

MARCIN PIETRZYKOWSKI

WŁAŚCIWOŚCI GLEB POWSTAJĄCYCH  
NA REKULTYWOWANYCH I POZOSTAWIONYCH  
SUKCESJI TERENACH WYROBISKA PO EKSPLOATACJI  
PIASKÓW PODSADZKOWYCH\*

PROPERTIES OF SOILS FORMED ON RECLAIMED  
AREAS AND AREAS LEFT FOR SUCCESSION  
ON ABANDONED SAND EXCAVATION

Katedra Ekologii Lasu AR w Krakowie

*Abstract:* The paper presents properties of soils formed in reclaimed areas and in areas left for succession on a sand excavation in chronesequence of 5, 17, 20, 25 years. In both categories of areas there was an increase of organic carbon content and thickness of the initial organic-mineral horizon corresponding with soil age, although in reclaimed areas the horizon was twice as thick. Investigated soils showed low sorption capacity and nutrient content but changes of these characteristics were not connected with soil age. Only loamy material insertions resulted in an increase of these features.

*Słowa kluczowe:* wyrobisko piaszkowe, sukcesja, rekultywacja, inicjalne gleby.

*Key words:* sand excavation, succession, reclamation, initial soils.

## WSTĘP

Jednym z głównych zadań rekultywacji terenów pogórnich jest odtworzenie gleb [Bradshaw, Hüttl 2001]. Jest ono prowadzone różnymi metodami technicznymi i biologicznymi, a niekiedy na fragmentach pozostawianych sukcesji procesy glebotwórcze zachodzą bez ingerencji człowieka. Dzięki temu możliwe jest prowadzenie badań porównawczych nad procesami kształtowania zbiorowisk i gleb w procesie sukcesji pierwotnej na terenach rekultywowanych i pozostawionych sukcesji [Anderson 1977].

\*Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003–2005 jako projekt badawczy 3P06S 03925.

Przykładem takiego obiektu jest wyrobisko kopalni piasków podsadzkowych „Szczakowa”, na którym pewne fragmenty wyrobisk pozostawiane bez rekultywacji zarastały w procesie sukcesji, a jednocześnie na pozostałej części wyrobiska prowadzono rekultywację.

Celem pracy było porównanie właściwości gleb powstających w tych dwóch kategoriach terenów.

## MATERIAŁ BADAWCZY

Badania prowadzono na spągu wyrobiska kopalni piasków podsadzkowych „Szczakowa” (rejon GOP, 19°26' E; 50° 16' N). Obszar ten należy do Wielkiej Pustyni Starczynowskiej, a utwory fluwioglacjalne zalegające w złożu deponowane były od 80–240 tys. lat temu w tzw. kopalnej dolinie Białej Przemysy [Kozioł 1952]. W wyniku eksploatacji odkrywkowej złoża piasku powstało wyrobisko o głębokości od 5 do 25 m. Na fragmentach wyrobiska objętych badaniami zabiegi rekultywacyjne prowadzono w 2 fazach: rekultywacja techniczna (formowanie i wyrównanie rzeźby) i rekultywacja biologiczna (humusowanie, nawożenie mineralne NPK, uprawa roślin motylkowatych). Na przestrzeni ostatnich 25 lat zmniejszono dawki humusu i nawozów mineralnych NPK. Po wykonaniu rekultywacji biologicznej powierzchnie zalesiano, przeważnie sosną zwyczajną i brzozą brodawkowatą. Na fragmentach nierekultywowanych występowały biogrupy z sukcesji z przewagą sosny zwyczajnej i brzozy brodawkowatej z domieszką osiki [Pietrzykowski 2005].

## METODY BADAŃ

Na spągu wyrobiska wykonano łącznie 20 odkrywek glebowych, w tym po 3 profile w każdej grupie wieku (liczonej od rozpoczęcia rekultywacji) w chronosekwencji 17, 20, 25 lat oraz po 1 profilu w grupie gleb rozwijających się 5 lat na terenach rekultywowanych i pozostawionych sukcesji. W terenie dokonano opisu morfologii gleb, pobrano próbki z wyróżnionych poziomów glebowych oraz próbki dodatkowe z wierzchnich poziomów organiczno-mineralnych i próbki porównawcze utworów ze spągu wyrobiska. Jednostki glebowe i symbole poziomów zastosowano zgodnie z Klasyfikacją Gleb Leśnych Polski [2000]. W próbkach w laboratorium oznaczono [Ostrowska i in. 1991]: skład granulometryczny (frakcje i grupy granulometryczne zgodnie z PN-R-04033) metodą aerometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, frakcje piasku metodą sitową; pH potencjometrycznie w  $H_2O$  oraz w KCl ( $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ); zawartość węgla organicznego ( $C_{\text{org}}$ ) i azotu ogólnego ( $N_{\text{og}}$ ); kwasowość hydrolityczną (Y) i sumę zasadowych kationów wymiennych (S) metodą Kappena. Obliczono pojemność sorpcyjną (T) i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V%). Zawartość  $Ca^{2+}$  i  $Na^+$  wymiennego oznaczono w wyciągu  $CH_3COONH_4$  o pH 7 metodą ASA; Mg przyswajalny w wyciągu Schachtschabela metodą ASA; K i P przyswajalne w wyciągu Egnera-Riehma (K metodą ASA, a P kolorymetrycznie). Wyniki oznaczeń wybranych właściwości inicjalnych poziomów organicznych i organiczno-mineralnych poddano analizie statystycznej ( $\alpha=0,05$ ) przy użyciu programu Statistica 6.1.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby tworzące się na terenach z sukcesją zaliczono zgodnie z Klasyfikacją Gleb Leśnych [2000] do podtypu arenosoli inicjalnych (ARi) (Haplic Arenosols wg FAO [1988]) o budowie AinC-C (profil gleby w wieku 5 lat) oraz Olf-Ain-AinC-C (3 profile gleb w wieku 20 lat i 2 w wieku 25 lat). W tych przypadkach w morfologii gleb wystąpił wyraźny naturalny układ sedymentacyjny warstw żwirów i piasków, nienaruszony eksploatacją. W pozostałych przypadkach, gdy w profilach wystąpiły oznaki sztucznego przemieszania i nasypania utworów, gleby zaliczono do podtypu industrio- i urbanoziemnych o niewykształconym profilu (AUi) (Urbic Anthrosols wg FAO [1988]) o budowie AinCan-Can (na powierzchni w wieku 5 lat) oraz Olf-Ain an-AinCan-Can (na powierzchniach starszych) (tab. 1 i 2). W poziomach skały macierzystej badanych gleb stwierdzano różnice w uziarnieniu oraz barwie i wyróżniano dodatkowo podpoziomy glebowe. Wyróżniano również odmiany gruntowo- lub opadowoglejowe. Według systematyki PTG [1989] wszystkie badane gleby zaliczyć można do jednego podtypu, tj. gleb antropogenicznych o niewykształconym profilu. Bardziej rozbudowaną klasyfikację gleb antropogenicznych zaproponował Burghardt [1996]. Potrzeba odrębnej klasyfikacji gleb na terenach pogórnicych jest istotna również z punktu widzenia diagnozy warunków siedliskowych jako podstawy dla rekultywacji leśnej [Pietrzykowski, Krzaklewski 2005].

Jako dobre kryteria oceny rozwoju gleb i efektywności rekultywacji na terenach pogórnicych uznaje się głębokość biologiczną, tj. głębokość strefy korzeni oraz miąższość poziomu próchnicznego [Daniels i in. 1992; Węgorzek 1995]. W obydwu kategoriach powierzchni głębokość biologiczna gleb wzrosła średnio o ponad 50 cm w badanym przedziale czasowym (od 5 do 25 lat, tab. 1 i 2). W przedziale wieku od 17 do 25 lat nastąpił również istotny wzrost miąższość inicjalnych poziomów organiczno-mineralnych Ain, które wyraźnie odróżniały się barwą od poziomów skały macierzystej. W glebach na powierzchniach rekultywowanych miąższość poziomu Ain była jednak średnio 2-krotnie większa (3,5 cm w wieku 25 lat) (tab. 2) niż w glebach pod zbiorowiskami z sukcesji (1,9 cm w wieku 25 lat) (tab. 1). Zawartość  $C_{org}$  w tych poziomach na terenach z sukcesją w przedziale od 17 do 25 lat wzrosła z  $5,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $7,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a na terenach rekultywowanych z  $6,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $7,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 1). Na powierzchniach najmłodszych (5-letnich) poziomy przejściowe AinC zawierały średnio  $0,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  pod zbiorowiskami z sukcesji (tab. 1) i  $1,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  na terenach rekultywowanych (tab. 2). Zawartość azotu ogólnego ( $N_{og}$ ) w poziomach Ain była istotnie wyższa na powierzchniach rekultywowanych niż na powierzchniach z sukcesją i wynosiła odpowiednio:  $0,65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  i  $0,37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  w glebach 17-letnich oraz  $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  i  $0,39 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  w glebach 25-letnich (tab. 1 i 2). W przypadku zawartości  $N_{og}$  nie wystąpił wyraźny trend wzrostowy w chronosekwencji. Stosunek C/N w poziomach  $N_{og}$  Ain w porównywanych grupach wiekowych gleb obydwu kategorii był podobny i wynosił od 12–14 na powierzchniach 17-letnich do około 20 na powierzchniach starszych, przy czym różnice istotne pomiędzy grupami wiekowymi wystąpiły tylko na powierzchniach z sukcesją (tab. 3).

TABELA 1. Wybrane właściwości inicjalnych gleb tworzących się na pozostawionych sukcesji terenach  
 TABLE 1. Selected properties of initial soils developed in areas left for succession in the 'Szcakowa'

Wiek pow. [lata] Age of sites [years]	Poziom * Horizon	Średnia głębokość Mean depth	Frakcja iltu Clay fraction <0,002 mm	pH		S	Y	T
		[cm]	[%]	H <sub>2</sub> O	KCl	[cmol(+) · kg <sup>-1</sup> ]		
0	Can	pryzna stock pile	10	6,8	5,7	5,7	0,9	6,6
	Can	0-100	< 1	6,7	6,1	2,0	0,7	2,6
5	AinC	0-4	3	5,6	4,6	3,2	1,0	4,2
	C1	4-32	3	5,7	4,5	2,7	0,8	3,5
	C2	32-90 (25)**	3	6,8	6,1	4,0	0,3	4,3
17	Olf	0-1	n.o.	4,5	3,9	24,8	40,9	65,7
	Ain an	1-2	4	5,1	4,1	1,9	1,6	3,5
	AinCan	2-8	4	5,5	4,4	1,9	1,1	3,1
	C1an	8-41	7	5,9	4,7	3,6	1,6	5,1
	C2an	41-187 (45)	0	6,4	5,7	0,3	0,6	0,8
20	Olf	0-1	n.o.	4,4	3,8	24,1	39,7	63,8
	Ain	1-3	1	5,4	4,4	0,9	1,6	2,4
	AinC	3-13	1	5,4	4,4	0,7	0,9	1,6
	C1	13-56	2	5,8	4,7	6,4	0,7	7,0
	C2	56-91	8	6,0	4,6	10,2	1,4	11,5
	C3gg	91-106 (61)	2	6,3	5,1	7,4	0,5	7,9
25	Olf	0-3	n.o.	5,3	4,7	47,5	27,6	75,1
	Ain, Ain an	3-5	2	5,4	4,6	2,4	1,9	4,3
	AinC, AinCan	5-15	3	5,4	4,3	1,8	1,3	3,1
	C1, C1an	15-89	6	6,3	5,1	0,7	10,3	5,5
	C2gg, 2Cangg	89-154	4	6,1	5,0	6,5	1,1	7,6
	C3gg, C3angg	154-184 (82)	6	6,5	5,3	5,2	1,0	6,2

Wyjaśnienia: \*nazewnictwo poziomów według Klasyfikacji Gleb Leśnych Polski 2000 r. (25)\*\* – głębokość zasięgu systemów korzeniowych; n.o. – nie oznaczono; śł. – zawartość poniżej wykrywalności;  $\bar{x}$  – średnia; SD – odchylenie standardowe; Explanations: \* horizon's nomenclature according to Forest Soils Classification of Poland 2000 yr; (25)\*\* – depth of root zone; n.o. – not determined; śł. – below detection level;  $\bar{x}$  – mean; SD – standard deviation

Wartości pH (w H<sub>2</sub>O) poziomów organicznych Olf i organiczno-mineralnych Ain gleb obydwu kategorii nie różniły się istotnie. W poziomach Olf stwierdzano odczyn bardzo silnie kwaśny do silnie kwaśnego (pH w H<sub>2</sub>O od 4,4 do 5,3; pH w KCl od 3,8 do 4,7), a w poziomach Ain odczyn silnie kwaśny (pH w H<sub>2</sub>O od 5,1 do 5,4; pH w KCl od 4,1 do 4,8). Wartości pH poziomów skały macierzystej gleb były zbliżone do wartości pH utworów pobranych ze spągu wyrobiska przed rekultywacją (pH w H<sub>2</sub>O utworów piaszczystych

wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych "Szczakowa" (wartości uśrednione dla grup wiekowych)  
sand filing mine excavation (mean values for age groups).

V [%]	C organ. Organ. C [g · kg <sup>-1</sup> ]		N og. N total [g · kg <sup>-1</sup> ]		C : N		Zawartość rozpuszczalnych pierwiastków Content of soluble elements				
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	Na <sup>+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg	P
							[mg · kg <sup>-1</sup> ]				
78,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	5	46	684	164	2
63,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	8	21	241	72	śl
76,2	0,6	0,1	0,41	0,02	1,5	0,6	6	14	70	23	2
77,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	7	16	88	29	2
93,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	7	15	152	43	1
37,8	449,6	45,8	8,30	3,60	64,1	30,3	10	875	3163	201	84
51,6	5,5	1,9	0,37	0,12	14,3	1,7	2	36	210	39	1
61,6	1,6	0,5	0,20	0,04	7,7	1,8	3	28	280	50	1
69,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	2	27	400	97	1
35,5	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1	8	26	13	śl
37,7	391,4	65,4	9,00	2,40	46,1	13,6	2	598	2775	281	56
35,8	5,8	2,7	0,26	0,90	22,0	5,7	śl	27	74	14	2
43,0	1,3	0,5	0,13	0,04	10,6	5,0	śl	17	57	19	1
90,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1	17	97	28	1
89,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	6	56	613	154	2
93,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	śl	28	133	25	śl
67,7	390,6	103,6	10,90	3,20	36,8	7,9	18	843	5517	562	88
57,2	7,9	5,1	0,39	0,23	20,7	5,2	2	49	174	40	2
55,8	1,7	0,6	0,16	0,05	11,4	2,9	3	30	154	44	śl
81,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	3	27	300	76	2
86,6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	7	24	304	116	1
82,5	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	4	28	367	96	1

średnio 6,7; pH w KCl średnio 6,1, a utworów gliniastych pH w H<sub>2</sub>O średnio 6,8; pH w KCl średnio 5,7) (tab. 1 i 2). W obydwu kategoriach powierzchni pH wzrastało w głąb profili glebowych, a poziomy wierzchnie podlegały zakwaszaniu w wyniku oddziaływania opadu organicznego. W latach sześćdziesiątych na wyrobisku stwierdzano tendencję odwrotną, tj. alkalizację wierzchnich poziomów w wyniku emisji przemysłowych [Furdyna 1968].

W obydwu kategoriach powierzchni pojemność sorpcyjna (T) gleb wynosiła przeważnie poniżej 3,5 cmol(+) · kg<sup>-1</sup> i były to gleby o słabych zdolnościach sorpcyjnych (wg podziału Lityńskiego [1971]). Duże zdolności sorpcyjne (T powyżej 6,6 cmol(+) · kg<sup>-1</sup> gleby) i wyższe wartości sumy zasadowych kationów wymiennych (S) (dochodzące do kilkunastu

TABELA 2. Wybrane właściwości inicjalnych gleb tworzących się na rekultywowanych terenach wyrobiska  
 TABLE 2. Selected properties of initial soils developed in reclaimed areas in the 'Szczakowa' sand filling mine

Wiek pow. [lata] Age of sites [years]	Poziom* Horizon	Średnia głębokość Mean depth	Zawartość frakcji ilu Clay fraction content <0,002 mm	pH		S	Y	T
		[cm]	[%]	H <sub>2</sub> O	KCl	[cmol(+) · kg <sup>-1</sup> ]		
5	AinCan	0-20	3	5,5	5,4	0,5	3,7	4,2
	Can	20-140 (30)**	3	6,9	6,7	0,4	4,2	4,6
17	Olf	0-2	n.o.	4,4	4,2	44,9	37,5	82,4
	Ain an	2-5	4	5,2	4,3	3,7	1,5	5,3
	AinCan	5-24	4	5,2	4,3	2,1	1,1	3,2
	C1an	24-89	1	5,7	4,9	3,1	0,6	3,8
	C2an	89-173	1	6,1	4,9	5,0	0,8	5,8
	C3an	173-200 (65)	1	5,9	5,1	1,9	0,8	2,7
20	Olf	0-3	n.o.	4,6	4,0	38,7	38,8	77,5
	Ain an	3-9	2	5,4	4,3	3,6	1,7	5,2
	AinC	9-27	3	5,4	4,6	3,2	1,0	4,2
	C1an	27-112	1	5,8	4,6	2,9	0,8	3,7
	C2an	112-181	< 1	6,3	5,1	1,9	0,4	2,3
	C3an	181-220 (82)	1	6,3	5,2	1,1	0,6	1,7
25	Olf	0-3	n.o.	4,5	4,0	41,6	48,4	90,0
	Ain an	3-8	1	5,3	4,8	3,0	1,2	4,2
	AinCan	8-28	< 1	5,6	4,9	1,3	0,6	1,9
	C1an	28-71	< 1	6,3	5,1	1,4	0,5	1,9
	C2an	71-140 (90)	< 1	6,4	5,4	1,8	0,5	2,2

Wyjaśnienia jak w tabeli 1, explanation as in Table 1

cmol(+) · kg<sup>-1</sup> gleby) wystąpiły jedynie w poziomach z większym udziałem utworów gliniastych (tab. 1 i 2). Zawartość Mg przyswajalnego i Ca<sup>2+</sup> wymiennego w poziomach zbudowanych z piasków była zbliżona do zawartości w próbkach porównawczych utworów piaszczystych, w których wynosiła odpowiednio 72 mg · kg<sup>-1</sup> i 241 mg · kg<sup>-1</sup> (tab. 1). Zawartość tych biogenów wzrastała w poziomach z większym udziałem wkładek gliniastych i dochodziła odpowiednio Mg do 154 mg · kg<sup>-1</sup> i Ca<sup>2+</sup> 613 mg · kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 1 i 2), przy czym zasobność gleb w magnez przyswajalny na powierzchniach rekultywowanych była ogólnie niższa niż gleb na powierzchniach z sukcesją. Badane gleby były ubogie pod względem zawartości przyswajalnych form K, wynoszącej od 8 do 49 mg · kg<sup>-1</sup> i P od ilości śladowych do 2 mg · kg<sup>-1</sup> gleby. Próbkę porównawczą piasków zawierały K przyswajalnego średnio 21 mg · kg<sup>-1</sup> i ilości śladowe P przyswajalnego, a próbki glin odpowiednio: K – 46 mg · kg<sup>-1</sup> i P – 2 mg · kg<sup>-1</sup> (tab. 1). Gleby na terenach pogórnicych, a zwłaszcza na wyrobiskach popiaskowych ogólnie odznaczają się niską zasobnością w formy przyswajalne tych pierwiastków [Wali 1999]. Zawartość sodu

po eksploatacji piasków podsadzkowych "Szczakowa" (wartości uśrednione dla grup wiekowych)  
excavation (mean values for age groups)

V [%]	C organ. Organ. C		N og. N total		C : N		Zawartość rozpuszczalnych pierwiastków Content of soluble elements				
	[g · kg <sup>-1</sup> ]						Na <sup>+</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg	P
	x	SD	x	SD	x	SD	[mg · kg <sup>-1</sup> ]				
11,9 8,7	1,2 n.o.	0,7 n.o.	0,46 n.o.	0,03 n.o.	2,5 n.o.	1,64 n.o.	10 7	11 9	31 160	12 14	1 1
51,7 54,1 56,9 69,3 86,8 70,8	450,3 6,7 1,4 n.o. n.o. n.o.	36,7 2,5 0,4 n.o. n.o. n.o.	8,70 0,65 0,46 n.o. n.o. n.o.	3,70 0,62 0,03 n.o. n.o. n.o.	59,7 12,0 4,08 n.o. n.o. n.o.	21,6 3,8 1,61 n.o. n.o. n.o.	54 8 7 8 9 7	632 25 17 19 26 19	3363 91 85 180 523 351	456 16 18 27 66 35	107 2 1 1 1 śl
45,7 62,6 71,7 72,2 78,5 64,7	488,9 7,2 1,6 n.o. n.o. n.o.	24,4 4,4 0,6 n.o. n.o. n.o.	8,30 0,58 0,38 n.o. n.o. n.o.	3,60 0,16 0,08 n.o. n.o. n.o.	68,1 11,9 4,4 n.o. n.o. n.o.	24,2 4,6 1,9 n.o. n.o. n.o.	63 9 10 10 8 15	520 35 25 21 14 18	4042 194 189 270 127 117	523 38 48 73 31 36	91 1 śl śl śl śl
42,5 61,4 48,9 63,1 74,7	456,9 7,8 1,5 n.o. n.o.	89,8 5,5 0,5 n.o. n.o.	8,80 0,50 0,37 n.o. n.o.	3,70 0,24 0,11 n.o. n.o.	58,6 19,6 4,5 n.o. n.o.	21,3 18,7 2,6 n.o. n.o.	70 11 10 9 9	609 23 14 13 12	5758 265 82 79 104	486 19 20 24 31	100 1 śl śl śl

wymiennego w glebach była bardziej zróżnicowana i na powierzchniach z sukcesją kształtowała się od ilości śladowych do 8 mg · kg<sup>-1</sup> gleby, a na powierzchniach rekultywowanych była wyższa i wynosiła od 7 do 15 mg · kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 1 i 2). Próbkę porównawcze utworów piaszczystych zawierały Na<sup>+</sup> średnio 8 mg · kg<sup>-1</sup>, a utworów gliniastych 5 mg · kg<sup>-1</sup> (tab. 1). W obydwu kategoriach powierzchni ogólnie nie wystąpił wyraźny związek pomiędzy wiekiem gleb a właściwościami kompleksu sorpcyjnego i zawartością składników pokarmowych. W przypadku gleb tworzących się z utworów piaszczystych na terenach pogórnicych tempo wietrzenia minerałów nie ma dużego wpływu na dostępność składników pokarmowych, tak jak ma to miejsce w przypadku utworów gliniastych [Wali 1999]. Większe znaczenie dla właściwości sorpcyjnych i zasobności w składniki pokarmowe badanych gleb miał udział przewarstwień zbudowanych z utworów z większym udziałem frakcji ilastych (<0,002 mm). Stąd duże znaczenie w rekultywacji wyrobisk popiaskowych ma odpowiednie rozdysponowanie i wykorzystanie materiałów gliniastych.

TABELA 3. Statystyczna istotność różnic w wybranych cechach wierzchnich inicjalnych poziomów gleb zróżnicowanych wiekowo (5, 17, 20, 25 lat) na terenach rekultywowanych i pozostawionych sukcesji na wyrobisku kopalni piasku "Szczakowa" (test T-Tukey'a).

TABLE 3. Statistical differences in some characteristics of initial topsoil horizons in reclaimed areas and areas left for succession at different age (5, 17, 20, 15 years) in the "Szczakowa" sand works (T-Tukey test)

Wiek [lata] Age [years]	Istotność różnic – Statistical differences			
1. Gleby na terenach pozostawionych sukcesji (porównanie w grupach wiekowych) Soils on areas left for succession (comparison at different age)				
Zmienna: miąższość poziomu Ain [cm] – Variable: thickness of Ain horizon [cm]				
–	5 [nd]	17 [1,2; 0,4]	20 [1,6; 0,6]	25 [1,9; 0,7]
5	nd	nd	nd	nd
17	nd	–	0,1248	0,0016*
20	nd	0,1248	–	0,0987
25	nd	0,0016*	0,0987	–
Zmienna: log C/N w poziomie Ain – Variable: log C/N in Ain horizon				
–	5 [nd]	17 [14,3; 1,7]	20 [22,0; 5,7]	25 [20,7; 5,2]
5	nd	nd	nd	nd
17	nd	–	0,0001*	0,0002*
20	nd	0,0001*	–	0,4642
25	nd	0,0002*	0,4642	–
2. Gleby na terenach rekultywowanych (porównanie w grupach wiekowych) Soils on reclaimed areas (comparison at different age)				
Zmienna: miąższość poziomu Ain [cm] – Variable: thickness of Ain horizon [cm]				
–	5 [nd]	17 [2,5; 0,8]	20 [3,1; 1,4]	25 [3,5; 1,3]
5	nd	nd	nd	nd
17	nd	–	0,090126	0,002364*
20	nd	0,090126	–	0,380184
25	nd	0,002364*	0,380184	–

Wyjaśnienia: \*zaznaczone różnice są istotne przy  $p < 0,05$ ; nd – nie oznaczono;

17[1,2; 0,4] – wiek 17 lat [średnia, odchylenie standardowe]

Explanations: \* – marked differences are significant at  $p < 0.05$ ; nd – not determined;

17[1,2; 0,4] – age 17 years [mean, standard deviation]

## WNIOSKI

1. W badanych w chronosekwencji glebach na terenach rekultywowanych i pozostawionych sukcesji nastąpiło zwiększenie zawartości węgla organicznego ( $C_{org}$ ) i wzrost miąższości inicjalnych poziomów organiczno-mineralnych oraz zwiększenie głębokości biologicznej. Miąższość poziomów organiczno-mineralnych była średnio

- 2-krotnie większa na powierzchniach rekultywowanych, co potwierdza korzystny wpływ zabiegów rekultywacyjnych na przebieg procesów glebotwórczych.
2. Badane gleby charakteryzowały się niskimi zdolnościami sorpcyjnymi oraz znikomą zawartością składników pokarmowych dla roślin, a jedynie przewarstwienia utworów o cięższym składzie granulometrycznym podwyższały te wartości. Stąd istotne jest wykorzystanie „przerostów gliniastych” występujących w złożu w rekultywacji tego rodzaju obiektów.

## LITERATURA

- ANDERSON D. W. 1977: Early stages of soil formation of glacial till mine spoils in a semi-arid climate. *Geoderma* **19**: 11–19.
- BRADSHAW A. D., HÜTTL R. F. 2001: Future minesite restoration involves a broader approach. *Ecological Engineering* **17**: 87–90.
- BURGHARDT W. 1996: Substrate der Bodenbildung in urban, gewerblich und industriell überformten Böden. W: Arbeitskreis Stadtböden der DBG (Hrsg): *Urbaner Bodenschutz*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 25–44.
- DANIELS W. L., GENTHNER M. H., HODGES R. L. 1992: Soil development in sandy tailings derived from mineral sands mining in Florida. Proceedings „National Meeting of the American Society for Surface Mining and Reclamation”, Duluth, MN, June 14–18 1992, ASSMR, Lexington: 37–47.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI 2000. Wydawnictwo Centrum Informacyjne LP. Warszawa. 123 ss.
- KOZIOŁ S. 1952: Budowa Geologiczna Pustyni Błędowskiej, *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* **65/52**.
- LITYŃSKI T. 1971: Żyzność gleby i nawożenie. Cz. I. Żyzność gleby, wyd. 2, PWN, Warszawa. 652 ss.
- OSTROWSKA S., GAWLIŃSKI Z., SZCZUBIAŁKA Z. 1991: *Metody analizy gleb i roślin*, IUNG, Warszawa. 334 ss.
- PIETRZYKOWSKI M. 2005: Charakterystyka wybranych cech roślinności drzewiastej na terenach rekultywowanych oraz na powierzchniach pozostawionych procesowi sukcesji na przykładzie powierzchni badawczych na wyrobisku kopalni piasku „Szczakowa”. *Acta Agraria et Silvestria, series Silvestria* **43**: 1–26.
- PIETRZYKOWSKI M., KRZAKLEWSKI W. 2005. Functionality assessment of soil quality index (ITGL) and vascular plant ecological indicator for site quality diagnosis in a sand mine excavation. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* **5(1)** 2006: 47–56.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI 1989. *Rocz. Glebozn.* **40(3/4)**: 1–150.
- WALI M. K. 1999: Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems. *Plant and Soil.* **213**: 195–220.
- WĘGOREK T. 1995: Zmiany właściwości utworów piaszczystych na zwałowisku zewnętrznym kopalni siarki w wyniku rekultywacji leśnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 731–736.

Dr inż. Marcin Pietrzykowski

Katedra Ekologii Lasu Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Al. 29 Listopada 46, 31- 425 Kraków

e-mail: rlpietrz@cyf-kr.edu.pl