

Nr indeksu 375004  
ISSN 0080-3642

POLSKIE TOWARZYSTWO GLEBOZNAWCZE

# ROCZNIKI GLEBOZNAWCZE

---

SOIL SCIENCE ANNUAL

Tom LIX Nr 2

PIOTR STACHOWSKI, CZESŁAW SZAFRAŃSKI, PAWEŁ KOZACZYK

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZASOBÓW WODNYCH W ZREKULTYWOWANYCH ROLNICZO TERENACH POGÓRNICZYCH<sup>1</sup>

### THE DYNAMICS OF WATER RESERVES ON THE AGRICULTURALLY RECULTIVATED POSTMINING GROUNDS

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

*Abstract:* This paper presents the results of field research and observations carried out in three experimental areas located on the experimental area of the Recultivation Department of Life Sciences in University of Poznań. The area is situated 10 km north of Konin in the south part of the inner waste heap of „Pątnów”. The static field experiments are on going for thirty years in this area relating to the different agriculture systems, fertilisation and agriculture treatment of postmining grounds. This paper presents the dynamics of water reserves on the upper layer of postmining grounds during an average dry vegetation period in 2004 and wet vegetation period in 2006. The results of investigations confirmed that the dynamics of water reserves in these areas depend first of all on the distribution and density of precipitation during the vegetation periods. It is showed that the unfavourable daily distribution of water precipitation caused seasonal moisture deficit on the upper layer of 1 metre of the analysed grounds. This moisture deficit occurred even during the wet vegetation period in 2006.

*Słowa kluczowe:* właściwości osadów pogórnicych, zasoby wodne, warunki meteorologiczne.

*Key words:* postmining grounds properties, water resources, weather conditions.

#### WSTĘP

Odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego prowadzi do radykalnej ingerencji w tworzące się przez kilkanaście tysięcy lat układy biocenotyczne [Gilewska, Otremba 2007]. Miejsce gleb, najczęściej niskich klas bonitacyjnych, zajęły osady pogórnicych określane również jako użytki kopalniane. Charakteryzują się one zmiennością losową, determinowaną budową litologiczną i technologią robót górniczych [Gilewska, Otremba 2002]. Przekształcone zostają również stosunki wodne i reżim hydrologiczny obszarów

<sup>1</sup>Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006–2009 jako projekt badawczy.

przyległych. Jak wskazuje Mioduszewski [2007], zasoby wodne powstają w przestrzeni twórzonych przez obszary rolne i leśne w wyniku zmiennych w czasie i przestrzeni opadów atmosferycznych. Jest to szczególnie ważne na terenach pogórnich, gdzie występuje duża zależność uwilgotnienia głównie od warunków pogodowych. Obszary te charakteryzują się typową opadowo-retencyjną gospodarką wodną, w której jedynym źródłem wody są opady atmosferyczne, gdyż zwierciadło wody gruntowej zalega bardzo głęboko i nie ma wpływu na uwilgotnienie warstw wierzchnich [Szafrński, Stachowski 1997]. Jakość powstającej w procesie rekultywacji gleby jest często wyższa niż gleb zalegających na tym terenie przed eksploatacją. Rolę człowieka w tej gospodarczej działalności prowadzonej z konieczności należy postrzegać jednak nie tylko jako dewastatora rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej, lecz również jako kreatora jej nowej jakości i wartości. Dotychczas prowadzone badania koncentrowały się głównie na zmianach zachodzących w środowisku glebowym na skutek odwadniającego oddziaływania górnictwa odkrywkowego [Mocek i in. 2000,2002; Owczarzak i in. 1998; Rząsa i in. 1999], a także na zreultywowanych terenach pogórnich [Szafrński, Stachowski 1997]. Skuteczność zabiegów rekultywacyjnych w dużej mierze uzależniona jest od uwilgotnienia osadów pogórnich, które przy głębokim zaleganiu wód gruntowych zależą od przebiegu warunków meteorologicznych, szczególnie pod względem ilości i rozkładu opadów atmosferycznych [Owczarzak, Mocek 2004]. Wiedza o uwilgotnieniu wierzchnich warstw osadów pogórnich może być bardzo przydatna przy podejmowaniu decyzji o sposobie rekultywacji i zagospodarowania zwałowisk oraz przy doborze gatunków i odmian roślin do ich obsiania i nasadzenia.

Celem pracy była ocena dynamiki zmian zasobów wodnych wierzchnich warstw osadów pogórnich w zróżnicowanych pod względem opadów i temperatur powietrza okresach wegetacyjnych 2004 i 2006 roku.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy przedstawiono wyniki badań i obserwacji terenowych prowadzonych na polu doświadczalnym Zakładu Rekultywacji Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, zlokalizowanym 10 km na północ od Konina. Obszar objęty badaniami położony jest w południowej części zwałowiska wewnętrznego odkrywki Pałnów, na którym od trzydziestu lat prowadzone są statyczne doświadczenia polowe nad różnymi systemami uprawy, nawożenia oraz użytkowania obszarów pogórnich, tempem procesów glebotwórczych i wielkością uzyskiwanych plonów.

Badania i obserwacje terenowe są prowadzone na 5 doświadczalnych powierzchniach o wielkości 0,14 ha każda, o zróżnicowanym użytkowaniu rolniczym: naturalna sukcesja rolnicza, lucerna siewna, żyto ozime, ugór zielony (uprawa żyta ozimego przyorywanego w I dekadzie czerwca i mieszanki jednorocznych roślin motylkowych przyorywanej w I dekadzie września na nawóz zielony) oraz czarny ugór. Na każdej powierzchni wydzielono 3 poletka doświadczalne, jedno bez nawożenia, a na pozostałych dwóch stosuje się zróżnicowane dawki nawożenia mineralnego.

Na podstawie wykonanych wierceń i odkrywek glebowych wyznaczono na każdym poletku zasięgi gleb o zbliżonej budowie morfologicznej. W pracy poddano szczegółowej analizie kształtowanie się zmian zasobów wodnych w 3 profilach, typowych dla poletek doświadczalnych, z uprawą lucerny, żyta ozimego i ugoru zielonego, o nawożeniu mineralnym na poziomie 280–360 kg NPK na 1 ha stosowanym przez

ostatnie 15 lat badań, w zależności od gatunków uprawianych roślin. Na wybranych poletkach wykonywano systematyczne, z częstotliwością co 2 tygodnie pomiary wilgotności gleby za pomocą sondy profilowej.

W wierzchnich warstwach badanych profili glebowych pomierzono infiltrację (0–30 cm) i perkolację (30–60 cm) metodą podwójnych pierścieni [Mocek i in. 2000]. Skład granulometryczny oraz właściwości fizyczne, chemiczne i wodne badanych profili glebowych oznaczono metodami powszechnie znanymi i stosowanymi w gleboznawstwie [Mocek i in. 2000; PN-R-04033 1998]:

- skład granulometryczny – metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Próczyńskiego,
- gęstość stałej fazy gleby – metodą piknometryczną,
- gęstość objętościową – w metalowych cylindrach o pojemności  $V = 100 \text{ cm}^3$ ,
- porowatość obliczono na podstawie gęstości fazy stałej i objętościowej,
- zawartość węgla organicznego – metodą Tiurina, po czym obliczono zawartość próchnicy (M.O.) wg wzoru:  $M.O. = C_{org} \cdot 1,724$ .

Właściwości wodne określono na podstawie krzywych sorpcji wody (pF): ilość wody łatwo dostępnej dla roślin ( $\Delta R_{WLD} = \Delta Ru$ ) jako 2/3 wartości różnicy między zawartością wody odpowiadającej połowej pojemności wodnej  $R_{PPW}$  przy  $pF_{2,0}$  a wilgotnością trwałego więdnięcia  $R_{WTW}$  przy  $pF_{4,2}$  [Smedema, Rycroft 1983].

Przebieg warunków meteorologicznych przeanalizowano na podstawie codziennych pomiarów opadów atmosferycznych na własnym posterunku opadowym oraz wyników codziennych pomiarów temperatury powietrza ze stacji meteorologicznej KWB „Konin” w Kleczewie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Zwałowisko wewnętrzne, na którym znajduje się pole doświadczalne, uformowane zostało w połowie lat siedemdziesiątych metodą nieselektywnej gospodarki nadkładem. Zalicza się do typu zwałowisk o wierzchowinie dostosowanej do poziomu terenów przyległych. Wierzchnią warstwę zwałowiska wewnętrznego odkrywki „Pątnów” tworzy mieszanina wszystkich występujących w nadkładzie materiałów: glin zwałowych, piasków plejstoceńskich, sporadycznie piasków miocenijskich i iłów. Rozmieszczenie oraz zmieszanie skał nadkładowych było bardzo przypadkowe. Losowo stworzone były powierzchnie z jakościowo dobrym, gorszym, a nawet złym substratem glebowym [Gilewska 1991]. W wierzchniej warstwie badanego zwałowiska występuje zmienność osadów zarówno w układzie przestrzennym, jak i profilowym. Uziarnienie materiału ziemnego, budującego wierzchnią warstwę zwałowiska waha się od piasku luźnego do gliny ciężkiej. Przeważają utwory o składzie granulometrycznym piasków gliniastych mocnych i glin lekkich [Szafranski, Stachowski 1997], co stwierdzono w analizowanych profilach glebowych. W profilu nr 1, typowym dla poletka doświadczalnego lucerny, dominowały utwory o uziarnieniu piasków (tab. 1). Jedynie w wierzchniej warstwie (0–25 cm) gleb tego poletka występowała glina piaszczysta, natomiast w utworach zalegających poniżej tej warstwy – piaski i piaski gliniaste. Zupełnie inne utwory występowały w wierzchniej warstwie na poletkach doświadczalnych pod uprawą żyta ozimego i ugoru zielonego. Na poletkach tych przeważały utwory o uziarnieniu glin piaszczystych, glin lekkich oraz glin, z wtrąceniami glin ciężkich



TABELA 1. Skład granulometryczny i wybrane właściwości fizyczne, chemiczne i wodne gleb na obszarach pogórnicznych

TABLE 1. Texture and some physical, chemical and water properties of soils of post-mining areas

Nr prof. Roślina Profile No Plant	Warstwa Layer	Skład* granul- Texture	Gęstość obj. Bulk density	Materia org. Org. matter	Stan retencji w warstwie Water storage in layer 0-100 cm			k cm · h <sup>-1</sup>	
					R <sub>PPW</sub>	R <sub>WLD</sub>	R <sub>WTW</sub>	0-30 cm	30-60 cm
	cm		Mg · m <sup>-3</sup>	%	m <sup>3</sup> · m <sup>-3</sup>				
1 Lucerna Lucerne	0-25	gp	1,68	0,34	195	107	34	8,48	1,38
	25-40	p	1,72	1,13					
	40-70	p	1,58	0,72					
	70-100	pg	1,62	0,11					
	100-120	pg	1,87	0,09					
	120-150	p	1,82	0,10					
2 Żyto ozime Winter rye	0-25	g	1,81	1,60	280	144	64	1,28	0,15
	25-40	gp	1,98	1,85					
	40-70	gl	1,91	1,19					
	70-100	gl	1,97	0,78					
	100-120	g	2,02	0,80					
	120-150	g	2,01	0,75					
3 Ugór zielony Green fallow	0-25	gp	1,72	1,02	280	145	63	1,37	0,15
	25-40	gl	1,69	1,23					
	40-70	g	1,80	1,02					
	70-100	g	1,88	1,12					
	100-120	gc	1,88	0,88					
	120-150	gc	1,90	0,70					

\*Skład granulometryczny wg PN-R 04033 – Texture group according to: PN-R 04033; R<sub>PPW</sub> – stan retencji przy połowej pojemności wodnej, water storage at field capacity; R<sub>WLD</sub> – stan retencji odpowiadający wodzie łatwo dostępnej dla roślin, water storage at easy accessible for plants; R<sub>WTW</sub> – stan retencji przy wilgotności trwałego wędnięcia; water storage at wilting point; k – wartość współczynnika infiltracji ustalonej dla warstwyornej (0–30 cm) i współczynnika perkolacji dla warstwy podornej (30–60 cm), value vertical percolation in layer (0–30 cm) and vertical percolation in layer (3–60 cm)

(profil 3). Gęstość objętościowa w wierzchniej warstwie (0–25 cm) badanych profili kształtowała się w dość szerokim przedziale od 1,68 do 1,81 Mg·m<sup>-3</sup>, średnio 1,74 Mg·m<sup>-3</sup> (tab. 1).

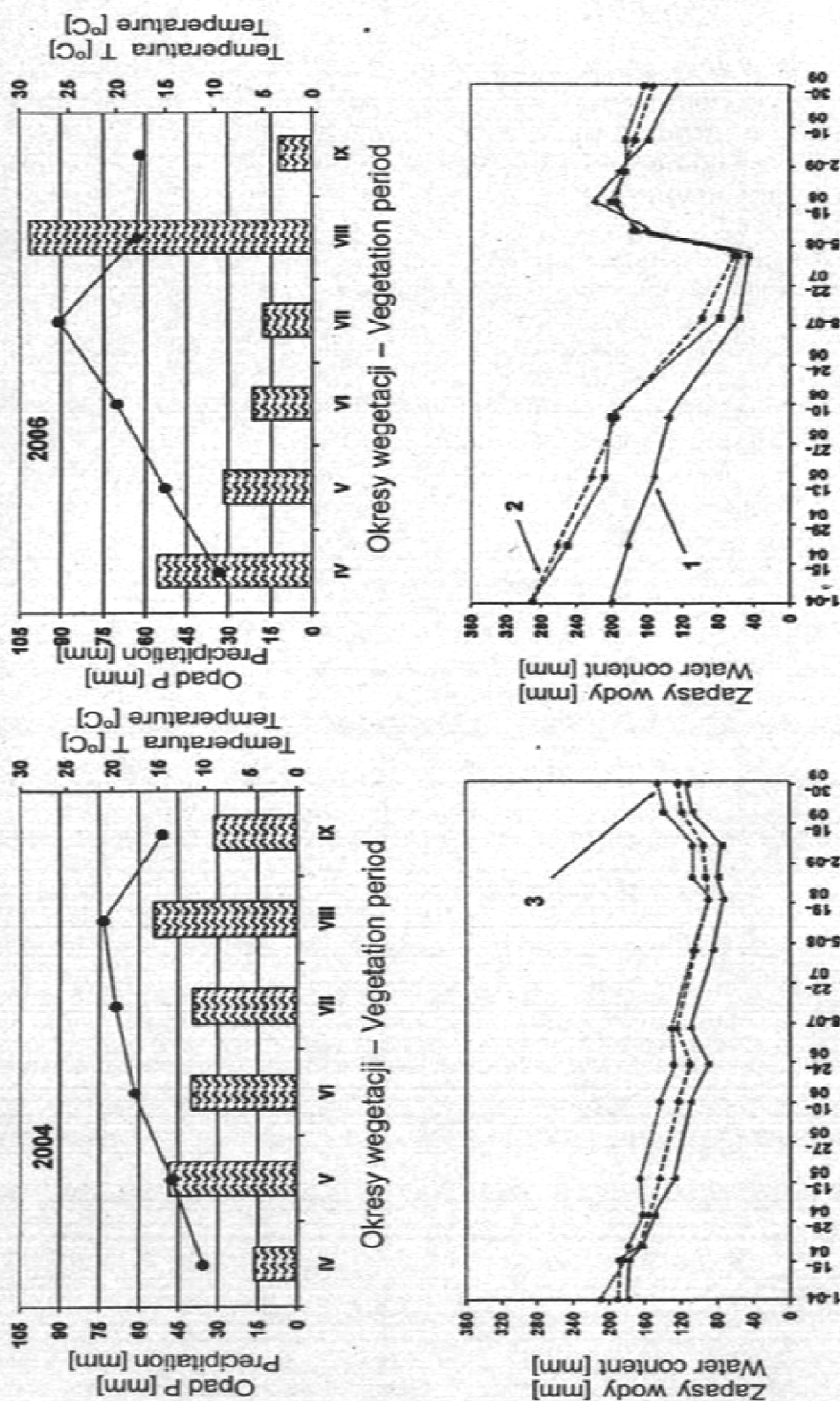
Natomiast głębsze warstwy wykazywały większe zagęszczenie, gdyż średnia gęstość objętościowa osiągała wartość 1,84 Mg·m<sup>-3</sup>. Związane to było z mniejszą zawartością materii organicznej i słabą penetracją korzeni roślin uprawnych. Wzrost gęstości objętościowej gleb zaobserwować można już w warstwie 25–40 cm, w której jej wartości wahały się od 1,69 (profil 3) do 1,98 Mg·m<sup>-3</sup> (profil 2).

Przeprowadzone badania wykazały, że na poletkach doświadczalnych istnieje zróżnicowanie w zawartości materii organicznej. Najmniejszą zawartością materii organicznej, bo zaledwie około 0,34% charakteryzowały się wierzchnie warstwy (0–25 cm) gleby na poletku z uprawą lucerny. Natomiast na poletkach z uprawą żyta ozimego i ugoru zielonego zawartość materii organicznej w warstwie 0–25 cm była prawie 4-krotnie wyższa i wynosiła średnio 1,31% (tab. 1). Zróżnicowanie uziarnienia

badanych poletek, wpłynęło także na różnice we właściwościach wodnych analizowanych profili gleb pogórnich. Stan retencji odpowiadającej polowej pojemności wodnej ( $R_{PPW}$ ) w warstwie 0–100 cm był najmniejszy w profilu glebowym, usytuowanym na poletku lucerny i wynosił 195 mm. W pozostałych analizowanych profilach glebowych stan retencji przy PPW był większy i wynosił 280 mm. Znaczące różnice istniały również w ilości wody łatwo dostępnej dla roślin (WŁD). W profilu nr 1, typowym dla lucerny, ilość WŁD w warstwie 0–100 cm wynosiła 107 mm, natomiast w profilach 2 i 3 osiągała wartości odpowiednio 144 i 145 mm. Stwierdzono również istotne zróżnicowanie w zdolnościach infiltracyjnych wierzchnich warstw (tab.1). Współczynnik infiltracji ustalonej, w warstwie 0–30 cm, wahał się od 1,28 (profil 2) do 8,48  $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  (profil 1). Natomiast współczynnik perkolacji w warstwie 30–60 cm osiągał wartości od 0,15 do 1,38  $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Potwierdziły się zatem spostrzeżenia innych autorów [Rząsa, Młynarek 1968; Wasilewski 1977], że utwory o składzie granulometrycznym glin lekkich i glin zwałowych szarych, deponowane na zwałowiskach są w wysokim stopniu skonsolidowane, mało przepuszczalne oraz charakteryzują się dużą ściśliwością.

Analiza otrzymanych wyników badań terenowych wykazała, że w średnio suchym i ciepłym okresie wegetacyjnym 2004 roku, przebieg uwilgotnienia wierzchnich warstw obszarów pogórnich kształtował się niekorzystnie. W okresie tym, suma opadów wynosiła 232 mm i była niższa od średniej z wielolecia o 88 mm, o prawdopodobieństwie wystąpienia łącznie z niższymi 75%, czyli 1 raz na 4 lata, a temperatura powietrza była wyższa od średniej z wielolecia o 0,2°C. Okres wegetacyjny 2004 roku rozpoczął się przy dość wysokich zapasach wody w warstwie 0–100 cm, wahających się od około 180 mm (profil 1) do 210 mm w profilu 3 (rys. 1). Jednak już pod koniec kwietnia, w wyniku niższej o 15 mm od średniej z wielolecia sumie opadów w tym miesiącu i wyższej o 0,9°C od średniej z wielolecia temperaturze powietrza, nastąpiło obniżenie uwilgotnienia. W maju i w czerwcu przy miesięcznych sumach opadów niższych od średniej z wielolecia odpowiednio o 12 mm i 13 mm nastąpił systematyczny spadek zapasów wody w badanej warstwie. Czas spadku uwilgotnienia pokrył się z okresem wzmożonych potrzeb wodnych uprawianych roślin. W dniu 24 czerwca 2004 roku zapasy wody w warstwie 0–100 cm wahały się od 90 mm (profil 1) do 128 mm (profil 3), a zatem były one zbliżone do dolnej granicy WŁD. Po niewielkim wzroście zapasów w I dekadzie lipca, który był spowodowany wyższymi dobowymi sumami opadów, w kolejnych dekadach wystąpił spadek uwilgotnienia. W dniu 19 sierpnia 2004 roku zapasy wody w omawianej warstwie osiągnęły najniższą wartość w analizowanym okresie wegetacyjnym, gdyż spadły do 73 mm (profil 1) i 90 mm (profil 2 i 3). Pod koniec okresu wegetacyjnego 2004 roku wystąpił ponowny wzrost zapasów wody w warstwie 0–100 cm badanych profili glebowych.

Wcześniejsze badania wykazały, że niekorzystny rozkład opadów dobowych lub przebieg temperatur powietrza powodowały, że nawet w okresach wegetacyjnych (IV–IX) zaliczanych do mokrych pod względem sumy opadów, wierzchnie warstwy gleb analizowanych na obszarach pogórnich wykazywały okresowe niedobory wilgoci [Szafrński, Stachowski 1997]. Potwierdziły to wyniki badań w okresie wegetacji 2006 roku, który ze względu na sumę opadów (372 mm) można zaliczyć do średnio mokrego, o prawdopodobieństwie wystąpienia razem z wyższymi 20%, czyli 1 raz na 5 lat. W okresie tym wystąpił bardzo niekorzystny ich rozkład, który spowodował wystąpienie niedoborów wody w jednometrowej warstwie gleby.



profil nr 1 – lucerna, lucerna; profil nr 2 – żyto ozime, winter rye; profil nr 3 – ugór zielony, green fallow

**RYSUNEK 1.** Przebieg zapasów wody w warstwie 0–100 cm badanych gleb na obszarach pogómiczych, na tle miesięcznych sum opadów i średnich miesięcznych temperatur powietrza w okresach wegetacyjnych: 2004 i 2006 roku

**FIGURE 1.** Soil moisture changes in soil layer 0–100 cm of the investigated areas against monthly precipitation and air temperature during vegetation period 2004 and 2006 years

Okres wegetacyjny 2006 roku rozpoczął się przy wysokich zapasach wody w warstwie 0–100 cm, zbliżonych do połowej pojemności wodnej (PPW) we wszystkich analizowanych profilach. Zapasy wody w dniu 1 kwietnia wyniosły od 201 mm w profilu 1 do 290 mm w profilu 2, co stanowiło odpowiednio 108% i 104% zapasów wody przy połowej pojemności wodnej (PPW). Otrzymane wyniki uwilgotnienia na obszarach pogórnicych w tym okresie potwierdziły spostrzeżenia Kaczmarka i in. [2000], że czynnikiem warunkującym uwilgotnienie wierzchnich warstw gleb na obszarach pogórnicych są zapasy wody pozimowej. Na przebieg uwilgotnienia w kolejnych miesiącach analizowanego okresu wegetacyjnego 2006 roku miały wpływ niższe od średnich z wielolecia sumy opadów oraz wyższe od średnich miesięczne temperatury powietrza. W czerwcu wystąpił gwałtowny spadek uwilgotnienia, który osiągnął wartość około 96 mm. Był on związany z niższymi od średnich z wielolecia sumami opadów w maju i czerwcu, odpowiednio o 20 mm i o 31 mm, jak również wyższymi od średnich z wielolecia odpowiednio o 0,5°C i o 2,6°C temperaturami powietrza w tych miesiącach. Spadek uwilgotnienia w tym czasie pokrył się z okresem wzmożonych potrzeb wodnych żyta. Dalszy spadek zapasów wody trwał do połowy pierwszej dekady sierpnia. Związany był z kolejną niższą o 59 mm od średniej z wielolecia sumą opadów i wyższą aż o 6,0°C średnią miesięczną temperaturą powietrza w tym okresie. Minimalne zapasy wody w dniu 5 sierpnia 2006 roku wahały się od 46 mm (profil 1) do 61 mm (profil 2) i były zbliżone do zapasów wody przy wilgotności trwałego wędnięcia. Na dalszy przebieg uwilgotnienia wierzchnich warstw analizowanych gleb pogórnicych istotny wpływ miały wysokie dobowe opady w sierpniu, których suma wynosiła 232 mm i była wyższa od średniej z wielolecia dla tego miesiąca aż o 171 mm. Spowodowało to gwałtowny wzrost zapasów wody, które w dniu 19 sierpnia osiągnęły wartości od 194 mm (profil 2) do 219 mm (profil 1). We wrześniu 2006 roku, w którym suma opadów wyniosła zaledwie 12 mm, nastąpił spadek zapasów wody w warstwie 0–100 cm omawianych gleb.

## WNIOSKI

1. Uwilgotnienie wierzchnich warstw zrehabilitowanych rolniczo gleb na obszarach pogórnicych kształtowane było przede wszystkim pod wpływem rozkładu i wysokości opadów atmosferycznych. W średnio suchym i ciepłym okresie wegetacyjnym 2004 roku zapasy wody spadły poniżej ilości wody łatwo dostępnej dla roślin.
2. Niekorzystny rozkład opadów dobowych spowodował, że nawet w okresie wegetacyjnym 2006 roku, zaliczonym pod względem sumy opadów do średnio mokrego, wierzchnie warstwy analizowanych gleb wykazywały okresowe niedobory wilgoci w jednometrowej warstwie.
3. Obserwacje oraz uzyskane rezultaty badań wskazują na potrzebę zwiększenia zdolności retencyjnych wierzchnich warstw gleb na obszarach pogórnicych. Umożliwi to większe magazynowanie wody po opadach o większej wydajności i stanowić będzie jeden ze sposobów zmniejszania niedoborów wody w suchych okresach wegetacyjnych lub o niekorzystnym rozkładzie opadów atmosferycznych.



## LITERATURA

- GILEWSKA M. 1991: Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na kształtowanie agregatowej struktury gruntów pogórnich. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Roln.* 418: 703–707.
- GILEWSKA M., OTREMBA K. 2002: Zmienność przestrzenna wybranych właściwości gruntów pogórnich. *Rocz. AR Poznań. CCCXLII, Melior. Inż. Środ.* 23: 83–93.
- GILEWSKA M., OTREMBA K. 2007: Organizacja przestrzeni produkcyjnej na gruntach pogórnich na przykładzie kopalni węgla brunatnego „Konin”. *Mat. 3 se. „ji referatowej Polskiego Kongresu Górniczego, Kraków 19–21 września 2007 r.*: 232–236.
- KACZMAREK Z., OWCZARZAK W., MOCEK A. 2000: Właściwości fizyczne i wodne gleb płowych i czarnych ziem położonych w bezpośrednim sąsiedztwie odkrywki „Kazimierz” KWB „Konin”. *Rocz. AR Pozn. CCCXVII, Rolnictwo.* 56: 265–276.
- MIODUSZEWSKI W. 2006: Woda na obszarach wiejskich. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 6, 1(16)
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 2000: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. *Wyd. AR Poznań*: 416 ss.
- MOCEK A., OWCZARZAK W., KACZMAREK Z. 2002: Zmiany zalegania wód gruntowych w glebach otaczających wyrobisko węgla brunatnego „Koźmin”. *Rocz. AR Pozn. CCCXLII, Melior. Inż. Środ.* 23: 331–342.
- OWCZARZAK W., MOCEK A. 2004: Wpływ opadów atmosferycznych na gospodarkę wodną gleb antropogenicznych przyległych do odkrywek kopalni węgla brunatnego. *Zesz. Nauk. Uniw. Zielonogórskiego* 131: 276–286.
- OWCZARZAK W., MOCEK A., RZAŚA S. 1998: Zdolności retencyjne gleb płowych przyległych do odkrywek węgla brunatnego KWB Konin. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 455: 49–55.
- POLSKA NORMA PN-R-04033 1998: Gleby i utwory mineralne – podział na frakcje i grupy granulometryczne. *Wyd. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.*
- RZAŚA S., MŁYNAREK Z. 1968: Właściwości fizyczne glin zwałowych złodowacenia środkowopolskiego (Riss) Niziny Wielkopolskiej. *PTPN. Prace Kom. Nauk Rol. i Nauk Leś.* 24: 245–264.
- RZAŚA S., OWCZARZAK W., MOCEK A. 1999: Problemy odwodnieniowej degradacji gleb uprawnych w rejonach kopalnictwa odkrywkowego na Niżu Środkowopolskim. *Wyd. AR Poznań*: 394 ss.
- SMEDEMA L., RYCROFT D., 1983: Land drainage: planning and desing of agricultural drainage systems. *Basford Academic and Educational Ltd, Londyn*: 29–34.
- SZAFRAŃSKI CZ., STACHOWSKI P. 1997: Zmiany zasobów wody w wierzchnich warstwach rekultywowanych rolniczo gruntów pogórnich. *Rocz. AR Pozn. 294, Melior. Inż. Środ.* 19,2: 211–221.
- WASILEWSKI S. 1977: Ocena przydatności gruntów przekształconych w Konińskim Zagłębiu dla rolniczej rekultywacji w oparciu o studia fizyczne, chemiczne i biologiczne. *Praca doktorska, maszynopis, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN Konin-Zabrze*: 96 ss.

*Dr inż. Piotr Stachowski,  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji AR  
ul. Piątkowska 94, 61-691 Poznań  
e-mail: pstach@au.poznan.pl*