

MICHAŁ DRAB

# WPŁYW REKULTYWACJI LEŚNEJ NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM WĘGLA W GRUNTACH POKOPALNIANYCH W ŁĘKNICY

## INFLUENCE OF FOREST RECLAMATION ON DIFFERENT FORMS OF CARBON CONTENT IN POST-MINING GROUNDS IN ŁĘKNICA LOCALITY

Zakład Odnowy Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska,  
Uniwersytet Zielonogórski

*Abstract:* The lignite mine „The Friendship of Nations” in Łęknica locality finished the exploitation in the year 1974. After leveling, waste lime application in dose  $30\text{--}50\text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  as well as fertilization:  $50\text{ kg N}$ ,  $90\text{ kg K}_2\text{O}$  and  $70\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ P}_2\text{O}_5$ , the area was planted with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Mineral composition is loamy sand overweighed with large quantities of silt. The content of organic matter in soils (loss on ignition) was strongly diversified and depended from splinters of lignite content. Only a small percentage of this form carbon was appointed with Tiurin method. Relation C:N had varied in wide ranges  $10\text{--}120:1$ . After the fertilization ( $\text{N} - 100, 200$  and  $400\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 70$  and  $140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  as well as  $\text{K}_2\text{O} - 160$  and  $320\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and 18 years of reclamation works providing (the field A – 6-years old planting, field B – annual planting) it was affirmed the differentiation of organic carbon content and the losses on ignition in grounds, correlated with fertilization and the trees' growth (the field A vs. B) as well as the depth of sampling.

*Słowa kluczowe:* rekultywacja hałd, tereny pokopalniane, straty na żarzeniu, C organiczny.

*Key word:* reclamation of dump, postmine areas, loss of ignition, organic C.

## WSTĘP

Kopalnie węgla brunatnego w Polsce zajmują tereny wynoszące około 16 tys. ha [Rocznik statystyczny 2007]. Po wydobyciu węgla brunatnego powstają silnie przekształcone tereny (wyrębiska, zwałowiska) przypominające swoim wyglądem księżycowy krajobraz. Rekultywacja omawianych terenów jest utrudniona ze względu na bardzo duże zróżnicowanie właściwości fizycznych, fizyko-chemicznych, chemicznych i biologicznych [Greinert 1988; Drab i in. 2005; Bender 1982; Gilewska 1991]. Kierunki

rekultywacji przekształconych przez działalność wydobywczą węgla brunatnego terenów pokopalnianych mogą być różne, najczęściej jednak przeważa kierunek leśny [Greinert 1988; Bender 1980].

W gruntach zwałowiskowych stwierdza się między innymi dużo domieszek węgla brunatnego, które zwiększają zawartość masy organicznej, natomiast ilość węgla organicznego stanowi tylko niewielką jej część. Proporcje te mogą ulegać zmianom w czasie.

Celem niniejszej pracy było ustalenie ewentualnego wpływu roślinności drzewiastej oraz nawożenia mineralnego na zawartość węgla oznaczonego metodą Tiurina i poprzez wyżarzenie w masach gruntu zwałowego byłej Kopalni „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy.

## OBIEKT BADAŃ I METODYKA

Omawiany teren o powierzchni około 430 ha położony jest na kierunku NE od miejscowości Łęknica nad Nysą Łużycką w województwie lubuskim. Kopalnia zakończyła wydobywanie węgla w roku 1974. Tereny pokopalniane były mocno przekształcone. Czynnością wstępną przed rekultywacją było wyrównanie powierzchni przy użyciu spychaczy. Materiał zwałowiskowy o składzie granulometrycznym od piasku luźnego do piasku gliniastego mocnego zawierał dużo domieszek frakcji pyłu i okruchów węgla brunatnego. Skład chemiczny utworów wykazywał duże zróżnicowanie. W utworach tych występowały duże ilości pirytu ( $FeS_2$ ), z którego po utlenieniu może powstawać kwas siarkowy, stąd też pH w masach utworów wynosiło często mniej niż 3,0, a stosunek C:N był szeroki (średnio 36:1, ale niekiedy przekraczał wartość 100:1). Badane utwory cechowała niska zasobność w makro- i mikroelementy, w tym niska zasobność w przyswajalne formy K i P [Greinert 1986; Drab i in. 2005].

Do neutralizacji gleb i zwiększenia ich zasobności w składniki pokarmowe zastosowano  $50\ t\cdot ha^{-1}$  wapna odpadowego z Huty Miasteczko Śląskie,  $5\ t\cdot ha^{-1}$  mączki fosforowej,  $50\ kg\ N\cdot ha^{-1}$ ,  $90\ kg\ K_2O\cdot ha^{-1}$  oraz  $70\ kg\ P_2O_5\cdot ha^{-1}$ . Następnie powierzchnię gruntów obsadzono drzewkami sosny (*Pinus sylvestris* L.). Procent drzew sosny wypadających był bardzo wysoki, a rozwój drzewek bardzo słaby. Wykazywały one silne niedobory składników mineralnych. Dla zbadania przyczyn tego stanu, w roku 1986 założono doświadczenia polowe. Pierwsze doświadczenie – A założono na 6-letnich nasadzeniach sosny, a drugie doświadczenie – B na 2-letnich nasadzeniach sosny. W obu przypadkach wymiary poletek wynosiły  $35 \times 8\ m$ . Schemat nawożenia przedstawiono w tabeli 1.

Nawożenie stosowano w trzech kolejnych latach 1987–1989 w formach: N – saletry amonowej,  $P_2O_5$  – superfosfatu pojedynczego i  $K_2O$  – soli potasowej 50-procentowej. Wapno zastosowano jednorazowo w roku 1987 w formie tlenkowej.

W roku 1986 przed wysiewem nawozów mineralnych z warstwy 0–20 cm pobrano uśrednione próby materiału zwałowego. Dla porównania zmian właściwości po 18 latach

TABELA 1. Schemat doświadczenia  
TABLE 1. Experiment diagram

Nr pola – Field No		Dawki nawozów – Fertilizer doses			
Doświadczenie – Experiment		CaO	N	$P_2O_5$	$K_2O$
A	B	$t\cdot ha^{-1}$	$kg\cdot ha^{-1}$		
1	11	0	0	0	0
2	12	8	0	0	0
3	13	0	100	70	0
4	14	0	100	0	160
5	15	0	100	70	160
6	16	0	200	140	320
7	17	8	100	70	0
8	18	8	100	0	160
9	19	8	100	70	160
10	20	8	200	140	320

(w 2004 roku) pobrano próbki materiału z warstw: 0–3(0–2), 3–8, 8–15, 15–25, 25–50, 50–75 lub 50–100 cm profili wykonanych na każdym z pól doświadczalnych.

Właściwości materiału glebowego określono powszechnie stosowanymi metodami podanymi przez Mocka i in.[1997]: C organiczny metodą Tiurina, straty na żarzeniu metodą wagową po zmineralizowaniu materiału w temperaturze 550°C, pH metodą elektrometryczną w H<sub>2</sub>O i 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup>, azot ogółem metodą Kjeldahla. Wyniki poddano analizie statystycznej (obliczono odchylenia standardowe wykorzystując program Microsoft Excel).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badany materiał zwałowiskowy charakteryzował się dużym zróżnicowaniem. Zastosowane w celu neutralizacji odczynu wapno oraz nawożenie mineralne (na polach doświadczalnych) spowodowało wyraźną zmianę pH. Próbki z warstwy powierzchniowej (0–20 cm) większości pól wykazywały odczyn lekko alkaliczny. Jedynie próby z pól 10 i od 18 do 20 wskazywały na silne zakwaszenie (tab. 2). Mogło to wynikać z niedokładności wysiewu wapna (dawka neutralizacyjna) na rekułtywowanych powierzchniach.

TABELA 2. Wybrane właściwości utworów pokopalnianych z warstwy 0–20 cm pól do świadczalnych, rok 1987

TABLE 2. Selected features of the postmine formations in the 0–20 cm layer of the experimental fields. 1987

Nr pola Field No	pH		Materia organiczna Organic matter [g·kg <sup>-1</sup> ]		% udział w stratach % in losses	N og Ntotal [g·kg <sup>-1</sup> ]	C:N
	H <sub>2</sub> O	1n KCl	wg Tiurina acc.to Tiurin	straty na żarzeniu loss of ignition			
1	8,0	7,7	12,5	18,6	67,2	0,45	27,7
2	6,7	6,5	23,5	29,4	80,0	0,45	52,2
3	7,5	7,2	17,1	28,0	61,1	0,22	77,7
4	7,2	7,0	24,2	34,8	69,5	0,45	53,8
5	6,5	6,4	26,4	36,2	72,9	0,22	120,0
6	7,0	6,9	31,0	32,8	94,5	0,34	91,2
7	6,0	5,8	24,5	30,3	80,9	0,22	111,3
8	6,7	6,5	23,5	24,7	95,1	0,22	106,8
9	5,9	5,7	28,8	34,3	84,0	0,34	84,7
10	4,7	4,1	19,0	34,8	54,6	0,22	86,4
*S – S <sub>d</sub>			5,5	5,5	13,5	0,10	29,2
11	5,6	5,1	8,1	12,4	65,3	0,11	73,6
12	7,4	7,1	8,9	19,2	46,4	0,22	40,5
13	6,9	6,8	9,3	17,6	52,8	0,22	42,3
14	6,8	6,6	10,1	16,9	59,8	0,45	22,4
15	7,3	7,1	8,2	14,2	57,7	0,48	17,1
16	7,3	6,7	22,0	33,4	65,9	0,67	32,8
17	6,8	6,6	15,7	29,2	53,8	0,45	34,9
18	4,5	4,3	17,1	28,0	61,1	0,45	39,0
19	4,2	4,0	17,1	27,1	63,1	0,56	30,5
20	3,9	3,7	18,3	29,3	62,5	0,56	32,7
*S – S <sub>d</sub>			5,1	7,4	6,2	0,18	15,2

\*S – odchylenie standardowe, S<sub>d</sub> – Standard deviation

Materia organiczna to podstawowy składnik gleb wywierający duży wpływ na większość właściwości. Źródłem materii organicznej są resztki roślinne, żywe i martwe organizmy glebowe oraz ich ekstremity [Gonet i inni 2007]. Resztki organiczne sosny rosnącej na polach doświadczalnych charakteryzują się niską zawartością popiołu, kwaśnym odczynem oraz obecnością trudno rozkładających się związków [Dziadowiec i in. 2004]. W badanych utworach pokopalnianych stwierdza się też duży udział odłamków węgla brunatnego, którego mineralizacja przebiega bardzo wolno [Bradshaw 1997; Katur 1977; Schwabe 1977; Eterevskaia i Ugarova za Gilewską 1991].

Szybkość rozkładu resztek roślinnych i odłamków węgla w gruntach pokopalnianych zależy od zawartości składników mineralnych, a zwłaszcza azotu [Bender 1995]. Według Gonet i innych [2007] tempo mineralizacji resztek roślinnych zależy od stosunku C:N w glebach. Węższy stosunek oraz wyższa zawartość azotu przyspieszają ten proces, który najkorzystniej zachodzi przy stosunku 20–30:1.

Zawartość materii organicznej w badanych gruntach oznaczona przez żarzenie w porównaniu z oznaczaną metodą Tiurina była wyższa o około 30% w próbkach z doświadczenia A i o około 70% w próbkach z doświadczenia B. Należy podkreślić stosunkowo wysoki udział węgla organicznego oznaczonego metodą Tiurina do oznaczonego metodą tzw. strat na żarzeniu w próbkach analizowanych w 1987 roku. Wynosił on średnio 76% w próbkach z doświadczenia A i około 60% w próbkach z doświadczenia B (tab. 2 i 3).

Zawartość azotu ogólnego w badanym materiale była niska i wynosiła średnio około  $0,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Większą zawartość azotu ogólnego stwierdzono w próbkach pobranych z pól doświadczenia A, na których zastosowano wysoką (200 kg) dawkę azotu.

Stosunek C:N w badanych gruntach był szeroki szczególnie w próbkach pobranych z pól 5 i 7 doświadczenia A (nasadzenia starsze sosny). Próbki pozostałe, a zwłaszcza pobrane z doświadczenia B (młodsze nasadzenia sosny) wykazywały także szeroki stosunek C:N, jednak był on średnio około dwukrotnie niższy niż w próbkach pobranych z doświadczenia A.

Zmiany odczynu w badanych utworach glebowych nie były trwałe. Już po kilku latach pH osiągnęło poziom stwierdzany przed wapnowaniem [Drab i in. 2005]. Stan ten utrzymywał się do roku 2004 (tab. 3). Tylko na niektórych polach (7,8,9 i 10) pH gruntów pobranych z warstwy 3–8 cm było zbliżone do 6,0. Próbki pobrane z warstw głębszych wymienionych pól oraz próbki pobrane z różnych warstw pozostałych pól wykazywały odczyn kwaśny lub silnie kwaśny. Najprawdopodobniej przyczyną tego była obecność w badanym materiale pirytu ( $\text{FeS}_2$ ), który mógł zakwaszać środowisko glebowe [Krzaklewski, Wójcik 2005; Greinert 1996].

W ciągu 18 lat trwania doświadczenia zaszły w badanym materiale dość wyraźne zmiany zawartości obu oznaczanych form materii organicznej i azotu ogólnego. Prawdopodobnie zmiany te zachodziły pod wpływem roślinności rosnącej na powierzchni pól (rozkład resztek roślinnych, pobieranie składników) oraz zapoczątkowanych procesów glebotwórczych.

Próbki z warstw powierzchniowych (0–3 cm) wszystkich pól oraz większość próbek z warstw 3–8 cm zawierały zdecydowanie najwięcej węgla organicznego oznaczonego metodą Tiurina oraz wykazywały najwięcej tzw. strat na żarzeniu. Udział C organicznego oznaczonego metodą Tiurina w tzw. stratach na żarzeniu był niski i znacznie odbiegał od stwierdzanego w próbkach z roku 1987. Zróżnicowanie wartości omawianych wskaźników w badanych warstwach utworów było duże, co dokumentują obliczone bardzo wysokie odchylenia standardowe.

TABELA 3. Wybrane właściwości utworów pokopalnianych z warstw profili, w 2004 roku

TABLE 3. Selected properties of postmine formations of profile layers, 2004

Warstwy Layers]	pH		Materia org. – Corg Org. matter – TOC [g·kg <sup>-1</sup> ]		% udział Corg w stratkach % of TOC in losses of ignition	N og Ntot [g·kg <sup>-1</sup> ]	C:N	Warstwy Layers	pH		Materia org. – Corg Org. matter – TOC [g·kg <sup>-1</sup> ]		% udział Corg w stratkach % of TOC in losses of ignition	N og Ntot [g·kg <sup>-1</sup> ]	C:N
	[cm]	H <sub>2</sub> O	In KCl	wg Tiurina**					straty na żarzeniu***	[cm]	H <sub>2</sub> O	In KCl			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pole 1 – Field 1								Pole 11 – Field 11							
0-3	4,6	4,2	430,6	813,0	53,0	13,4	32,0	0-2	4,9	4,4	502,2	943,6	53,2	12,3	40,8
3-8	6,8	6,0	6,8	31,9	21,3	40,5	12,1	2-4	4,6	3,9	223,1	490,2	45,5	7,6	29,4
8-15	6,0	5,4	3,4	20,3	16,7	60,3	9,7	4-6	5,0	3,9	9,1	36,8	24,7	1,1	8,3
15-25	5,4	4,6	2,9	17,4	16,7	50,3	8,5	6-15	4,0	3,4	6,7	23,2	28,9	0,8	8,4
25-50	5,1	4,5	3,7	20,9	17,7	40,3	10,3	15-25	3,5	3,1	7,0	19,4	36,1	0,9	7,8
50-100	4,2	3,8	2,3	16,7	13,8	60,18	12,8	25-50	3,4	3,1	6,8	22,7	30,0	0,7	9,7
								50-75	3,4	3,2	4,8	19,5	24,6	0,7	6,9
*S – S <sub>d</sub>			174,2	373,2	14,7	5,3	8,8	*S – S <sub>d</sub>			191,4	362,4	10,9	4,6	13,5
Pole 2 – Field 2								Pole 12 – Field 12							
0-2	4,8	4,1	122,0	262,5	46,5	5,60	21,8	0-2	4,7	4,2	517,8	921,9	56,2	10,4	49,8
2-8	5,3	4,6	19,1	54,0	35,4	1,08	17,7	2-6	5,2	4,7	7,7	29,7	25,9	1,6	4,8
8-15	4,4	3,9	9,8	29,0	33,8	0,63	15,6	6-15	4,9	4,0	5,9	26,1	22,6	0,9	6,6
15-25	3,6	3,1	20,7	53,5	38,7	0,76	27,2	15-25	4,0	3,4	5,2	23,3	22,3	0,9	5,8
25-50	3,5	3,1	20,4	51,0	40,0	0,66	30,9	25-50	3,8	3,3	4,0	20,3	19,7	0,9	4,4
50-100	3,5	3,0	18,3	49,3	37,1	0,77	23,8	50-75	3,7	3,3	3,6	19,0	18,9	0,9	4,0
*S – S <sub>d</sub>			42,7	88,3	13,5	2,0	5,7	*S – S <sub>d</sub>			209,2	366,7	14,2	3,8	18,3
Pole 3 – Field 3								Pole 13 – Field 13							
0-2	4,9	4,2	302,3	445,4	67,9	10,64	28,4	0-2	5,1	4,3	509,6	935,5	54,5	12,8	39,8
2-8	5,2	4,3	30,9	81,8	37,8	0,85	36,3	2-4	4,8	4,0	303,9	473,8	64,1	11,0	27,6
8-15	4,6	4,1	16,8	46,2	36,3	0,50	33,6	4-15	4,8	4,1	4,9	29,4	16,7	0,9	5,4
15-25	3,5	3,2	11,4	37,3	30,6	0,41	27,8	15-25	4,7	4,2	2,3	9,9	23,2	0,8	2,9
25-50	3,4	3,0	21,4	57,6	37,2	0,45	47,6	25-50	4,9	4,4	1,9	7,6	25,0	0,6	3,2
50-100	3,3	3,0	23,5	48,5	48,5	0,43	54,6	50-75	4,8	4,3	1,4	9,3	15,1	0,4	3,5
*S – S <sub>d</sub>			67,7	119,5	31,7	2,21	38,1	*S – S <sub>d</sub>			137,3	244,3	33,1	4,4	16,0

\*S – odchylenie standardowe, S<sub>d</sub> – Standard deviation; \*\*acc. to Tiurin; \*\*\*losses of ignition

TABELA 3. cd. – TABLE 3. continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pole 4 – Field 4								Pole 14 – Field 14							
0-2	4,0	3,5	299,1	566,4	52,8	12,88	15,5	0-3	5,3	4,8	268,4	702,1	38,2	9,3	28,8
2-8	4,4	3,9	21,0	48,9	42,9	1,40	15,0	3-8	4,7	3,7	149,0	489,0	30,4	9,5	15,7
8-15	3,5	3,1	15,1	50,2	30,1	0,97	15,6	8-15	4,7	3,9	4,2	19,5	21,5	0,8	5,3
15-25	3,6	3,2	16,7	48,8	34,2	0,73	22,9	15-25	4,9	4,0	3,6	13,1	27,4	0,7	5,1
25-50	3,4	3,0	13,8	42,2	32,7	0,63	21,9	25-50	4,5	3,8	4,9	33,9	14,5	0,2	8,2
50-100	3,3	2,9	11,5	50,6	22,7	0,76	15,1	50-75	4,4	3,6	3,4	26,3	12,9	0,2	5,7
*S – S <sub>d</sub>			115,8	211,6	10,5	4,9	3,7	*S – S <sub>d</sub>			112,2	303,2	9,7	4,5	9,4
Pole 5 – Field 5								Pole 15 – Field 15							
0-3	4,8	4,0	248,7	459,2	54,2	10,64	23,4	0-2	4,9	4,3	548,9	933,9	58,8	7,6	72,2
3-8	4,8	4,2	15,2	60,7	25,0	1,37	11,1	2-4	5,0	4,2	206,5	486,9	42,4	9,2	22,4
8-15	3,5	3,1	12,7	45,1	28,2	0,73	17,4	4-8	4,9	3,9	11,0	53,0	20,8	1,3	8,5
15-25	3,4	3,0	18,0	41,4	43,5	0,67	26,9	8-15	4,3	3,5	8,4	32,2	26,1	0,9	9,3
25-50	3,3	2,9	18,5	46,6	39,7	0,76	24,3	15-25	4,4	3,5	5,6	30,3	18,7	0,8	7,0
50-100	3,4	3,0	13,9	39,6	35,1	0,73	19,0	25-50	4,3	3,6	4,0	21,4	18,7	0,2	8,0
								50-75	4,2	3,6	3,2	19,6	16,3	0,5	6,4
*S – S <sub>d</sub>			91,2	168,6	10,7	4,0	4,8	*S – S <sub>d</sub>			206,4	355,8	15,9	3,8	23,9
Pole 6 – Field 6								Pole 16 – Field 16							
0-3	4,5	3,8	431,3	688,4	62,6	12,32	35,0	0-2	5,6	5,0	514,6	927,0	55,5	10,5	49,0
3-8	4,5	3,9	18,6	60,6	30,7	1,51	12,3	2-4	5,1	4,1	126,3	305,9	41,3	5,7	22,2
8-15	3,9	3,6	11,7	33,1	35,3	1,04	11,3	4-8	5,1	4,5	10,1	38,3	26,4	0,8	12,6
15-25	3,4	3,1	12,5	36,2	34,5	0,76	16,4	8-15	3,9	3,0	32,6	94,0	34,7	1,0	32,6
25-50	3,4	3,0	9,8	40,7	24,1	0,85	11,5	15-25	4,0	3,2	3,6	18,4	19,6	0,6	6,0
50-100	4,5	3,8	10,9	33,2	32,8	0,73	14,9	25-50	3,9	3,2	3,8	23,7	16,0	0,7	5,4
								50-75	3,8	3,3	3,5	17,7	19,8	0,7	5,0
*S – S <sub>d</sub>			170,9	264,6	13,3	4,6	9,1	*S – S <sub>d</sub>			184,4	335,2	14,2	3,8	16,8
Pole 7 – Field 7								Pole 17 – Field 17							
0-3	4,6	3,9	385,6	713,9	54,0	10,08	38,2	0-2	5,5	5,0	461,8	910,4	50,7	12,0	38,5
3-8	6,3	6,0	12,6	42,4	29,7	0,91	13,8	2-4	4,9	4,3	155,9	243,6	63,9	4,8	32,5
8-15	5,2	4,6	8,4	27,6	30,4	0,43	19,5	4-8	5,4	4,4	6,6	24,4	27,0	0,8	8,31
15-25	4,3	3,7	9,6	33,7	28,5	0,59	16,3	8-15	4,4	3,6	9,6	39,4	24,4	0,7	3,71
25-50	4,7	4,1	9,4	28,1	33,5	0,49	19,2	15-25	4,2	3,4	7,7	30,1	25,6	0,7	1,0
50-100	3,7	3,4	10,3	28,5	36,1	0,50	20,6								
*S – S <sub>d</sub>			153,3	274,3	9,5	3,9	8,7	*S – S <sub>d</sub>			197,1	380,7	18,0	4,9	13,9

\*S – odchYLENIE standardowe, S<sub>d</sub> – Standard deviation

TABELA 3.cd. – TABLE 3. continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pole 8 – Field 8								Pole 18 – Field 18							
0-2	4,9	3,9	250,0	454,1	55,1	10,64	23,5	0-2	5,0	4,4	436,9	881,9	49,5	11,2	39,0
2-8	5,7	5,0	8,4	30,0	28,0	0,85	9,92	2-4	5,2	4,7	158,0	281,6	56,1	8,6	18,4
8-15	5,0	4,5	11,6	26,2	44,3	0,50	3,22	4-8	5,1	4,3	15,8	55,4	28,5	1,2	13,2
15-25	4,7	4,2	10,2	30,5	33,4	0,41	4,81	8-15	4,4	3,5	10,1	36,8	27,4	0,8	12,6
25-50	3,8	3,6	6,8	21,8	31,2	0,45	5,11	15-25	3,5	2,7	29,0	73,0	39,7	0,9	32,2
50-100	3,6	3,4	6,9	24,1	28,6	0,43	6,0	25-50	2,9	2,5	26,0	110,3	23,6	1,0	26,0
								50-75	2,9	2,4	40,6	144,1	28,2	1,2	33,8
*S – S <sub>d</sub>			98,5	174,6	10,8	4,1	6,0	*S – S <sub>d</sub>			156,0	300,5	12,5	4,4	10,5
Pole 9 – Field 9								Pole 19 – Field 19							
0-2	4,8	4,1	270,0	650,7	41,5	12,32	21,9	0-2	4,9	4,3	571,5	922,1	62,0	10,3	55,5
2-8	6,5	6,2	9,4	36,3	25,9	0,95	9,9	2-4	4,5	3,8	186,6	600,4	31,1	9,6	19,4
8-15	6,6	6,3	11,8	39,7	29,7	0,56	21,9	4-8	5,9	5,5	6,6	29,3	22,5	0,6	11,0
15-25	4,9	4,4	13,3	38,0	35,0	0,81	16,4	8-15	4,4	3,5	6,1	28,8	21,2	0,7	8,7
25-50	3,8	3,5	9,9	32,2	30,7	0,51	19,4	15-25	5,2	4,5	6,8	27,6	24,6	0,7	9,7
50-100	3,5	3,2	8,7	26,7	32,6	0,73	20,2	25-50	3,8	3,5	5,5	26,7	20,6	0,7	7,9
								50-75	3,6	3,4	5,5	24,6	22,4	0,6	9,2
*S – S <sub>d</sub>			105,9	251,6	5,3	4,7	4,6	*S – S <sub>d</sub>			105,9	251,6	5,3	4,7	4,6
Pole 10 – Field 10								Pole 20 – Field 20							
0-3	4,8	4,0	351,8	828,0	42,5	14,56	24,2	0-2	4,4	3,9	219,7	379,3	57,9	7,9	27,8
3-8	6,0	5,7	15,3	41,4	36,9	0,84	18,2	2-15	3,9	3,5	6,2	31,2	19,9	0,8	7,8
8-15	5,7	5,2	10,1	34,4	29,4	0,76	13,3	15-25	3,9	3,4	5,5	31,4	17,5	0,6	9,2
15-25	3,7	3,2	20,7	51,1	40,5	0,95	21,8	25-50	3,7	3,2	6,9	29,8	23,2	0,6	11,5
25-50	3,5	3,0	14,7	44,4	33,1	0,56	26,3								
50-100	3,7	3,5	3,8	21,7	17,5	0,29	13,1								
*S – S <sub>d</sub>			138,5	322,4	9,1	5,7	5,6	*S – S <sub>d</sub>			106,7	174,3	19,0	3,6	9,3

\*S – odchylenie standardowe, S<sub>d</sub> – Standard deviation

W badanych próbkach stwierdzono również duże zróżnicowanie zawartości azotu ogólnego i stosunku C:N. Próbkę pobrane z młodszych upraw sosny (doświadczenie B) wykazywały średnio wyższe zawartości obu form materii organicznej oraz wyższą zawartość azotu ogólnego niż próbki ze starszych upraw sosny (doświadczenie A).

## WNIOSKI

1. Grunty pokopalniane w rejonie Łęknicy były silnie zróżnicowane pod względem analizowanych właściwości.
2. Zawartości azotu ogólnego, C organicznego oraz straty na żarzeniu w próbkach z warstw 0–3 i 3–8 cm były wyraźnie wyższe niż w próbkach z głębszych warstw. W warstwach powierzchniowych stosunki C:N były najwyższe.
3. Udział C organicznego oznaczonego metodą Tiurina w stratach na żarzeniu w próbkach powierzchniowych wyraźnie przewyższał wartości stwierdzane w głębszych warstwach badanych gruntów.
4. Zmiany pH zaistniałe bezpośrednio po wapnowaniu nie były trwałe. Po kilku następujących latach pH badanych gruntów ustalało się na poziomie stwierdzanym w pierwszych latach badań w zakresie kwaśnego odczynu.

## LITERATURA

- BENDER J. 1980: Problemy ochrony i rekultywacji rolniczej i leśnej przestrzeni produkcji w Belchatowskim Okręgu Przemysłowym (ekspertyza), Warszawa, Wyd. V PAN.
- BENDER J. 1982: Problemy kształtowania i ochrony środowiska przyrodniczego w Konińskim rejonie przemysłowym. *Rocz. Konin*. **10**: 169–190.
- BENDER J. 1995: Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 75–86.
- BRADSHAW A. 1997: Restoration of mined lands using natural processes. *Ecological Engineering* **8**: 255–269.
- DRAB M., GREINERT A., GREINERT H. 2005: Rekultywacja leśna zwałowisk piasków miocenijskich. Cz. II. Zmiany właściwości materiału glebowego. Polska Akademia Nauk. *Komitet Inżynierii Środowiska. Monografie* nr **33**: 211–218.
- DZIADOWIEC H., POKOJSKA U., PRUSINKIEWICZ Z. 2004: Materia organiczna koloidy i roztwór glebowy jako przedmiot badań specjalistycznych. W: *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojka U., Prusinkiewicz Z. (red.) Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 154–167.
- GILEWSKA M. 1991: Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozprawy naukowe* z. **211**: 59 ss.
- GONET S. S., DĘBSKA B., ZAUJEC A., BANACH-SZOT M., SZOMBATHOVA N. 2007: Wpływ gatunku drzew i warunków glebowo-klimatycznych na właściwości próchnicy gleb leśnych. W: *Rola materii organicznej w środowisku*. Gonet S., S., Markiewicz M. (red.) PTSZ, Wrocław: 61–98.
- GREINERT H. 1988: Charakterystyka właściwości gleb powstałych w wyniku rekultywacji terenów po eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Łęknicy. *Zesz. Nauk. WSiNz Zielona Góra* **84**: 93–104.
- GREINERT H. 1996: Rekultywacje leśne utworów pokopalnianych w rejonie Łęknicy. *Zesz. Nauk. Polit. Zielonogórskiej, 114, Inżynieria Środowiska* **6**: 91–111.

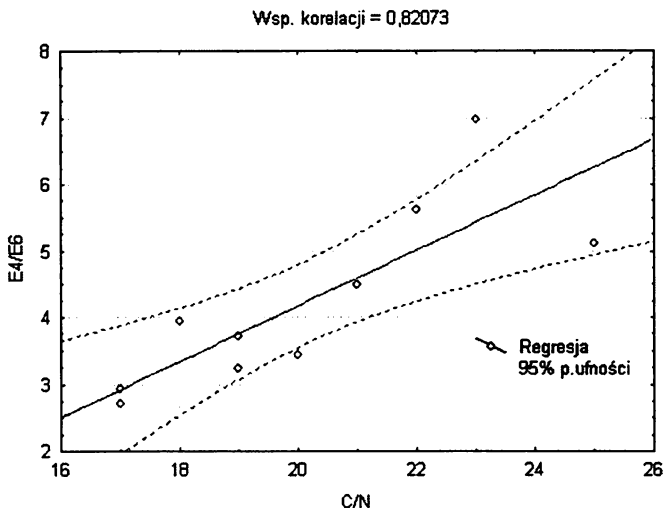
- KATZUR J. 1977: Die Grundmelioration von schwefelhaltigen extrem sauren Kipprohoden. *Technik und Umweltschutz Wiedernutzbarmachung devastierter Boden* **18**: 52–62.
- KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J. 1997: Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego. Monografie, Wydawnictwo MONOS, Kraków.
- KRZAKLEWSKI W., WÓJCIK J. 2005: Doskonalenie technologii rekultywacji zbczy i kształtowania biotopu dla leśnego zagospodarowania terenów pogórnicych w KWB Turów S.A. AGH Kraków: 9–40.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 1997: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wydawnictwa AR, Poznań: 416 ss.
- ROCZNIK STATYSTYCZNY GUS. 2007. Ochrona Środowiska: 548 ss.
- SCHWABE H. 1977: Fastliche Rekultivierung von Kippen des Braunkohlebergbauses. *Technik und Umweltschutz Wiedernutzbarmachung devastierter Boden* **18**: 149–155.

*M. Drab*

*Uniwersytet Zielonogórski, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów,  
ul. Prof. Z. Szafrana 15, 65-256 Zielona Góra,  
e-mail: M.Drab@iis.uz.zgora.pl*

## ERRATA DO T. 60 ROCZNIKÓW GLEBOZNAWCZYCH

W nr 2 t. 60 z 2009 r. zauważono brak podpisu pod rysunkiem na str. 51  
*Powinno być*



RYSUNEK 1. Wykres zależności między stosunkiem C/N a wartościami absorbancji E4/E6 w poziomach ektopróchnicy gleb Puszczy Jaworowej

FIGURE 1. Correlation between C/N ratio and E4/E6 value in the ectohumus horizons from the Sycamore Forest region

### Errata do nr 3 Roczniki Gleboznawcze t.60 2009 r.

str	wiersz	Jest	Powinno być
	od góry		
29	17	Mtpr1 -5 cm	Mtpr1 0-5 cm
29	20	Mtpr2 -14 cm	Mtpr2 5-14 cm
29	23	Otpr1 -23 cm	Otpr1 14-23 cm
65	11	3. Udział C organicznego oznaczonego metodą Tiurina w tzw. stratach ....	3. Udział C organicznego oznaczonego metodą Tiurina i w tzw. stratach ...
87	opis u dołu rysunku	<del>xxx</del> $\Sigma \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ [cmol(+) $\cdot$ kg <sup>-1</sup> ]	<del>xxx</del> $\Sigma \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ [cmol(+) $\cdot$ kg <sup>-1</sup> ]