

## Właściwości retencyjne i przewodzące gleb torfowych silnie odwodnionych w dolinie Stawek-Stoki

### Abstract

**Retention and hydraulic conductivity of the dried peat soils in the Stawek-Stoki valley.** In the article are presented changes of retention and conductivity properties of peat soils, excessively dried by groundwater intake „Wierzchowiska” and wrong infrastructure of melioration system. Basing on 3 examined soil profiles, from Stawek-Stoki valley, with various degradation degree, the influence of these changes on capillary rise of soil moisture are also shown.

*Key words: changes of retention and conductivity properties and capillary rise ability.*

### Wstęp

Jednymi z ciekawszych elementów występujących w krajobrazie rolniczym są doliny torfowe (Mioduszewski 1994). Obok funkcji, jakie spełniają w lokalnych ekosystemach, stanowią one ważne gospodarczo obszary produkcji użytków zielonych. Chęć wykorzystania tej własności roli doprowadziła do masowych melioracji, umożliwiających rolnicze wykorzystanie zalegających tam gleb torfowych. Niestety, w wielu wypadkach, na skutek oszczędności inwestycyjnych systemy melioracyjne wykonywano jedynie jako odwadniające, często również prawidłowo zaprojektowane i zrealizo-

wane jednak, na skutek braku nadzoru i konserwacji, tracą cechy dwustronnej, nawadniająco-odwadniającej regulacji stosunków wodnych na obszarach zmeliorowanych, prowadząc do znacznego odwodnienia terenu i obniżenia zwierciadła wód gruntowych (Brandyk 1990).

Na terenach dolin torfowych, jako stosunkowo zasobnych w wodę, często lokalizuje się ujęcia wód podziemnych. Ich eksploatacja również powoduje obniżenie zwierciadła wód gruntowych. Jeżeli w obrębie doliny wystąpią oba wymienione czynniki jednocześnie, wówczas może to doprowadzić do niekorzystnych zmian panujących tam stosunków wodnych.

Gleby torfowe są bardzo wrażliwe na takie zmiany. Ich intensywne przesuszenie powoduje często nieodwracalne zmiany struktury i właściwości fizyko-wodnych, co w efekcie prowadzi do przyspieszenia procesu murszenia, powstawania struktur poligonalnych na powierzchni, a w końcu do spadku produktywności, a nawet wyłączenia danego obiektu z użytkowania.

W pracy tej, na przykładzie doliny Stawek-Stoki, przedstawiono problem wpływu intensywnego osuszania gleb torfowych na ich własności retencyjne

i przewodzące, co stanowi przyczynek do tworzenia metod prognozowania w kwestii oddziaływania człowieka na środowisko przyrodnicze.

### **Cel i metodyka badań**

Celem pracy jest przedstawienie zmian właściwości retencyjnych i przewodzących, intensywnie odwodnionych gleb torfowych, na przykładzie doliny rzek Stawek i Stoki, jak również ocena wpływu powyższych zmian na zdolności podsiąkowe profilu glebowego.

Badania umożliwiające określenie zmian właściwości retencyjnych i przewodzących oraz określenie ich wpływu na zdolności podsiąkowe profilu glebowego prowadzono dwutorowo. Współczynnik przewodnictwa hydraulicznego oraz przebieg krzywych retencji określono metodami laboratoryjnymi przeprowadzonymi w Laboratorium IMUZ w Lublinie. Określenie przewodnictwa hydraulicznego w warunkach nienasyconych oraz wyznaczenie wpływu zmian badanych parametrów na zdolności podsiąkowe dokonano wykorzystując metodę modelowania matematycznego. Badania prowadzono opierając się na następujących metodach:

- wyznaczenie wartości współczynnika przewodnictwa hydraulicznego, w strefie nasyconej (metoda osuszanych monolitów – Olszta, Zawadzki 1986),
- wyznaczenie przebiegu krzywych sił wiązania wody w glebie  $pF$  i zdolności retencyjnych, (metoda bloku pyłowego – Olszta, Zawadzki 1986),
- określenie wartości przepuszczalności wodnej w strefie nienasyconej (model

van Genuchtena-Muallema, wg programu VANGEN – Zaradny 1987),

- przedstawienie wpływu zmian powyższych właściwości na zdolności podsiąkowe profilu glebowego (symulacja komputerowa wg programu PODSIĄK – Zaradny 1990).

### **Obiekt badań**

Dolina dwóch rzek Stawek i Stoki zlokalizowana ok. 10 km na południowy wschód od Lublina. Na terenie wykorzystywanych tam rolniczo łąk torfowych uruchomiono w roku 1983 ujęcie wód podziemnych dla miasta Świdnika. Przed uruchomieniem ujęcia obszar ten był stosunkowo zasobny w wodę, czego potwierdzeniem są pozostałości po tzw. oczkach wodnych oraz wykonanie melioracji szczegółowej, jedynie odwadniającej.

Po uruchomieniu ujęcia doszło w obrębie leja depresyjnego i na terenach bezpośrednio z nim sąsiadujących, do diametralnej zmiany stosunków wodnych. Na odcinku ok. 3,5 km wyschła rzeka Stoki. Nastąpiło silne przesuszenie gleb torfowych w dolinie, co spowodowało degradację ich warstw wierzchnich. Świadczy o tym mikropoligonalna rzeźba terenu, liczne spękania, lokalnie nawet do 1,5 m głębokości. Przerwanie kontaktu z wodą gruntową doprowadziło do konieczności zmian upraw prowadzonych na łąkach.

Przykładowy profil glebowy na rozpatrywanym terenie [cm]:

- 0–10 – warstwa darniowa wysycona drobnoziarnistym, ciemnobrunatnym murszem (Z3).
- 10–30 – mursz torfiasty (Z1), wytworzony ze słabo rozłożonego, drobno-

włóknistego torfu mechowiskowego barwy brunatnobrązowej,

- 30–60 – torf turzycowiskowy barwy brunatnoczarnej, wilgotny, o silnym rozkładzie (R3),
- 60–125 – torf turzycowiskowy o strukturze włóknisto-amorficznej (R3), ze wzrastającym z głębokością zamuleniem,
- 125–150 – torf całkowicie rozłożony, amorficzny, czarny, z dużą zwiększającą się z głębokością zawartością mułu mineralnego,
- poniżej 150 – pył ilasty.

Dla celów poglądowych w artykule przedstawiono wyniki badań dla 3 spośród 7 dokonanych odkrywek glebowych. Pierwszą z nich zlokalizowano w pobliżu połączenia rzek Stawek i Stoki, na terenie nie zdeformowanej powierzchni, gdzie nie zaobserwowano wyraźnych spękań w profilu glebowym. Druga i trzecia zlokalizowane były na terenie silnie zdegradowanej łąki o mikropoligonalnej rzeźbie, w odległości 300 i 500 m od rzeki Stoki.

### **Właściwości retencyjne**

Wyniki badań właściwości retencyjnych przedstawiono na rysunku 1. Widoczne na nim są znaczne różnice przebiegu krzywych pF dla kolejnych warstw profili. Odkrywka 1 ma wyróżnione jedynie 2 warstwy – wierzchnią (0–30 cm) i podścielającą (30–120 cm p.p.t.). Dla odkrywek 2 i 3 konieczne stało się wyróżnienie 3 warstw, wierzchniej (0–30 cm), pośredniej (30–60 cm) i podścielającej (60–120 cm p.p.t.), co jest efektem znacznego zaawansowania w nich procesów degradacji.

Warstwy podścielające posiadają zbliżony przebieg krzywych pF dla wszystkich prezentowanych odkrywek. Świadczy to o ich podobnym stopniu degradacji, różna jest tylko głębokość tej warstwy. Przebieg krzywych pF określonych dla warstw pośrednich świadczy o istotnym, choć nie tak znacznym, jak w przypadku warstw wierzchnich, zaawansowaniu procesów degradacji. Najbardziej zdegradowane wydają się warstwy wierzchnie odkrywek 2 i 3, o czym świadczy przebieg krzywych pF, w których trudno wyróżnić charakterystyczne dla torfu wygarbienia.

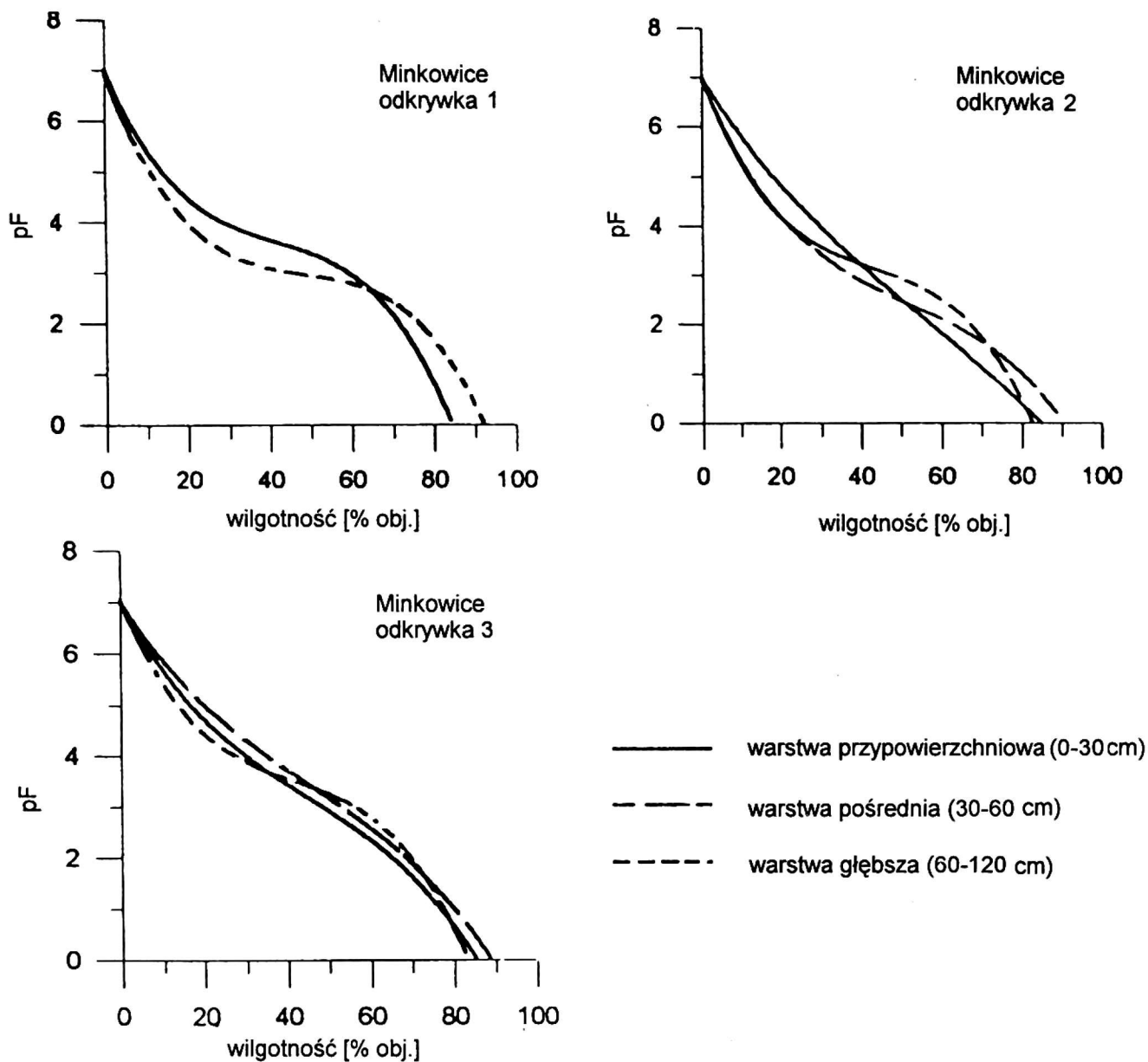
Reasumując można próbować uszeregować przedstawione profile glebowe pod względem stopnia zaawansowania procesów degradacji:

- odkrywka 1 – najmniej zdegradowana, niemal nie naruszona, przyjęta w dalszych rozważaniach jako wzorzec,
- odkrywka 2 – warstwa wierzchnia silnie zdegradowana, warstwa pośrednia wykazuje jednak cechy niezbyt silnej degradacji,
- odkrywka 3 – dwie pierwsze warstwy wykazują znaczne podobieństwo, świadczące o znacznej degradacji.

Decydująca, w zakresie stopnia zaawansowania procesów degradacji wydaje się tu odległość od koryta ciek Stawek-Stoki.

### **Właściwości przewodzące**

W ramach badań wykonano pomiary wartości współczynnika przewodności hydraulicznej  $K_s$  (mm/dobę) dla stanu pełnego nasycenia. Wyniki zestawiono w tabeli 1.



RYSUNEK 1. Właściwości retencyjne – krzywe pF wyznaczone dla badanych profili glebowych

TABELA 1. Wartości współczynnika przewodności hydraulicznej  $K_s$  (mm/dobę) dla stanu pełnego nasycenia

Nr odkrywki	Warstwa [cm ppt]	Przewodność [mm/d]
1	0–30	790
	30–120	1 576
2	0–30	1 488
	30–60	1 656
3	60–120	613
	0–30	604
	30–60	2 527
	60–120	505

Wyraźnie daje się zauważyć istotną różnicę pomiędzy współczynnikami przewodzenia dla warstw wierzchnich i głębszych. Świadczyć to może o sygnalizowanym już wcześniej zaistniałym w nich przeobrażeniu. Odkrywka 1, przyjęta jako wzorzec, wykazuje wartości zbliżone do uzyskanych dla innych profili. Może to świadczyć bądź to o niewielkim stopniu przeobrażenia we wszystkich przypadkach, bądź też, co wydaje się bardziej prawdopodobne, o nie zauważonym wcześniej przeobrażeniu odkrywki 1. Generalnie badane profile charakteryzują się

podobnymi wartościami współczynnika przewodnictwa w warunkach nienasyconych.

Do wyznaczenia przebiegu funkcji przewodnictwa hydraulicznego w warunkach nienasyconych  $K(h)$  wykorzystano model Van Genuchtena-Mualema. Wzór na względną przewodność hydrauliczną posiada postać:

$$K^r = \left[ \frac{1}{1 + (a \cdot h)^\alpha} \right]^{\beta \cdot n_1} \quad (1)$$

$$\cdot \left\{ 1 - \left[ \frac{(a \cdot h)^\alpha}{1 + (a \cdot h)^\alpha} \right]^\beta \right\}^p$$

gdzie:

$K^r$  – względna przewodność hydrauliczna  
 $K^r = K(h)/K_s$ ,

$K(h)$  – przewodność hydrauliczna przy niepełnym nasyceniu,

$K_s$  – przewodność hydrauliczna przy pełnym nasyceniu,

$n_1$  – współczynnik wg Mualema, 0,5,

$p$  – współczynnik wg Mualema, 2,0,

$h$  – wartość ciśnienia ssącego w glebie,

$\beta$  – współczynnik wg Mualema  $\beta = 1 + 1/\alpha$ ,

$\alpha, a$  – nieliniowe współczynniki dopasowania, wyznaczone na podstawie pomierzonej zależności  $h=f(\Theta)$  – krzywą pF, z wykorzystaniem metody najmniejszych kwadratów (Marquardt 1963) wzorem:

$$\frac{\Theta - \Theta_r}{\Theta_s - \Theta_r} = \left[ \frac{1}{1 + (a \cdot h)^\alpha} \right]^\beta \quad (2)$$

w którym:

$\Theta$  – wilgotność próbki [ $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ],

$\Theta_s$  – wilgotność próbki w warunkach pełnego nasycenia,

$\Theta_r$  – tzw. resztowa zawartość wody.

Obliczenia wartości funkcji  $K(h)$  dokonano wykorzystując program opracowany przez Zaradnego VANGEN (Olshza, Zawadzki 1991). Wyniki zestawiono na rysunku 2.

Przedstawione na rysunku 2 wykresy świadczą o niewielkim zróżnicowaniu poszczególnych warstw. Jedynym wyjątkiem wydaje się być krzywa uzyskana dla warstwy 60–120 cm odkrywki 3.

### Ocena zdolności podsiąkowych

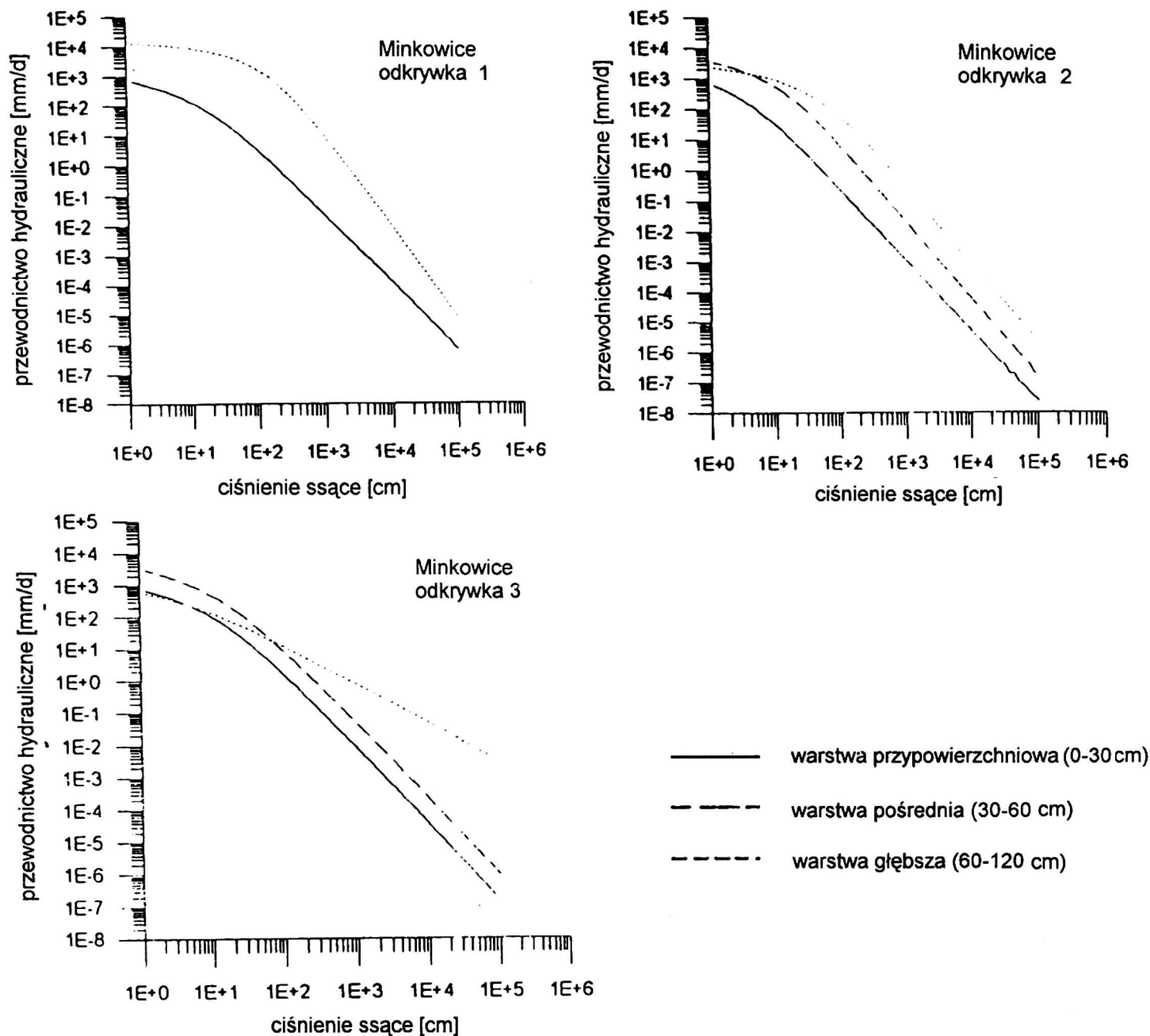
Określenie przebiegu krzywych pF, wartości  $K_s$  oraz funkcji  $K(h)$ , umożliwiło przeprowadzenie symulacji komputerowej zdolności podsiąkowych poszczególnych profili glebowych. Zgodnie z przyjętym w pkt 3 uszeregowaniem odkrywek pod względem zaawansowania można dzięki temu prześledzić wpływ zmian właściwości retencyjnych i przewodzących na te zdolności.

Do określenia zdolności podsiąkowych profilu glebowego wykorzystano opracowany przez Zaradnego (1987) program PODSIĄK. Wykorzystuje on zależność umożliwiającą obliczenie wysokości podsiąku kapilarnego  $z$ , od zwierciadła wody gruntowej, w zależności od wartości przewodnictwa hydraulicznego oraz zadanego natężenia przepływu wody:

$$z = - \int_0^h \frac{dh}{\frac{q_j}{K(h)} + 1} \quad (3)$$

gdzie:

$z$  – współrzędna pionowa wysokości podsiąku,



RYSUNEK 2. Przebieg zmian przewodnictwa hydraulicznego w badanym zakresie zmian ciśnień ssących, na podstawie programu VANGEN

$h$  – wysokość ciśnienia wody glebowej (wartości ujemne w strefie nienasyconej),

$q_j$  – jednostkowe natężenie przepływu.

Wartości  $K(h)$  wyznaczano na podstawie funkcji:

$$\begin{aligned}
 K(h) &= K_s && \text{dla } h \geq h_a, \\
 K(h) &= K_s \exp[\eta(h - h_a)] && \text{dla } h_a > h \geq h_{lim} \\
 K(h) &= C(-h)^n && \text{dla } h < h_{lim}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

gdzie:

$K_s$  – przewodność hydrauliczna gleby dla pełnego nasycenia,

$h_a$  – tzw. wysokość ciśnienia wejścia dla powietrza, 0,0 wg Rijtemy,

$h_{lim}$  – graniczne wartości wysokości ciśnienia,

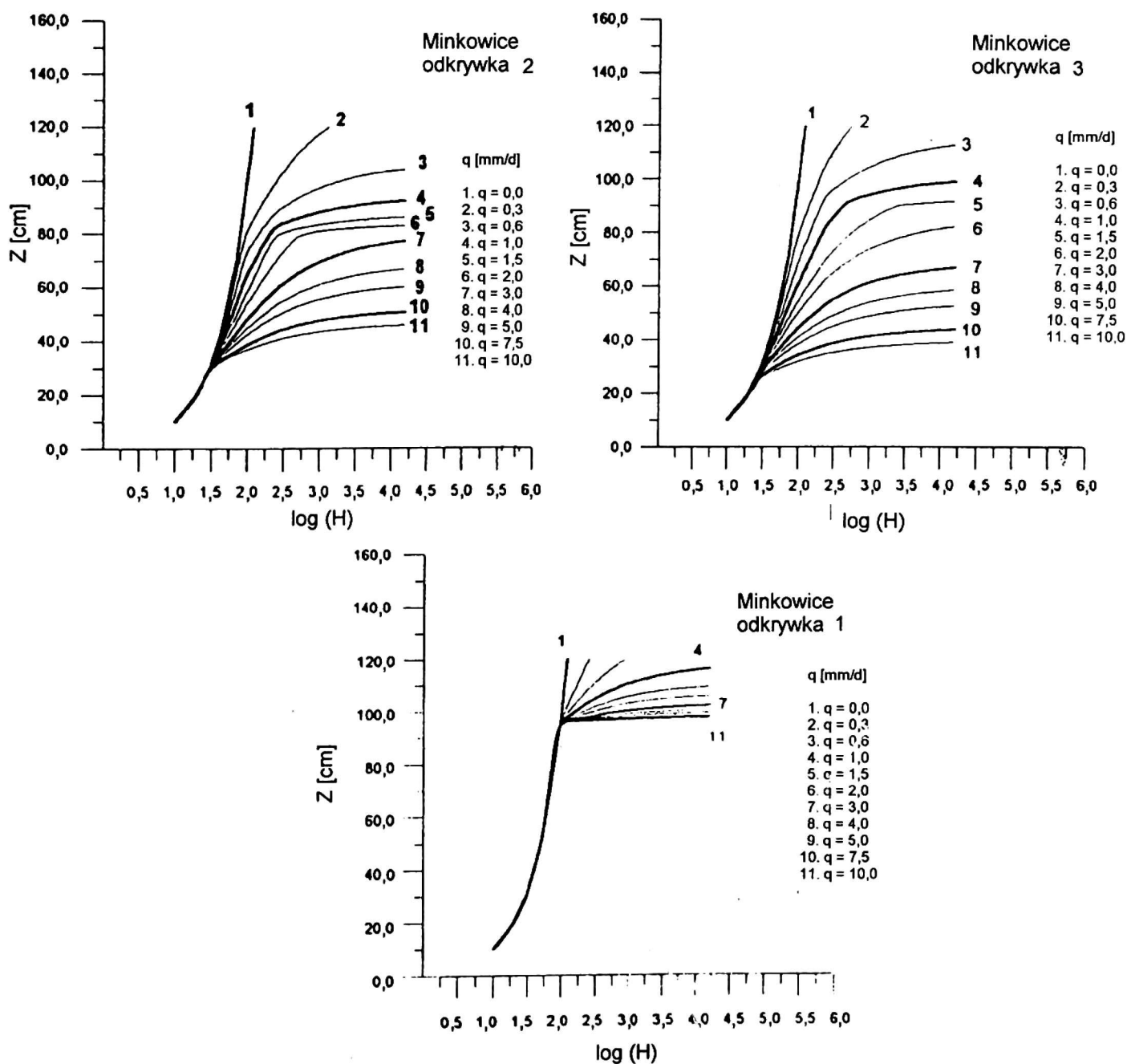
$n, \eta, C$  – stałe.

Obliczenia prowadzono dla poziomego zwierciadła wody 120 cm ppt. Wyniki zestawiono na rysunku 3. Widoczne jest na nich znaczne zróżnicowanie pomiędzy

odkrywką 1, a pozostałymi. Odkrywka 1 wykazuje znacznie lepsze od pozostałych właściwości podsiąkowe. Sytuacja ta pogłębia się przy podnoszeniu poziomu zwierciadła wody.

Wykresy przedstawione na rysunku 3 wskazują ponadto, że w przypadku zaistnienia procesu degradacji gleb torfowych, wywołanego ich silnym przesuszeniem, konieczne jest podnoszenie zwierciadła wody gruntowej wyżej, niż to ma

miejsce w warunkach gleb nie zdegradowanych, w celu zapewnienia dostępnej wody dla roślin. Świadczy to o tym, że utrzymanie produktywności obszaru zdegradowanego wymagać będzie większych nakładów – modernizacja systemu melioracyjnego, a często konieczność dodatkowego doprowadzenia wody spoza doliny – niż miałyby to miejsce przy niedopuszczeniu do zaistnienia powyższego zjawiska.



RYSUNEK 3. Zdolności podsiąkowe badanych profili glebowych na podstawie symulacji prowadzonych programem PODSIĄK

## Podsumowanie i wnioski

Dolina Stawek-Stoki, dawniej zasilana wodami powierzchniowymi i gruntowymi, w wyniku eksploatacji ujęcia wody dla miasta Świdnika oraz nie dostosowanej do zmienionych warunków melioracji, została całkowicie pozbawiona tych wód. Obecnie gleby mogą wykorzystywać tylko wodę opadową. Spowodowało to istotne zmiany w bilansie wodnym siedliska i zapoczątkowało nasilone procesy wtórnych przeobrażeń organicznej masy glebowej, prowadzące do degradacji gleb. Użytki zielone, dawniej wilgotne i okresowo mokre, obecnie, szczególnie na terenach wyżej położonych, stanowiących ok. 50% powierzchni obiektu, znajdują się w siedliskach posusznych, charakteryzujących się znacznie mniejszymi niż uprzednio zdolnościami produkcyjnymi.

1. Przebieg procesów degradacji, wywołanych silnym przesuszeniem gleb torfowych w dolinie Stawek-Stoki, jest uwarunkowany głębokością odwodnienia. Obserwuje się ponadto znaczne zróżnicowanie stopnia zaawansowania w poszczególnych warstwach profilu glebowego. Mimo wyraźnych oznak degradacji gleb ich pojemność retencyjna utrzymuje się nadal na dość wysokim poziomie. Świadczy to o tym, że pomimo upływu 12 lat od rozpoczęcia procesu przesuszania gleb, nadal istnieje możliwość ich rekultywacji.

2. Wykazane zmiany zdolności retencyjnych i przewodzących odbijają się negatywnie na zdolnościach podsiąkowych

przebadanych profili glebowych, a tym samym pogłębiają proces degradacji i spadku produktywności gleby.

3. Zahamowanie procesów degradacji gleb torfowych, wywołanych intensywnym przesuszeniem, wymaga utrzymania znacznie wyższego niż obecnie, poziomu wód gruntowych, drogą nawodnień podsiąkowych.

## Literatura

- BRANDYK T. 1990: *Podstawy regulowania uwilgotnienia gleb dolinowych*. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- MIODUSZEWSKI W. 1994: *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w małych rolniczych zlewniach rzecznych*. IMUZ Falenty, mat. infor. 25.
- OLSZTA W., ZAWADZKI S. 1986: *Wykorzystanie metody bloku pyłowego do badania przewodnictwa hydraulicznego gleby*. Roczn. Nauk Rol., seria F, t. 81; 2.
- OLSZTA W., ZAWADZKI S. 1991: *Właściwości retencyjne gleb, metody ich określania oraz sposoby wykorzystania w melioracji*. IMUZ Falenty, mat. instruk. 94.
- ZARADNY H. 1987: *Metody wyznaczania przewodności hydraulicznej w pełnym zakresie zmian zawartości wody w glebie*. Opr. Wew., IBW PAN dla CPBR, 10.8.7.1.A.59.
- ZARADNY H. 1990: *Matematyczne modelowanie procesów transportu wody i zanieczyszczeń w glebach nienasyconych i nasyconych dla potrzeb nawodnień*. Etap I. Opr. Wew., IBW PAN dla CPBR, 10.8.7.1.B.12.03.

### Adres autorów

W. Olszta  
Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków  
PL  
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 40  
D. Kowalski  
Instytut Melioracji Użytków Zielonych PL  
20-612 Lublin, ul. Głęboka 24