

Ryszard MALINOWSKI¹, Marcin KUBUS², Edward MELLER¹,
Marta WOJCIESZCZUK¹

PARAMETRY FIZYCZNE MIESZANEK KAMIENNO-GLEBOWYCH POLECANYCH DO UPRAWY DRZEW I KRZEWÓW W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I TERENACH ZDEGRADOWANYCH

PHYSICAL PARAMETERS OF STRUCTURAL SOILS RECOMMENDED FOR TREE AND SHRUBS CULTIVATION ON URBAN AND DEGRADED AREAS

¹ Zakład Gleboznawstwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Juliusza Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: ryszard.malinowski@zut.edu.pl

² Katedra Dendrologii i Kształtowania Terenów Zieleni, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3A, 71-459 Szczecin

Abstract. One method of improving the conditions for growth and development of urban trees is the use of stone and soil mixtures called structural soils. Studies provided by various authors indicate that beside the salinity the main factor of trees decaying is excessive soil compaction and lack of appropriate water-air relations. The aim of the research was to determine the basic physical parameters of two structural soils: Hydralit ZN – Baustoffe GmbH, Baumsubstrat and Hydralit ZU – Baustoffe GmbH, Baumsubstrat's Tegra. The study showed that the structural soil Hydralit ZN is classified as a very strong skeletal soil and skeletal-sandy. This structural soil is characterized by the bulk density of 1.37–1.46 g · cm⁻³, the total volumetric water capacity 35.4–37.7% capillary water capacity 25.49–30.16% and air porosity 5.22–10.71%. The second of the analyzed structural soil – Hydralit ZU, consists mainly of gravel, which was attributed to the very skeletal. It is characterized by high total porosity 35.39–40.61%, non-capillary porosity – 9.80–17.53% and capillary porosity – 22.53–27.58%. The physical properties of both substrates ensure correct water-air properties and mechanical ones for proper rooting and growth of trees.

Słowa kluczowe: mieszanka kamienno-glebowa, tegra, właściwości fizyczne, zastosowanie w terenach miejskich.

Key words: physical properties, structural soil, Tegra, used in urban areas.

WSTĘP

W aglomeracjach miejskich duży problem stanowią nasadzenia drzew i krzewów oraz ich utrzymanie w dobrej kondycji. Szczególnie dotyczy to upraw na wąskich pasach zieleni, często zabudowanych, wzdłuż chodników, jezdni, na parkingach itp. Obecnie często stosuje się różne technologie nasadzeń drzew z wykorzystaniem systemów nawadniająco-napowietrzających, elementów-modułów antykompresyjnych (systemy komórek i celi wypełnianych podłożem), specjalnych ścieżek dla korzeni oraz mieszanek kamienno-glebowych, zwanych glebami strukturalnymi (structural soil) lub podłożami antykompresyjnymi. Mieszanki kamienno-glebowe mają wiele zalet: umożliwiają wprowadzenie drzew w przestrzeń chodników lub w wąskich pasach ulic; zapewniają właściwe warunki wodno-powietrzne w glebie, ukierunkowują rozwój

systemu korzeniowego drzew, co pozwala na ominięcie infrastruktury podziemnej i zapewniają równomierny wzrost korzeni, zapewniający zachowanie statyki drzewa (Szczepanowska 2001, Bassuk i Trowbridge 2004, Garczarczyk 2008).

Podobne mieszanki kamienno-glebowe, o nazwie CU-Structural Soil, po raz pierwszy zastosowane w 1994 roku, przez naukowców z Cornell University w Ithaca w USA, sprawdziły się dobrze, o czym świadczy wzrost i rozwój posadzonych roślin (Grabosky i in. 2005). Substrat składał się z trzech komponentów wymieszanych ze sobą w następujących proporcjach wagowych: kamień jednokrotnie łamany (granit, wapień o uziarnieniu 13–25 mm) – 100, glina ilasta – 20, hydrożel – 0,03. Ilość materii organicznej powinna wynosić od 2 do 5%. Kliniec tworzy szkielet substratu o wysokim stopniu porowatości; pory i próżnie wypełnione są częściowo nieulegającą zagęszczeniu glebą, ponieważ nacisk pieszych i pojazdów przenoszony jest przez sztywne ziarna kamienne z góry na dół (Kosmala 2008).

Najważniejszym zadaniem przy sporządzaniu mieszanek jest opracowanie właściwych proporcji, gdyż nadmiar ziemi powoduje osiadanie mieszanki, natomiast nadmiar kamieni – niewłaściwą pojemność wodną podłoża.

Wśród materiałów kamiennych, używanych do tworzenia mieszanek, najlepsze rezultaty dawało zastosowanie kamieni łamanych o średnicy od 15 do 35 mm, zmieszanych z iltami lub piaskami gliniastymi. Stosunek wagowy kamieni do ziemi był ustalany w zakresie od 4 : 1 do 6 : 1 (Grabosky i Bassuk 1995, Grabosky i in. 2005).

Celem przeprowadzonych badań było określenie podstawowych parametrów fizycznych dwóch mieszanek kamienno-glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były próbki mieszanek kamienno-glebowych firmy Tegra: Hydralit ZN – Baustoffe GmbH, Baumsustrat oraz Hydralit ZU – Baustoffe GmbH, Baumsustrat stosowanych jako podłoże przy wysadzeniach drzew w aglomeracji miejskiej. Mieszanka Hydralit ZN stosowana jest w powierzchni niezabudowanej, natomiast mieszanka Hydralit ZU jako podbudowa nawierzchni zabudowanych. Ponadto mieszanka ta zawiera dodatek aktywatora korzeniowego Radolix (Hydralit 2009). Do badań pobrano w pięciu powtórzeniach próbki z dużej, wymieszanej i ujednoliconej próby podłoża przeznaczonego do zastosowania. W próbkach mieszanek Hydralit ZN i Hydralit ZU oznaczono gęstość objętościową, pojemność kapilarną wagową i objętościową (porowatość kapilarna) oraz pojemność wodną całkowitą wagową i objętościową (porowatość ogólna) przy użyciu cylinderków Kopecky'ego o objętości 250 cm³ – metodą suszarkową. Na podstawie uzyskanych danych wyliczono także porowatość niekapilarną (powietrzną), która odpowiada różnicy między pojemnością wodną całkowitą objętościową a pojemnością wodną kapilarną objętościową. Ponadto próbki obu mieszanek rozdzielono na sicie o średnicy 1 mm na części szkieletowe i części ziemiste. W częściach ziemistych oznaczono skład granulometryczny metodą Boycoussa-Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, natomiast części szkieletowe rozdzielono na sitach na frakcje 1,0–1,5; 1,5–3,0; 3,0–4,0; 4,0–5,0; 5,0–6,0; 6,0–7,0; 7,0–8,0; 8,0–9,0; >10,0 mm celem ustalenia procentowej zawartości poszczególnych frakcji oraz określenia składu mieszanek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że mieszanka Hydralit ZN to materiał mieszany składający się z frakcji żwiru w 64% oraz części ziemistych w 36% o uziarnieniu piasków gliniastych lekkich (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Procentowa zawartość frakcji szkieletowych w mieszankach kamienno-glebowych firmy Tegra
Table 1. The percentage of skeletal fraction structural soil produced by Tegra

Średnica ziaren Diameter of grains	Hydralit ZU	Hydralit ZN
< 1,0	23,75	35,48
1,0–1,5	11,45	11,26
1,5–3,0	2,71	2,31
3,0–4,0	8,48	4,86
4,0–5,0	3,06	7,22
5,0–6,0	1,06	0,92
6,0–7,0	5,35	4,59
7,0–8,0	4,36	3,09
8,0–9,0	5,18	3,59
9,0–10,0	5,75	3,91
> 10,0	28,89	22,8

Tabela 2. Rozkład uziarnienia w badanych mieszankach kamienno-glebowych firmy Tegra
Table 2. Particle size distribution in the studied structural soil produced by Tegra

Części szkieletowe Skeletal parts	Procentowa zawartość frakcji w częściach ziemistych [mm] The percentage of fractions in parts of the fine earth [mm]							
	>1,0	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,006	0,006–0,002
	Hydralit ZU							
76	28	20	23	11	7	6	3	2
	Hydralit ZN							
64	20	16	27	17	7	6	4	3

Frakcję szkieletową stanowią głównie fragmenty tłuczni ceglano, kwarcu i szkliva przypominającego żużel (według producenta jest to lawa), których zadaniem jest stabilizacja mieszanki (ograniczenie nadmiernego zagęszczenia i regulacja stosunków wodno-powietrznych). Mieszanka ta charakteryzuje się gęstością objętościową $1,42 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, całkowitą pojemnością wodną objętościową 36,3%, pojemnością wodną kapilarną objętościową 28,4% i porowatością powietrzną 7,8% (tab. 3). Zwraca uwagę duży udział porów powietrznych (21,6%) w porowatości ogólnej. Producent mieszanki kamienno-glebowej Hydralit ZN podaje, że gęstość objętościowa po zagęszczeniu wynosi od $0,9$ do $1,2 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, gęstość objętościowa w stanie wilgotnym/nasyconym od $1,2$ do $1,6 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, przepuszczalność wodna w stanie zagęszczonym $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pojemność wodna w stanie zagęszczonym od 30 do 40%. Przedstawione właściwości fizyczne podłoża zapewniają prawidłowe właściwości wodno-powietrzne i mechaniczne mieszance.

Tabela 3. Niektóre właściwości fizyczne mieszanek kamienno-glebowych firmy Tegra
 Table 3. Some physical properties of structural soil produced by Tegra

Lp. No	Gęstość objętościowa Bulk density ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Pojemność wodna Water capacity				Porowatość niekapilarna (powietrzna) Non-capillary porosity (air capacity) (%)
		kapilarna wagowa capillary gravimetric (%)	kapilarna objętościowa (porowatość kapilarna) capillary volumetric (capillary porosity) (%)	całkowita wagowa total gravimetric (%)	całkowita objętościowa (porowatość ogólna) total volumetric (total porosity) (%)	
Hydralit ZU						
\bar{X}	1,39	17,6	24,6	26,9	37,3	12,8
X_{\max}	1,43	19,4	27,6	30,6	40,6	17,5
X_{\min}	1,33	16,6	22,5	24,8	35,4	9,8
S	0,05	1,1	2,0	2,2	2,0	3,1
Hydralit ZN						
\bar{X}	1,4	20,1	28,4	25,7	36,3	7,8
X_{\max}	1,5	21,6	30,2	26,3	37,7	10,7
X_{\min}	1,4	18,5	25,5	24,5	35,4	5,2
S	0,04	1,3	1,9	0,8	0,9	2,5

S – odchylenie standardowe – standard deviations.

Badania składu chemicznego części ziemistych mieszanki Hydralit ZN (Kubus i in. 2009) wykazały, że charakteryzują się one zawartością: materii organicznej – 4,53%, węgla organicznego – 3,02%, azotu ogólnego – 0,178%, siarki ogólnej – 0,065%. Ponadto stwierdzono odczyn zasadowy i bardzo wysoką zawartość Mg; wysoką K i średnią P. Nie odnotowano zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Ponadto, według producenta, mieszanka ta zawiera substancje organiczne – 2,5–3,5%, odczyn pH – 6,5–7,5 i stężenie soli – $1000 \text{ mgNaCl} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Hydralit, folder 2009).

Druga z analizowanych mieszanek Hydralit ZU, podobnie jak mieszanka Hydralit ZN, składa się głównie z części szkieletowych (frakcje żwiru) w 76% i części ziemistych o uziarnieniu piasku gliniastego lekkiego (tab. 1 i 2). Ponadto mieszankę tę charakteryzuje dodatek aktywatora korzeniowego Radolix. Duży udział w mieszance szkieletu kształtuje porowatość ogólną (całkowitą pojemność wodną objętościową) na poziomie 37,3% i znaczny udział porów dużych, wypełnionych powietrzem – 12,8%, które stanowią aż 34,2% porowatości ogólnej (tab. 3). Pozostały procent stanowi kapilarna pojemność wodna (porowatość kapilarna). Dane na temat Hydralitu ZU, przedstawione przez producenta (Hydralit, folder 2009), wskazują, że gęstość objętościowa po zagęszczeniu wynosi – $1,0\text{--}1,3 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, gęstość objętościowa w stanie wilgotnym/nasycenia – $1,2\text{--}1,6 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$, przepuszczalność wodna w stanie zagęszczonym – $9 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pojemność wodna w stanie zagęszczonym – 25–35%. Przedstawione parametry fizyczne zapewniają prawidłowe ukorzenie i późniejszy rozwój drzew z zachowaniem właściwych parametrów mechanicznych (ograniczenie nadmiernego zagęszczenia i regulacja stosunków wodno-powietrznych).

Badania Kubusa i in. (2009) wskazują, że części ziemiste tej mieszanki były wyraźnie uboższe w materię organiczną – 2,02%, węgiel organiczny – 1,26%, azot ogólny – 0,071%, siarkę ogólną – 0,046% niż mieszanki Hydralit ZN. Ponadto charakteryzowała się ona odczynem zasadowym, zawartością węgla wapnia – 1,70%, stężeniem soli – $1,22 \text{ gNaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz bardzo wysoką zawartością przyswajalnego magnezu, wysoką potasu i niską fosforu. Nie odnotowano również zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Producent podaje również zawartość substancji organicznej na poziomie od 1 do 2%, pH od 6,5 do 7,5 i stężenie soli – $1000 \text{ mgNaCl} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Według producenta, obie mieszanki charakteryzują się dużą wytrzymałością mechaniczną i zapewniają roślinom właściwe warunki wodno-powietrzne i dobre ich ukorzenie. Najważniejszym zadaniem przy sporządzaniu mieszanek jest opracowanie właściwych proporcji, części szkieletowych i ziemistych. Nadmiar ziemi powoduje osiadanie mieszanki, natomiast nadmiar kamieni – niewłaściwą pojemność wodną podłoża. Ponadto ważnym składnikiem mieszanek są hydrożele, które działają jak lepiszcze łączące części szkieletowe i ziemiste oraz utrzymują wilgotność gleby.



Fot. 1. Części szkieletowe i ziemiste mieszanki Hydralit ZN

Photo. 1. Skeleton and fine earth particles of structural soil Hydralit ZN



Fot.2. Części szkieletowe mieszanki Hydralit ZN

Photo. 2. Skeleton particles of structural soil Hydralit ZN



Fot. 3. Części szkieletowe i ziemiste mieszanki Hydralit ZU

Photo. 3. Skeleton and fine earth particles of structural soil Hydralit ZU



Fot. 4. Części szkieletowe mieszanki Hydralit ZU

Photo. 4. Skeleton particles of structural soil Hydralit ZU

WNIOSKI

1. Obie mieszanki charakteryzują się dużym udziałem części szkieletowych, natomiast domieszka części ziemistych o uziarnieniu piasku gliniastego lekkiego nie przekracza 40%. Wpływa to na wysoką wytrzymałość mechaniczną i dobre parametry fizyczne podłoża, przy czym mieszanka Hydralit ZU, która jest zabudowywana, ma większy udział szkieletu, który zwiększa jej odporność na zagęszczenie i wytrzymałość mechaniczną w porównaniu z mieszanką Hydralit ZN.

2. Obie mieszanki charakteryzują się wysoką zbliżoną porowatością ogólną, przy czym wyraźniej większą porowatość powietrzną ma Hydralit ZU. Gorsze właściwości retencyjne mieszanki Hydralit ZU rekompensuje dodatek hydrożeli.

3. Obie mieszanki kamienno-glebowe pod względem właściwości fizycznych mogą być stosowane przy modernizacji ulic, chodników i budowie nowych obiektów.

PIŚMIENNICTWO

- Bassuk N., Trowbridge P.** 2004. Trees in urban landscape: Site assessment, Design and installation. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Garczarczyk M.** 2008. Wykorzystanie mieszanki kamienno-glebowej do sadzenia drzew przyulicznych. Zieleń miast i wsi współczesna i zabytkowa. Od promenady do autostrady – komunikacja z naturą. Red. A. Greinert, M.E. Drozdek, ZKTZ IZiIR PWSZ, Sulechów-Kalsk, 232–238.
- Grabosky J., Bassuk N.** 1995. A New urban tree soil to safety increase rooting volumes under Sidewalks, J. Arboric. 21 (4), 187–201.
- Grabosky J., Bassuk N., Trowbridge P.** 2005. Using CU-structural soil in the urban environment. Ithaca, Cornell University.
- Hydralit 2009**, folder tegra GmbH, <http://www.tegra.de/downloads/hydralit-02.pdf>, data dostępu: 2009.09.20.
- Kosmala M.** 2008. Na ratunek drzewom, czyli najnowsze technologie poprawiające warunki rozwoju drzew przyulicznych w miastach? Mat. Konf. Zieleń miejska naturalne bogactwo miasta, Zieleń przyuliczna, (red. E. Oleksiejuk i A. Jankowskiej), Toruń 9–11 października 2008 r., 163–171.
- Kubus M., Wojcieszczuk T., Malinowski R., Meller E.** 2009. Ocena właściwości mieszanki kamienno-glebowej Hydralit firmy Tegra i jej zastosowanie w uprawie drzew na terenach zurbanizowanych. Tereny zdegradowane i rekultywowane – możliwości ich zagospodarowania. Red. S. Stankowski, K. Pacewicz. Szczeciński Oddział PTIE, Wydaw. PPH Zapol Dmochowski, Sobczyk Sp.j., 101–110.
- Szczepanowska H.B.** 2001. Drzewa w mieście. Hortpress, Warszawa.