

# PARAMETRYZACJA I PRZESTRZENNA CHARAKTERYSTYKA HYDROFIZYCZNYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB MINERALNYCH POLSKI

Ryszard WALCZAK<sup>1)</sup>, Janusz OSTROWSKI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

<sup>2)</sup> Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich

*Słowa kluczowe: gleby, hydrofizyczne właściwości, mapy komputerowe, metody badań*

## Streszczenie

Znajomość hydrofizycznych właściwości gleb jest podstawą interpretacji, modelowania i prognozowania przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w glebach pod kątem kształtowania gospodarki wodnej w profilu gleby oraz w rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Wymaga ona rozwoju kompleksowych badań z uwzględnieniem przestrzennej reprezentatywności oraz możliwości zastosowania baz danych do kartograficznej wizualizacji uzyskanych wyników.

W pracy omówiono aktualne kierunki rozwoju metodyki badań i parametryzacji hydrofizycznych właściwości gleb mineralnych oraz przedstawiono osiągnięcia badawcze rozszerzające w tym zakresie charakterystykę gleb ornich Polski uzyskaną przez łączenie przetwarzania wyników badań zgromadzonych w merytorycznych i kartograficznych bazach danych.

Wynikiem tych kompleksowych rozwiązań są zestawienia liczbowych charakterystyk tych właściwości oraz kartograficzna prezentacja ich zmienności przestrzennej w skali kraju.

## WSTĘP

Retencja oraz przepuszczalność wodna gleby w strefie nasyconej i nienasyconej mają decydujący wpływ na kształtowanie warunków wzrostu i plonowania roślin. Od nich zależy dostępność wody dla systemu korzeniowego oraz jej przemieszczanie się wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami chemicznymi.

---

Adres do korespondencji: prof. dr hab. R. Walczak, Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin; tel.+48 (81) 744-50-61, e-mail: rwalczak@demeter.ipan.lublin.pl

Panujące w glebie warunki wilgotnościowe w zasadniczy sposób determinują jej właściwości cieplne i mechaniczne, od których zależy kształtowanie się temperatury w profilu glebowym, a także warunki i efektywność oddziaływań mechanicznych na glebę. Poznanie właściwości hydrofizycznych gleby jest zatem niezbędne do interpretacji, przewidywania przebiegu i modelowania wszystkich procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w glebie

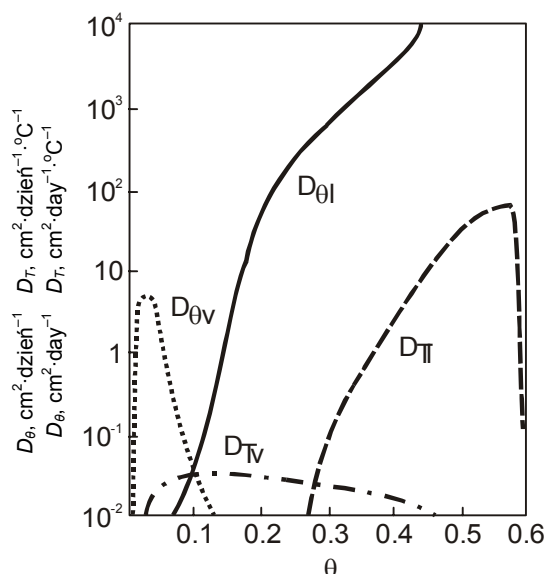
Pomiary właściwości hydrofizycznych są trudne i czasochłonne. Potrzebna jest do nich droga, specjalistyczna aparatura. Dlatego też istniejące zbiory danych o hydrofizycznych charakterystykach gleb są fragmentaryczne i rozproszone, znajdują się w różnych instytutach naukowych, jako wyniki prowadzonych tam badań. Są one również trudne do interpretacji ze względu na różne metody ich badań. Dotyczy to zwłaszcza współczynnika przewodnictwa hydraulicznego w strefie nienasyconej.

Problem konsolidacji badań oraz stworzenia banku danych o hydrofizycznych właściwościach gleb, jako bardzo ważny, został podjęty przez komisje naukowe Unii Europejskiej. W 1995 r. powstał projekt "Using existing data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in landuse planning" [WOSTEN, LILLY, NEMES, 1999], w którym uczestniczy 18 instytutów naukowych z krajów Unii Europejskiej. Ich zadaniem jest utworzenie, na podstawie znajdujących się w poszczególnych krajach wyników pomiarów, wspólnej bazy danych zawierającej hydrofizyczne charakterystyki gleb. Instytut Agrofizyki PAN uczestniczył w opracowywaniu założeń tego projektu.

## **ZAKRES I METODY BADAŃ HYDROFIZYCZNYCH WŁAŚCIWOŚCI GLEB**

Zastosowanie metod fizycznych w naukach rolniczych umożliwiło opisanie prawami fizyki procesów wymiany masy i energii w systemie gleba – roślina – atmosfera. W każdym układzie fizycznym, a takim jest układ gleba – roślina – atmosfera, obowiązują zasady zachowania pędu, masy i energii. Podstawowe równania fizyczne wyrażające zasady zachowania pędu, masy i energii są używane do opisu procesów fizycznych zachodzących w systemie gleba – roślina – atmosfera. Do rozwiązania wynikających z zasad fizyki równań, opisujących wybrane zjawiska w tym systemie (np. transport wody, soli i ciepła w glebie, odkształcenie i naprężenie gleby w wyniku oddziaływania kół i części roboczych maszyn i narzędzi rolniczych), jest potrzebna znajomość współczynników charakteryzujących badany obiekt. Również do poprawnej weryfikacji rozwiązania zastosowanego równania niezbędna jest znajomość dynamiki badanej wielkości fizycznej (np. wilgotności, zasolenia i temperatury gleby, parametrów agroklimatycznych takich jak wielkość opadu, radiacja, wilgotność i temperatura powietrza).

Proces przepływu wody w glebie jest charakteryzowany przez współczynniki transportu, tzn. współczynnik przewodnictwa hydraulicznego lub współczynnik dyfuzji wodnej (rys. 1.).

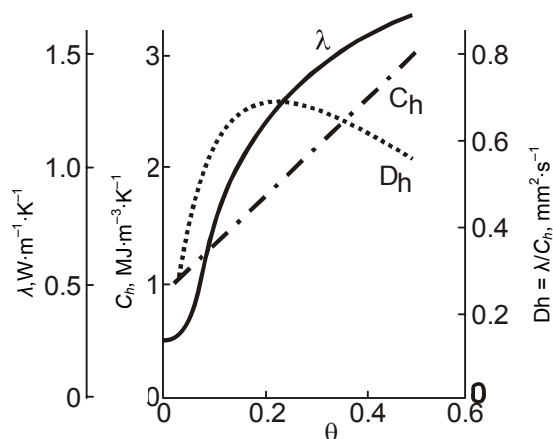


Rys. 1. Współczynniki dyfuzji wody w funkcji wilgotności gleby  $\theta$  (gleba pylasta) [PHILLIP, DE VRIES, 1957];  $D_{\theta I}$  – współczynnik dyfuzji cieczy w warunkach izotermicznych,  $D_{\theta V}$  – współczynnik dyfuzji pary w warunkach izotermicznych,  $D_{T I}$  – współczynnik dyfuzji cieczy w warunkach nieizotermicznych,  $D_{T V}$  – współczynnik dyfuzji pary w warunkach nieizotermicznych

Fig. 1. The water diffusion coefficients as a function of soil moisture  $\theta$  (silty soil) [PHILLIP, DE VRIES, 1957];  $D_{\theta I}$  – the liquid diffusion coefficient in isothermal condition,  $D_{\theta V}$  – the vapour diffusion coefficient in isothermal condition,  $D_{T I}$  – the liquid diffusion coefficient in non-isothermal condition,  $D_{T V}$  – the vapour diffusion coefficient in non-isothermal condition

Najbardziej przydatną metodą wyznaczania tych charakterystyk jest metoda profili chwilowych, polegająca na jednoczesnym pomiarze wilgotności i potencjału wody glebowej w niestacjonarnym procesie nawadniania lub osuszania kolumny glebowej [MALICKI i in., 1992, SOBCZUK i in., 1992, WALCZAK i in., 1993]. Jednoczesny pomiar potencjału wody glebowej i wilgotności na kilku wybranych poziomach kolumny glebowej umożliwia wyliczenie gradientów potencjału i strumieni wody, potrzebnych do wyznaczenia współczynnika przewodnictwa hydraulicznego i przepuszczalności wodnej gleby lub współczynnika dyfuzji wodnej. Charakterystyki te można również w przybliżeniu oszacować z przebiegu krzywej retencji wodnej, stosując znane z literatury modele [MUALEM, 1976; VAN GENUCHTEN, NIELSEN, 1985].

Podstawowymi termofizycznymi właściwościami gleby są: ciepło właściwe (pojemność cieplna), przewodnictwo cieplne i przewodnictwo temperaturowe (dyfuzja cieplna) (rys. 2.). Istnieje kilka metod wyznaczania tych charakterystyk, przy czym praktycznie wszystkie są metodami laboratoryjnymi. Ciepło właściwe gleby wyznacza się metodą kalorymetryczną. Do wyznaczenia współczynnika przewodnictwa temperaturowego i związanego z nim współczynnika przewodnictwa cieplnego gleby stosuje się dwa rodzaje metod. Metoda stacjonarna polega na określeniu gęstości stałego co do wartości strumienia ciepła przepływającego przez badaną próbkę gleby pod wpływem stałego gradientu temperatury. Do pomiarów stosuje się wiele klasycznych już urządzeń zwanych aparatami płytowymi typu: Nusselta, Gracbera, Pecleta i inne. Dużą niedogodnością tych metod jest czasochłonność pomiarów, która wyklucza ich stosowanie do określania badanych współczynników w próbkach wilgotnych. Istniejący w takiej próbce stały gradient temperatury powoduje nieizotermiczny transport wody, co prowadzi do zmiany w niej rozkładu wilgotności. To z kolei wywiera wpływ na ilość przepływającego przez badaną próbkę ciepła. Metoda niestacjonarna polega na określeniu współczynnika przewodnictwa cieplnego lub temperaturowego z zależności między gęstością strumienia ciepła i temperaturą, w warunkach nieustalonego przepływu ciepła przez badaną próbkę gleby. Zależność tę można wyznaczyć rozwiązując równanie dyfuzji cieplnej. Zaletą metody niestacjonarnej jest krótki czas pomiaru, który wynosi od kilku do kilkunastu minut, zakłada się więc, że występujący w tak krótkim czasie przepływ wody można zaniedbać.



Rys. 2. Termiczne właściwości gleby w funkcji jej wilgotności  $\theta$ ,  $D_h$  – współczynnik dyfuzji cieplnej,  $C_h$  – pojemność cieplna,  $\lambda$  – współczynnik przewodnictwa cieplnego [KOOREVAAR i in., 1983]

Fig. 2. Thermal soil properties as a function of moisture  $\theta$ ,  $D_h$  – heat diffusion coefficient,  $C_h$  – heat capacity,  $\lambda$  – heat conductivity coefficient [KOOREVAAR i in., 1983]

Ze względu na dużą zmienność w czasie i przestrzeni parametrów systemu gleba – roślina – atmosfera, niezbędne jest monitorowanie ich dynamiki. W doświadczeniach polowych do pełnej interpretacji wyników badań i formułowania merytorycznie uzasadnionych wniosków konieczne są badania ryzosfery, przygruntowej warstwy atmosfery oraz parametrów wymiany masy i energii z wyższymi warstwami atmosfery, tzn. opadów, ewapotranspiracji i składowych bilansu promieniowania. Badaniami tymi zajmuje się agrometeorologia, która ze względu na kompleksowy charakter badań, ich przedmiot i metodykę, jest związana z naukami fizycznymi, biologicznymi i rolniczymi, szczególnie z agrofizyką, hydrologią, gleboznawstwem, uprawą roślin i ich fizjologią oraz ze statystyką matematyczną stosowaną w analizie i interpretacji badanych procesów.

Pełny nowoczesny zestaw aparatury kontrolno-pomiarowej, jako wyposażenie doświadczenia polowego, musi umożliwiać pomiar bardzo wielu dynamicznych parametrów fizycznych środowiska wzrostu i rozwoju roślin, ich automatyczną rejestrację oraz wstępną analizę.

W glebie zachodzą procesy wymiany i akumulacji masy i energii, które kształtują warunki wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego roślin. Od przemieszczania się wody w glebie, jej stanu energetycznego oraz koncentracji soli zależy ich dostępność i wykorzystanie składników pokarmowych przez system korzeniowy roślin, a także niekorzystne zjawisko przemieszczania się roztworu glebowego do niższych warstw profilu, powodujące zanieczyszczanie wód podziemnych.

Parametry, które mają decydujący wpływ na warunki wzrostu i rozwoju roślin oraz przebieg procesów wymiany masy i energii w profilu glebowym to: wilgotność, potencjał wody glebowej, koncentracja soli, temperatura, dyfuzja tlenu i potencjał otydoredukcyjny oraz hydrotermofizyczne charakterystyki gleby, tzn. retencja wodna i pojemność cieplna.

Instytut Agrofizyki PAN, powołany między innymi do rozwiązywania problemów metodycznych w zakresie metrologii agrofizycznej, prowadzi intensywne badania nad opracowaniem i doskonaleniem metod pomiaru dynamicznych parametrów profilu glebowego.

Wilgotność gleby wpływa dominująco na wszelkie procesy zachodzące w glebie, dlatego jej pomiar jest jednym z najistotniejszych problemów w metrologii. W Instytucie Agrofizyki PAN opracowano metodę i aparaturę do pomiaru wilgotności gleby opartą na reflektometrii w domenie czasu – TDR (Time Domain Reflectometry) [MALICKI, 1990; MALICKI, SKIERUCHA, 1989]. Metoda ta polega na pomiarze prędkości rozchodzenia się impulsu elektromagnetycznego w badanym ośrodku, która zależy od jego stałej dielektrycznej. Względna stała dielektryczna wody (około 81) jest dużo większa od względnej stałej dielektrycznej fazy stałej gleby (około 4) i powietrza glebowego (około 1). Zawartość wody istotnie modyfikuje stałą dielektryczną gleby, a zatem wpływa na prędkość rozchodzenia się w niej fali elektromagnetycznej. Aparat mierzy czas rozchodzenia się fali elektro-

magnetycznej w umieszczonej w wybranej warstwie gleby sondzie stanowiącej falowód.

Opracowanie reflektometrycznego miernika wilgotności wymagało pokonania poważnej bariery technicznej, tzn. skonstruowania układu umożliwiającego pomiar czasu rzędu pikosekund. Skonstruowany aparat został wszechstronnie przetestowany i obecnie jest produkowany na licencji Instytutu Agrofizyki.

### **SYSTEMOWE BADANIA PRZESTRZENNE I KARTOGRAFICZNA PREZENTACJA HYDROFIZYCZNYCH CHARAKTERYSTYK GLEB**

W badaniach poznawczych dominuje podejście obiektowe, tzn. przedmiotem badań i odniesieniem interpretacji wyników jest profil gleby należącej do określonej jednostki glebowej, natomiast badania użytkowe charakteryzuje podejście przestrzenne, odniesione do struktury pokrywy glebowej utworzonej z homogenicznych elementów, którymi są kontury występowania gleb tworzących tę strukturę.

Utworzenie baz danych hydrofizycznych właściwości gleby i opracowanie odpowiednich map jest niezbędnym warunkiem stosowania symulacyjnych i prognozytycznych modeli procesów hydrofizycznych i hydrologicznych do bilansowania zasobów wodnych, które w wielu krajach jest podstawą ekonomicznego wykorzystania wody oraz przewidywania zagrożeń (degradacja środowiska, ekstremalne warunki wodne – susze, powodzie) i zapobiegania im.

Produkcja roślinna oraz ochrona naturalnych ekosystemów przed degradacją czynnikiem wodnym są związane z potrzebą kształtowania warunków wodnych sprzyjających rozwojowi chronionych ekosystemów oraz umożliwiających racjonalną uprawę gleb i roślin. W zagadnieniach tych bardzo ważna jest problematyka badań przestrzennych, szczególnie dotyczących retencyjności i przewodnictwa wodnego gleb oraz kartograficzna prezentacja uzyskanych charakterystyk. Badania te podejmowane są w ograniczonym zakresie i niezbyt często, głównie ze względu na ich wysokie koszty jednostkowe oraz dużą praco- i czasochłonność.

Na Węgrzech, już w latach 80. XX w. opracowano mapy hydrofizycznych właściwości gleb w skali 1:100 000. Systematyczne badania w Polsce (również w latach 80.) podjęły Instytut Agrofizyki PAN oraz Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Ich pierwsza faza to zebranie około 10 tys. próbek o nienaruszonej strukturze z tysiąca profili charakterystycznych dla mineralnych gleb ornych Polski. W latach 90., w ramach grantu KBN realizowanego w IA PAN, przebadano kilka tysięcy próbek reprezentatywnych dla 25 zgeneralizowanych jednostek glebowych, dominujących w strukturze pokrywy glebowej użytków rolnych. W celu możliwie najpełniejszego scharakteryzowania hydrofizycznych właściwości gleb opracowano specjalną metodykę badań realizowanych w takiej kolejności, aby można było

je prowadzić na tym samym zestawie próbek, które dopiero po zakończeniu całego cyklu badawczego ulegały destrukcji.

Badania te umożliwiły sparametryzowanie następujących charakterystyk hydrofizycznych w trzech warstwach profilu gleby (ornej, podornej i podglebia):

- retencji wodnej w warunkach: pełnego nasycenia gleby wodą ( $pF = 0$ ), połowej pojemności wodnej ( $pF = 2,2$ ), początku hamowania wzrostu roślin ( $pF = 3,0$ ) i trwałego wędnięcia roślin ( $pF = 4,2$ );
- zdolności retencyjnej gleb wyrażonej zasobami wody: grawitacyjnej ( $pF = 0-2,2$ ), użytecznej dla roślin ( $pF = 2,2-4,2$ ), łatwo dostępnej dla roślin ( $pF = 2,2-3,0$ ) i trudno dostępnej dla roślin ( $pF = 3,0-4,2$ );
- przewodnictwa wodnego w warunkach: pełnego nasycenia gleby wodą ( $pF = 0$ ), połowej pojemności wodnej ( $pF = 2,2$ ) i początku hamowania wzrostu roślin ( $pF = 3,0$ ).

Wyniki pomiarów, wprowadzone do bazy danych o hydrofizycznych właściwościach gleb ornych Polski [WALCZAK i in., 1999], posłużyły do określenia charakterystycznych dla rozpatrywanych jednostek glebowych przedziałów wartości badanych parametrów.

Jednocześnie w IMUZ przekształcono bazę danych glebowo-kartograficznych [OSTROWSKI, 1996] tak, aby mogła służyć do przestrzennej charakterystyki i kartograficznej wizualizacji w skali kraju poszczególnych hydrofizycznych właściwości gleb ornych. Modernizacja ta polegała na skonstruowaniu i oprogramowaniu algorytmów łączenia, pozyskanych z bazy danych IA PAN, hydrofizycznych charakterystyk gleb z danymi glebowo-kartograficznymi oraz ich przetwarzania umożliwiające generowanie odpowiednich map komputerowych [WALCZAK i in., 2002].

Utworzenie bazy danych dotyczących parametryzacji hydrofizycznych właściwości gleb umożliwia weryfikację algorytmów szacowania krzywej retencji wodnej i wartości współczynnika przewodnictwa wodnego na podstawie łatwo mierzalnych parametrów struktury gleby (rozkład granulometryczny, gęstość gleby, zawartość materii organicznej, itp.).

Opublikowanie [WALCZAK i in., 2002] bogatego materiału statystycznego (12 syntetycznych tabel) i kartograficznego (33 mapy) stanowi kolejny etap uściślenia wiedzy o hydrofizycznych właściwościach gleb ornych Polski zarówno pod względem ich parametryzacji, jak i zmienności przestrzennej.

Uzyskane w przedstawiony tu sposób hydrofizyczne charakterystyki są obarczone pewnymi uproszczeniami. W merytorycznych założeniach badań składowe profilu gleby (warstwę orną, podorną i podglebie) potraktowano jako trzy odrębne, niepołączone ze sobą hydopedosystemy. Rozumiejąc niedoskonałość takiego postępowania uznano jednak, że taki sposób zaprezentowania bazowej wiedzy przydatnej do dalszych badań hydopedologicznych uwzględniających trójwymiarowość układu gleby jest optymalny.

Uogólnienie skali kartograficznego zobrazowania struktury przestrzennej charakteryzowanych cech gleb jest adekwatne do reprezentatywności materiału badawczego oraz przeprowadzonych pomiarów. Mapy w skali 1:2 500 000 stanowią dostateczny materiał do dalszych badań nad powiązaniem mega- i makrostruktury pokrywy glebowej z innymi czynnikami glebotwórczymi oraz środowiskiem przyrodniczym.

Wstępna analiza tych map pod kątem przestrzennego rozkładu hydrofizycznych właściwości gleb sugeruje jego powiązanie, na poziomie megastruktury, z głównym podziałem fizjograficznym Polski na część niziną, wyżynną i górską, a na poziomie mezostruktur – z budową geologiczną i układami geomorfologicznymi. Potwierdza ona również wpływ, jaki na strukturę pokrywy glebowej naszego kraju wywarła epoka lodowcowa, zaznaczająca się kolejnymi transformacjami i regresjami lądolodu. Zobrazowana na mapach przestrzenna zmienność i zróżnicowanie badanych właściwości hydrofizycznych dokumentuje trzelementowy układ megastrukturalny, który na poziomie mezostrukturalnym różnicuje występowanie dolin rzecznych, wysoczyzn polodowcowych i terenów zastoiskowych.

Z analizy porównawczej wartości parametrów hydrofizycznych na poziomie poszczególnych jednostek glebowych wynika, że zasoby wody odpowiadające polowej pojemności wodnej są rozłożone nierównomiernie ze względu na jej dostępność dla roślin, z wyraźną przewagą wody trudno dostępnej i niewielką zdolnością retencjonowania wody łatwo dostępnej. To stwierdzenie stanowi istotny krok naprzód w wyjaśnieniu szczególnej wrażliwości na suszę mineralnych gleb Polski, stanowiącej istotną barierę rozwoju wysokowydajnego i efektywnego rolnictwa. Wyznacza ono również jeden z kierunków doskonalenia zasad gospodarowania wodą w przestrzeni rolniczej i uzasadnia konieczność rozwijania tzw. małej retencji wodnej. Inspiruje także badania nad rozwojem agromelioracyjnych i agrotechnicznych metod i technologii permanentnego zwiększania zdolności retencjonowania wód opadowych w profilu gleby oraz spowalniania ich odpływu poza strefę korzeniową roślin uprawnych.

Rozpoznanie wartości i przestrzennej zmienności przewodnictwa wodnego gleb umożliwia urealnienie modeli transportu wody w glebach, a z nią biogenów i kontaminantów oraz bilansowanie ich odpływu do wód gruntowych. Stanowi ono również istotny wkład w weryfikację oceny dynamiki natlenienia gleb i ograniczanie rozwoju procesów oksydoredukcyjnych w celu ich ochrony przed fizykochemiczną degradacją.

## PODSUMOWANIE

Użyteczność symulacyjno-prognostycznych modeli przepływu masy i energii w systemie gleba – roślina – atmosfera w zasadniczy sposób zależy od dostępności i dokładności danych o hydrofizycznych charakterystykach gleby. Przedstawione



w pracy metody parametryzacji hydrofizycznych właściwości gleb oraz ich kartograficznej prezentacji umożliwiają wykorzystanie opracowanych baz danych i map jako elementów wejściowych modeli hydrologicznych. Modele te umożliwiają bilansowanie zasobów wodnych na wybranym obszarze, co jest podstawą optymalnego wykorzystania wody oraz przewidywania zagrożeń (degradacja środowiska, ekstremalne warunki wodne: susze, powódzie) i zapobiegania im.

## LITERATURA

- KOOREVAAR P., MENELIK G., DIRKSEN C., 1983. Elements of soil physics. Amsterdam: Elsevier ss. 230.
- MALICKI M. A., 1990: A reflectometric (TDR) meter of moisture content in soils and other capillary-porous materials. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 388 s. 107–111.
- MALICKI M. A., SKIERUCHA W., 1989. A manually controlled TDR soil moisture meter operating with 300ps rise-time needle pulse. Irrig. Sci. 10 s. 153–160.
- MALICKI M. A., PLAGGE R., RENGER M., WALCZAK R. T., 1992. Application of time-domain reflectometry (TDR) soil moisture miniprobe for the determination of unsaturated soil water characteristics from undisturbed soil cores. Irrig. Sci. 13 s. 65–72.
- MUALEM Y., 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res. 12 s. 513–522.
- OSTROWSKI J., 1996: Baza danych glebowo-kartograficznych – budowa i przykład zastosowania. W: Systemy Informacji Przestrzennej. 6 Konf. Nauk.-Tech. Warszawa: PTIP s. 471–480.
- PHILIP J.R., DE VRIES D., 1957. A moisture movement in porous materials under temperature gradient. Trans. Amer. Geophys. Un. 38 s. 222–232.
- SOBCZUK H. A., PLAGGE R., WALCZAK R. T., ROTH CH. H., 1992. Laboratory equipment and calculation procedure to rapidly determine hysteresis of some soil hydrophysical properties under non steady flow conditions. Z. Pflanz. Bodenk. 155 s. 157–163.
- USOWICZ B., 1992. Statistical-physical model of thermal conductivity in soil. Pol. J. Soil Sci. 25/1 s. 25–35.
- VAN GENUCHTEN M. TH., NIELSEN D. R., 1985. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. Ann. Geophys. 3 5 s. 615–628.
- WALCZAK R., SŁAWIŃSKI C., MALICKI M.A., SOBCZUK H., 1993. Measurement of water characteristics in soils using TDR technique, water characteristics of loess soil under different treatment. Int. Agroph. 7 s. 175–182.
- WALCZAK R., SŁAWIŃSKI C., WITKOWSKA-WALCZAK B., 1999. Metodyczne aspekty tworzenia bazy danych hydrofizycznych charakterystyk mineralnych gleb orných Polski. Acta Agrophys. 22 s. 245–251.
- WALCZAK R., OSTROWSKI J., WITKOWSKA-WALCZAK B., SŁAWIŃSKI C., 2002. Hydrofizyczne charakterystyki mineralnych gleb orných Polski. Acta Agrophys. 79 ss. 64 33 mapy.
- WOSTEN J. H. M., LILLY A., NEMES A., LE BAS C., 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. Geoderma 90 s. 169–185.

*Ryszard WALCZAK, Janusz OSTROWSKI*

**PARAMETERISATION AND SPATIAL CHARACTERISTICS  
OF HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF MINERAL SOILS IN POLAND**

*Key words: computer maps, hydrophysical properties, methods of investigations, soils*

**S u m m a r y**

The knowledge of soil hydrophysical properties is the foundation for interpretation, modelling and prediction of physical, chemical and biological processes in soil profile, to control the optimal water management. It requires the development of complex studies including spatial representativeness and a possibility to implement the data bases for cartographic visualization of obtained results.

The paper discusses current trends in the development of research methodology and parameterisation of hydrophysical properties of mineral soils and presents scientific achievements that expand the characteristics of Polish arable soils. The characteristics were created by compiling the results of studies collected in specific and cartographic data bases.

The outcome of performed complex analysis is the set of data in tabularized form presenting the characteristics of discussed properties and the cartographic presentation of their spatial variability in the scale of the country.

---

**Recenzenci:**

*prof. dr hab. Tomasz Brandyk*

*prof. dr hab. Andrzej Kędziora*

Praca wpłynęła do Redakcji 15.01.2004 r.

