

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-WODNYCH WIERZCHNIEJ WARSTWY ZMELIOROWANEJ GLEBY TORFOWO-MURSZOWEJ

THE ANALYSIS OF WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF DRAINED TOP PEAT-MOORSH SOIL LAYER

Ryszard Oleszczuk, Tomasz Gnatowski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Sławomir Chrzanowski

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Streszczenie. Badania terenowe dotyczące właściwości fizyko-wodnych wierzchniej warstwy gleby torfowo-murszowej przeprowadzono na kwaterze Biebrza 29 (torfowisko Kuwasy, środkowy basen Biebrzy). Badania polegały na systematycznych pomiarach uwilgotnienia wierzchnich warstw gleby metodą TDR i grawimetryczną, położenia zwierciadła wody gruntowej oraz wartości potencjału macierzystego. Uzyskane wyniki umożliwiły określenie empirycznych zależności pomiędzy wartościami uwilgotnienia wierzchnich warstw gleby (10, 20, 30 cm) a położeniem zwierciadła wody oraz gęstości objętościowej gleby. Określono również zależności pomiędzy wartościami potencjału macierzystego i położeniem zwierciadła wody gruntowej. Porównano także charakterystyki retencyjności wodnej (krzywe pF) dla rozpatrywanych warstw pomierzone w warunkach terenowych (pomiar uwilgotnienia i potencjału macierzystego) oraz w warunkach laboratoryjnych (blok pyłowy i komory ciśnieniowe).

Abstract. The water-physical properties of drained top peat-moorsh soil layers (0–30 cm) were investigated. The measurements were performed on Biebrza 29 site (Kuwasy peatlands, middle basin of Biebrza river valley). The soil moisture content (using TDR and gravimetric methods), pressure head, bulk density and groundwater depth were measured.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Ryszard Oleszczuk, dr inż. Tomasz Gnatowski, Katedra Kształtowania Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: ryszard_oleszczuk@sggw.pl, tomasz_gnatowski@sggw.pl; dr inż. Sławomir Chrzanowski, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Doświadczalny w Biebrzy, 19-200 Grajewo, e-mail: s.chrzanowski@itep.edu.pl.

The relationships between groundwater depth and moisture content (a) and pressure head (b) were proposed. The influence of bulk density on volumetric moisture content of top layers was shown. Based on measured data (pressure head and moisture content) in the field and laboratory conditions the comparison between retention characteristics were presented. The pF curves are very similar in the range observed in the natural conditions. The hysteresis (differences between pF curves during sorption and desorption of water) was observed for the top layer 0–10 cm.

Słowa kluczowe: uwilgotnienie gleby torfowo-murszowej, gęstość objętościowa gleby, charakterystyki retencyjności wodnej (krzywe pF)

Key words: moisture content of peat-moorsh soil, bulk density, water retention characteristics (pF curves)

WSTĘP

Wierzchnie warstwy gleb z racji znajdującej się w nich głównej masy korzeniowej roślin są bardzo ważnym elementem ich siedliska. Zasobność w składniki pokarmowe, zdolności do retencjonowania wody i jej dostępność dla systemu korzeniowego, zawartość powietrza czynią górne warstwy profilu glebowego jednym z najważniejszych elementów w systemie gleba–roślina–atmosfera [Kowalik 1995, 2010, Kędziora 1999, 2005]. Przypowierzchniowe warstwy, oprócz tego, że stanowią podłoże dla roślin, są buforem pomiędzy dolnymi, głębszymi warstwami profilu glebowego a najniższą częścią atmosfery. Infiltrują one opady atmosferyczne, pochłaniają i wypromieniowują energię cieplną, przewodzą wodę w procesach parowania i ewapotranspiracji z powierzchni gleby i roślin. Z racji między innymi oddziaływania warunków meteorologicznych na górne warstwy profilu glebowych obserwuje się w nich największą dynamikę zmian stosunków powietrzno-wodnych i temperatury, co ma wpływ na procesy glebowe, jakie zachodzą w warstwach przypowierzchniowych. Należy również mieć na uwadze działalność człowieka związaną z rolniczym wykorzystaniem gleb, to jest procesami uprawowymi takimi jak orka, nawożenie, zbiory plonów czy zabiegi techniczne, którymi mogą być odwadnianie i nawadnianie. Szczególnym przykładem oddziaływania wspomnianych wyżej procesów naturalnych i rolniczego wykorzystania są gleby torfowe, w których na skutek odwodnienia i zaadaptowania ich do warunków użytkowania rolniczego przerwany został proces bagienny (sedencji), a rozpoczął się proces humifikacji i mineralizacji (decesji). W takim wypadku zmianie ulegają właściwości fizyczne, chemiczne i retencyjne wierzchnich warstw gleby na skutek ich przesychnienia i zwiększenia zawartości powietrza (np. procesy denitryfikacji, emisja gazów cieplarnianych). Prowadzi to do przekształcenia włóknistej struktury torfu w amorficzną gruzełkową strukturę murszu [Okruszko 1993].

Celem niniejszego artykułu jest analiza właściwości fizyko-wodnych wierzchniej warstwy (0–30 cm) gleby torfowo-murszowej będącej w użytkowaniu łąkowym. Analizie poddane zostaną zmiany wartości uwilgotnienia i potencjału macierzystego (ciśnienie ssących) na tle zalegania wody gruntowej oraz wpływu gęstości objętościowej na wartości uwilgotnienia; dokonane też zostanie porównanie zdolności retencyjnych (krzywe pF) zarejestrowanych w warunkach naturalnych i opracowane w warunkach laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania właściwości fizyko-wodnych przeprowadzono w środku łąnu kwatery Biebrza 29 wchodzącej w skład torfowiska Kuwasy znajdującego się w środkowym basenie rzeki Biebrzy. Na obszarze tym w latach 1933–1939 wykopano podstawowe kanały odwadniające i szczegółową sieć rowów melioracyjnych. Ostateczną sieć rowów odwadniająco-nawadniających stworzono w latach 1951–1961, by w latach 1977–1988 zmodernizować system melioracyjny poprzez pogłębienie istniejących rowów i zainstalowanie sieci drenarskiej w celu uzyskania odpowiedniej intensywności podsiąku kapilarnego ze zwierciadła wody gruntowej [Chrzanowski 1995, Mioduszewski i in. 1996]. Schemat kwatery Biebrza 29, kształtowanie się warunków meteorologicznych (opad, parowanie) w okresach wegetacji 2006–2007 oraz funkcjonowanie systemu nawodnień podsiąkowych na tym obiekcie przedstawiono w pracach Oleszczuka i in. [2009, 2012]. Badania uwilgotnienia na głębokościach 10, 20 i 30 cm pod powierzchnią terenu wykonywano co 3 dni za pomocą metody TDR (czujniki pomiarowe zainstalowane na stałe) przy wykorzystaniu równań kalibracji tej metody opracowanych przez Oleszczuka i in. [2004, 2007]. W powyższych terminach wykonywano także pomiary położenia zwierciadła wody gruntowej. Kilkakrotnie w każdym z okresów wegetacji na każdej głębokości (10, 20 i 30 cm pod powierzchnią terenu) mierzono gęstość objętościową gleby w trzech powtórzeniach cylinderkami o pojemności 100 cm³ przez suszenie próbek w temperaturze 105°C [Mocek i in. 2000]. Dysponując dokonanyymi jednocześnie pomiarami uwilgotnienia przy wykorzystaniu metody TDR oraz gęstości objętościowej gleby na poszczególnych głębokościach, można określić wpływ gęstości gleby na wartości wilgotności objętościowej. Pomiary potencjału macierzystego na analizowanych głębokościach (w dwóch powtórzeniach) wykonywano przy użyciu tensjometrów Thies Clima. Wyniki pomiarów ciśnień ssących (potencjału macierzystego) i uwilgotnienia umożliwiają opracowania krzywych retencyjności wodnej (krzywe pF) w warunkach naturalnych. Z wymienionych wyżej głębokości (10, 20 i 30 cm) pobrano próbki glebowe w celu opracowania krzywych retencyjności wodnej w warunkach laboratoryjnych przy użyciu metody bloku pyłowego oraz komór ciśnieniowych [Zawadzki 1973, Klute 1986].

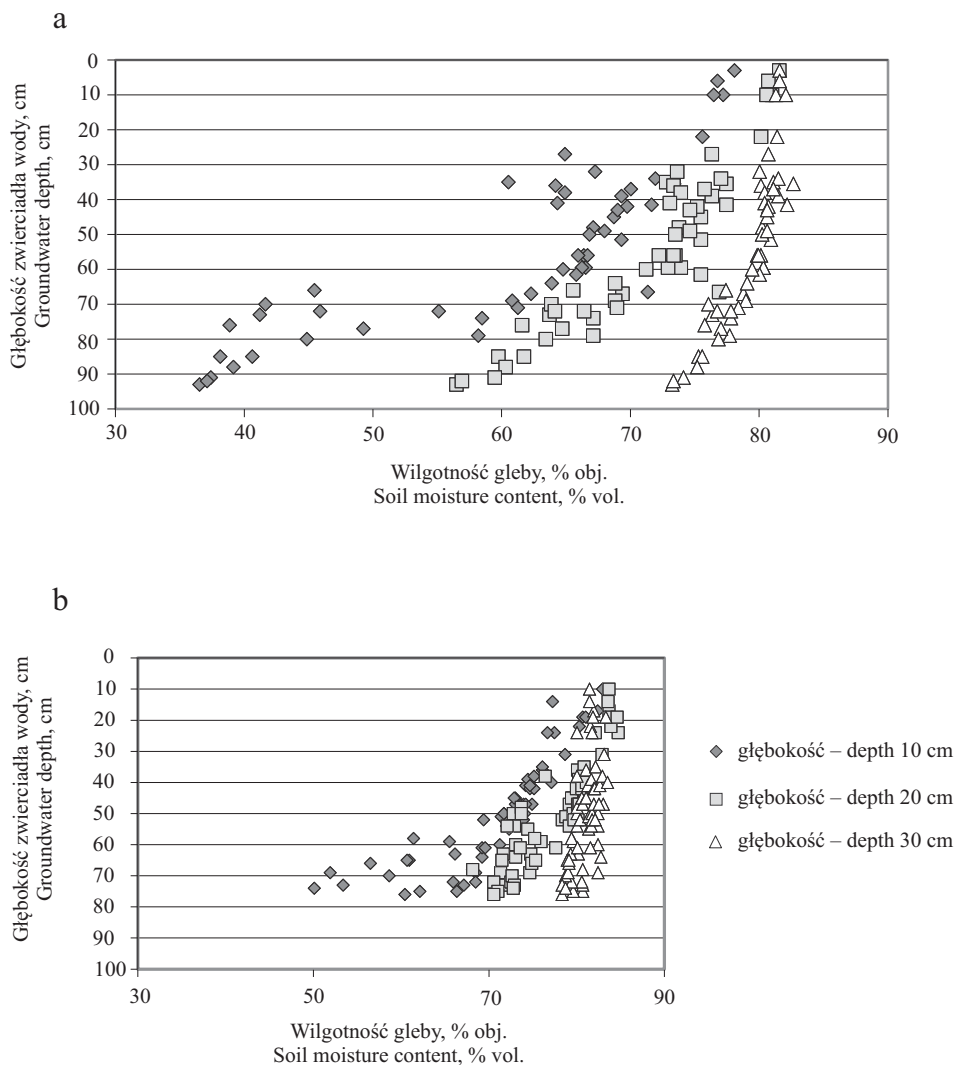
Tabela 1. Podstawowe właściwości fizyczne warstwy korzeniowej (0–30 cm) analizowanej gleby torfowo-murszowej

Table 1. The physical properties of root zone (0–30 cm) of analysed peat-moorsh soil

Warstwa Layer cm	Gęstość objętościowa gleby Bulk density Mg · m ⁻³	Gęstość fazy stałej Particle density Mg · m ⁻³	Porowatość Porosity cm ³ · cm ⁻³	Popielność % a.s.m. Ash content % a.d.m	Opis warstwy Description of the layer
0–22	0,309	1,466	78,92	17,69	mursz Z ₂ moorsh Z ₂
22–50	0,165	1,349	87,54	12,28	torf olesowy H ₇ alder peat H ₇

WYNIKI BADAŃ

Profil glebowy na wybranej do badań kwaterze został sklasyfikowany jako MII bc wchodzący w skład prognostycznego kompleksu wilgotnościowo-glebowego C – posuszne-go [Okruszko 1994]. Jest to teren łąki dawno zagospodarowanej, użytkowanej produkcyjnie ze zbiorem 2 pokosów siana.

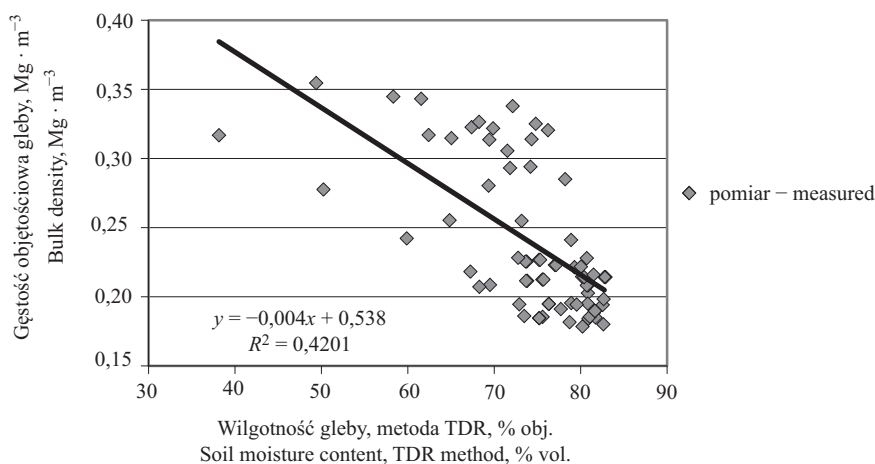


Rys. 1. Zależności pomiędzy głębokością zwierciadła wody gruntowej a uwilgotnieniem gleby na poszczególnych głębokościach warstwy korzeniowej: a) w okresie wegetacji 2006 r., b) w okresie wegetacji 2007 r.

Fig. 1. The relationships between groundwater level and moisture content at several depths of root zone: a) in vegetation period 2006, b) in vegetation period 2007

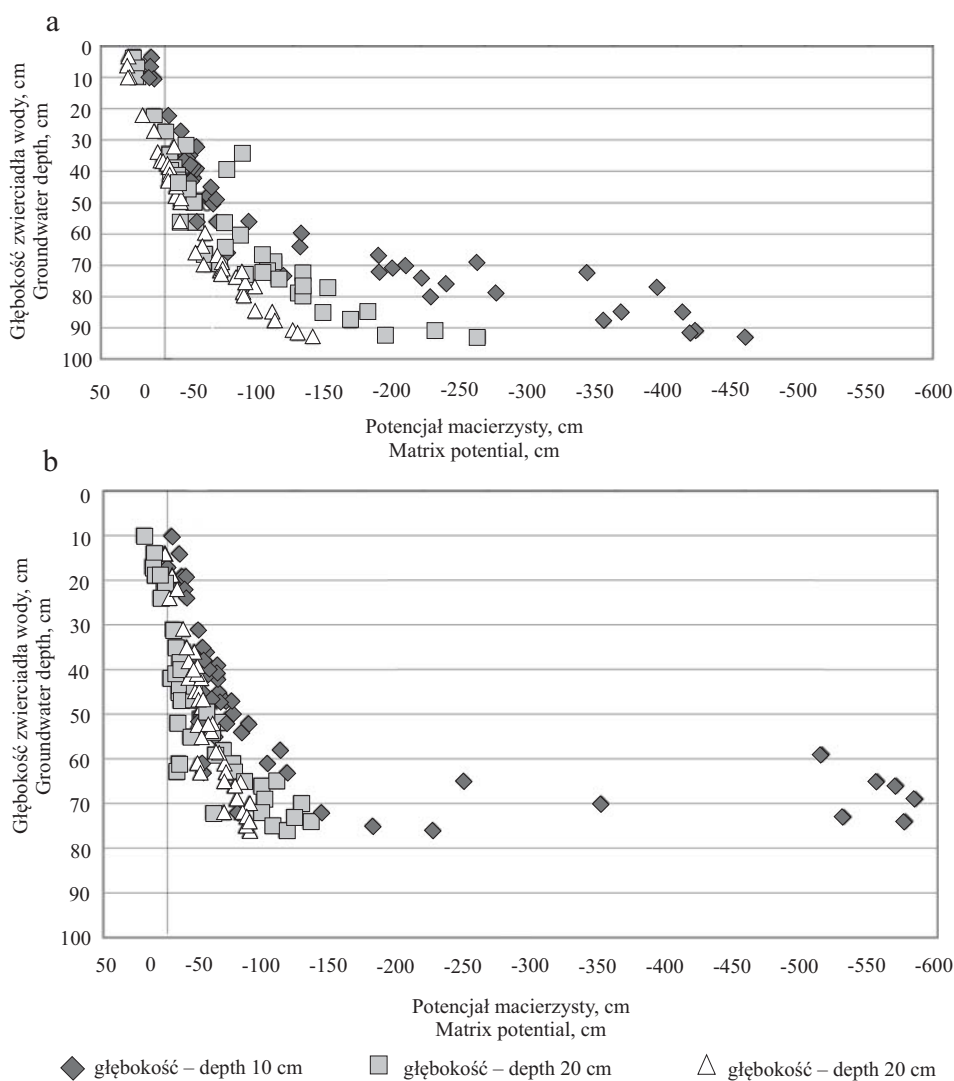
Na rys. 1 przedstawiono zależności pomiędzy wartościami uwilgotnienia na poszczególnych głębokościach (10, 20 i 30 cm) a położeniem zwierciadła wody gruntowej. Na początku obu okresów wegetacji (2006–2007) wartości uwilgotnienia na wszystkich głębokościach przyjmowały wartości na poziomie około 80–85% wilgotności objętościowej (zbliżone do pełnego nasycenia). W miarę obniżania się położenia zwierciadła wody w okresie wegetacji w 2006 r. (rys. 1a) do maksymalnego poziomu (około 90 cm) wartości uwilgotnienia stopniowo zmniejszały. Największy zakres zmian zaobserwowano na głębokości 10 cm, gdzie uwilgotnienie obniżyło się do około 40% obj., na głębokości 20 m zaś spadło do około 60% obj.; najmniejsze zaś zmiany zaobserwowano na głębokości 30 cm, gdzie uwilgotnienie zmniejszyło się jedynie o około 10% – do poziomu 70% obj. W przypadku okresu wegetacji w 2007 r. (rys. 1b) maksymalne obniżenie zwierciadła wody do poziomu 75 cm pod powierzchnią terenu spowodowało nieznaczne obniżenie wartości uwilgotnienia na głębokości 30 cm. Najznaczniejsze zmniejszenie się wartości uwilgotnienia przy minimalnym położeniu zwierciadła wody gruntowej (75 cm poniżej terenu) odnotowano na głębokości 10 cm, gdzie uwilgotnienie osiągnęło poziom około 50% wilg. obj.

Wartość gęstości objętościowej gleby wpływa w znaczący sposób na wartość uwilgotnienia. Wzrost gęstości objętościowej powoduje zmniejszanie się wartości uwilgotnienia. W przypadku analizowanej warstwy gleby pomiary uwilgotnienia metodą TDR i gęstości objętościowej gleby wykazały liniowy charakter zależności (rys. 2). Wzrost gęstości objętościowej gleby z około 0,2 do około 0,35 $\text{Mg} \cdot \text{cm}^{-3}$ spowodował zmniejszenie się wilgotności objętościowej z poziomu 80% do około 40% obj.



Rys. 2. Zależność pomiędzy gęstością objętościową gleby a uwilgotnieniem wierzchniej warstwy
 Fig. 2. The relationship between bulk density and soil moisture content of top layer

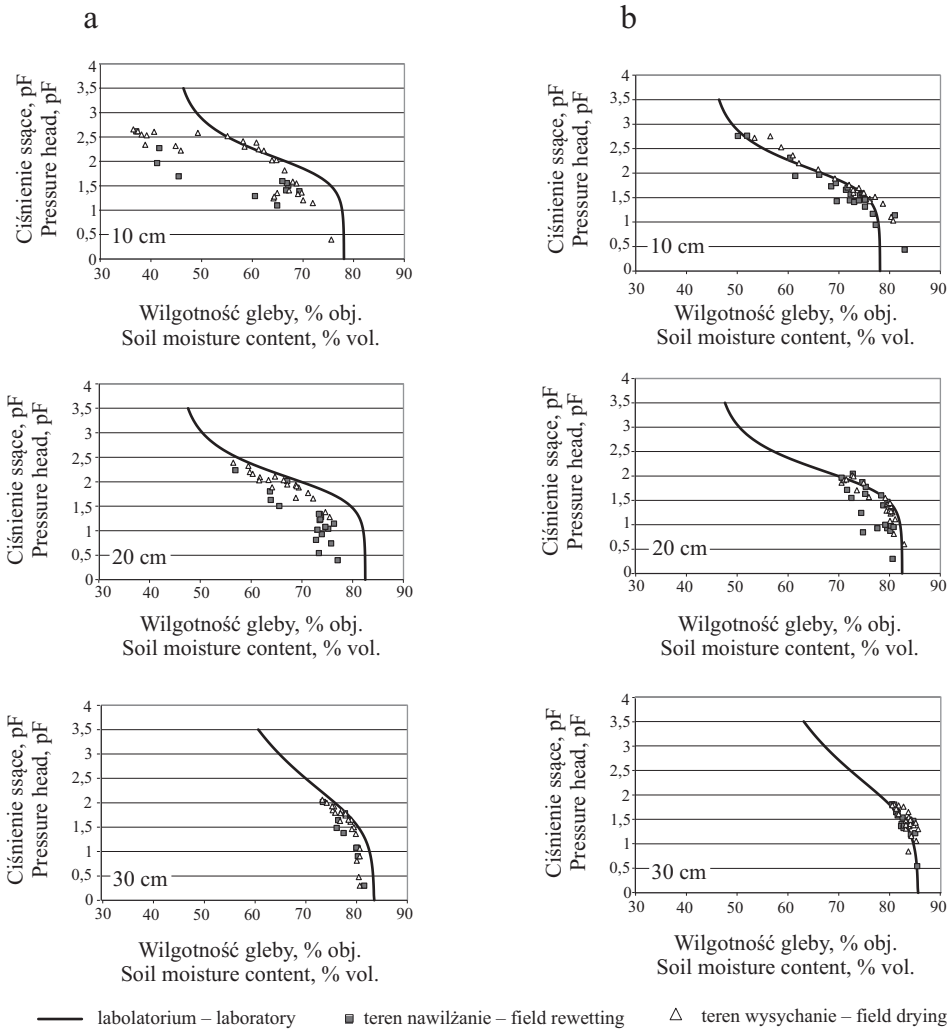
Zależności pomiędzy wartościami potencjału macierzystego a głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej przedstawiono na rys. 3. W okresie wegetacji 2006 r. obniżenie zwierciadła wody gruntowej do poziomu 90 cm pod powierzchnią terenu i przesychnienie warstwy przypowierzchniowej (0–10 cm) spowodowały zarejestrowanie wartości potencjału macierzystego na poziomie ok. -450 cm (pF 2,65) zbliżonym do górnej granicy wody łatwo dopuszczalnej (pF 2,7) w tych glebach [Pierzgalski 1996] (rys. 3a).



Rys. 3. Zależności pomiędzy położeniem zwierciadła wody gruntowej a potencjałem macierzystym na poszczególnych głębokościach warstwy korzeniowej: a) w okresie wegetacji 2006 r., b) w okresie wegetacji 2007 r.

Fig. 3. The relationship between groundwater level depth and matrix potential at several depths of root zone: a) in vegetation period 2006, b) in vegetation period 2007

Na głębokości 10 cm w analizowanym okresie 2007 r. (rys. 3b) przy obniżeniu zwierciadła wody do poziomu 75 cm i znacznym przesychnaniu wierzchniej warstwy zarejestrowano wartość potencjału macierzystego w wysokości -600 cm (pF 2,78), co oznacza okresowe przekroczenie górnej granicy wody łatwo dostępnej pF 2,7 [Pierzgański 1996]. Z powyższych obserwacji wynika, że w wierzchniej warstwie na głębokości 10 cm występowało znaczne jej przesychnanie i znikome zasilanie w wodę w okresach bezopa-



Rys. 4. Porównanie krzywych retencyjności wodnej (pF) dla wierzchnich warstw analizowanej gleby, opracowanych w warunkach laboratoryjnych i terenowych: a) w okresie wegetacji 2006 r., b) w okresie wegetacji 2007 r.

Fig. 4. The comparison of the retention characteristics (pF) for top layers of peat soil established in the laboratory and field conditions: a) in vegetation period 2006, b) in vegetation period 2007

dowych z głębszych warstw w wyniku podsiąku kapilarnego. W głębszych warstwach (20 i 30 cm) w 2006 r. (rys. 3a) wartości potencjału macierzystego przyjmowały znacznie mniejsze wartości. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej do poziomu 60 cm poniżej powierzchni terenu wskazuje na liniowy charakter tej zależności. W trakcie dalszego obniżania się zwierciadła wody na dwóch zanalizowanych głębokościach zarejestrowano dalszy spadek wartości potencjału macierzystego.

W analogicznym okresie 2007 r. (rys. 3b) na głębokościach 20 i 30 cm obserwowano proporcjonalną zależność pomiędzy wartościami potencjału macierzystego a poziomem zwierciadła wody gruntowej z wyłączeniem przypowierzchniowej warstwy 0–10 cm, gdzie przesychanie było znacznie większe.

Porównanie przebiegu krzywych retencyjności wodnej (krzywe pF) dla poszczególnych głębokości opracowane w warunkach laboratoryjnych i polowych przedstawia rys. 4. Krzywe pF w warunkach laboratoryjnych (linia ciągła) otrzymano w trakcie desorpcji wody. Porównując je z wynikami otrzymanymi w warunkach naturalnych, można stwierdzić, że w większości przypadków zakres charakterystyk zarejestrowany w warunkach naturalnych jest bardzo zbliżony do charakterystyk opracowanych standardowo w warunkach laboratoryjnych. Uzyskanie bardzo zbliżonych wyników świadczy o niezwykle dużej dokładności pomiarów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i polowych; można również wnioskować, że krzywymi pF zarejestrowanymi w warunkach naturalnych towarzyszył proces wysychania (desorpcji) wody. Wyjątkowo duże rozbieżności odnotowano w 2006 r. na głębokości 10 cm. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, że część krzywej pF w warunkach naturalnych zarejestrowano w trakcie procesu wysychania (desorpcji) wody, a część w trakcie nawilżania. Powyższe różnice stanowią tzw. pętlę histerezy, która występuje przy pomiarach krzywych retencyjności wodnej w trakcie odwadniania i nawilżania gleby [Kowalik 2010]. Powyższe zjawisko w glebach torfowo-murszowych zaobserwował również Ilnicki [1982a, 1982b], wykonując pomiary w warunkach laboratoryjnych przy odwadnianiu i nawadnianiu próbek glebowych.

WNIOSKI

1. Największe zmiany uwilgotnienia na tle zalegania wody gruntowej zarejestrowano w przypowierzchniowej warstwie (10 cm poniżej terenu) w obu analizowanych okresach pomiarowych. Na głębokości tej w okresach bezopadowych i przy głębokim zaleganiu zwierciadła wody wartość uwilgotnienia murszu obniżała się nawet do ok. 30% wil. obj. (okres wegetacji 2006 r.).
2. Wzrost gęstości objętościowej gleby z poziomu $0,2 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ do ok. $0,35 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ spowodowało zmniejszenie się wilgotności wierzchniej warstwy z poziomu 80 do 40% wil. obj.
3. Analiza wartości potencjałów macierzystych w wierzchnich warstwach gleby torfowo-murszowej wykazała brak równowagi tego rodzaju potencjału na głębokości 10 cm z położeniem zwierciadła wody gruntowej. Wartości najbardziej zbliżone do stanu równowagi zaobserwowano na głębokości 30 cm pod powierzchnią terenu w okresach wegetacji 2006–2007 r.
4. Analiza porównawcza krzywych retencyjności wodnej (krzywe pF) opracowanych w warunkach laboratoryjnych i naturalnych wykazała bardzo dużą ich zgodność oprócz wierzchniej warstwy 0–10 cm w 2006 r. Zaobserwowane różnice w wierzchniej warstwie mogą być spowodowane faktem wystąpienia w warunkach naturalnych zjawiska pętli histerezy, która ma miejsce w zmiennych warunkach uwilgotnienia (sorpcji i desorpcji wody).

PIŚMIENNICTWO

- Chrzanowski S., 1995. Retencyjność torfowiska i jej wykorzystanie w systemie nawodnień podsiąkowych na przykładzie obiektu Kuwasy i Zbójna Popiołki. Raport końcowy za okres badań 1993–1995. Maszynopis. Falenty IMUZ, ss. 41.
- Ilnicki P., 1982a. Hysteresis der Wasserspannungskurve in organogegen Böden. Zeit. Pflanzenernaehr. Bodenk. 145, 363–374.
- Ilnicki P., 1982b. Einfluss physikalischer Eigenschaften und anthropogener Tätigkeit auf die Hysteresis der wasserspannungskurve organogener Böden. Zeit. Pflanzenernaehr. Bodenk. 145, 375–383.
- Kędziora A., 1999. Podstawy agrometeorologii. PWRiL Poznań.
- Kędziora A., 2005. Przyrodnicze podstawy gospodarowania wodą w Polsce. [W:] Ochrona środowiska w gospodarce przestrzennej. Red. L. Ryszkowski, A. Kędziora. Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań, 75–113.
- Klute A., 1986. Water retention: laboratory methods. [W:] Methods of soil analysis. 1: Physical and Mineralogical Methods. Red. A. Klute. Agronomy Monograph 9. American Society of Agronomy Madison, WI, 635–662.
- Kowalik P., 1995. Obieg wody w ekosystemach lądowych. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN. Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej Warszawa.
- Kowalik P., 2001. Ochrona środowiska glebowego. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Kowalik P., 2010. Agrohydrologia obliczeniowa. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN 22. Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej Warszawa.
- Mioduszewski W., Szuniewicz J., Kowalewski Z., Chrzanowski S., Ślesicka A., Borowski J., 1996. Gospodarka wodna na torfowisku w basenie środkowym Biebrzy. Biblioteczka Wiadomości IMUZ 90. Wyd. IMUZ Falenty.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P., 2000. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wydawnictwo AR Poznań.
- Okruszko H., 1993. Transformation of fen-peat soil under the impact of draining. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 406, 3–73.
- Okruszko H., 1994. System of hydrogenic soil classification used in Poland. Biblioteczka Wiadomości IMUZ 84, Wyd. IMUZ Falenty, 5–27.
- Oleszczuk R., Brandyk T., Gnatowski T., Szatyłowicz J., 2004. Calibration of TDR for moisture determination in peat deposits. Internat. Agrophys. 18(2), 145–151.
- Oleszczuk R., Chrzanowski S., Brandyk T., Gnatowski T., Szatyłowicz J., 2009. Ocena funkcjonowania systemu odwadniająco-nawadniającego dla zrównoważonego łąkowego wykorzystania gleby torfowo-murszowej. Woda Środ. Obsz. Wiej. 9, 1(25), 77–86.
- Oleszczuk R., Chrzanowski S., Gnatowski T., 2012. Analiza stosunków powietrzno-wodnych gleby torfowo-murszowej w zasięgu działania systemu nawodnień podsiąkowych. Woda Środ. Obsz. Wiej. 12, 1(37), 93–104.
- Oleszczuk R., Gnatowski T., Brandyk T., Szatyłowicz J. 2007. Calibration of TDR for moisture content monitoring in moorsh layers. [W:] Wetlands: monitoring, modelling and management. Red. T. Okruszko i in. Balkema, Taylor Francis Group London, 121–124.
- Pierzgalski E., 1996. Melioracje użytków zielonych – nawodnienia podsiąkowe. Wyd. SGGW Warszawa.
- Zawadzki S., 1973. Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. Wiad. IMUZ 11(2), 11–31.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.11.2013