Świadczenie usług doradczych w zakresie gospodarki, zarządzania drzewostanem miejskim, metod poprawy warunków życia drzew miejskich oraz systemów antykomprestyjnych

Opracowanie podstawowych parametrów podłoża strukturalnego dla warunków Łodzi

Autor:

dr inż. arch. krajobrazu Marzena Suchocka
Katedra Architektury Krajobrazu
SGGW w Warszawie

Warszawa, październik 2016 roku.

Spis treści

1. Wprowadzenie 3
1.1. Przedmiot i cel ekspertyzy 3
1.3. Autor opracowania 3
2.Określenie kreślenie podstawowych parametrów podłoża 4
2.1 Wpływ warunków siedliskowych na prawidłowy rozwój drzew 4
2.2 Objętość podłoża potrzebna do prawidłowego rozwoju drzewa 5
2.3 Wielkość misy 8
2.4 Nawierzchnie w strefie systemu korzeniowego drzewa 11
2.5 Nawierzchnie przepuszczalne 14
2.6 Podwieszone nawierzchnie 14
2.7 Systemy antykompresyjne 16
2.5 Podstawowe parametry podłoża strukturalnego(mieszanki kamienno-glebowej) 18
4. Wnioski 23

1. Wprowadzenie

Ekspertyza wykonana została zgodnie z umową na świadczenie usług doradczych w zakresie gospodarki, zarządzania drzewostanem miejskim, metod poprawy warunków życia drzew miejskich oraz systemów antykompresyjnych zawartą pomiędzy Zarządem Inwestycji Miejskich w Łodzi nr 333-5/201/WE/2016 z dnia 21 10 2016 roku. Ekspertyza dotyczy działań związanych z przygotowaniem priorytetowych projektów rewitalizacji obszarowej centrum Łodzi.

1.1. Przedmiot i cel ekspertyzy

Przedmiotem ekspertyzy jest opracowanie specyfikacji technicznej podłoża strukturalnego dla warunków Łodzi w zakresie określenia podstawowych parametrów technicznych podłoża w związku z przygotowaniem priorytetowych rewitalizacji centrum Łodzi w zakresie planowanych 8 projektów.

Opracowana dokumentacja będzie elementem programu funkcjonalno-użytkowego stanowiącego załącznik d SIWZ w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego w formule „zaprojektuj i wybuduj" w trybie ustawy z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (Dz. U. z 2015 r. poz. 2164 z późn. Zm.) i opracowana będzie w taki sposób aby spełniała wszelkie wymogi ustawy Prawo zamówień publicznych. Dokumentacja zgodna będzie z art. 29 (zwłaszcza ust. 3 – zakaz wskazywania w dokumentacji znaków towarowych, patentów lub pochodzenia) oraz art. 30 (nakaz używania Polskich Norm przenoszących normy europejskie).

1.3. Autor opracowania

Praca została wykonana przez:
dr inż. Marzena Suchocka, architekt krajobrazu, wykładowca w Katedrze Architektury Krajobrazu SGGW, pracownik Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa, kierownik Zespołu Badań i Analiz Stanu Zdrowotnego Zadrzewień na Terenach Zurbanizowanych, Przewodniczącą sekcji Drzew Miejskich Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego, specjalista w zakresie wpływu prac budowlanych na żywotność drzew i oceny długoterminowego wpływu uszkodzeń oraz gospodarki drzewostanem w miastach

(doktorat: „Wpływ warunków siedliskowych na żywotność drzew na terenach budowy”). Autorka wielu publikacji dotyczących wpływu inwestycji na drzewostan oraz ochrony drzew w procesie inwestycyjnym, w tym książek: Projekt Ochrony Drzew na terenie inwestycji, Organizacja robót budowlanych na terenach zadrzewionych oraz Inżynieryjne metody ochrony i poprawy warunków rozwoju drzew w miastach.

2.Określenie kreślenie podstawowych parametrów podłoża

2.1 Wpływ warunków siedliskowych na prawidłowy rozwój drzew

Ograniczenie przestrzeni rozwoju korzeni to jeden z głównych czynników niekorzystnie wpływających na szanse przeżycia drzew (Coder, 1996, Krizek i Dubik 1987, Lindsey i Bassuk 1992, Trowbridge i Bassuk, 2004, Randrup 2005, Urban 2008, Kosmala i in. 2009 a, b). Niewielka ilość miejsca, którym dysponują drzewa, szczególnie niewielkie rozmiary mis nie są w stanie zapewnić odpowiednich warunków do rozwoju korzeni (ryc. 9).

Z badań wynika, że istotny wpływ na kondycję drzew ma rodzaj pokrycia powierzchni terenu, czyli czy jest to trawnik, nawierzchnia przepuszczalna, czy mniej przyjazna korzeniom nawierzchnia nieprzepuszczalna. Istotna jest również wielkość powierzchni odkrytego terenu, na którym rosną drzewa i musi być ona wystarczająca do rozwoju korzeni (Dmuchowski i Badurek 2001, Celestian i Martin 2004). Celestian i Martin (2004) stwierdzili, że latem temperatura gleby oddalonej 1 m od asfaltu przekroczyła 40˚ C. Temperatura ta jest progiem krytycznym dla rozwoju tkanek korzeni, może spowodować bezpośrednie i pośrednie uszkodzenia skutkujące fizjologicznymi oraz chemicznymi zmianami wpływającymi na rozwój całego drzewa. W innych badaniach znaczenie miało również oddalenie od krawędzi ulicy. Drzewa rosnące dalej od jezdni miały korony zdrowsze od rosnących przy krawędzi jezdni, w pierwszym szpalerze (Dmuchowski i Badurek 2001, Bąkowska 2004). Dodatkowym czynnikiem stresowym są częste uszkodzenia mechaniczne drzew związane z bezpośrednim oddziaływaniem pojazdów i przechodniów, w tym z wandalizmem, a także rozmaitymi pracami budowlanymi (Dmuchowski 2001 i in., Randrup 2005, Borowski i Latocha 2006, Kosmala i in. 2009 a).

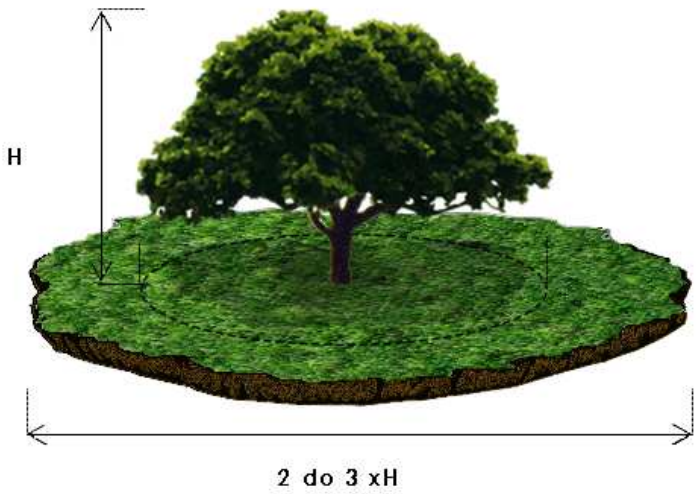
Ryc. 1 Brak rozwiązania konfliktu pomiędzy funkcją komunikacyjną a wymaganiami rozwojowymi często skutkuje utratą żywotności drzew i w efekcie koniecznością jego usunięcia. Bardzo często na terenach miejskich nie ma możliwości odtworzenia utraconych nasadzeń (fot. M. Suchocka)

Wymienione czynniki powinny być brane pod uwagę w procesie projektowania w sąsiedztwie drzew. Należy minimalizować konflikty z infrastrukturą i jej użytkowaniem, stosując standardowe lub w razie potrzeby alternatywne rozwiązania. Proces ten wymaga dużej wiedzy dotyczącej wymagań rozwojowych drzew oraz inwencji twórczej przejawiającej się dążeniem do zapewnienia im optymalnych warunków siedliskowych.

2.2 Objętość podłoża potrzebna do prawidłowego rozwoju drzewa

Badacze zgadzają się, że największe znaczenie dla zamierania drzew w miastach mają przyczyny wpływające na rozwój ich korzeni. W ocenie wpływu projektu na drzewo szczególnie istotna jest znajomość budowy systemu korzeniowego. System korzeniowy drzewa składa się z korzeni głównych (statycznych) oraz strefy korzeni żywicielskich.

Duże zdrewniałe korzenie centralne, zwane statycznymi, i ich części u nasady pnia (szyja korzeniowa) tworzą system od 4 do 11 dużych korzeni głównych. Ich funkcją jest przewodzenie wody i związków mineralnych, a także zakotwiczenie drzewa.



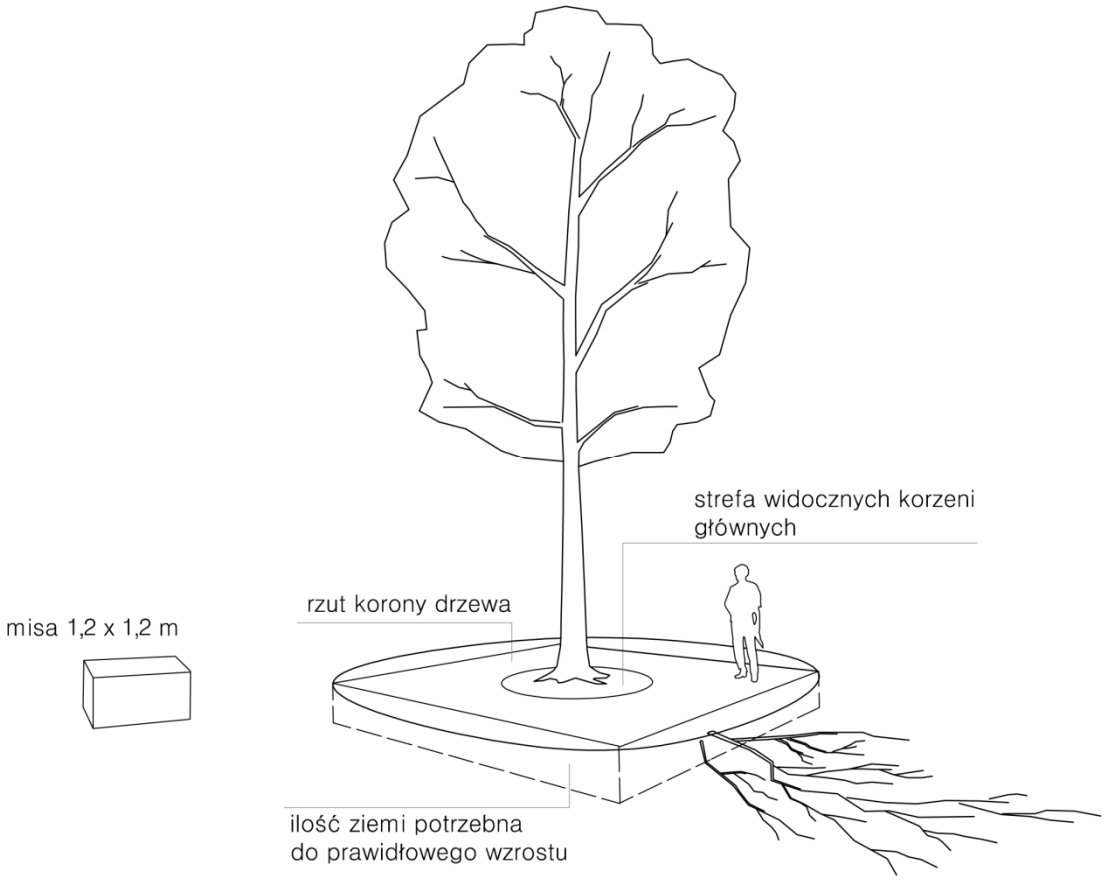
Ryc. 2 Poglądowy zasięg systemu korzeniowego drzewa (rys. A. Wiśniowska)

System korzeniowy drzew rosnących w korzystnych warunkach składa się z centralnej i peryferyjnej części i w pełni rozwija się w fazie dojrzałości drzewa. Część centralna rozciąga się do 2 - 3 metrów od pnia. Płytkie korzenie horyzontalne u nasady pnia są nieregularne i **zwężają się nagle do cylindrycznego kształtu o niewielkiej średnicy w odległości ok. 1 m od pnia.** Korzenie żywicielskie stanowią główną część systemu korzeniowego i rozrastają się w strefie 7 – 30 cm poniżej poziomu gruntu, a ich główną funkcją jest absorpcja wody i minerałów. **Przy niesprzyjających warunkach korzenie mogą koncentrować się w warstwie płytszej niż 10 cm** (Watson, 1995). Smith i in. (2001) stwierdzili, że w glinie piaszczystej **zagęszczonej do 1,8 g/cm^3 korzenie rozwijały się na głębokościach o 60% płytszych.** W badaniach Lindley'a oraz Gross'a i Milano (1995) mniej niż 15% korzeni zlokalizowanych było pod nawierzchnią asfaltową, większość zaś rozmieszczona była pod nawadnianą nawierzchnią trawiastą po przeciwnej stronie pnia.

Warunkiem prawidłowego wzrostu korzeni żywicielskich jest dostępność tlenu i wody w glebie, dlatego osłabione brakiem tlenu korzenie w zagęszczonej glebie mają trudności z rozwojem i mogą zamierać. Korzenie sięgają nawet 2 – 3 razy dalej niż wysokość drzewa (ryc. 2). W lokalizacjach miejskich system korzeniowy rozprzestrzenia się bardzo nieregularnie, a kierunki i zasięgi rozwoju korzeni są dostosowane do gleby, z której przy udziale tlenu pobierają one wodę i składniki mineralne. Do najistotniejszych czynników wpływających na rozwój korzeni zaliczane są właściwości wodno-powietrzne oraz zwięzłość gleby.

Najwięcej substancji potrzebnych do życia korzeni w glebach miejskich zazwyczaj jest zlokalizowane w wierzchniej warstwie, dlatego tam też znajduje się największe zagęszczenie korzeni żywicielskich (Craul, 1994; Szczepanowska, 2001; Kosmala, 2001; Shigo, 2007).

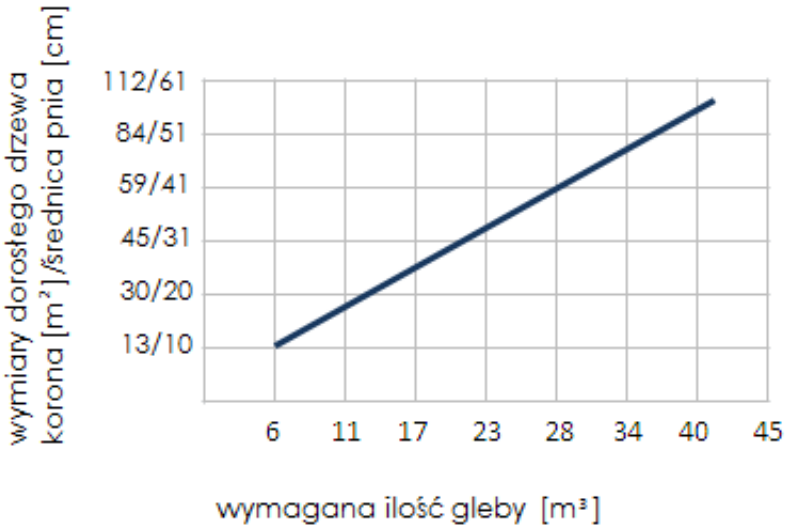
W miastach system korzeniowy drzew – bez względu na rodzaj czy gatunek drzewa – dostosowany jest do warunków glebowych i może zostać rozwinięty bardzo płytko, np. do głębokości 0,5 m. W tym kontekście sadzenie drzewa przykładowo w misie o wymiarach 1,2 x 1,2 m w chodniku wyłożonym nawierzchnią nieprzepuszczalną eliminuje jego szanse na długotrwały, prawidłowy rozwój (ryc. 3).



Ryc. 3 Porównanie wielkości mis często stosowanych w miastach do objętości gleby niezbędnej do rozwoju korzeni drzewa (Urban 2008, rys. P. Świder)

Projektowanie nowych nasadzeń lub poprawa warunków siedliskowych drzew już istniejących należy rozpocząć od określenia ilości gleby niezbędnej do prawidłowego rozwoju ich systemu korzeniowego (Costello i Jones 2003). Objętość potrzebnej gleby można określać

w odniesieniu do powierzchni rzutu korony lub średnicy pnia dorosłego drzewa (ryc. 12). Głębokość misy należy przyjąć jako minimum 60 lub lepiej 90 cm. I tak przykładowo dla zzxdrzewa o średnicy pnia 10 cm zalecane jest 6 m^3 gleby do korzenienia, co oznacza, że w przybliżeniu optymalna dla rozwoju drzewa będzie przestrzeń o wymiarach 2 x 3,3 x 0,9 m. Natomiast dla drzewa zaś o zakładanej średnicy pnia 41 cm (obwód pnia około 120 cm) konieczne jest zapewnienie dla korzeni gleby o wymiarach 5,5 x 5,5 x 0,9 m (Urban 2008). W przypadku gdy podłoże, w którym sadzone są drzewa, ma dobre dla ich rozwoju właściwości, drzewa mogą być sadzone w standardowy sposób w niewielkim dole. Natomiast w przypadku gdy gleba jest zagęszczona, należy zapewnić podłoże prawidłowe dla rozwoju korzeni poprzez jego wymianę lub zastosować techniczną modyfikację siedliska, o której będzie mowa dalej. Opisywany sposób szacowania objętości gleby niezbędnej dla rozwoju drzewa można zastosować zarówno w przypadku projektowania mis dla drzew sadzonych, jak i w przypadku konieczności wymiany gleby w systemie korzeniowym drzew istniejących.



Ryc. 4 Wymagana ilość gleby w odniesieniu do wielkości drzewa (Urban 2008, rys. P. Świder)

Drzewa, które posadzone zostaną w misy o zbyt małych rozmiarach, rosną wolniej i zamierają szybciej niż te, które mają optymalne warunki rozwoju. Odpowiednia ilość podłoża zapewnia drzewom długi, bezpieczny i prawidłowy rozwój.

2.3 Wielkość misy

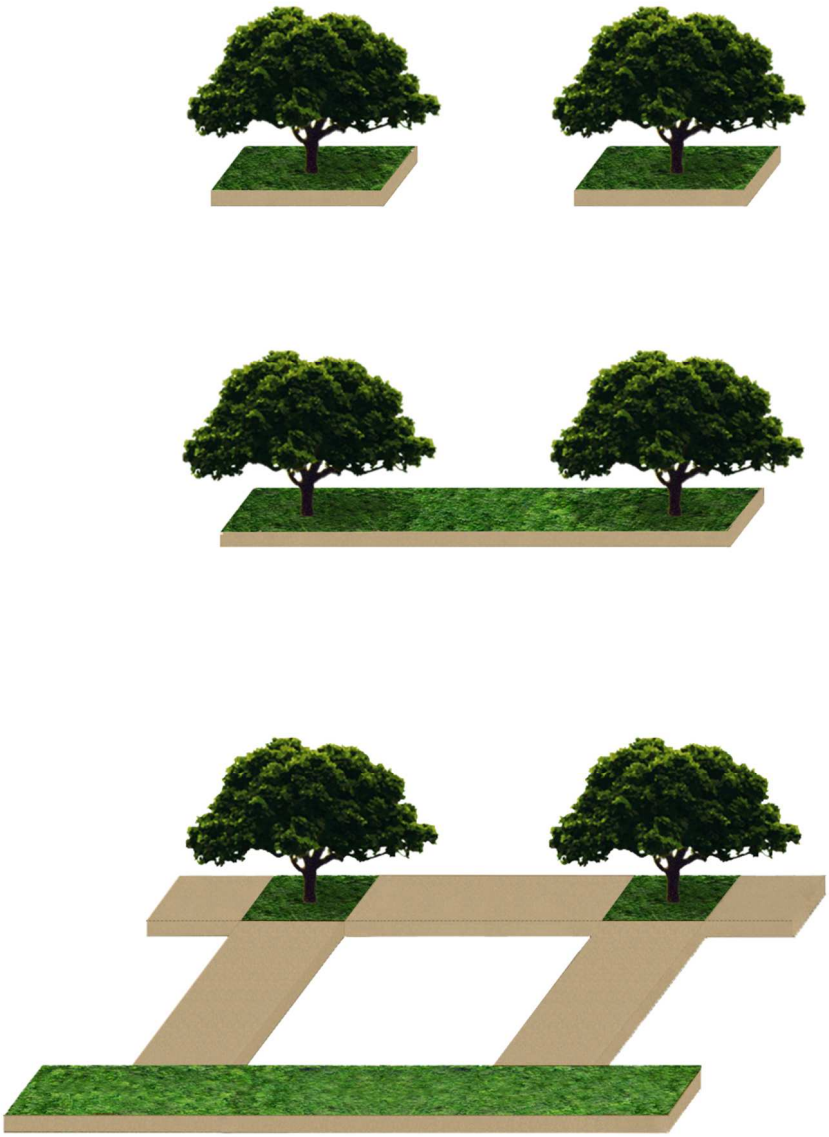
Wielkość otoczonej nawierzchnią misy do sadzenia drzewa powinna być tak duża, jak to możliwe. Im większa otwarta powierzchnia gleby w zasięgu systemu korzeniowego, tym

większe szanse na długotrwały rozwój drzewa (ryc.: 5,6). Szanse rozwojowe poprawia dodatkowo zastosowanie nawierzchni przepuszczalnej w strefie systemu korzeniowego drzew.

W wypadku projektowania lub powiększania mis do sadzenia drzew należałoby dostosowywać ich rozmiary do średnicy pnia dorosłego drzewa (ryc. 4). Jeżeli nie jest to jednak możliwe, należy zastanowić się, czy istnieje możliwość powiększenia powierzchni do korzenienia się drzew. Metodą, która może być w tym przypadku użyta, jest sadzenie drzew w pasach lub zapewnienie połączenia pomiędzy misami a otwartym terenem poza nawierzchnią ograniczającą rozwój korzeni (ryc. 7).

Ryc. 5 Drzewa rosnące w dużych misach mają szanse na prawidłowy długoletni rozwój. Drzewa sadzone w misach o zbyt małej objętości gleby skazane są na powolne zamieranie (fot. M. Suchocka)

Ryc. 6 Korzenie drzewa, które rozwinęły się w niewielkiej misie. Misy o zbyt małych rozmiarach są za często stosowane na terenach miejskich (fot. K. Podgórska)



Ryc. 7 Zwiększanie efektywnej objętości korzenienia dla drzew na terenach miejskich (za Urban 2008, rys. A. Wiśniowska)

Misy powinny być wypełnione podłożem umożliwiającym rozwój korzeni, a ich powierzchnia musi zostać zabezpieczona przed zagęszczeniem i zanieczyszczeniem. Powierzchnia misy ma być przepuszczalna, aby zapewnić dostęp tlenu i wody do systemu korzeniowego drzewa. Jednym z najlepszych sposobów wypełnienia powierzchni misy drzewa jest jej mulczowanie. Przekompostowana kora stosowana do wyłożenia powierzchni misy poprawia warunki wodno-powietrzne, zapobiega nadmiernym wahaniom temperatury (przemrożeniu gleby z korzeniami zimą i przegrzaniu latem), a dodatkowo po rozłożeniu jest źródłem naturalnych substancji odżywczych. Przyczynia się również z czasem do

rozgęszczenia gleby. W miejscach intensywnie użytkowanych może jednak wystąpić potrzeba zastosowania innych metod zabezpieczenia przed zagęszczeniem powierzchni gleby w misie.

W tabeli poniżej (tab. 1) zestawione zostały różne metody zabezpieczenia gleby i korzeni w misach.

Tab.1 Warianty pokrycia powierzchni gleby w misie drzewa lub pod jego koroną (TDAG 2014, zmienione)

rodzaj	zastosowanie	pielęgnacja	koszt
warstwa kory	rzadkie użytkowanie, przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, pod innymi systemami (np. pod kratami)	Kora musi być okresowo uzupełniana. Nie nadaje się do miejsc zamiatanych mechanicznie.	bardzo niski
luźne kruszywo naturalne	przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, otwarte przestrzenie o niskim, okazjonalnym użytkowaniu	Kruszywo będzie wymagało uzupełnienia od czasu do czasu. W sąsiedztwie pnia drzewa należy pozostawić strefę mulczu i okresowo ją uzupełniać. Nie nadaje się do miejsc zamiatanych mechanicznie.	niski
nawierzchnie mineralne i samo klinujące się kruszywa	przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, w miejscach, gdzie powierzchnia gleby w sąsiedztwie drzewa będzie użytkowana rzadko lub średnio często	Kruszywo będzie wymagało okresowego uzupełnienia i przegrabienia. Nie nadaje się do miejsc zamiatanych mechanicznie.	niski
elastyczne przepuszczalne nawierzchnie gumowe	przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, w miejscach, gdzie powierzchnia gleby w sąsiedztwie drzewa będzie użytkowana średnio, często i bardzo często	Strefa mulczu powinna zostać uwzględniona wokół pnia (i uzupełniana razie potrzeby).	średni
porowate nawierzchnie żwirowe wiązane żywicami epoksydowymi	przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, w miejscach, gdzie powierzchnia gleby w sąsiedztwie drzewa będzie użytkowana średnio, często i bardzo często	Może pękać pod naporem nabiegów korzeniowych, lub zatykać się jeżeli jest odśnieżana żwirem. Istnieje możliwość przemycia i przywrócenia wodoprzepuszczalności. Wokół pnia powinna zostać uwzględniona (i uzupełniana razie potrzeby) strefa mulczu.	średni
kraty do mis drzew	przejścia, misy w nawierzchniach utwardzonych, w miejscach, gdzie powierzchnia gleby w sąsiedztwie drzewa będzie użytkowana średnio, często i bardzo często	Kraty mogą być deformowane przez nabiegi korzeniowe. Uwięzione pod kratą śmieci wymagają okresowego ręcznego czyszczenia. Wokół pnia powinna zostać uwzględniona strefa mulczu (i uzupełniana w razie potrzeby).	wysoki

2.4 Nawierzchnie w strefie systemu korzeniowego drzewa

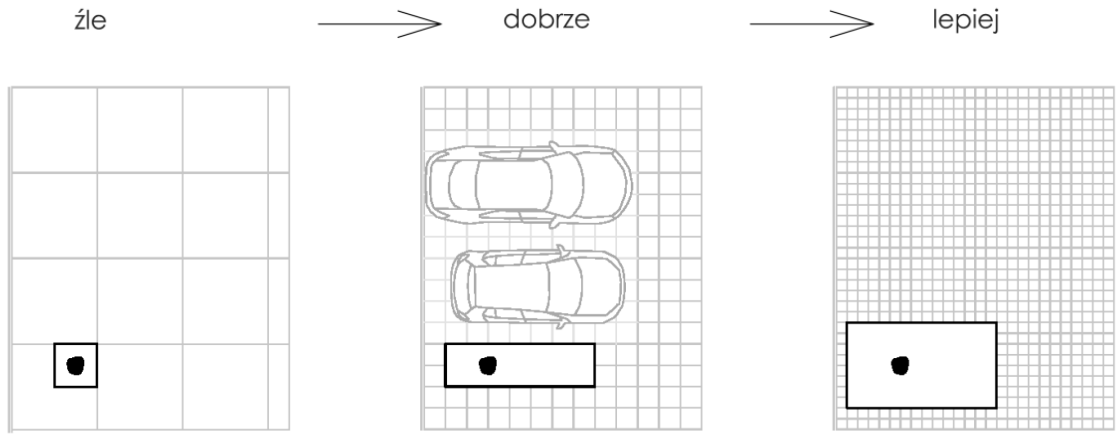
Jak wspomniano, jednym z najpoważniejszych czynników ograniczających rozwój korzeni jest zbyt mały dostęp powietrza i tlenu do systemu korzeniowego drzewa. Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych jest metodą, która pozwala na poprawę warunków siedliskowych, a jednocześnie w wielu przypadkach zastępuje tradycyjne nawierzchnie z kostki betonowej czy innych materiałów. Nawierzchnia przepuszczalna może

być przykładowo nawierzchnią mineralną, nawierzchnią z porowatego betonu asfaltowego, cementowego czy żywicznego, nawierzchnią z kostki kamiennej lub betonowej ułożonej z drobnych elementów z zachowaniem dużych fug (ryc. 8). Rodzaje nawierzchni przepuszczalnych omówione zostały w następnym rozdziale. Jedną z ogólnych zasad przy projektowaniu w systemach korzeniowych drzew nawierzchni z płyt lub kostek powinno być stosowanie drobnych elementów, dużych spoin wypełnionych przepuszczalnym materiałem (przykładowo piaskiem) lub wspomnianych wcześniej nawierzchni przepuszczalnych. Zgodnie z obecną na rynku ofertą mineralna nawierzchnia żwirowa może być o 50% tańsza od nawierzchni utwardzonej z kostki betonowej.

Zagrożeniem dla korzeni jest montaż lub wymiana standardowych obrzeży i krawężników. Przykładowo, aby osadzić krawężnik o wymiarach 15 x 30 x 100 cm wraz z podbudową, trzeba wykonać wykop o głębokości około 50 cm. Oznacza to w praktyce konieczność obcięcia znacznej części systemu korzeniowego drzewa. Aby tego uniknąć, można zastosować obrzeża kotwione punktowo, takie jak *ekobord*, specjalne prefabrykowane krawężniki z przestrzenią na rozwój korzeni (krawężniki typu mostowego) lub płytko posadowione obniżone krawężniki, jak np. tradycyjny krawężnik lub obrzeża cięte na pół. Poza tym nie zawsze montaż obrzeża jest konieczny. Nawierzchnie piesze mogą nie posiadać obrzeża miejscowo w sąsiedztwie drzewa, co eliminuje konieczność przycinania korzeni lub nabiegów korzeniowych drzewa. Rozwiązania tego typu są mniej kosztowne od rozwiązań tradycyjnych, a pozwalają na ochronę dużej części systemu korzeniowego drzewa.

Należy stosować:

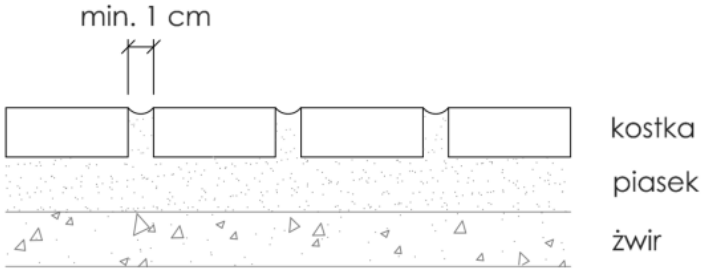
– jak najmniejsze elementy nawierzchni, jak największe rozmiary misy drzewa



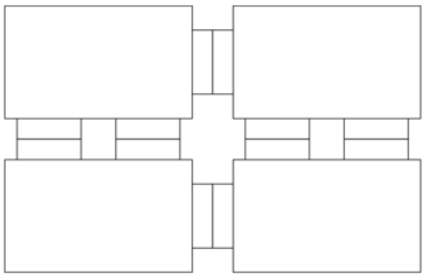
niewielka misa i płyty | misa nieznacznie powiększona i mniejsze płyty | duża misa i drobna kostka

– jak największe spoiny

– spoiny wypełnione przepuszczalnym materiałem



– kostki z dystansem



Ryc. 8 Zasady minimalizowania niekorzystnego wpływu nawierzchni utwardzonych na korzenie drzewa (za Szczepanowska 2001, rys. P. Świder, fot. M. Suchocka)

Budowa nawierzchni pieszych i jezdnych powoduje często konflikt pomiędzy koniecznością korytowania i obsadzenia krawężników czy obrzeży a korzeniami drzew. Uszkodzenie korzeni skutkuje osłabieniem żywotności drzewa, może też zwiększać ryzyko jego wykrotu. Sposobem minimalizowania konfliktu pomiędzy budową nawierzchni a drzewami jest podwieszenie nawierzchni nad korzeniami. Stosuje się również inne rozwiązania projektowe, które zwiększają powierzchnię dla korzenienia się drzew lub zapobiegają konieczności przycinania systemu korzeniowego. Może to być powiększenie powierzchni gleby dla rozwoju korzeni na drodze lokalnej, kiedy to cześć pasa zostanie przeznaczona na misy drzewa, czyli utworzenie wyspy kosztem części pasa jezdni. Rozwiązanie takie może być uzasadnione, chociażby z tego względu, że ma zastosowanie jako element uspokojenia ruchu (*trafic calming*) i w związku z tym poprawia lokalne bezpieczeństwo. Korzystne są również wszystkie inne działania, które zwiększają przestrzeń, w której korzenie nie muszą być przycinane – w przeciwieństwie do rozwiązań tradycyjnych.

Każde rozwiązanie pozwalające na zmniejszenie stopnia interwencji w system korzeniowy zwiększa szanse drzew na długoletni rozwój bez ryzyka wykrotu. Wskazane jest stosowanie rozwiązań zasygnalizowanych powyżej, ale również rozpatrywanie każdego wariantu projektowego pod kątem poszukiwania najmniej inwazyjnej dla drzew metody inżynieryjnej, przykładowo stosowanie nakładek na asfalt zamiast korytowania drogi w trakcie ich remontu. Poniżej przedstawione zostały propozycje rozwiązań inżynieryjnych mające na celu zmniejszenie negatywnego wpływu projektowanej infrastruktury na drzewa.

2.5 Nawierzchnie przepuszczalne

Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych pozwala na dostęp wody i powietrza do systemu korzeniowego, przez co poprawiają się warunki siedliskowe rozwoju drzew. W związku z powyższym ważną praktyką, która wspomaga wzrost roślin na terenach miejskich, jest likwidacja zapytywanych oraz nieprzepuszczalnych nawierzchni i zastępowanie ich nawierzchniami wodoprzepuszczalnymi. Przykładowo w miejscach o niewielkim natężeniu ruchu, takich jak drogi wewnętrzne, drogi ewakuacyjne czy miejsca parkingowe, można z powodzeniem zastosować ażurowe czy porowate systemy wzmacniania nawierzchni. Zastosowanie tych nawierzchni poza poprawą warunków rozwoju roślinności zapobiega uszczelnianiu terenu i zwiększa infiltrację (stopień małej retencji wodnej), minimalizuje konflikt pomiędzy infrastrukturą i drzewami oraz wpływa na zmniejszenie kosztów budowy instalacji burzowych.

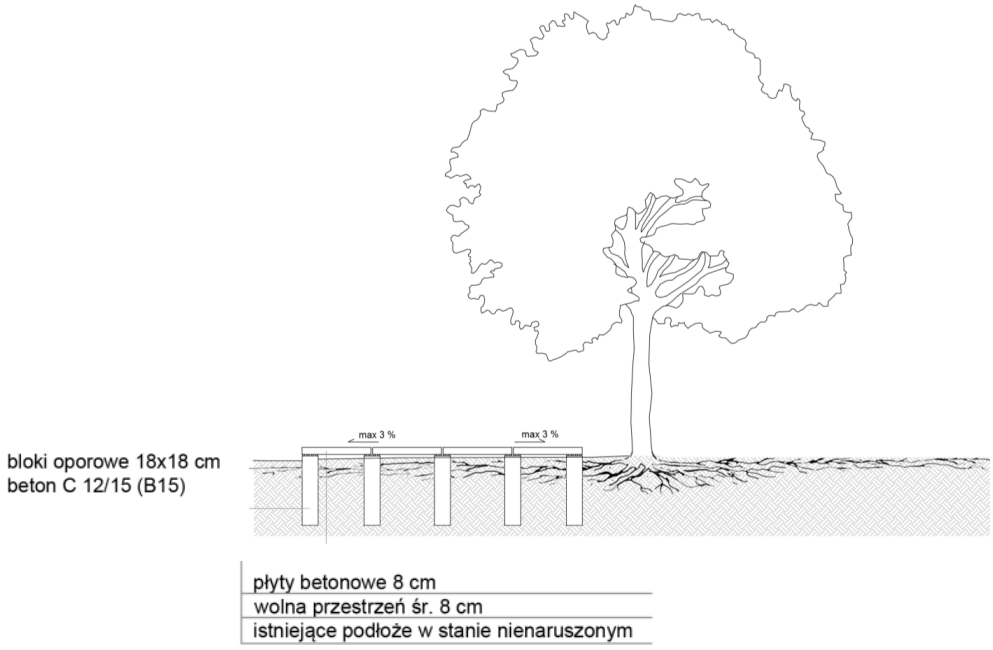
2.6 Podwieszone nawierzchnie

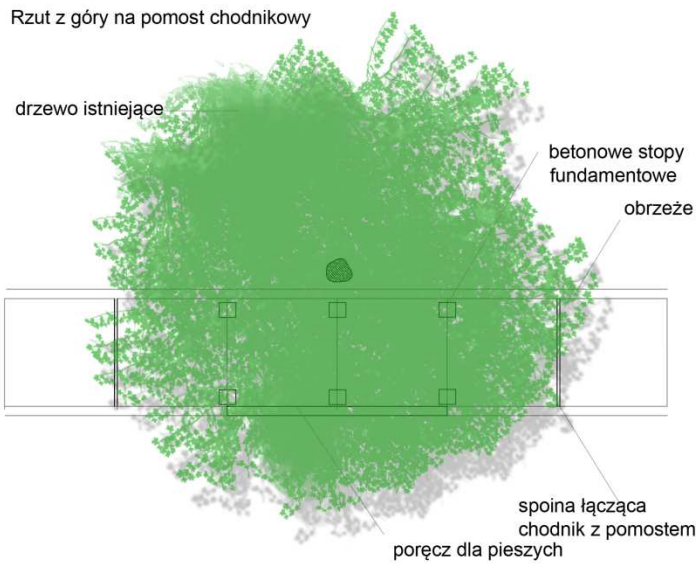
Drzewo rozwija się najlepiej, gdy rośnie w glebie rodzimej o prawidłowych właściwościach. W wielu sytuacjach gleba ta musi być chroniona przed zagęszczeniem. Jak wskazują badania, najskuteczniejszą metodą zabezpieczenia gleby przed ubiciem jest metoda podwieszanych nawierzchni (Smiley i in. 2006, Suchocka i Milanowska 2012). Podwieszona nawierzchnia jest również najprostszą, a jednocześnie bardzo skuteczną ochroną systemu korzeniowego drzewa. Metoda ta polega na punktowym wsparciu ciężaru nawierzchni i jej nadwieszeniu nad korzeniami drzewa, przykładowo przez montaż punktowych stóp fundamentowych z opartymi na nich płytami nawierzchni. Powstaje wtedy rodzaj tarasu lub podestu. Ten sposób projektowania zapobiega zagęszczeniu gleby, a jednocześnie umożliwia znaczne zmniejszenie konieczności cięcia systemu korzeniowego drzewa (ryc.: 9).

Zasada punktowego przenoszenia ciężaru konstrukcji możliwa jest do zastosowania również w przypadku budowania ogrodzeń i innych niewielkich konstrukcji budowlanych, co

zostanie opisane dalej. Zamiast na ciągłym, a przez to kosztownym fundamencie konstrukcja opierana jest na fundamentach niewielkich, punktowych. Miejsca posadowienia konstrukcji można dobrać tak, aby zlokalizowane były pomiędzy głównymi korzeniami, co prawie całkowicie eliminuje prawdopodobieństwo ich uszkodzenia (ryc. 9).

Podwieszone mogą zostać konstrukcje o nawierzchni z płyt kamiennych, betonowych, drewnianych desek, metalowych płyt, krat pomostowych lub tafli szklanej. Przykładowo dostępne są płyty tarasowe SLABB z betonu architektonicznego o wymiarach maksymalnie 120 x 60 cm i grubości 5 cm, których zastosowanie pozwala na dopasowanie stóp fundamentowych do układu korzeni drzewa. Szkło może być natomiast stosowane jako hartowane, klejone (tzw. wielowarstwowe lub laminowane), czyli powstałe z połączenia dwóch lub więcej tafli z użyciem foli lub żywicy oraz bezpieczne (hartowane lub laminowane), zweryfikowane w badaniach wg normy PN-EN 12600:2004 Szkło w budownictwie. Górna szyba często jest hartowana i pokryta sitodrukiem antypoślizgowym. Przykładowo do budowy podwieszanego nad korzeniami drzewa chodnika można zastosować szklaną taflę ze szkła hartowanego lub hartowanego i laminowanego, mocowanych na stalowych, nierdzewnych elementach. Do montażu podestów mogą być też wykorzystane systemy profili aluminiowych. Płyty lub deski układane są w takim przypadku na stelażu z kształtowników lub profili ułożonych na punktowych fundamentach.





Ryc. 9 Przykład nawierzchni tarasu drewnianego oraz chodnika, fundamentowanego **punktowo** podwieszonej nad systemem korzeniowym drzewa

2.7 Systemy antykompresyjne

Duży stopień antropopresji na obszarach miejskich skutkuje zwiększaniem powierzchni zabudowanych, zmniejszaniem się powierzchni biologicznie czynnych, budową gęstej sieci infrastruktury podziemnej, powstawaniem nawierzchni nieprzepuszczalnych, utrudniających dostęp tlenu i wody do korzeni drzew (Embrén i in. 2009, Craul 1992, Breś 2008, Suchocka 2011). Silna ingerencja człowieka w krajobraz miejski prowadzi do powstania gleb antropogenicznych o właściwościach utrudniających prawidłowy wzrost i rozwój roślinności, w szczególności drzew. Degradacja gleby, która jest nieodnawialnym elementem środowiska, jest procesem nieodwracalnym, gdyż nie istnieje skuteczna i szybka metoda przywrócenia jej struktury i właściwości. Również negatywny wpływ na stan gleb mają skutki prac budowlanych prowadzonych w obrębie systemu korzeniowego drzew, powodujące uszkodzenia mechaniczne i zagęszczenie gleby (Suchocka 2009, Suchocka 2010). Gilbertson i Bradshaw (1990) określili, że 23% nowo sadzonych drzew w Liverpoolu obumarło po trzech sezonach wegetacyjnych. Uważa się, że ograniczona ilość gleby i zwiększone jej zagęszczenie są głównymi czynnikami stresowymi ograniczającymi możliwość długiego i zdrowego wzrostu oraz rozwoju drzew. Mullins (1991) stwierdził, że dla większości typów gleb wzrost korzeni jest znacznie ograniczony przy zagęszczeniu gleby

przekraczającym 1,6 g/cm^3. Powszechnie występuje sytuacja, gdy gleba na terenach miejskich zagęszczona jest w większym stopniu, szczególnie ta w sąsiedztwie dróg.

W związku z często trudnymi warunkami siedliskowymi wymiana gleby, która nie zapewnia drzewom szans do prawidłowego rozwoju, jest często jedynym sposobem na ich obecność w miastach. Alternatywą do wymiany gleby i jednocześnie szansą na nasadzenia nowych drzew lub utrzymanie drzew już istniejących w warunkach nadmiernej presji antropogenicznej jest zastosowanie systemów antykompresyjnych. Celem budowy systemów antykompresyjnych jest umożliwienie rozwoju korzeni, czyli sprzyjające warunki umożliwiające stały ich wzrost, ponieważ tylko cienkie, ciągle rosnące korzenie żywicielskie mają zdolność do pochłaniania wody i zawartych w niej soli mineralnych (Szczepanowska 2001). Cel ten osiągany jest przez ochronę przed zagęszczeniem gleby o odpowiednich właściwościach dla rozwoju korzeni drzew.

Ryc. 10 Schemat zastosowania podłoży strukturalnych jako warstwy nośnej pod nawierzchnię, a jednocześnie strefy nasadzenia drzew w silnie zurbanizowanych warunkach miejskich (rys. A. Łaban)

Zaprojektowane specjalnie w celu ochrony korzeni drzew konstrukcje systemu antykompresyjnego budowane są w postaci chodników podwieszonych, systemów komórkowych lub modyfikowanej warstwy nośnej pod nawierzchniami, czyli szkieletu konstrukcyjnego chroniącego znajdującą się wewnątrz glebę przed zagęszczeniem. Specjalnym rodzajem systemu antykomresyjnego są zmodyfikowane podbudowy pod nawierzchnie, które występują pod postacią mieszanki kamienno-glebowej i zwane są

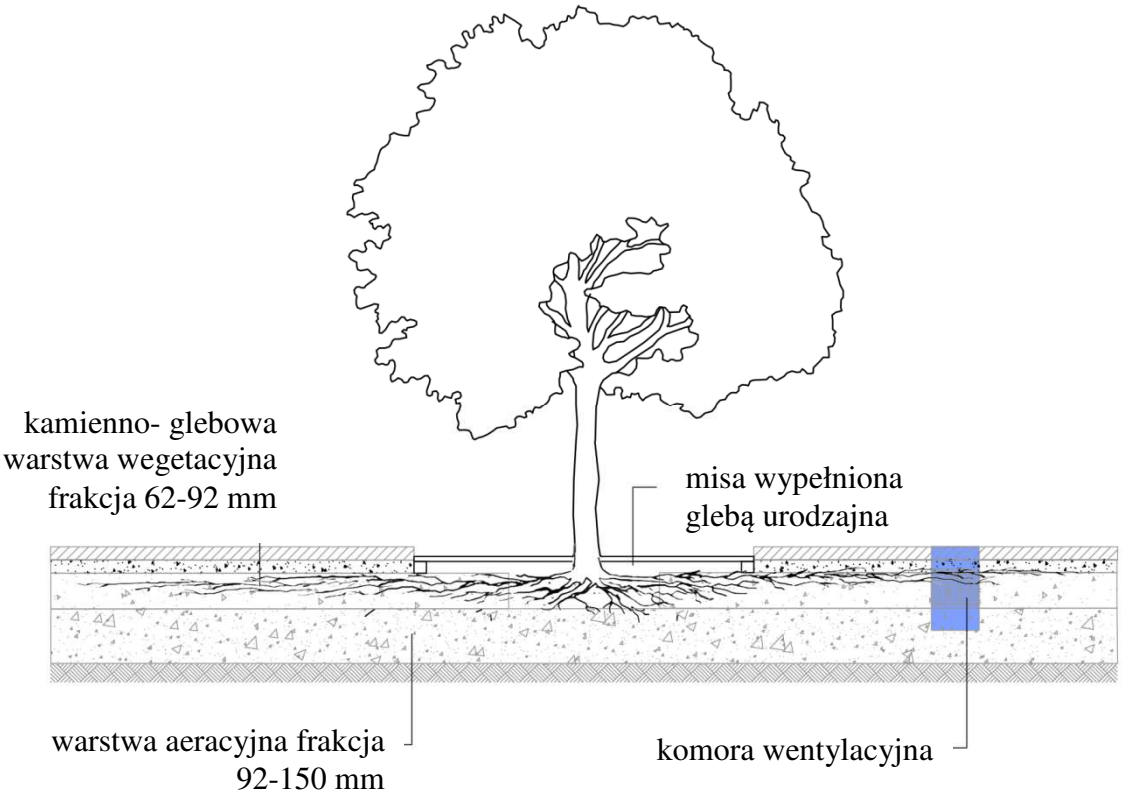
podłożami strukturalnymi. Systemy antykompresyjne mogą pełnić funkcję warstwy nośnej dla nawierzchni pieszych i jezdnych. Mogą być układane pod chodnikami, jezdniami, placami czy parkingami. Teoretycznie zapewniają możliwość dowolnego kształtowania przestrzeni korzenienia się dla drzew, stwarzają optymalne warunki dla rozwoju korzeni oraz dają możliwość zastosowania nasadzeń drzew i krzewów nawet w warunkach powtarzającego się zasolenia. Systemy antykompresyjne mogą być stosowanie do miejscowej modyfikacji i powiększenia podłoża dostępnego dla korzeni w formie krypt pod nawierzchnią czy różnego rodzaju ścieżek dla korzeni. System antykompresyjny jest najbardziej skuteczny w sytuacji, gdy zastosowana jest również nawierzchnia wodoprzepuszczalna umożliwiająca dostęp wody i tlenu do korzeni drzew. Jeżeli nie jest stosowana przepuszczalna nawierzchnia, systemy muszą być zaopatrzone w inne rozwiązanie techniczne pozwalające na doprowadzenie wody i tlenu, takie jak studzienka rewizyjna. Poniżej opisane zostały różne rodzaje systemów antykompresyjnych.

Za najbardziej skuteczny i uniwersalny system antykompresyjny uważana jest mieszanka kamienno-glebowa (Suchocka Milanowska Suchocka Kociel).

2.5 Podstawowe parametry podłoża strukturalnego(mieszanki kamienno-glebowej)

W podłożu strukturalnym część pustych przestrzeni pomiędzy kruszywem wypełniona jest substratem, który później jest zagęszczany i tworzy jednolitą całość. Poprawne wykonane podłoża powoduje, że po zagęszczeniu pozostają duże przestrzenie, które zapewniają warunki do wzrostu korzeni i napowietrzenia strefy korzeniowej (Trowbridge i Bassuk 2004). Nowe drzewa sadzone są w tym systemie w standardowy sposób. W ich sąsiedztwie układana jest dwoma warstwami mieszanka kamienno-glebowa w celu zwiększenia powierzchni dostępnej do rozwoju korzeni pod ciągami pieszymi, jezdnymi, pieszo-jezdnymi, na placach oraz na otwartych powierzchniach rabat i trawników narażonych na zagęszczenie gleby. Podłoże budowane jest z dwóch warstw kruszywa łamanego (warstwy nośne nawierzchni) o różnej frakcji, pomiędzy które wmywany jest substrat dla podłoży strukturalnych (środowisko rozwoju korzeni) (ryc. 11). Mieszanka kamienno-glebowa powinna być instalowana w korycie drogowym o głębokości minimum 60 cm (w strefie do 1 m wokół pnia) i jeżeli to możliwe 90 cm w dalszej odległości w strefie korzeniowej drzewa.

Substrat do wmycia w mieszankę kamienno-glebową powinien zawierać 5 – 8% wagowych próchnicy do głębokości 40 cm. Poniżej 40 cm zawartość próchnicy powinna wynosić < 2% wagowych. Substrat powinien być jednorodny w całym profilu, nie można dopuścić do dużych różnic w fakturze pomiędzy frakcją organiczną a frakcją mineralną w substracie. Optymalne pH substratu powinno oscylować pomiędzy 5,5 a 7. Na 1 m^3 kamienia łamanego przypada 0,25 m^3 substratu.



Ryc. 11 Podłoże strukturalne na bazie mieszanki kamienno-glebowej, schemat (Alvem i in. 2009, Suchocka 2013)

W lokalizacjach, gdzie istnieje zagrożenie nadmiernego zasolenia gleby, stosowana jest mieszanka glebowa z dużym udziałem frakcji piaszczystych i żwiru, która powoduje, że sól jest łatwo wypłukiwana z podłoża i istnieje niewielkie ryzyko jej negatywnego wpływu na drzewa. W takich miejscach należy stosować do nasadzeń gatunki tolerujące ubogie gleby oraz monitorować nawadnianie i nawożenie drzew. Natomiast w miejscach narażonych na okresowe zalewanie konieczne jest sadzenie gatunków drzew tolerujących okresowe podtapianie.

Do szkieletu z materiału strukturalnego należy wmywać substrat, w którym zawartość gliny nie przekracza 8% wagowych, aby zapobiec utracie nośności mieszanki. Należy wymieszać z substratem wolno działający nawóz o czasie uwalniania minimum 12 miesięcy.

Substrat po sprawdzeniu, czy spełnia stawiane mu wymogi jakościowe, musi być wmywany w kruszywo w miejscu układania, nie wolno mieszać kruszywa z substratem i transportować materiałów razem. Kruszywa zastosowane w podłożach strukturalnych nie powinny wpływać na wzrost pH. Optymalne pH powinno wynosić w granicach 5,5 – 6,3, jednak Łukaszkiewicz (2006) za Nelly Watson (1998) i Coder (2000 c) określają przedział granicznych wartości pH dla rozwoju korzeni na poziomie od 3,5 do 8,2.

Stosowane od ponad 20 lat poza granicami naszego kraju podłoża strukturalne wykonywane są z materiałów pozyskiwanych z danych okolic. W USA używane są do tego celu twarde skały lub skały wulkaniczne, natomiast w krajach skandynawskich materiały pozyskiwane są z lokalnych kamieniołomów.

Podłoża antykomprestyjne mogą być stosowane w przypadku drzew nowo sadzonych, jak również w celu wymiany zagęszczonej gleby do poprawy warunków siedliskowych dojrzałych drzew istniejących. System ten daje możliwość stosowania mieszanki w miejscach niedostępnych dla modułowych elementów innych systemów. W przypadku wymiany gleby w sąsiedztwie drzew istniejących strefa wymiany uzależniona jest od kształtu systemu korzeniowego. Podłoże usuwane jest w takim przypadku z korzeni metodą mało inwazyjną, przykładowo przez wymywanie lub wydmuchiwanie na głębokość średnio 40 cm. Po usunięciu podłoża podglebie jest rozluźniane i w wykopie układane są warstwy kamieni łamanych o zmniejszającej się frakcji, a następnie wmywany jest substrat do podłoży strukturalnych, analogicznie jak w przypadku układania podłoża dla sadzenia drzew młodych.

W krajach skandynawskich oraz USA podłoża strukturalne na bazie kruszyw łamanych stosowane są na glebach zasolonych lub zdegradowanych. Podłoża te stosowane były do nowych nasadzeń, ale również w przypadku drzew wykazujących oznaki zamierania. Wtedy to uboga, zasolona lub zagęszczona gleba wymieniana była na podłoże strukturalne. Gleba zdegradowana rozluźniania była za pomocą lancy ze sprężonym powietrzem i następnie odsysana. Na odkryte korzenie nasypywano nową glebę urodzajną lub układano podłoża strukturalne, będące podbudową pod nawierzchnie piesze lub pieszo- -jezdne.

Stara gleba usuwana za pomocą urządzeń pneumatycznych (rozluźnianie za pomocą sprężonego powietrza i odsysanie) zastępowana jest przez kruszywo łamane układane warstwami o zmniejszającej się frakcji. Przykładowo najniżej układana jest frakcja 16-32 mm dla łamanych kamieni, przykryta frakcją 4-16 mm łamanych kamieni, powyżej frakcja 2-4 mm kamieni łamanych. W każdą z warstw wmywana jest gleba urodzajna.

Zarówno mieszanka kamienno - glebowa, jak i inne podłoża antykompresyjne muszą mieć udokumentowaną nośność, przykładowo badaniem VSS, odpowiednią w zależności od obciążenia ruchem KR, który zgodnie z katalogiem (1, 2)[1] wynosi:

Dla dróg o ruchu „lekkim" KR1-KR2 podłoże powinno posiadać nośność E2 > 80 MPa.

Dla dróg o ruchu „średnim" KR3-KR4 podłoże powinno posiadać nośność E2 > 100 MPa.

Dla dróg o ruchu „ciężkim" KR5-KR7 podłoże powinno posiadać nośność E2 > 120 MPa.

W przypadku dróg rowerowych i ciągów pieszo-jezdnych E2 > 60 MPa.

Mieszanki kamienno-glebowe mogą być stosowane jako narzędzie poprawy małej retencji wodnej na terenach zurbanizowanych. Drzewa rosnące w podłożu strukturalnym poprawiają stopień retencji. Woda opadowa zatrzymuje się częściowo w koronie i stąd jest wyparowywana, a cześć jej spływa po liściach i pniu na nawierzchnię pod koroną drzewa i dostaje się do warstw systemu antykompresyjnego. Nadmiar zostaje odprowadzony przez rewizyjne studzienki, natomiast okresowo stagnująca woda przesącza się do gleby. Cześć wody z warstw podłoża transportowana jest przez korzenie do korony i następnie wyparowywana w procesie transpiracji. Omówione procesy zmniejszają ilość wody odpływającej do kanalizacji burzowej, co w sytuacji coraz częściej występujących nawalnych deszczów może wpływać znacząco na poprawę zdolności retencyjnych terenów zurbanizowanych.

Podsumowując do budowy mieszanki kamienno-glebowej powinny być stosowane kruszywa o pH najlepiej 5,5 do 7,5. Jednak najkorzystniej jest, kiedy pH jest bliżej tego przedziału 5,5 do 6,3.

Do budowy podłoża używane są frakcje:

- 31,5 do 63 (górna warstwa wegetacyjna minimum 20 cm)
- 63-120 (dolna warstwa areacyjna minimum 30 cm).

Kruszywo, po zagęszczeniu powinno spełniać warunki nośności dla ruchu pieszego i rowerowego (chodniki i ścieżki rowerowe), oraz jezdnego (parkingi), czyli należy wybierać skały o największej twardości, mrozoodporności, odporności na ścieranie, czyli materiał pochodzenia wulkanicznego (bazalt, granit). Niektóre kopalnie (Gronów) mogą wyprodukować kruszywo o żądanych frakcjach, inne (Strzegom) mają ustalony profil

---

1

1] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych; załącznik do Zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.

2] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych; załącznik do zarządzenia.

produkcji (31,5mm - 63mm oraz 70mm - 150mm). W sytuacji zmiany uziarnienia należy przed wykonaniem podłoża wykonać testy nośności VSS podłoża wykonanego z ich zastosowaniem.

Substrat wmyty w mieszankę powinien gwarantować dobre miejsce do korzenienia się drzewa i jednocześnie spełniać wymagania na nośność dla dużego natężenia ruchu. Te kryteria są spełniane, gdy do szkieletu z kruszywa wmywany jest substrat, w którym zawartość gliny nie przekracza 8% wagowych (Alven i in. 2009).

Gleba urodzajna odpowiednia do mieszanki kamienno-glebowej:

- może być wmyta w głąb całej konstrukcji szkieletu,
- zawiera pewną ilość części spławialnych i próchnicy, które pomagają zatrzymać składniki odżywcze i wodę (substrat powinien zawierać 5-8% wag. próchnicy do głębokości 40 cm. Poniżej 40 cm zawartość próchnicy powinna wynosić < 2% wag.),
- substrat powinien być jednorodny w całym profilu. Nie powinno być dużych różnic w fakturze pomiędzy torfem, a frakcją mineralną w substracie,
- tekstura substratu musi być jednorodna aby substrat posiadał stabilną i trwałą strukturę,
- substrat musi spełniać ogólne wymagania dotyczące stanu składników pokarmowych.

Próbki do analizy stanu składników odżywczych muszą być zawsze pobierane z substratu. Analizę przeprowadza laboratorium, które specjalizuje się w badaniach nad substratami. Wyniki analiz określają jaki nawóz powinien być zastosowany do substratu przed jego użyciem. Próbki muszą być zebrane niezależnie od tego czy występuje rodzima gleba na miejscu czy używana jest sztuczna gleba. Analiza przedstawia również rozkład wielkości cząsteczek substratu (Alven i in. 2009).

Drzewa sadzone są w standardowych misach wypełnionych glebą urodzajną, mieszanka kamienno – glebowa stosowana jest pod nawierzchniami i może być stosowana pod trawnikami i rabatami w miejscach narażonych na wydeptywanie.

Podłoże urodzajne do mis:

- normalne parametry glebowe,
- duża zawartość części spławialnych,
- dobra pojemność wodna i zasobność w składniki pokarmowe.

4. Wnioski

W sytuacji dużego nasycenia nawierzchniami nieprzepuszczalnymi i związanej z tym ograniczonej objętości gleby dla rozwoju korzeni, rozwiązaniem poprawiającym warunki rozwoju drzew jest zastosowanie antykompresyjnych. W warunkach ścisłego centrum najbardziej uniwersalnym rozwiązaniem jest mieszanka kamienna-glebowa.

W związku z kształtem systemu korzeniowego nie ma kolizji pomiędzy sieciami a podłożem i korzeniami, które się w nim rozwijają. Podłoże powinno mieć miąższość minimum 60 cm lub 100 cm (dwie warstwy podłoża oraz warstwa ścieralna). Drzewo sadzone jest w standardowej misie.

Zastosowanie lokalnych produktów zmniejsza koszty budowy mieszanki kamienno-glebowej.

Zastosowanie mieszanki kamienno-glebowej poprawia warunki siedliskowe rozwoju drzew, zapewnia warunki dla długiego, bezpiecznego rozwoju.

Bibliografia

Bartosiewicz A. 1998Urządzanie terenów zieleni

Craul P.J. 1994: Urban Solis; An Overwiew and Their Future [w:] Landscape Below Ground, The International Society of Architecture, Savoy, USA, 120-124.

Dujesiefken D., Drenou C., Oven P., Strobbe H. 2005: Arboricultural Practices [w:] Urban Trees and Forests, 419-441.

Engel A., 4/2008;Ochrona podczas inwestycji, w: Zieleń Miejska, Poznań

Fortuna-Antoszkiewicz B. i inni, 2007;Urządzanie i pielęgnacja terenów zieleni

Grabowsky J., Gilman E. 2004: Mesurment and Prediction of Tree Growth Reduction from Tree Planting Space design in Estabished Parking Lots. Journal of Arboriculture 30(3), 154-164.

Gruszecki K.; 5/2012;Drzewo – pojęcie prawne, w: Zieleń Miejska, Poznań

Hamilton W.D. 1998: Significance of Root Severance on Performance of established trees. Journal of Arboriculture, 12, 288-292.

Johnson G. R. 1999: Protecting Trees from Construction Damage: A Homeowner's Guide. University of Minnesota Extension Service http://www.extension.umn.edu/catalog/item.html?item=06135 [dostęp 05.06.08]

Korzeniewski W., 2002;Odległości w zabudowie i zagospodarowaniu terenu

Kosmala M. 2001: Systemy korzeniowe drzew. Fakty i mity. [w:] Zieleń Warszawy. Problemy i nadzieje. Mat. Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej, Warszawa-Powsin, 57-72.

Kosmala M. 2005: Co każdy arborysta o korzeniach drzew wiedzieć powinien. Uprawa i Ochrona Drzew nr 14., Międzynarodowe Towarzystwo Uprawy i Ochrony Drzew, 31-41.

Kosmala M., Rosłon-Szeryńska E., Suchocka M. 2009a: Influence of Mechanical Damage on the Condition of Trees. Ann. Warsaw Agriculi. Univ. – SGGW

Kosmala M., Rosłoń-Szeryńska E., Suchocka M. 2009b: Metoda oceny kondycji drzew z uwzględnieniem bezpieczeństwa i uszkodzeń mechanicznych. IGPIM, Warszawa, 16, 60, 102
K□stler J. N. Bruckner E. Bibelriether 1968 Di Wurzeln der Walderbaume. Untersuchen zur Morphologie der Walderbaume in Mitteleuropa. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.
Lindley P.A. Gross R., Milano B. 1995: An investigation to Assess the Impact of Street Infrastructure Improuvements on the Roots af Adjacent Cork Oak Trees. Trees and Building Sites ISA, Savoy, Illinois, 22-32.

Łowicka K. i inni, 2010;Wytyczne zakładania i utrzymania zieleni przydrożnej, GDDKiA, Warszawa

Majdecki L. 1986: Tabela wiekowa drzew
Neufert E., 2011;Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego, Arkady, Warszawa

Nowocin K. i inni, 2008;Założenia towarzyszące projektowaniu i urządzaniu terenów zieleni wzdłuż warszawskich ulic, Materiały konferencyjne - Od promenady do autostrady, Warszawa

Örjan Stäal, 2005; Trees and underground pipes from a problem in to a resorce, Swidish University of Agricultural Sciences

Randrup T.B. 2005: Development of Danish Model for Plant Appraisal. Journal of Arboriculture 31(3), 114-123.

Rudawa D., 4/2007;Na Krakowskim Przedmieściu, w: Zieleń miejska, Poznań

Rudawska 1995 Mikoryza jesionu jesiony Kurnik
Shigo A. 1991: Modern arboriculture: A systems approach to the care of trees and their associates. Shigo and Trees Associates LLC., New Hampshire.

Siewniak M., 11/2009;Zagrożenia dla drzew na placach budów, w: Zieleń Miejska, Poznań

Simson A, 2005, Urban Forestry in Europe. Innovative Sollutions and Future Potential, [w:] Konijnendijk K.N. i in., Urban Forest and Trees, A Reference Book, Sprinter-Verlag Berlin, Heidelberg, New York: 479-504.

Smith K. D., May P.B., Moore G.M. 2001: The influence of Compaction and Soil Strength on the Establishment of Four Australian Landscape Trees. Journal of Arboriculture 27(1), 1-7.

Stokes A., Fourcaud T., Hruska J., Cermak J., Nadyezdhina N., Nadyezhdin V., Praus L. 2002: An evaluation of different methods to investigate root system architecture of urban trees in situ: Ground-penetrating radar. Journal of Arboriculture, 28(1), 2-10.

Suchocka M. 2010 Wpływ warunków siedliskowych na żywotność drzew na terenie budowy. Praca doktorska w Katedrze Architektury Krajobrazu SGGW w Warszawie.
Suchocka M. 2013 Ocena warunków siedliskowych oraz bariery rozwoju istniejących drzew na terenie fragmentów dzielnic Praga Północ i Praga Południe
Suchocka M. 2016 Organizacja robót budowlanych na terenach zadrzewionych IGPIM Warszawa
Suchocka M. 2016 Projekt ochrony drzew w procesie inwestycyjnym IGPIM Warszawa
Suchocka M. 2016 Inżynieryjne metody poprawy warunków rozwoju drzew w miastach IGPIM Warszawa
Suchocka M. 2014. Wprowadzenie do podstawowej diagnostyki drzew w: Witkoś-Gmach K., Tyszko-Chmielowiec P. (red.) Drzewa w krajobrazie Podręcznik praktyka FER Wrocław

Szczepanowska H.B. 2001: Drzewa w mieście, Hortpress Warszawa, 151, 168-169.

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

Szczepanowska H.B., 3-4/2008;Drzewa w otoczeniu ulic-problemy inżynieryjne, społeczne, ekonomiczne, oraz bezpieczeństwa, w: Człowiek i Środowisko, Warszawa

Szczepanowska H.B., Latos A., Białecka - Kornatowska B. 2009: Synteza badań wyceny wartości drzew na terenach zurbanizowanych. IGPIM, Warszawa.

Szulc A., 2013;Zieleń przy ulicach, Agencja Promocji Zieleni, Warszawa

Szulc A., 5/2007;Problemy i zagrożenia, w: Zieleń Miejska, Poznań

Szweykowska A., Szweykowski J., 2003;Słownik botaniczny

Tyszko-Chmielowiec P. i Witkoś K. red., 2012;Aleje – podręcznik użytkownika, Fundacja EkoRozwoju, Wrocław, Coder K. D. 1996: Construction Damage Assessment Trees and Sites. University of Georgia.

Urban J. 2008: Up By Roots Healthy Soils and Trees in the Built Environment. ISA, Champain Illinoise, 95-96, Watson G.W. 2005: Root Development After Transplanting [w:] The Landscape Below the Ground, ISA, Champain Illinoise, 54-58.

AKTY PRAWNE I ROZPORZĄDZENIA

Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r.;

Ustawa o drogach publicznych z dnia 21 marca 1985 r.;

Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r.;

Ustawa z 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody – tekst jednolity: Dziennik Ustaw rok 2015 poz. 1651.

Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r.;

Ustawa o przeznaczeniu gruntów rolnych do zalesienia z dnia 8 czerwca 2001 r. ;

Ustawa o wspieraniu usług i sieci telekomunikacyjnych z dnia 7 maja 2010 r.;

Ustawa o normalizacji z dnia 12 września 2002 r.;

Ustawa Kodeks Cywilny z dnia 23 kwietnia 1964 r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, z dnia 2 marca 1999 r.;

Rozporządzenia w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych, z dnia 16 stycznia 2002 r.;

Rozporządzenie w sprawie wymagań w zakresie odległości i warunków dopuszczających usytuowanie drzew i krzewów, elementów ochrony akustycznej i wykonywania robót ziemnych w sąsiedztwie linii kolejowej, a także sposobu urządzania i utrzymywania zasłon odśnieżnych oraz pasów przeciwpożarowych, z dnia 7 sierpnia 2008 r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami publicznymi i ich usytuowanie, z dnia 26 lutego 1996r.;

Rozporządzenie jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie, z dnia 30 maja 2000r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie, z dnia 26 października 2005 r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie, z dnia 21 listopada 2005r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe, z dnia 30 lipca 2001 r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie z dnia 21 listopada 2005 r.;

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r.;

Rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na zalesianie gruntów rolnych objętych planem rozwoju obszarów wiejskich z dnia 11 sierpnia 2004 r.;

Rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania ˝Zalesianie gruntów rolnych oraz zalesianie gruntów innych niż rolne˝ z dnia 18 czerwca 2007 r.;

Rozporządzenie w sprawie określenia szczegółowych wymagań w zakresie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego, ratownictwa technicznego, chemicznego, ekologicznego lub medycznego oraz warunków jaki powinny odpowiadać drogi pożarowe z dnia 15 stycznia 1999 r. Rozporządzenie uchylone;

Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego Praga Centrum, 2010;

Polska Norma PN-E-05100-1:1998 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi. Norma wycofana;

Polska Norma PN-EN 50341-3-22:2010; Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV;

Polska Norma PN-E-5125:1976 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe - Projektowanie i budowa. Norma wycofana;

Polska Norma PN-B-10725 Wodociągi, Przewody zewnętrzne, Wymagania i badania. Norma wycofana;

Norma branżowa BN-7/8984-09 Telekomunikacyjne linie napowietrzne – Ogólne wymagania i badania. Norma wycofana;

Odpowiedź podsekretarza stanu w Ministerstwie Infrastruktury, z upoważnienia Ministra na zapytanie poselskie nr 2629 w sprawie określenia odległości od granicy sąsiadującej działki, w jakiej można sadzić drzewa i krzewy;

Zarządzenie nr 9/2009 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z 4 maja 2009 Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego, Załącznik nr 24 Utrzymanie Roślinności.

Zarządzenie nr 5 Ministra Gospodarki Komunalnej z 1965 r.;

Tabela najmniejszych odległości położenia urządzeń podziemnych i nadziemnych w nowo projektowanych ulicach (materiały edukacyjne dla studentów architektury krajobrazu SGGW 1992-96r.);

Materiały z Projektu Badawczego Nr 3 pt. „Ocena funkcjonowania drzew i krzewów w warunkach oddziaływania infrastruktury technicznej miasta" dr hab. Halina Barbara Szczepanowska, dr Marek Sitarski, dr Marzena Suchocka, mgr Leszek Sobczyński, mgr Małgorzata Pstrągowska, mgr Jan Olizar, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa;

Materiały konferencyjne "Zieleń miejska – Naturalne bogactwo miasta" 2005-2012;

Materiały konferencyjne „Drzewa a infrastruktura miejska", 2007;

Internetowe forum prawne http://forumprawne.org/prawo-nieruchomosci-lokalowe-budowlane/3378-odleglosc-sadzenia-drzew-od-granicy-dzialki.html.