralizować z wykorzystaniem nowoczesnych technik i metod budowlanych, inżynierskich oraz arborystycznych, tak by sprzyjały wprowadzaniu drzew w nasze otoczenie [2]

⁴ Stres tutaj rozumiany jako czynnik, który w negatywny sposób oddziałuje na drzewo, np. kseryzm, zasolenie, zanieczyszczenie powietrza itp.

⁵ Optymalny udział fazy gazowej to 15%, a ciekłej 35%.

⁶ Pod tym terminem mieści się zarówno nawierzchnia (płyty, asfalt), sposób wykonania, jak i szczelność danej powierzchni.

⁷ Deformacje powstają na skutek fototropizmu tym silniejszego, im bardziej światłoządna jest roślina.

1.2.2. Kłopoty adaptacyjne roślin

Problemy adaptacyjne roślin są spowodowane w większości czynnikami wymienionymi wcześniej. O ile dojrzałe drzewa, rosnące od pewnego czasu w danym miejscu, starają się z różnym skutkiem adaptować do pogarszających się warunków, o tyle te sadzone, rozwijające się wcześniej w dobrych warunkach szkółkarskich, zwykle nie wytrzymują takiego szoku bez naszej pomocy. Różne gatunki drzew charakteryzuje odmienna tolerancja na zmianę warunków środowiskowych podczas sadzenia. Ma to tym większe znaczenie, gdy wraz z zmianą warunków siedliskowych na gorsze, nie ma równoległych działań, które pozwoliłyby przy użyciu środków i technologii zrekompensować stres związany z adaptacją w nowych trudnych warunkach. Osłabienie jakie powoduje stres przesadzeniowy zwiększa narażenie na czynniki abiotyczne (wiatr, mróz, zapylenie, stan i ilość wody itp.), a także biotyczne (grzyby, szkodniki). Szczególnie trzeba potraktować antropopresję, gdyż większość ludzi bardzo źle traktuje drzewa w swym otoczeniu, a o tym, że „wszelkie zło pochodzi z nieświadomości” wiedział już Sokrates. Podstawowym zatem celem autora jest chęć unaocznienia problemów i dostępnych rozwiązań, aby ułatwić proces adaptacji nowym, jakże potrzebnym drzewom w mieście.

2. Zasady sadzenia

Wielu uważa, że posadzić drzewo to żaden problem, „zielonym do góry” i już rośnie. Niestety, proza życia nie jest tak „różowa”. Wypracowane zostały właściwe zasady i od wielu lat różne organizacje starają się propagować dobre praktyki. Europejska Rada ds. Drzew (EAC)⁸, zrzeszająca wiele krajów, w tym również i Polskę, wypracowała jasne standardy sadzenia drzew w różnych warunkach. Są one zebrane i dostępne w Europejskim Przewodniku Sadzenia Drzew i Palm (ETPPG)⁹.

2.1. Dobór roślin

Wiele badań prowadzonych w różnych ośrodkach, także i w Polsce¹⁰, mających na celu selekcję najlepiej dostosowanych do warunków miejskich gatunków drzew, jest stale szeroko propagowanych w środowisku specjalistów. Spośród tak wybranych taksonów, należy dokonać rozsądnego wyboru po wcześniejszej analizie warunków miejsca, a zwłaszcza: dostępności do światła, warunków przestrzennych i wietrznych, ilości wody itp. Dobór gatunków bez oceny warunków dla większości przypadków w mieście powoduje konieczność ponownego nasadzenia.

⁸ EAC – European Arboricultural Council

⁹ ETPPG – European Tree and Palm Planting Guide. Autorami przewodnika są międzynarodowi specjaliści pod przewodnictwem prof. Marka Siewniaka, przewodniczącego EAC.

¹⁰ Wieloletnie badania w tym zakresie prowadzone są m.in. w Arboretum w Kórniku i w Rogowie oraz w wielu ośrodkach akademickich.

2.2. Przygotowanie miejsca

Niezwykle ważny, a niejednokrotnie decydujący o przyszłości czynnik to odpowiednie przygotowanie miejsca, w którym ma wzrastać drzewo. Niezależnie od warunków przestrzennych ogólne zasady są spójne. W szczególnych warunkach miejskich, gdzie wprowadzanie drzew jest wyjątkowo utrudnione ze względu na warunki, a zwłaszcza brak przestrzeni, konieczne jest stosowanie nowoczesnych technologii i metod w procesie projektowania oraz wykonawstwa. Właściwy i przemyślany wybór technik powinien uwzględniać specyficzne uwarunkowania miejsca oraz przewidywać ewentualne trudności w wykonawstwie i późniejszej pielęgnacji.

2.2.1. Donica sadzeniowa

W miastach, na ulicach i placach, gdzie pomimo skończonych wymiarów, musi się zmieścić wszystko, wciąż brakuje przestrzeni. Drzewa szczególnie potrzebują miejsca do rozwoju korzeni. W sytuacji gdy brakuje kanałów zbiorczych dla infrastruktury i mediów¹¹, o przestrzeń taką bardzo trudno. Trzeba pogodzić różne cele. Dlatego kompromisem jest przygotowywanie ograniczonych donic sadzeniowych. Optymalna wielkość donicy, ze względu na potrzeby drzewa, to 27 m³¹². Jest to wartość trudna do osiągnięcia, zwłaszcza przy pojedynczych donicach, gdyż przeciętna głębokość donicy nie powinna być większa niż 1,5 m, zatem wymagana powierzchnia zajmowana przez nią to 18 m². Przeciętna donica w europejskich miastach jest zwykle o połowę mniejsza i mieści się w wymiarach 3 na 3 metry. Bardzo rzadko możemy poświęcić drzewu tak duży fragment przestrzeni ulicy czy placu, dlatego większa część zwykle bywa przykryta. I w takim przypadku niezwykle ważne jest, by technologie użyte w tym celu odpowiadały nie tylko standardom technicznym nawierzchni, ale także wspomagały ochronę systemu korzeniowego oraz gleby. Donice sadzeniowe wykonuje się najczęściej ze znanego i sprawdzonego materiału, jakim jest beton. Dzięki temu stwarzamy stabilną i odporną przestrzeń, która tworzy barierę w obu kierunkach, drzewo nie wykracza poza wyznaczony obszar, ale – co ważniejsze – elementy obce nie zajmują strefy korzenienia się. Donica, aby mogła być skuteczna, nie może zostać uszczelniona od spodu. Należy przewidzieć żwirową podbudowę donicy z systemem drenarskim odprowadzającym ewentualny, chwilowy nadmiar wody opadowej. Dolną część przestrzeni sadzeniowej najlepiej wypełnić martwicą o zróżnicowanym składzie granulometrycznym¹³.

¹¹ W Polsce poza nielicznymi próbami nie buduje się kanałów zbiorczych dla mediów, zasłaniając się przepisami BHP, co nie znajduje odzwierciedlenia w doświadczeniach z innych krajów.

¹² Na podstawie badań prowadzonych przez niemieckie organizacje ogrodnicze, arborystyczne.

¹³ Wypełnienie spodu donicy glebą urodzajną jest zasadniczym błędem, powodującym powstawanie szkodliwych gazów podczas beztlenowego rozkładu materii organicznej. Bezpiecznym materiałem jest gruby żwir lub keramzyt.

2.2.2. Materiały antykompresyjne

Współczesne, silnie przekształcone przestrzenie miejskie, nie są przyjazne dla drzew, dlatego nowoczesne technologie muszą wspierać wysiłki prowadzące do skutecznego ich wprowadzania w miastach. Myślenie o tym problemie musi obejmować nie tylko sam proces sadzenia, ale także, a może przede wszystkim stworzenie warunków do możliwie normalnego wzrostu i rozwoju. Dlatego w rozwiązywaniu takich problemów powinni uczestniczyć urbaniści, architekci, specjaliści od inżynierii drogowej, infrastruktury miejskiej, budowlańcy, przy oczywistym udziale specjalistów z branży ogrodniczej, arborystycznej, koordynowanych przez architektów krajobrazu. Pozwoli to na spojrzenie z różnych stron oraz właściwe zastosowanie nowych technologii o działaniu zapobiegającym ubiciu gleby. Materiały, takie jak rootcell, stworzone są z tworzyw sztucznych zajmują bardzo małą objętość, tworząc strukturę opartą na cienkich pionowych ścianach, która pod wpływem nacisku płynącego z góry nie jest niszczone. Dzięki takiemu działaniu struktura gleby nie podlega siłom destrukcyjnym, zachowując optymalne warunki korzenienia się przez długi czas. Struktury takie wspomagają dodatkowo stabilizację drzewa, gdyż korzenie, przerażając przez kolejne ich części uzyskują silne punkty zaczepienia, a dzięki temu cała nowa bryła korzeniowa pracuje statycznie. Dodatkowym walorem takich struktur jest możliwość posadowienia na nich nawierzchni pieszych, parkingowych czy nawet drogowych po odpowiednim dobraniu parametrów technicznych [4].

2.2.3. Substrat glebowy

Bardzo istotną sprawą w przypadku trudnych warunków miejskich jest problem podłoża. Zazwyczaj lokalna gleba nie nadaje się w całości do wykorzystania z powodu nadmiernego zagęszczenia, zanieczyszczenia substancjami chemicznymi, w tym solą, oraz brakiem właściwej struktury umożliwiającej właściwy rozwój korzeni. Dlatego rozwiązaniem, które daje szansę na trwałą poprawę, jest zastosowanie substratów glebowych. Aby działania podejmowane miały sens, konieczne jest, aby pamiętać, że najważniejszym czynnikiem poprawiającym jakość podłoża jest zróżnicowany skład granulometryczny. Można to uzyskać poprzez użycie dobrze znanych materiałów budowlanych, takich jak żwir, tłuczeń, keramzyt czy tuf wulkaniczny, które poprzez różne uziarnienie spowodują wytworzenie szkieletu dla substratu glebowego. Ważne jest także to, aby dolna część przestrzeni sadzenia, poniżej 60–70 cm, liczona od poziomu, nie była wypełniana substancją organiczną, a raczej wcześniej wspomnianymi materiałami. Jeśli stan rodzimego podłoża na to pozwala, można wykorzystać część gleby mieszając ją, głównie w górnej warstwie, pół na pół z ziemią urodzajną, piaskiem, w uzasadnionych przypadkach z torfem. Elementem, stosunkowo nowym i zaawansowanym technologicznie mogą być różnego rodzaju hydrożele, które w warunkach kseryzmu miejskiego, wspomagają gromadzenie wody potrzebnej dla drzew. Ilość i proporcje, w jakich powinniśmy go użyć zależą od warunków miejsca i specyfikacji technicznej konkretnego produktu [1].

2.3. Transport roślin

Wiele działań mających na celu skuteczne wprowadzanie roślin w trudne warunki miasta jest niwelowana przez błędy podczas pozyskiwania, transportu i składowania materiału roślinnego przeznaczonego do sadzenia. Brak dbałości o właściwe zabezpieczenie bryły korzeniowej za pomocą juty i siatki może powodować liczne uszkodzenia podczas ładowania, transportu i rozładowywania. Większość producentów i firm świadczących usługi związane z sadzeniem drzew doskonale zna te zasady, ale pośpiech, zła organizacja pracy i przestrzeni placu budowy może zniweczyć trud. Autor pragnie zwrócić uwagę na problem, gdyż wielokrotnie pozornie drobne i błache sprawy, jak choćby zrzucanie drzew z ciężarówki zamiast ich właściwego rozładunku oraz nagminne przetrzymywanie materiału sadzeniowego na placu budowy bez osłony i podlewania prowadzi w prostej linii to bardzo wolnego procesu przyjmowania się drzew lub nawet ich zamierania, pomimo znacznych środków przeznaczonych na organizację właściwej przestrzeni korzenienia się i wzrostu. Jeśli zależy nam na efekcie, co jest rzeczą jasną truizmem, to musimy zadbać by proces transportu był dla drzewa jak najmniejszym stresem, optymalizując warunki wodne, temperaturowe, świetlne i czasowe [1].

2.4. Sadzenie

Proces samego sadzenia drzew jest zbliżony w różnych warunkach. Musimy pamiętać o pewnej kolejności działań. Ważne jest, aby możliwe dokładnie określić wysokość bryły korzeniowej, gdyż dno donicy czy rowu bezpośrednio pod bryłą musi być podniesione i ubite tak, aby nasada pnia znajdowała się ponad poziomem gruntu. Można to sprawdzić za pomocą belki położonej w poprzek dołu i dokładnie ustawić bryłę w poziomie i pionie. Nie należy zapominać o rozluźnieniu systemu zabezpieczającego trwałość bryły. Nie ma konieczności całkowitego usuwania tych elementów. Następnie konieczne jest zamocowanie drzewa do podłoża. Możliwe metody opisane są w kolejnym punkcie. Układanie czy użycie materiałów antykompresyjnych musi przewidywać zasypywanie w kolejności związanej ze strukturą materiału i jego położeniem w przestrzeni donicy. Wierzch jest zabezpieczany w zależności od warunków, a użycie materiałów antykompresyjnych lub sztywnego przekrycia donic umożliwia organizację różnych rodzajów nawierzchni [4].

2.4.1. Sposób mocowania

W trudnych warunkach miejskich dobrym i sprawdzonym sposobem stabilizacji drzew jest mocowanie bezpośrednio bryły korzeniowej. Ma to wiele zalet, zarówno dla efektu wizualnego, organizacji przestrzeni, jak i samego drzewa. Wynika to z faktu, iż w takim wypadku nie ma żadnych pionowych elementów psujących czy zakłócających odbiór oraz teren wokół drzewa, co ma niebagatelne znaczenie zwłaszcza w prestiżowych lokalizacjach. Dla drzewa korzyści płynące z tak obranej metody są dwójakiego charakteru. Po pierwsze unikamy zagrożenia powstania ran pnia na skutek otarć, a po drugie od samego początku tworzymy możliwe naturalne warunki pracy pnia, co ma zasadniczy wpływ na jego jakość statyczną. Podstawo-

wymi i sprawdzonymi sposobami jest mocowanie za pomocą linek stalowych bryły do wcześniej przygotowanych elementów donicy albo do betonowych lub kamiennych obciążników stanowiących później trwały element podłoża. Można zastosować także metodę arbofix, która za pomocą jednego, specjalnie wyprofilowanego elementu stalowego w kształcie wrzeciona pozwala na zakotwienie bryły do podłoża. Autor nie wyklucza innych metod, jednakże te obiektywnie najlepiej sprawdzają się w codziennej praktyce [5].

2.4.2. Cięcie korekcyjne korony

Jednym z ostatnich elementów poprawnego trybu sadzenia jest ocena stanu korony po posadzeniu oraz ewentualne cięcie korekcyjne korony. Powinno ono obejmować po pierwsze usunięcie uszkodzonych podczas całego procesu pędów. Po drugie musi uwzględniać ograniczenie powierzchni transpiracyjnej, aby zmniejszyć stres związany z wprowadzeniem w nowe warunki. Najlepszym sposobem jest prześwietlenie korony i nieznaczna redukcja, gdyż sprzyja to dynamicznemu rozwojowi korony już w nowej przestrzeni [3].

2.4.3. Podlewanie

Podlewanie jest procesem, który łączy sadzenie z późniejszą pielęgnacją. Zapominanie o tym dość prostym fakcie powoduje, że w trudnych warunkach miasta drzewo nie jest w stanie sobie poradzić. W pierwszym roku, przy uwzględnieniu lokalnych warunków, należy przewidywać nawet dwudziestokrotne podlewanie w ciągu sezonu wegetacyjnego. Każda taka porcja wody, a zwłaszcza ta pierwsza, powinna wynosić około 200 l dla przeciętnej wielkości drzewa. Stabilne warunki wodne, szczególnie w pierwszym roku, warunkują, że trud włożony przez wielu specjalistów oraz nowe technologie nie zostaną zmarnowane, a prawidłowo rozwijające się drzewa będą ozdobą i wizytówką miasta.

3. Wnioski

1. Wynaturzenie przestrzeni miejskich powoduje liczne problemy we wprowadzaniu drzew.
2. Zastosowanie nowych technologii, a zwłaszcza materiałów antykompresyjnych, znacząco zwiększa szanse na prawidłowy i stabilny rozwój drzew.
3. Wielobranżowa współpraca poprawia jakość procesów budowlanych i sposób organizacji przestrzeni placu budowy, co może mieć widoczny wpływ na późniejszy stan drzew.
4. Stosowanie najnowszych osiągnięć z branży budowlanej musi być połączone ze stosowaniem bieżących zasad i standardów dotyczących procesu sadzenia drzew.

Literatura

- [1] European Arboricultural Council, *European Tree and Palm Planting Guide*, Bad Honnef 2009
- [2] Siewniak M., Bobek W., *Zabezpieczenie drzew na placach budów*, materiały z VI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy projektowe w kontekście nowych technologii budowlanych”, 13–14.10.2005, Czasopismo Techniczne, seria Architektura, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Rok 102, Zeszyt 6-A, Kraków 2005, s. 73–78.
- [3] Siewniak M., Siewniak M., *Cięcie drzew, krzewów i pnączy, Przewodnik dla arborysty*, wyd. 1, Międzynarodowe Towarzystwo Uprawy i Ochrony Drzew, Kluczbork 2009
- [4] www.treesintowns.com/rootcell.html
- [5] www.arboa.com/en/product-arbofix.html