

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI WODNE MIESZANINY GLEBOWEJ

Jarosław Kaszubkiewicz, Dorota Kawałko, Paweł Jezierski

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
e-mail: jaroslaw.kaszubkiewicz@up.wroc.pl

Streszczenie. W przedstawianej pracy zbadane zostały zależności pomiędzy głównymi charakterystykami wodnymi mieszaniny glebowej dwóch frakcji: $1,0 > \phi > 0,75$ mm oraz $0,1 > \phi > 0,063$ mm. Badano zróżnicowanie przebiegu krzywych retencji wodnej $\theta(h)$, wynikające ze zróżnicowanego udziału wymienionych frakcji w całości mieszaniny. Stwierdzono, że zależności pomiędzy zawartością frakcji piasku bardzo drobnego, a kapilarną pojemnością wodną i zawartością wody grawitacyjnej mają charakter nieliniowy, natomiast zawartość wody dostępnej dla roślin i połowa pojemność wodna rosną liniowo wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego. Stwierdzono również, że dla potencjału macierzystego poniżej 2,9 kPa korelacja pomiędzy powierzchnią właściwą, a wielkością retencji wodnej jest niska (statystycznie nieistotna) natomiast dla wyższych wartości ($> 2,9$ kPa) współczynnik korelacji osiąga wartość ponad 0,9 i korelacja jest statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,01$.

Słowa kluczowe: porowatość, retencja wodna, skład granulometryczny, powierzchnia właściwa

WSTĘP

Właściwości wodne utworów glebowych zależą od wielu czynników, zarówno natury fizycznej, fizykochemicznej i chemicznej. Do najbardziej istotnych należą: skład granulometryczny i mineralogiczny, zagęszczenie gleby, zawartość próchnicy glebowej, a także pojemność sorpcyjna i skład kationów wysycających kompleks sorpcyjny gleby (Al Majou i in. 2007, Lal i in. 2004, Pachepsky i in. 2004, Iwata i in. 1995). W naturalnym materiale glebowym praktycznie nie ma możliwości zebrania prób różniących się pod względem jednego wybranego parametru, a identycznych pod względem wartości pozostałych mających wpływ na właściwości wodne. Przy porównywaniu prób różniących się co do wartości pojemności wodnych czy przewodnictwa wodnego, nie jest możliwe ustalenie, jaka

przyczyna spowodowała zróżnicowanie badanych właściwości (Ostromięcki 1964). Dla uniknięcia tych problemów, a także mając na uwadze określenie pewnych elementarnych relacji pomiędzy składem granulometrycznym i przebiegiem wodnych charakterystyk gleby, autorzy zdecydowali się prowadzić badania dla mieszaniny glebowej. Badana mieszanina glebowa, pozbawiona związków próchnicznych i frakcji koloidalnej, pozwoliła na powiązanie właściwości wodnych ze składem granulometrycznym, porowatością i powierzchnią właściwą.

MATERIAŁ I METODY

Mieszaniny glebowe do badań preparowano przez mieszanie dwóch frakcji, dobranych tak, aby średnice ich ziaren różniły się między sobą prawie dziesięciokrotnie. Jedną z nich była frakcja ziaren o wymiarach od 0,75 mm do 1,0 mm, a więc mieszczących się w ramach piasku grubego. Frakcję tę uzyskano z poziomu skały macierzystej gleby rdzawej, wytworzonej z utworów fluwioglacjalnych, o uziarnieniu piasków luźnych. Druga frakcja składała się z ziaren o wymiarach od 0,063 mm do 0,1 mm, a więc mieszczących się w ramach piasku bardzo drobnego. Frakcję tę uzyskano z poziomu skały macierzystej gleby brunatnej wytworzonej lessu, o uziarnieniu pyłu ilastego. W obu przypadkach frakcje wydzielano metodą przesiewania na mokro, wypłukując w ten sposób z preparowanych materiałów frakcję koloidalną. Brak obecności związków próchnicznych w preparowanym materiale glebowym stwierdzono organoleptycznie poprzez określenie barwy za pomocą skali Munsella – 10YR 8/2.

Wydzielone frakcje mieszano w określonych proporcjach wagowych. Użytkowano w ten sposób mieszaniny składające się z:

- 100% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 0% frakcji 0,063 – 0,1 mm,
- 80% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 20% frakcji 0,063 – 0,1 mm,
- 60% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 40% frakcji 0,063 – 0,1 mm,
- 40% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 60% frakcji 0,063 – 0,1 mm,
- 20% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 80% frakcji 0,063 – 0,1 mm,
- 0% frakcji 0,75 – 1,00 mm, 100% frakcji 0,063 – 0,1 mm.

W dalszej części pracy będą one krótko określane jako mieszaniny zawierające 0, 20, 40, 60, 80 i 100% frakcji piasku bardzo drobnego.

Tak spreparowanymi mieszaninami napełniano pierścienie Nitzsha o średnicy 50,5 mm i wysokości 50 mm, a zatem o standardowej objętości 100 cm³. Napełniając pierścienie starano się uzyskać zbliżone gęstości gleby, niemniej jednak nie stosowano dużych sił do jej ugniatania, co spowodowało pewne zróżnicowanie gęstości. Każdą z mieszanin napełniano 5 pierścieniami celem uzyskania powtórzeń umożliwiających statystyczną interpretację danych.

W zebranych materiale wykonano następujące oznaczenia:

- skład granulometryczny metodą sitowo-areometryczną (wyniki opracowano zgodnie z klasyfikacją uziarnienia PTG 2008),
- gęstość metodą grawimetryczną,
- gęstość właściwą fazy stałej – w piknometrach,
- przebieg krzywej desorpcji wody w zakresie potencjału macierzystego 0-68,7 kPa (opisywane w pracy wartości potencjałów podawane są w wartościach bezwzględnych), za pomocą bloków piaskowych i piaskowo kaolinowych (Stakman i in. 1969, Stakman i Horst 1969),
- powierzchnię właściwą metodą Jacksona (Jackson 1956, Mehra i Jackson 1959),
- współczynnik przewodnictwa wodnego K_{10} metodą de Witta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podstawowe właściwości fizyczne badanych mieszanin układały się w sposób dość regularny. Gęstość właściwa zmieniała się w granicach od $2,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla utworu zawierającego 20% frakcji piasku bardzo drobnego do $2,66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla utworu zawierającego 80% frakcji piasku bardzo drobnego (tab. 1). Zaznaczała się nieznaczna tendencja do wzrostu gęstości wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego. Gęstość natomiast osiągnęła najwyższą wartość ($1,42 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) w utworze zawierającym 20% frakcji piasku bardzo drobnego, a najniższą ($1,12 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) w utworze nie zawierającym frakcji piasku bardzo drobnego. Porowatość całkowita przyjmowała najniższą wartość w przypadku 20% zawartości frakcji piasku bardzo drobnego i najwyższą dla utworu pozbawionego tej frakcji.

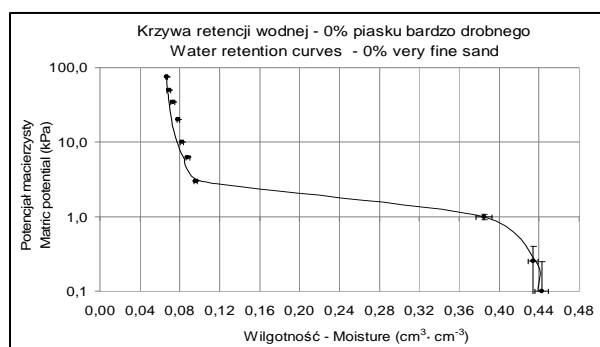
Tabela 1. Wybrane właściwości fizyczne utworów glebowych
Table 1. Selected physical properties of soil samples

Zawartość piasku bardzo drobnego Very fine sand content (%)	Gęstość Volume density ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Gęstość właściwa Particle density ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Porowatość Porosity (%)	Powierzchnia właściwa Specific surface area ($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)
0	1,12	2,62	0,57	2,2
20	1,42	2,61	0,46	4,96
40	1,35	2,62	0,49	7,25
60	1,34	2,65	0,49	11,07
80	1,23	2,66	0,54	16,05
100	1,32	2,65	0,50	16,78

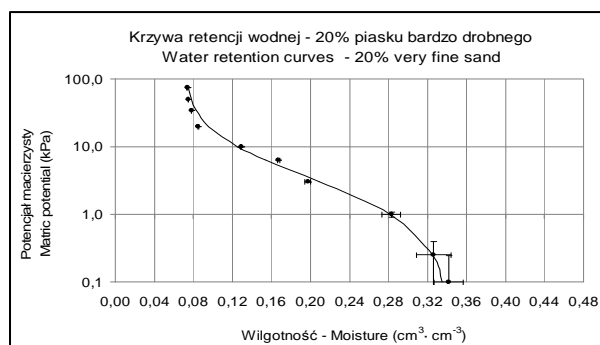
Taki pozornie chaotyczny układ gęstości i porowatości całkowitej można jednak wyjaśnić za pomocą sytuacji, w której w utworze zawierającym tylko frakcję piasku grubego mamy do czynienia z dużymi porami pomiędzy dużymi ziarnami glebowymi. Dodatek frakcji o 10-krotnie mniejszej średnicy powoduje początkowo wypełnianie owych dużych porów, wzrost gęstości i spadek porowatości. W miarę wzrostu zawartości frakcji piasku bardzo drobnego ziarna piasku grubego są rozsuwane i rośnie objętość porów pomiędzy ziarnami frakcji piasku bardzo drobnego, a tym samym ponownie spada gęstość i rośnie porowatość całkowita.

W przeprowadzonych badaniach określono również retencję wodną sporządzonych mieszanin glebowych. Podstawowe charakterystyki, odczytane z krzywych desorpcji wody (rys. 1 a-d. – wybrane, przykładowe wykresy dla wariantów z zawartością 0, 20, 60 i 100% frakcji piasku bardzo drobnego), takie jak kapilarna pojemność wodna, połowa pojemność wodna, ilość wody grawitacyjnej czy też ilość wody dostępnej dla roślin zestawiono na rysunku 2 a-f.

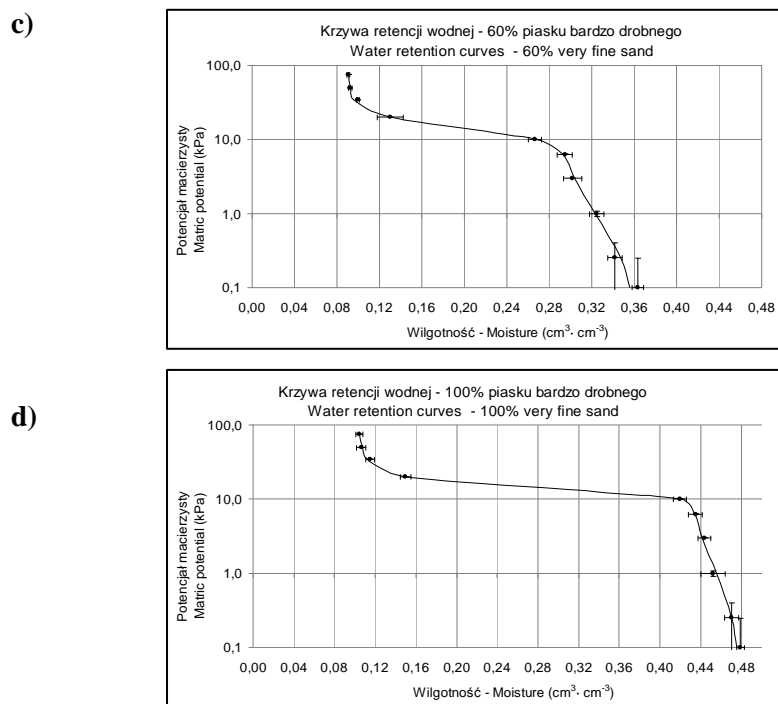
a)



b)



Rys. 1 a-b. Wybrane krzywe retencji wodnej badanych mieszanin
Fig. 1 a-b. Water retention curves of examined soils mixtures

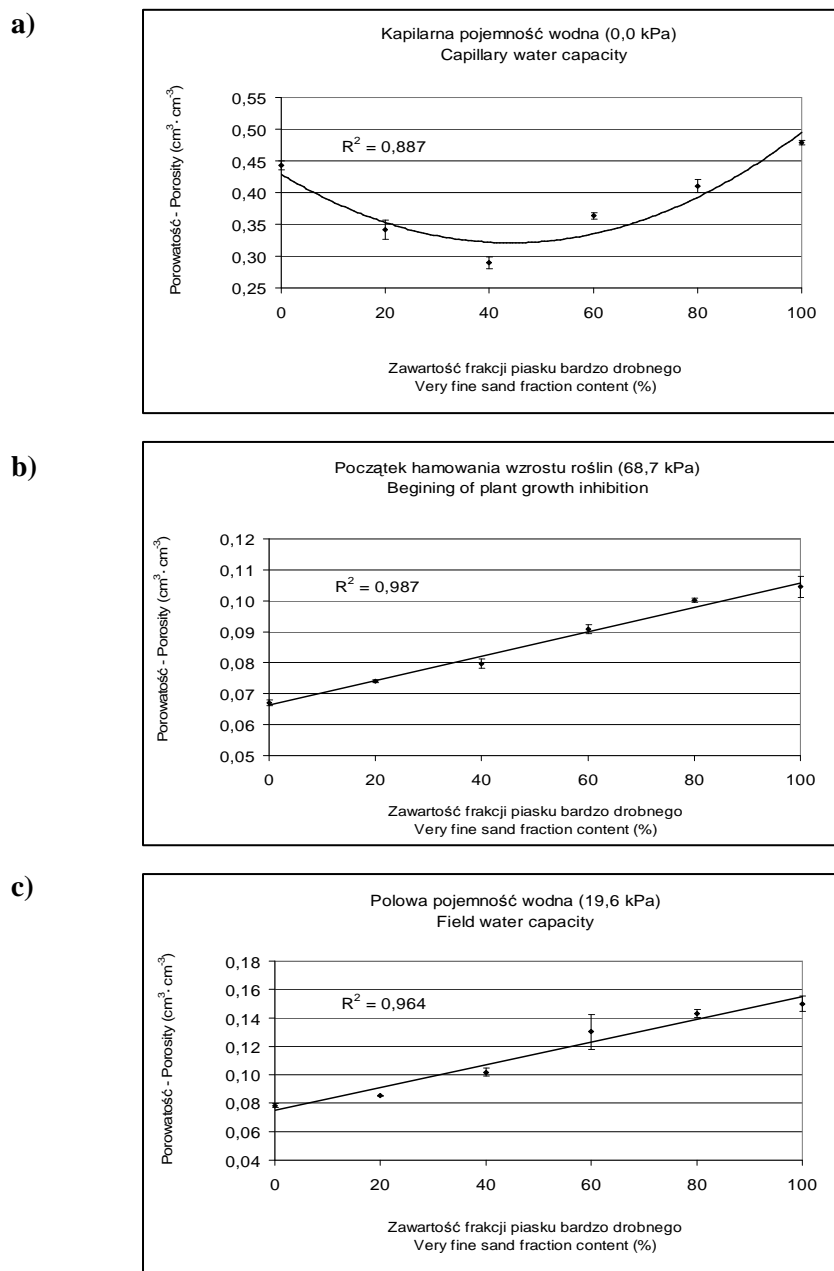


Rys. 1 c-d. Wybrane krzywe retencji wodnej badanych mieszanin
Fig. 1 c-d. Water retention curves of examined soils mixtures

Jak widać kapilarna pojemność wodna malała, a następnie ponownie wzrastała wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego, osiągając minimum przy jego 40% udziale w całości mieszaniny (rys. 2a). Połowa pojemność wodna rosła liniowo wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego w całym przedziale zmienności (rys. 2c). Skutkiem tego ilość wody grawitacyjnej malała przy wzroście zawartości piasku bardzo drobnego od 0 do 40%, a następnie wzrastała (rys. 2e).

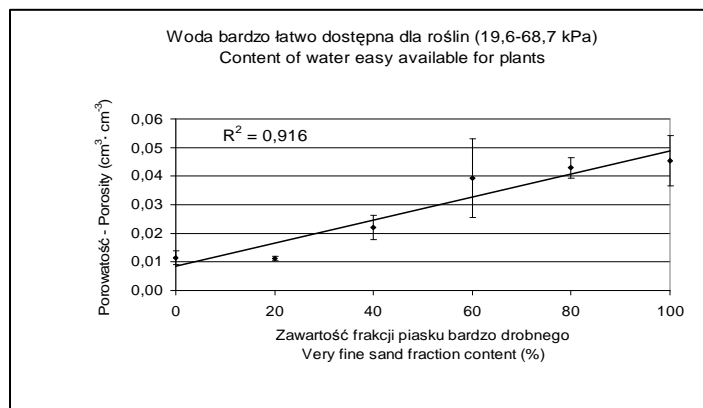
Wilgotność początku hamowania wzrostu roślin rosła liniowo wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego w całym przedziale zmienności (rys. 2b). Ilość wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin (19,6-68,7 kPa) rosła liniowo wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego (rys. 2d).

Współczynniki korelacji z zawartością piasku bardzo drobnego dla wszystkich wymienionych charakterystyk były wysokie i przekraczały wartość $r = 0,95$. Jedynie dla kapilarnej pojemności wodnej współczynnik korelacji wynosił $r = 0,942$. Były one statystycznie istotne na poziomie $\alpha = 0,01$.

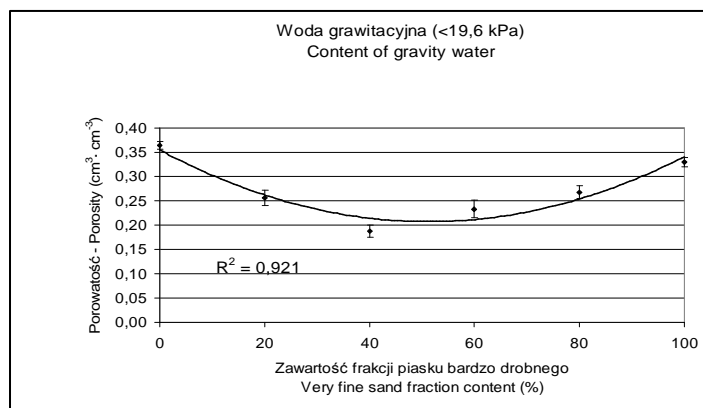


Rys. 2 a-c. Wybrane właściwości wodne i powietrzne badanych mieszanin
Fig. 2 a-c. Selected water and air properties of examined soils mixtures

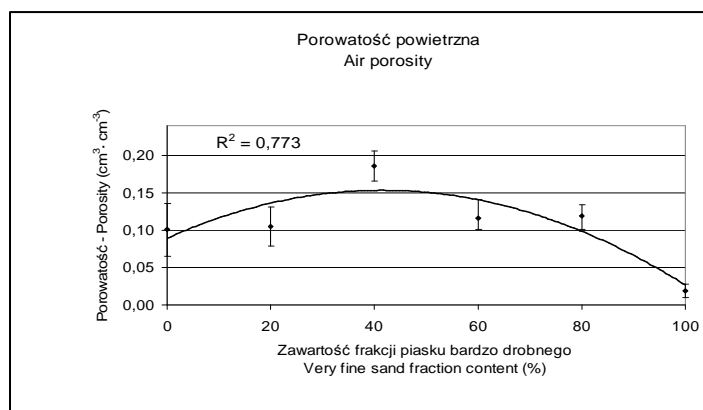
d)



e)



f)



Rys. 2 d-f. Wybrane właściwości wodne i powietrzne badanych mieszanin
Fig. 2 d-f. Selected water and air properties of examined soils mixtures

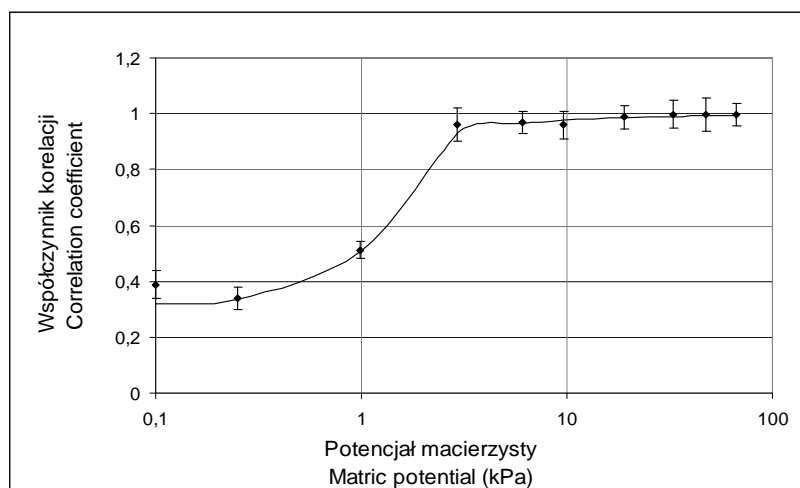
Zależność pomiędzy zawartością frakcji piasku bardzo drobnego, a kapilarną i połową pojemnością wodną, zdaniem autorów, wynika z tego, że dodanie niewielkiej ilości ziaren frakcji piasku bardzo drobnego (ich średnica jest około 10-krotnie mniejsza) do dominującej frakcji piasku grubego powoduje stopniowe wypełnienie części makroporów pomiędzy ziarnami piasku grubego, a jednocześnie drobne ziarna wypełniają przestrzeń po ubywającej frakcji piasku grubego. Skutkiem tego wzrasta ilość mezoporów, a jednocześnie w wyniku wzrostu powierzchni właściwej gleby i ilości punktów styku pomiędzy ziarnami rośnie ilość wody silnie związanej (woda błonkowata i woda pendularna). Rośnie też całkowita porowatość mieszaniny.

W pracy zwrócono szczególną uwagę na układ relacji występujących pomiędzy retencją wodną, a powierzchnią właściwą badanych mieszanin.

Współczynnik korelacji dla zależności pomiędzy wilgotnością, a powierzchnią właściwą (przy różnych zawartościach frakcji piasku bardzo drobnego) był niski i statystycznie nieistotny w zakresie potencjału macierzystego $< 2,9$ kPa oraz przekraczał wartość $r = 0,95$ i był statystycznie istotny na poziomie $\alpha = 0,01$ dla wartości potencjału macierzystego $\geq 2,9$ kPa (rys. 3). Można zatem wnioskować, że w zakresie potencjału macierzystego powyżej 2,9 kPa retencja jest określona przez powierzchnię właściwą (wynikającą ze składu granulometrycznego), a przestrzenny układ cząstek staje się nieistotny.

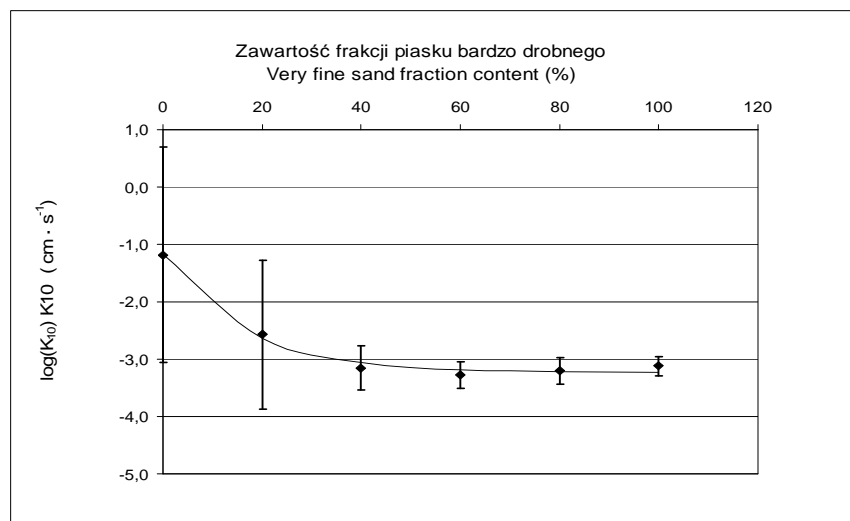
Regularną tendencję stwierdzono przy badaniu zależności pomiędzy współczynnikiem przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej (wyrażoną przez współczynnik K_{10}), a zawartością frakcji piasku bardzo drobnego. Przy wzroście zawartości frakcji piasku bardzo drobnego od 0 do 40% współczynnik przewodnictwa wodnego malał od wartości $6,54 \cdot 10^{-2} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ do $7,02 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, a następnie przy wyższych zawartościach frakcji piasku bardzo drobnego stabilizował się na poziomie około $7 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 4).

Podobny typ zależności stwierdzono już wcześniej dla gleb w układzie naturalnym (Kaszubkiewicz i Giedrojć 1993, Turski i Witkowska-Walczak 2004). Zdaniem autorów, taki kształt zależności można tłumaczyć wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego, co powoduje, w początkowym etapie, wypełnienie dużych wolnych przestworów. W związku z tym wyraźnie maleje zawartość porów dużych przez które, w stanie nasycenia, przepływa zdecydowana większość wody. Jednocześnie rośnie stopień „krętości” porów. Skutkiem jest spadek współczynnika przewodnictwa wodnego, wyrażonego przez współczynnik K_{10} , o dwa rzędy wielkości. W miarę dalszego wzrostu zawartości frakcji piasku bardzo drobnego współczynnik przewodnictwa wodnego nie ulega większym zmianom, co można wiązać z nie zmieniającą się już zawartością porów o średnicach efektywnych powyżej 50 μm odpowiedzialnych za współczynnik przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej (Kaszubkiewicz i in. 2001).



Rys. 3. Współczynniki korelacji pomiędzy powierzchnią właściwą mieszanin glebowych o zróżnicowanej zawartości piasków bardzo drobnych, a wielkością ich retencji przy zróżnicowanych wartościach potencjału

Fig. 3. Correlation coefficients between specific surface area of soils mixture with different very fine sand content and water retention at different values of the potential



Rys. 4. Przewodnictwo wodne utworów o zróżnicowanej zawartości piasku bardzo drobno

Fig. 4. Water conduction of soils mixture with different very fine sand fraction content

WNIOSKI

1. Gęstość badanych mieszanin glebowych malała, a gęstość właściwa nieznacznie wzrastała wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego. Zaobserwowano również wyraźny wzrost powierzchni właściwej.

2. Kapilarna pojemność wodna analizowanych mieszanin przyjmowała najniższe wartości przy 40% zawartości frakcji piasku bardzo drobnego i była wyższa zarówno dla mniejszych, jak i większych zawartości tej frakcji. Połowa pojemność wodna oraz ilość wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin rosły liniowo wraz ze wzrostem zawartości frakcji piasku bardzo drobnego, podczas gdy zawartość wody grawitacyjnej malała przy wzroście zawartości tej frakcji od 0 do 40%, a następnie rosła.

3. W zakresie potencjału macierzystego poniżej 2,9 kPa retencja wodna mieszanin modelowych związana jest z ich stanem zagęszczenia i układem cząstek, natomiast w wyższych zakresach potencjału macierzystego (>2,9 kPa) retencja jest określona przez powierzchnię właściwą (wynikającą przede wszystkim ze składu granulometrycznego), a przestrzenny układ cząstek staje się nieistotny.

4. Współczynnik przewodnictwa wodnego badanych mieszanin malał gwałtownie przy wzroście zawartości frakcji piasku bardzo drobnego od 0 do 40%, w wyniku zapełniania dużych porów istniejących pomiędzy ziarnami frakcji piasku grubego przez ziarna frakcji piasku bardzo drobnego, a następnie przy wyższych zawartościach tej frakcji pozostawał na ustalonym poziomie.

PIŚMIENNICTWO

- Al Majou H., Bruan A., Duval O., Cousin I., 2007. Variation of the water-retention properties of soils: Validity of class-pedotransfer function. *Geoscience*, vol 339, is. 9, 632-639.
- Iwata S., Toshio Tabuchi T., Warkentin B. P., 1995. *Soil-water interactions: mechanisms and applications*. CRC Press, 440.
- Jackson M.L., 1956. *Soil Chemical Analysis – Advanced Course*. Published by the autor. Dept. Of Soil Sci. Univ. of Wisconsin, Madison, 907.
- Kaszubkiewicz J., Giedroń B., 1993. Przepuszczalność wodna gleb dna stawów rybnych w rejonie Milicza na Dolnym Śląsku. *Roczniki Gleboznawcze*, XLIV, 3/4, 33-34.
- Kaszubkiewicz J., Wątor I., Kielbowicz J., 2001. Retencja i przepuszczalność wodna w toposekwencjach górskich gleb łąkowych i leśnych. *Roczniki Gleboznawcze*, LII, 3/4, 49-55.
- Lal R., Shukla M., 2004. *Principles of soil physics*. CRC Press, 2004 – 716.
- Mehra O. P., Jackson M. L., 1959. Specific surface determination by duo-interlayer and mono-interlayer glycerol sorption of vermiculite and montmorillonite analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 87, 351-354.
- Ostromięcki J., 1964. *Wstęp do melioracji rolnych*. PWRiL Warszawa, 220.
- Pachepsky Y., Rawls W., 2004. *Development of pedotransfer function in soil hydrology*. Elsevier, 512.
- PTG. 2008. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Roczniki Gleboznawcze*, LX, 2, 5-16.

- Stakman W. P., Horst G.G., 1969. Determination of soil moisture retention, II Pressure: ICW Wageningen, 10.
- Stakman W.P., Valk G.A., Horst G.G., 1969. Determination of soil moisture retention, I Sandbox apparatus range pF 0 – pF 2.7. ICW Wageningen, 20.
- Turski M., Witkowska-Walczak B., 2004. Fizyczne właściwości gleb pływowych wytworzonych z utworów pyłowych różnej genezy. Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie, 1, 56.

CHOSEN WATER PROPERTIES OF SOIL MIXTURE

Jarosław Kaszubkiewicz, Dorota Kawałko, Paweł Jezierski

Institute of Soil Science and Environmental Protection,
Wrocław University of Environmental and Life Sciences
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław
e-mail: jaroslaw.kaszubkiewicz@up.wroc.pl

Abstract. The objective of presented study was an investigation of the relations between the main soil water characteristics of soil mixtures of two fractions: $1.0 > \phi > 0.75$ mm and $0.1 > \phi > 0.063$ mm. The different shapes of water desorption curves $\theta(h)$, resulting from the different content of described fractions, were analysed. The results showed that the relation between very fine sand fraction content and capillary water capacity was non-linear, but plant-available water content and field water capacity increased linearly with the very fine sand fraction content. It was also observed that for the matric potential values below 2.9 kPa the correlations between soil specific surface area and water retention were statistically insignificant, but for highest matric potential values the correlation coefficient achieved values above 0.9 and was statistically significant at the level of $\alpha = 0.01$.

Key words: soil porosity, water retention, soil texture, specific surface area