



ŚRODKOWOPOMORSKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE  
OCHRONY ŚRODOWISKA

---

Rocznik  
Ochrona Środowiska  
Tom 5. Rok 2003

---

Koszalin 2003

# Zdolności retencyjne gruntów pogórnich po rekultywacji technicznej

*Piotr Stachowski, Czesław Szafrński, Paweł Kozaczyk  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

## 1. Wstęp

Odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego wywołuje przekształcenia głównie geomechaniczne w otaczającym środowisku przyrodniczym. Szczególny wpływ wywiera na podstawowy element biotypu jakim jest gleba [1]. W miejsce gleb, najczęściej niskich klas bonitacyjnych, powstają grunty pogórnice, które są utworami powstałymi w wyniku urabiania, transportowania i zwałowania nadkładu. Grunty pogórnice są mieszaniną wszystkich skał występujących w nadkładzie. W nadkładzie złóż węgla brunatnego, eksploatowanego w Konińsko-Tureckim Zagłębiu Węglowym, zalegają utwory czwartorzędowe-gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego i bałtyckiego oraz piaski, a także skały trzeciorzędowe-ilty poznańskie i sporadycznie piaski miocen-skie. Dominującą skałą osadową jest glina zwałowa szara [3]. Powstające z gruntów pogórnich zwałowiska zmieniają architekturę krajobrazu i jednocześnie tworzą nowe układy ekologiczne, które wymagają odpowiednio długiego okresu czasu na odtworzenie właściwych struktur [4]. Są one włączane, w wyniku różnorodnych zabiegów rekultywacyjnych oraz wieloletniego użytkowania do rolniczej bądź leśnej przestrzeni produkcyjnej.

Celem pracy była ocena zdolności retencyjnych gruntów pogórnich zwałowiska wewnętrznego odkrywki „Kazimierz Północ”, na którym w 1998 roku przeprowadzono rekultywację techniczną i rozpoczęto rekultywację rolniczą.

## 2. Materiały i metody badań

Pracę oparto o wyniki badań i obserwacji terenowych przeprowadzonych na 9 powierzchniach doświadczalnych zlokalizowanych na zwałowisku wewnętrznym odkrywki „Kazimierz Północ”, położonej na Pojezierzu Kujawskim (szerokość 52°20' N, długość 18°05' E). Zwałowisko, na którym prowadzono badania jest zrównane z rzędnymi otaczającego terenu i zalicza się do typu zwałowisk, o wierzchowinie dostosowanej do poziomu terenów przyległych. Po zakończonej w 1998 roku rekultywacji technicznej na badanych powierzchniach rozpoczęto rekultywację rolniczą. Szczegółowe badania terenowe obejmowały wykonanie wierceń i odkrywek glebowych, w trzech transektach, przecinających wytypowane powierzchnie ze wschodu na zachód. Na podstawie wykonanych w każdym transekcie 27 wierceń (łącznie około 80) do głębokości 3 m, wyznaczono na każdej powierzchni zasięgi gruntów o podobnej budowie profilu. Wytypowane profile, na podstawie selekcji celowej [7] są reprezentatywne w 70÷80% dla analizowanych powierzchni doświadczalnych. Właściwości fizyczne i chemiczne badanych profili oznaczono w laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska ogólnie znanymi metodami:

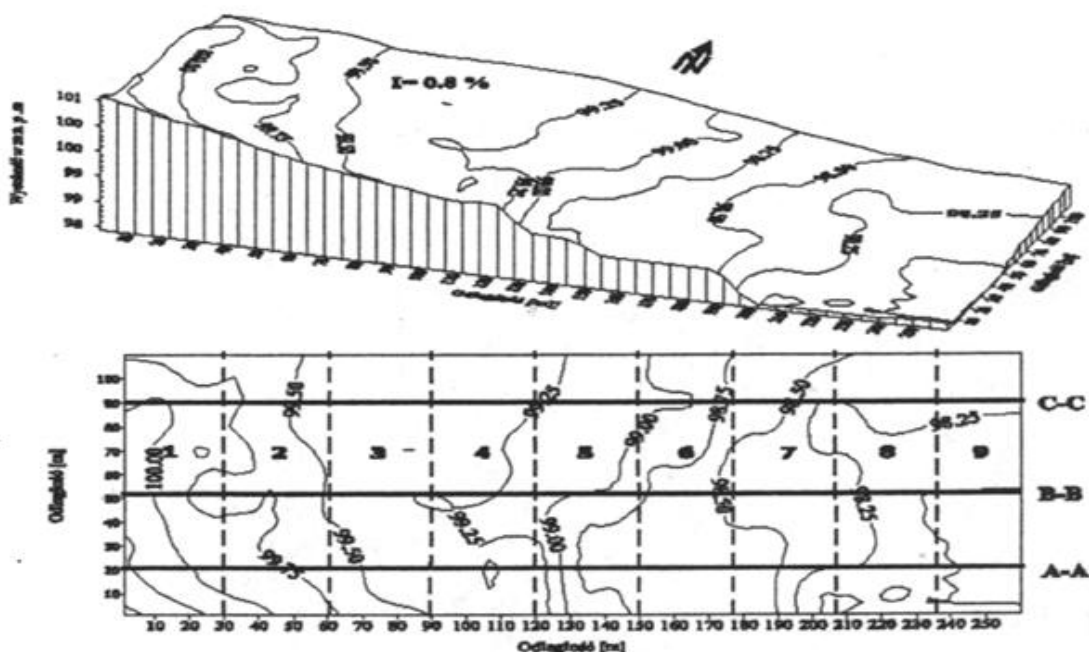
- skład granulometryczny badanych profili oznaczono metodą aerometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego.
- gęstość objętościową określono na podstawie pobranych w 4 powtórzeniach z każdego poziomu próbek objętościowych o nienaruszonej strukturze, cylindrami o pojemności  $V=100\text{ cm}^3$ ,
- gęstość stałej fazy gleby (właściwa) oznaczono piknometrem,
- porowatość (pełną pojemność wodną) obliczono na podstawie gęstości właściwej i objętościowej,
- zawartość materii organicznej oznaczono przez wyżarzanie w piecu elektrycznym w temperaturze 550°C.

Podstawowe właściwości wodne badanych profili gruntów pogórnich określono z otrzymanych krzywych sorpcji wody. Ilość wody łatwo dostępnej dla roślin (WŁD) obliczono jako 2/3 różnicy pomiędzy zawartością wody przy pełnej pojemności wodnej ( $pF=2,5$ ) a wilgotnością trwałego wędnięcia ( $pF=4,2$ ). Jedną trzecią tej różnicy określono jako wodę trudno dostępną [6].

W pracy poddano szczegółowej analizie transekt B-B, przecinający centralnie, ze wschodu na zachód, analizowane powierzchnie doświadczalne. W każdym reprezentatywnym profilu wykonywano systematyczne pomiary wilgotności gruntu, za pomocą sondy neutronowej z częstotliwością co dwa tygodnie oraz pomiary infiltracji wierzchnich i perkolacji głębszych warstw gruntów, w czterech powtórzeniach, metodą podwójnych cylindrów.

### 3. Wyniki i dyskusja

Szczegółowe pomiary geodezyjne wykazały, że na etapie rekultywacji technicznej, powierzchnia zwałowiska została ukształtowana właściwie. Możliwe jest zastosowanie na niej ogólnie przyjętych technologii uprawy i innych czynności agrotechnicznych, przewidzianych przy rolniczym użytkowaniu. Względne wysokości wzniesień w badanym transekcie B-B wynoszą 0,5 m na 10 m długości (rys. 1.). Zgodne z „Ustawą o ochronie gruntów rolnych i leśnych” (1995), przy stopniu deniwelacji do 0,7 m na 10 m długości, dopuszczalne jest przeznaczenie takiej powierzchni pogórnicych pod użytkowanie rolnicze.



Legenda

A-A, B-B, C-C - Transekty wierceń

1,2... - powierzchnie doświadczalne i badane profile

Rys. 1. Plan sytuacyjno-wysokościowy powierzchni doświadczalnych

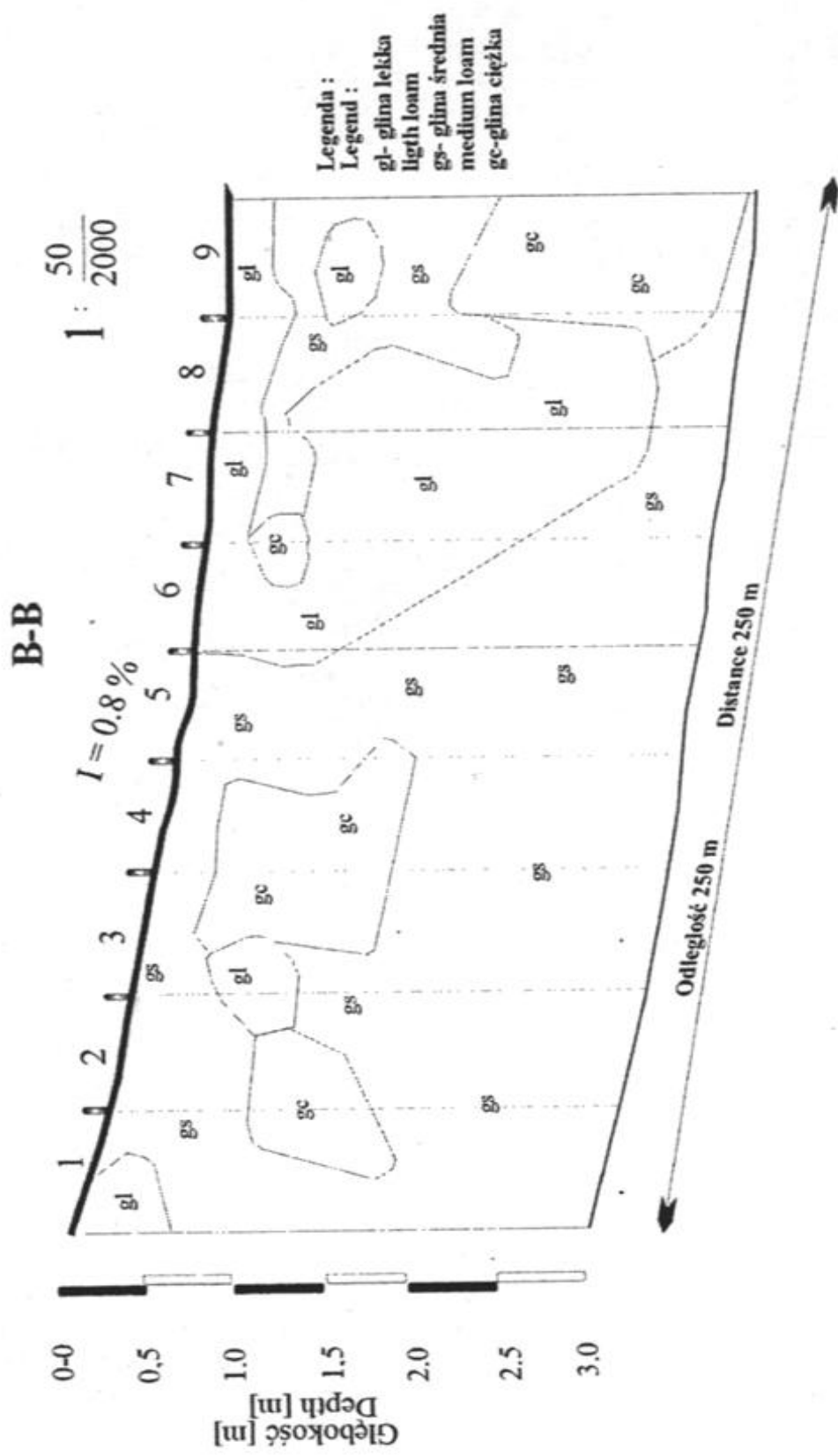
Fig. 1. Height-location plan of experimental areas

Dominującym utworem, tworzącym wierzchnią warstwę badanych powierzchni doświadczalnych, jest glina zwałowa szara zlodowacenia środkowopolskiego. Jest to utwór spoisty, zbliżony składem granulometrycznym do grupy glin lekkich i średnich, determinujący szereg cech fizycznych gruntów pogórnich tworzących zwałowisko. Na podstawie przeprowadzonych szczegółowych badań gleboznawczych można stwierdzić, że pokrywa gruntowa badanych powierzchni doświadczalnych wykazuje niewielką zmienność tak w układzie przestrzennym, jak i profilowym. Potwierdziło to szczegółowe rozpoznanie wierzchniej warstwy gruntów w analizowanym transekcie B-B, o długości 250 m i spadku 0,8% (rys. 2).

W wierzchniej jednometrowej warstwie powierzchni od nr 2 do nr 5 przeważają gliny średnie, przechodzące na głębokości 50 cm i 80 cm w glinę lekką (powierzchnie nr 2 i 3) i glinę ciężką. Pozostałe analizowane powierzchnie zbudowane są z gliny lekkiej, przechodzącej w glinę średnią bądź glinę ciężką. Powierzchnia nr 5, zbudowana jest z gliny średniej. W utworach zalegających poniżej jednometrowej warstwy dominują grunty o uziarnieniu glin średnich z wkładkami glin ciężkich (powierzchnie od nr 2 do nr 4) oraz glin lekkich (powierzchnie od nr 6 do nr 8). Większość typowych dla analizowanych powierzchni profili glebowych zbudowanych jest z gliny lekkiej i gliny średniej (tabela 1). Jedynie w dwóch profilach występują przewarstwienia gliny ciężkiej. Gęstość stałej fazy wierzchnich warstw (0÷150 cm) badanych gruntów nie wykazywała istotnych zmian i osiągała wartość od 2,66 do 2,68 Mg·m<sup>-3</sup>. Gęstość objętościowa w warstwie 0÷60 cm wynosi średnio 1,90 Mg·m<sup>-3</sup>. Natomiast głębsze warstwy wykazują większe zagęszczenie, gdyż średnia gęstość objętościowa osiąga wartość 1,96 Mg·m<sup>-3</sup>.

Doniosłą rolę w ocenie przydatności gruntów pogórnich do zagospodarowania rolniczego odgrywają ich właściwości chemiczne. Przeprowadzone badania wykazały, że na analizowanych powierzchniach doświadczalnych zawartość materii organicznej była niewielka. Najmniejszą zawartością próchnicy, w warstwie 0÷60 cm, charakteryzowały się profile 1 i 4, średnio 0,44%. W pozostałych analizowanych profilach zawartość materii organicznej w wierzchniej warstwie była wyższa i wynosiła średnio 0,58%.

Zaspokojenie potrzeb wodnych roślin uprawianych na gruntach pogórnich, stwarza konieczność poznania właściwości wodnych tych gruntów, a także możliwości regulowania ich stosunków wodnych. Małe zróżnicowanie w uziarnieniu badanych powierzchni, wpłynęło także na niewielkie różnice we właściwościach wodnych analizowanych profili gruntów pogórnich.



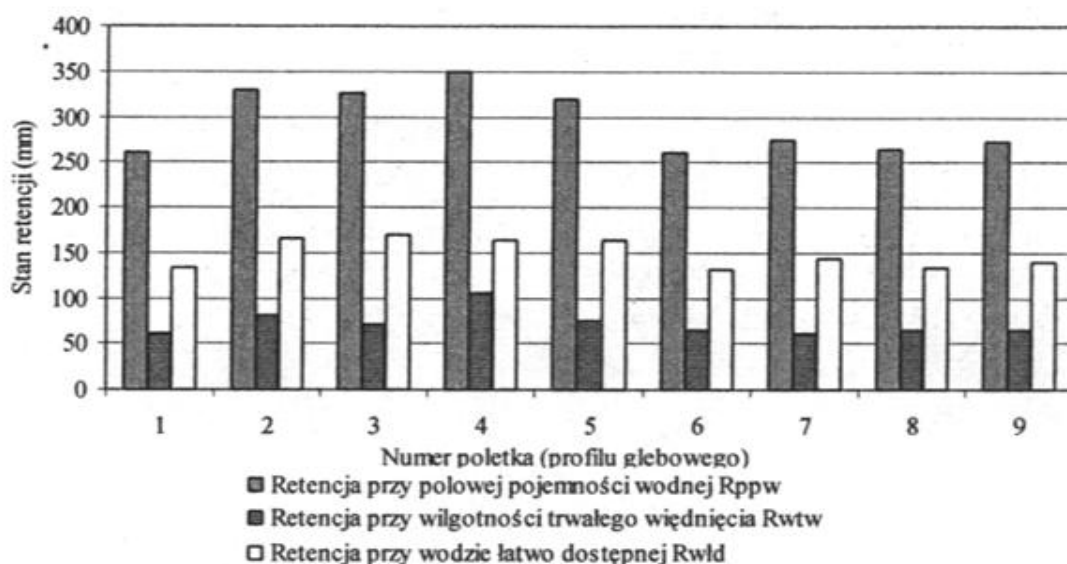
Rys. 2. Podłużny przekrój pedologiczny badanych powierzchni doświadczalnych transektu B-B  
 Fig. 2. Pedogenetical section of investigated experimental areas B-B trans-section

**Tabela 1.** Właściwości fizyczne i chemiczne profili gruntów pogórnicznych  
**Table 1.** Physical and chemical properties of investigated soil profiles

Nr profilu	Poziom oznaczenia [cm]	Symbol składu granul.	Zawartość materii.org. %	Gęstość		Porowatość ogóln. %
				fazy stałej Mg·m <sup>3</sup>	objętość. Mg·m <sup>3</sup>	
1	2	3	4	5	6	7
1	0÷60	gl	0,31	2,68	1,89	29,48
	60÷100	gs	0,29	2,67	1,96	26,59
	100÷150	gs	0,41	2,66	1,98	25,56
2	0÷30	gs	0,76	2,67	1,87	29,96
	30÷60	gs	0,52	2,68	1,93	27,99
	60÷100	gs	0,64	2,68	1,95	27,24
	100÷150	gc	0,62	2,68	1,98	26,12
3	0÷60	gs	0,57	2,69	1,93	28,25
	60÷100	gl	0,52	2,68	1,97	26,49
	100÷150	gs	0,58	2,68	1,99	25,75
4	0÷30	gs	0,31	2,68	1,87	30,22
	30÷60	gc	0,69	2,67	1,95	26,97
	60÷150	gc	0,41	2,66	1,98	25,56
5	0÷60	gs	0,59	2,67	1,87	29,96
	60÷150	gs	0,53	2,67	1,92	28,09
6	0÷30	gl	0,6	2,68	1,86	30,60
	30÷60	gl	0,64	2,68	1,90	29,10
	60÷150	gs	0,52	2,67	1,94	27,34
7	0÷30	gl	0,53	2,68	1,89	29,48
	30÷60	gl	0,5	2,68	1,9	29,10
	60÷150	gl	0,67	2,67	1,96	26,59
8	0÷30	gl	0,53	2,67	1,9	28,84
	30÷60	gs	0,55	2,67	1,92	28,09
	60÷150	gl	0,6	2,67	1,96	26,59
9	0÷60	gl	0,52	2,67	1,89	29,21
	60÷150	gs	0,43	2,67	1,96	26,59

Stan retencji odpowiadający połowej pojemności wodnej ( $R_{PPW}$ ), jest najmniejszy w profilach zbudowanych przeważnie z glin lekkich i w warstwie 0÷100 cm osiąga wartość od 260 mm (profil 1) do 275 mm (profil 7). W pozostałych profilach, zbudowanych z glin średnich, stan retencji przy PPW jest większy i wynosi średnio 331 mm (rys. 3). Przeprowadzone badania wykazały także istotne różnice w zawartości wody łatwo dostępnej dla roślin (WŁD).





Rys 3. Wybrane właściwości wodne badanych profili gruntów pogórnich  
 Fig. 3. Selected water properties of investigated soil profiles of former mining areas

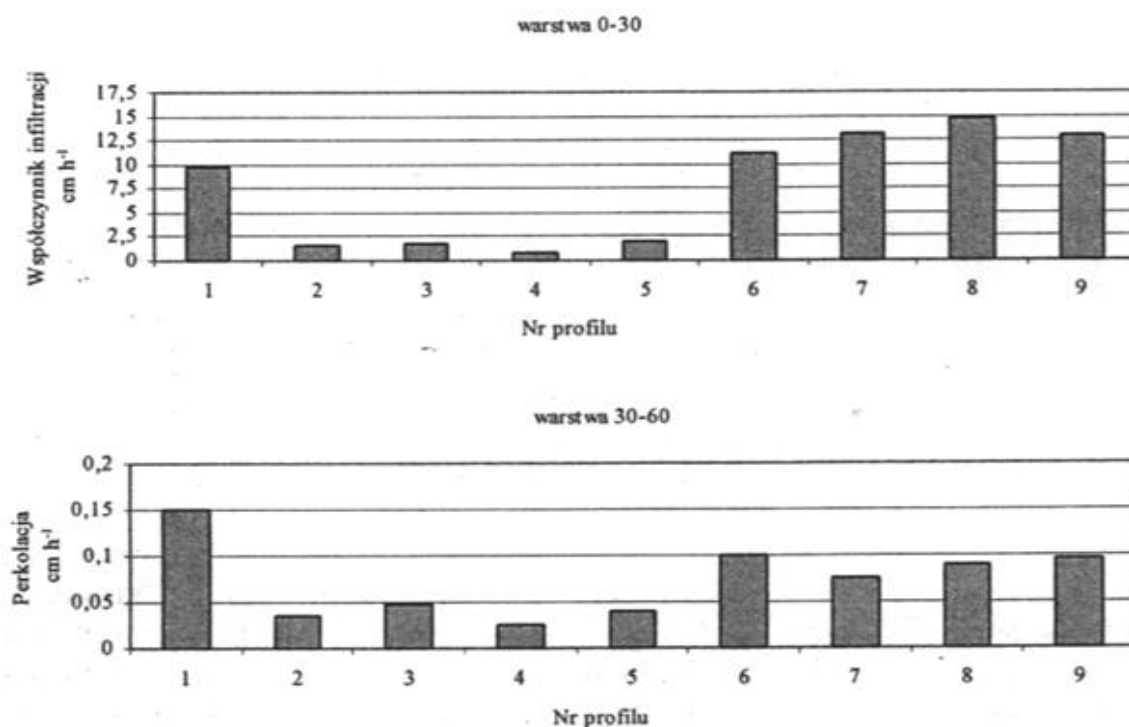
W analizowanych profilach glebowych, zawartość WŁD w warstwie 0÷100 cm waha się od 131 mm (profil 6) do 143 mm (profil 7). Natomiast w pozostałych badanych profilach, zawartość wody łatwo dostępnej jest w jednometrowej warstwie większa i kształtuje się od 163 mm (profil 5) do 170 mm (profil 3), średnio 165 mm. Podobne zróżnicowanie istnieje w stanie retencji przy wilgotności trwałego wędnięcia.

Woda opadowa, która nie została zatrzymana przez szatę roślinną spada na powierzchnię gruntu i zaczyna wsiąkać. Zdolność powierzchni gruntu do wchłaniania wody opadowej decyduje o jej zdolności do odbudowania retencji. Szybkość infiltracji wody w gruncie zależy między innymi od jego uziarnienia, który ma duży wpływ na wielkość jego przepuszczalności. Przeprowadzone badania terenowe wykazały pewne różnice w przepuszczalności wierzchnich warstw badanych typowych dla powierzchni doświadczalnych profili gruntów pogórnich.

W profilach typowych dla powierzchni nr 2,3,4 i 5, w których wierzchnia warstwa (0÷30 cm) wytworzona jest z gliny średniej, współczynniki infiltracji ustalonej wahają się od 0,86 (profil nr 4) do 1,95  $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (profil nr 5), średnio 1,57  $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (rys. 4). Według FAO [2], grunty te można zaliczyć do klasy średnio małej lub średniej klasy infiltracji według Riddera [5]. Lepszymi zdolnościami infiltracyjnymi charakteryzują się pozostałe profile gruntów pogórnich. Na powierzchniach tych, zbudowanych z glin lekkich, współczynniki infiltracji ustalonej wynoszą się od 9,8 (profil nr 1) do 14,8  $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (profil nr 8),



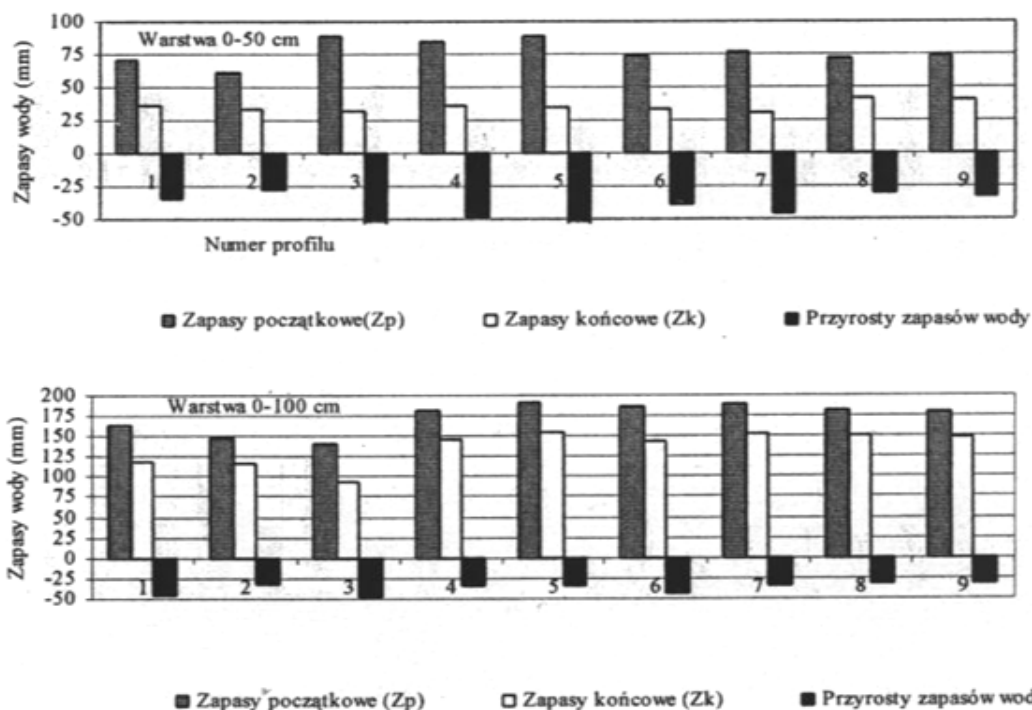
średnio  $12,4 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ . Otrzymane wartości pozwalają zaliczyć te powierzchnie do klasy infiltracji bardzo wysokiej [5], lub klasy średnio dużej według FAO, [2]. Kilkakrotnie mniejsze wielkości uzyskano w warstwie 30÷60 cm badanych gruntów pogórnich. Szybkość przesiąkania wody w tej warstwie jest najmniejsza także w profilach zbudowanych z glin średnich. Pomierzone współczynniki perkolacji w tych profilach osiągają wartość od  $0,024 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (profil nr 4) do  $0,048 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$  (profil nr 3), średnio  $0,038 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ . Natomiast w pozostałych profilach zbudowanych z glin lekkich, szybkość wsiąkania wody w tej warstwie była większa i wynosiła średnio  $0,10 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ . Otrzymane wartości pozwalają zaliczyć te powierzchnie do klasy infiltracji bardzo słabej [5].



**Rys. 4.** Współczynniki infiltracji ustalonej w warstwie 0÷30 cm i współczynniki perkolacji w warstwie 30÷60 cm w badanych profilach gruntów pogórnich  
**Fig. 4.** Coefficients of vertical percolation in layer 0÷30 cm and coefficients of vertical percolation in layer 30÷60 cm in experimental post-mining grounds profiles

Zróznicowanie zdolności infiltracyjnych badanych powierzchni miało również wpływ na uwilgotnienie wierzchnich warstw gruntów pogórnich. Na rys. 5 i 6 przedstawiono zapasy wody, w warstwach 0÷50 cm i 0÷100 cm, w dwóch wybranych okresach opadowych: od 2.08 do 23.08.2001 roku, o sumie opadów wynoszącej 20 mm i w okresie od 23.08. do 20.09.2001 roku,

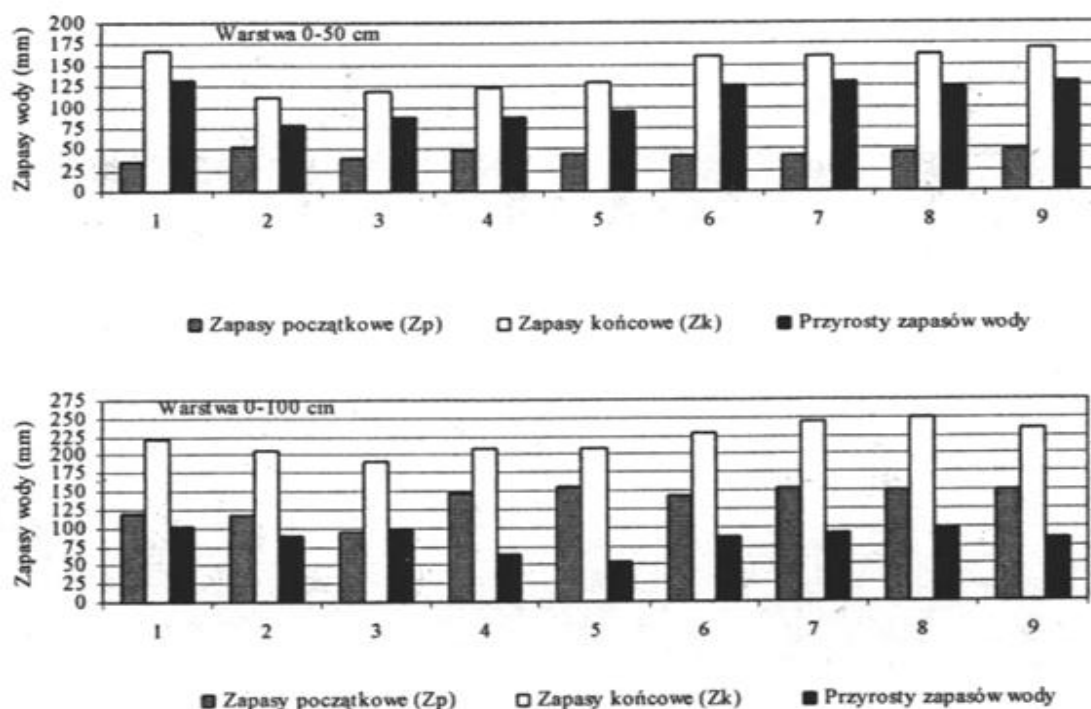
gdzie suma opadów wynosiła 134 mm. W okresie z sumą wynoszącą 20 mm w profilach gruntów pogórnicznych, w warstwie 0÷50 cm, wielkości zapasów wody zmniejszyły się średnio o 41 mm. Również w warstwie jednometrowej zapasy wody w dniu 23.08.2001 roku zmniejszyły się średnio o 37 mm.



Rys. 5. Zapasy wody w mm przed (Zp) i po (Zk) okresie o niskiej sumie opadów oraz przyrosty zapasów wody w profilach gruntów pogórnicznych w roku 2001  
 Fig. 5. Water contents (mm) before (Zp) and after (Zk) period of low precipitation sums and increases of water contents in post-mining grounds profiles in the year 2001

W czasie występowania opadów o większej wysokości (134 mm), największe przyrosty zapasów wody zaobserwowano w warstwie 0÷50 cm. W profilach gruntów pogórnicznych, zbudowanych przeważnie z glin lekkich (profile nr 1,6,7,8 i 9), średnia wielkość przyrostów wynosiła 128 mm, co stanowiło około 95% sumy opadu w tym okresie. Natomiast w profilach zbudowanych w wierzchniej warstwie z glin średnich (profile nr 2,3,4 i 5), średnia wielkość przyrostów zapasów wody w tym okresie wynosiła 87 mm, co stanowiło około 65% sumy opadu w tym czasie. Podobne różnice zaobserwowano w warstwie jednometrowej, gdzie przyrosty zapasów wody w profilach zbudowanych z gliny lekkiej wynosiły średnio 92 mm i były o około 17 mm większe od śred-

nich przyrostów zapasów wody w profilach o przewodze w uziarnieniu gliny średniej. Przeprowadzone testem t-studenta obliczenia istotności różnic wykazały, że otrzymane różnice w przyrostach zapasów wody w warstwie 0÷100 cm były istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$ .



Rys. 6. Zapasy wody w mm przed (Zp) i po (Zk) okresie o wysokiej sumie opadów oraz przyrosty zapasów wody w profilach gruntów pogórnich w roku 2001

Fig. 6. Water contents (mm) before (Zp) and after (Zk) period of high precipitation sums and increases of water contents in post-mining grounds profiles in the year 2001

Wyniki badań uwilgotnienia w wierzchniej warstwie profili gruntów pogórnich, w czasie występowania opadów o sumie 134 mm wykazały, że jest ono większe o 41 mm, w profilach o przewodze w uziarnieniu glin lekkich, w porównaniu z profilami zbudowanymi z glin średnich, co stanowiło około 30% sumy opadu w tym okresie. Przeprowadzona analiza dotyczyła tylko wybranych okresów o różnej sumie opadów, które mogą występować kilkakrotnie w okresie wegetacyjnym, w zależności od przebiegu warunków meteorologicznych. Pokazała ona jednak, jak ważnym zagadnieniem jest zastosowanie selektywnej gospodarki nadkładem na etapie rekultywacji technicznej zwałowisk. Im

mniejsza zmienność gruntów pogórnicych, tak w układzie przestrzennym jak i profilowym, tym mniejsze zróżnicowanie w uziarnieniu i właściwościach fizycznych, chemicznych oraz wodnych tych gruntów, co ma istotny wpływ na zdolności infiltracyjne i retencyjne wierzchnich warstw utworów tworzących zwałowisko.

#### 4. Wnioski

1. Na podstawie szczegółowych badań gleboznawczych stwierdzono, że pokrywa gruntowa badanych powierzchni doświadczalnych wykazuje niewielką zmienność, tak w układzie przestrzennym, jak i profilowym w uziarnieniu oraz podstawowych właściwościach fizycznych i chemicznych badanego obszaru zwałowiska wewnętrznego.
2. Stwierdzono, że stan retencji odpowiadający połowej pojemności wodnej ( $R_{PPW}$ ), jest najmniejszy w profilach zbudowanych przeważnie z glin lekkich i w warstwie 0÷100 cm osiąga wartość od 260 mm do 275 mm. W pozostałych profilach, zbudowanych z glin średnich, stan retencji przy PPW jest większy i wynosi średnio 331 mm. Przeprowadzone badania wykazały także istotne różnice w zawartości wody łatwo dostępnej dla roślin.
3. Przeprowadzone badania terenowe wykazały również istotne różnice w przepuszczalności wierzchnich warstw badanych gruntów. Najmniejsze zdolności infiltracyjne stwierdzono na powierzchniach zbudowanych z gliny średniej. Wartości współczynników infiltracji ustalonej w warstwie 0÷30 cm tych glin wynosiły średnio  $1,57 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$  i były ponad 10-krotnie mniejsze niż na powierzchniach zbudowanych z glin lekkich.
4. Zróżnicowanie zdolności infiltracyjnych wierzchnich warstw omawianych gruntów pogórnicych wpłynęło na kształtowanie się ich uwilgotnienia. W okresie o dużej sumie opadów, zapasy wody w profilach o uziarnieniu glin lekkich były średnio o 41 mm większe w porównaniu z profilami zbudowanymi z glin średnich.

#### Literatura

1. **Boroń K., Klatka S.:** *Use of the soil productivity index for evaluation of farmland influenced by coal mining*. International. Symp. Green 2. Contaminated and derelict land. AR Kraków: 157÷160. 1997.
2. **FAO.** *Land and Water Development Division*. Rome, Bull. 1971.
3. **Gilewska M., Otremba K.:** *Zmienność przestrzenna wybranych właściwości gruntów pogórnicych*. Roczn. AR Poznań. CCCXLII, Melior. Inż. Środ. 23:83÷93. 2002.
4. **Lyle E.S.:** *Surface mine reclamation manual*. Elsevier Science Publishing Co. N. Y., USA. 1986.
5. **Ridder N.:** *Drainage principles and applications*. Wageningen. 1974.

6. Smedema I., Rycroft D.: *Land drainage: planning and desing of agricultural drainage systems*. Basford Academic and Educational Ltd London, 29÷34. 1983.
7. Zając K.: *Zarys metod statystycznych*. Państw. Wyd. Ekon. Warszawa: 57÷60. 1994.
8. *USTAWA z dn.3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych* Dz. U. Nr 16, poz.78 z późniejszymi zmianami. 1995.

## Retention Capabilities of Post-mining Grounds After Technical Reclamation

### Abstract

The paper presents the results of field research and observation carried out on nine experimental areas located at inner waste heap of the "Kazimierz Północ" open pit. The open pit is located in the Kujawskie Lakeland (52°20' N, 18°05'E). The results of detailed analyses of field and laboratory investigations allow to draw following conclusions:

- Basing on the detailed pedological investigations it was noted, that the ground cover of the studied experimental areas shows small variation, so in spatial arrangement, as well as in the profiles in granulation and basic physical and chemical proprieties of the investigated area of internal heap.
- It was affirmed, that the retention state corresponding to the field water capacity ( $R_{PPW}$ ), it is the smallest in the profiles built from light clays and in layer 0÷100 cm achieves values from 260 mm to 275 mm. In remaining profiles, built from average clays, the state of retention by PPW is larger and amounts on average to 331 mm. The conducted investigations showed also essential differences in the content of water easily available the for plants.
- Conducted field investigations also showed essential differences in the penetrability of top layers of studied soils. The smallest infiltrative abilities were affirmed on the areas built from average clays. The values of coefficients of vertical percolation in layer 0÷30 cm of these clays carried out the average 1,57  $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$  and they were over ten times smaller than on areas built from light clays.
- Differentiation of the infiltrative abilities of top layers of described post-mining soils influenced on the shaping of their water content. In the period with high sum of precipitations, water content in the profiles with granulation of light clays cycle were on average about 41 mm bigger in comparison with profiles built from average clays.
- The investigation shows high usefulness of analysed post-mining grounds for agricultural reclamation.