

Henryk Greinert*

8. REKULTYWACJA LEŚNA UTWORÓW POKOPALNIANYCH W REJONIE ŁĘKNICY

Streszczenie

Celem pracy było określenie przyczyn słabych efektów rekultywacji leśnej terenów pogórnich w okolicy Łęknicy nad Nysą Łużycką. Skalą glebo-twórczą zwałowisk pokopalnianych są piaski miocenne, zawierające piryt FeS_2 . Na skutek utleniania się tego związku powstaje H_2SO_4 , silnie zakwaszający środowisko glebowe. Użyte do jego odkwaszenia duże dawki wapna poprawiły pH, ale siewki sosny rosły słabo. Część z nich w ogóle zginęła mimo zastosowania normalnych, stosowanych w praktyce dawek NPK.

Przeprowadzone w latach 1986-1989 doświadczenia z dodatkowymi dawkami nawozowymi wykazały, że główną przyczyną słabych efektów rekultywacji na tych terenach był niedostatek przyswajalnego dla roślin azotu. Dawka 100 kg Na rocznie w postaci azotanu amonu radykalnie poprawiła wzrost sosen i spowodowała bardzo szybkie pokrycie powierzchni gleby w międzyrzędziach roślinnością zielną, dzięki czemu ustąpiła intensywna dotychczas erozja wodna.

THE REFORESTATION OF THE SURFACE MINE AREA IN THE ŁĘKNICA VICINITY

Summary

The aim of the work was to determine the reason of an unsatisfactory effect of reforestation of a surface mine area in the vicinity of Łęknica on the Nysa Łużycka river.

The soil-forming rocks on this area are mainly miocene sands, with pyrite, FeS_2 admixture. As a consequence of oxidation of this mineral

* prof. dr hab. inż. Henryk GREINERT - Politechnika Zielonogórska

sulphuric acid was formed, what caused a very strong acidification of the soil. For neutralization of the acidity large amounts of lime (30-90 tons/ha) were used. Liming improved pH of the soil, but the pine seedling grew very bad. Part of them dried up, even by use of NPK fertilizer doses acceptable in forest fertilization praxis.

The field experiments, provided in the years 1986-1989 have shown, that main cause of the weak effect of reforestation of the mine dumps was the small amount of plant available nitrogen. Additional doses of 100 kg N/ha/year improved the pine growth considerably and caused a very surface covering between the pine rows by grasses and herbs. The intensive water erosion did not exist any more.

Pod pojęciem rekultywacji gleb na określonym obszarze rozumiemy ich odtworzenie. Rzadko udaje się przywrócić te same warunki glebowe, które panowały przed zniszczeniem poprzednich gleb, często nie jesteśmy nawet tym zainteresowani, na przykład wtedy, gdy na miejsce dawniej występującego na powierzchni ubogiego piasku udaje się wydobyć z warstw głębszych bogatszą w składniki glinę (J. Bender - 1989). W przypadku Kopalni Węgla Brunatnego w Łęknicy nad Nysą Łużycką sytuacja ma się odwrotnie. Na miejscu zalegających na powierzchni piaszczystych utworów zwałowych znalazły się w wyniku działalności górniczej piaski mioceńskie, które wskutek zawartości pirytu po zetknięciu się z tlenem atmosferycznym zakwaszają się do tego stopnia, że stają się fitotoksyczne. Pociąga to za sobą nasilenie się zjawisk erozji, w wyniku których teren staje się pustynią piaszczystą.

1. Właściwości piasków mioceńskich jako skały glebotwórczej

Bardzo istotny, bo praktycznie niezmienny jest dla gleby skład mechaniczny. Utwory mioceńskie, wśród których zalega węgiel brunatny, mają przeważnie skład mechaniczny piasku gliniastego lekkiego. W 20 próbach średnich, pobranych do głębokości 1 m z obszaru wyrównanego przez sypchacz stwierdzono następujący udział frakcji mechanicznych:

piasek	(1 - 0,1 mm	średnio 64%	wahania 52-69%
pył	(0,1 - 0,02 mm)	średnio 23%	wahania 20-29%
ił	(ponizej 0,02 mm)	średnio 13%	wahania 11-22%

W układzie naturalnym występują warstwy o różnym składzie mechanicznym, od piasków luźnych, przez utwory pyłowe do ilów (tab. 1).

Tabela 1

Skład mechaniczny kilku warstw ściany północnej odkrywki Czaple

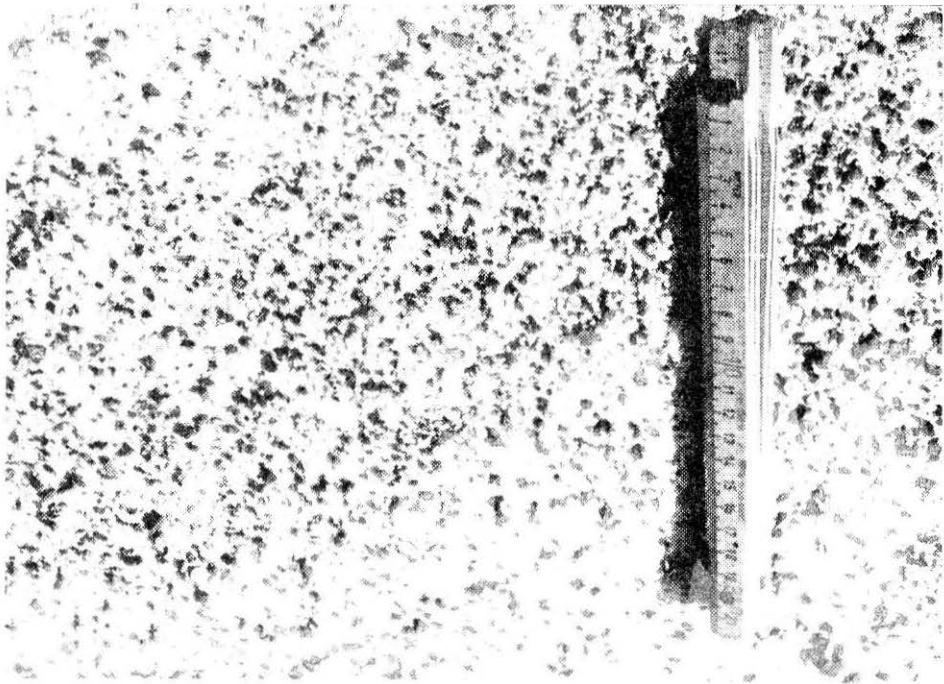
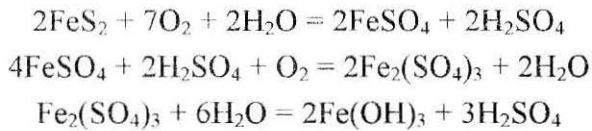
Nr warstwy	Procent cząstek o średnicy, mm					
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,02	0,02-0,002	0,002
w-1	-	1,20	10,70	74	10	4
w-2	-	39,93	47,64	8	2	3
w-3	-	63,89	23,11	9	2	2
w-4	-	-	-	10	35	55
w-5	0,04	0,18	86,80	7	4	2
w-6	-	0,09	70,91	22	3	4
w-9	-	-	-	49	50	1

Ilościowo przeważają jednak utwory składające się z piasków, głównie średnio i drobnoziarnistych, ze znaczną domieszką pyłu oraz 10-15% części spławialnych. Z tego punktu widzenia nie jest to zły materiał glebotwórczy. Na glebach o takim składzie mechanicznym otrzymujemy zazwyczaj niezłe plony roślin uprawianych i dobre przyrosty drzew leśnych (Baule, Fricker - 1971, Uggla - 1979, 1983). W terenie wygląd powierzchni sugeruje znacznie słabszy skład mechaniczny, co spowodowane jest praktycznie brakiem elementów strukturalnych oraz jasną barwą utworów. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że w zwałach powstałych z utworów miocénskich nie ma prawie frakcji grubszych (szkieletu).

Zawartość substancji organicznej jest jak na materiał glebotwórczy dość znaczna (tab. 2). Nie może być ona jednak utożsamiana z próchnicą glebową. Są to okruchy i pył z węgla brunatnego, często łuski (fot.1). Mogą one jednak w znacznym stopniu ulec przemianie na próchnicę glebową.

O fitotoksyczności utworów miocénskich decyduje przede wszystkim ich bardzo niskie pH, wywołane tworzącym się w wyniku utleniania pirytu

kwasem siarkowym. Piryt, stykając się z tlenem atmosferycznym, w obecności wody ulega następującym przemianom chemicznym:



Ryc. 1. Luski węgla brunatnego w materiale piaszczystym (H. Greinert)

W wyniku tego procesu odczyn utworów obniża się nawet do 2,0 pH. W takim środowisku nie może rozwijać się żadna roślina, co prowadzi do powstania krajobrazu podobnego do pustyni. W niektórych miejscach,

gdzie pH jest nieco wyższe wegetują bardzo małych rozmiarów roślinki szczawiu polnego, trzcinnika piaskowego i szczotliczy siwej. Wykazują one bardzo wyraźnie wyrażone symptomy niedoboru azotu, potasu i fosforu. O silnym niedoborze tych składników świadczą też wyniki analiz materiału glebowego (tab. 2). Jeżeli chodzi o gęstość objętościową i pojemność wodną, to mieści się ona w zakresie średnich wartości dla gleb piaskowych innego pochodzenia (Uggla, 1979).

Tabela 2

*Niektóre właściwości materiału glebotwórczego
po wyrównaniu terenu, przed nawożeniem*

<i>Cechy fizyczno-chemiczne</i>	<i>Zakres zmian od - do</i>	<i>Wartości śred- nie n - 20</i>
Substancja organiczna (%)	0,81-3,10	1,83
Azot ogółem (%)	0,011-0,067	0,035
Siarka ogółem (%)	0,17-0,65	0,39
pH w H ₂ O	2,00-3,80	3,07
pH w 1n KCl	1,98-3,28	2,92
Składniki przyswajalne dla roślin:		
Fosfor (mg P ₂ O ₅ /100g)	0,1-1,5	0,6
Potas (mg k ₂ O/100g)	1,0-7,0	2,4
Magnez (mg Mg/100g)	0,3-18,6	2,9
Gęstość objętościowa (g/cm ³)	1,16-1,64	1,42
Kapilarna pojemność wodna (% wagowy)	20,9-36,4	25,6

2. Zastosowane przez Kopalnię Węgla Brunatnego „Przyjaźń Narodów” metody rekultywacji i ich efekty

Kwaśny odczyn materiału glebotwórczego, jego niska zasobność w składniki pokarmowe, a także położenie (Bory Dolnośląskie) zadecydowały o tym, że wybrano wariant rekultywacji leśnej. Pierwszeństwo wśród drzew dano sośnie, jako najbardziej odpowiedniemu drzewu na gleby piaszczyste. Zabiegi rekultywacyjne rozpoczęto od wyrównania terenu przy pomocy spychaczy. Następnie, zgodnie z projektem, opracowanym przez naukowców z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod kierunkiem prof. dr R. Skawiny, przystąpiono do neutralizacji H_2SO_4 w materiale glebotwórczym, używając do tego odpadowego wapna magnezowego z Huty Cynku w Miasteczku Śląskim. Prace projektowe były poprzedzone badaniami wazonowymi i polowymi. Dawkę wapna określono na podstawie kwasowości hydrolitycznej gruntu, wahała się ona w granicach 15-60 ton $CaCO_3/ha$. Wapno zostało zmieszane z rekultywowanym materiałem do głębokości 30 cm.

Oprócz tego przed sadzeniem zastosowano:

- azot - 50 kg N/ha w postaci saletrzaku,
- potas kg K_2O/ha w formie soli potasowej 60%,
- fosfor - 70 kg P_2O_5/ha w formie mączki fosforytowej.

W pierwszym roku po posadzeniu drzew zastosowano dodatkowo głównie 25 kg N/ha w formie saletrzaku. Międzyrzędzia na niektórych obszarach próbowano zazielenić przy pomocy łubinu trwałego, komonicy rożkowej, mietlicy białawej i kostrzewy czerwonej. Nie dało to jednak spodziewanych rezultatów. Wzeszły i zakorzeniły się nieliczne rośliny, a ich rozmiary były nieprawdopodobnie małe, np. łubin trwały w czerwcu dorastał do wysokości 10 cm i w ogóle nie zakwitł. Sadzonki drzew, z których około 2/3 przyjęło się rosły bardzo słabo, ich igły były krótkie i żółtawe, a końce obumierały. Na trawach można było rozpoznać symptomy niedoboru azotu, potasu i fosforu. Pokrój roślin był typowy dla silnego niedoboru składników, bardzo mała część nadziemna i silnie rozgałęziony system korzeniowy. Nie osłonięta przez bardzo słabo rozwiniętą roślinność powierzchnia gruntu podlegała intensywnej erozji wodnej.

Pod wpływem poczynionych obserwacji terenowych nasuwało się przypuszczenie, że grunt jest nadal zbyt kwaśny. Sugerowały to małe, ale

najczęściej występujące roślinki szczawiu i szczotliczy siwej. W niektórych miejscach pH gruntu utrzymywało się rzeczywiście na niskim poziomie. Bardziej szczegółowe badania „gruntu-gleby” wykazały jednak, że są to nieduże skrawki zrekultywowanych pól, natomiast zdecydowana większość obszaru jest odkwaszona w wystarczającym stopniu, a w niektórych miejscach nawet przepapnowana (pH = 8, tab. 3).

Tabela 3

Niektóre właściwości gruntu po rekultywacji

<i>Cechy fizyczno-chemiczne</i>	<i>Zakres zmian od-do</i>	<i>Wartości średnie n = 20</i>
Substancja organiczna S (wg Tiurina)	0,81-3,10	1,83
pH w H ₂ O	3,9-8,0	-
pH w 1n KCl	3,7-7,7	-
Al. wymienny - milir./100g	0,00-2,44	0,26
Kwasowość hydrolytyczna H (milir./100g)	0,3-8,3	3,25
Suma zasad. wymiennych s (milir./100g)	1,2-18,8	8,28
Pojemność sorpcyjna T (milir./100g)	6,2-21,0	11,53
Stopień wysycenia zasadami	12,6-96,8	68,06
Rozp. w H ₂ S-SO ₄ ppm	0-264,0	80,1
P wg Egnera ppm	11-40	25,7
K wg Egnera ppm	22-42	31,6
Formy ogólne (ppm):		
- N	112-672	365,8
- P	36-90	63,6
- K	454-1267	796,1
- Na	24-66	41,8
- Fe	1451-5603	3369,1
- Mn	10,9-136,3	35,8
- Zn	4,0-34,8	17,9
Gęstość objętościowa (g/cm ³)	1,25-1,48	1,38
Kapilarna pojemność wodna (% wag.)	12,19-31,69	21,55

Natomiast dane, dotyczące zawartości składników pokarmowych przyswajalnych dla roślin świadczą o ich niedoborze, co potwierdzają objawy ich niedoboru na roślinach. Postawiono więc tezę, że przyczyną słabego wzrostu drzew i innych roślin na zrehabilitowanym terenie był ostry niedobór składników pokarmowych mimo, że w świetle normalnej praktyki nawożeniowej w leśnictwie zastosowane dawki nawozów mineralnych winne wystarczyć (Baule, Fricker, 1971).

Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że w wydobytej na powierzchnię skale glebotwórczej zachodzą procesy sorpcji tych składników natury biologicznej, chemicznej i fizykochemicznej. Duży nadmiar jonów Ca może stanowić dodatkową, fizjologiczną barierę w pobieraniu innych kationów (Praca zbiorowa, 1976).

3. Doświadczenia nawozowe

W celu sprawdzenia, czy postawiona diagnoza przyczyny bardzo słabego wzrostu drzew na terenach byłej kopalni Węgla brunatnego w Łęknicy była słuszna, założono na dwóch powierzchniach, zasadzonych sosną doświadczenia nawozowe, których kombinacje przedstawia tabela nr 4. Do wapnowania użyto odpadowego wapna magnezowego z Miasteczka Śląskiego, azot stosowano w formie azotanu amonu, potas w postaci soli potasowej 50%, a fosfor w postaci superfosfatu pojedynczego pylistego. Jedną z powierzchni (A) założoną była na nasadzeniach 6-letnich, druga (B) - jednorocznych. Wapnowanie zastosowano jednorazowo, jesienią 1986 roku, a nawożenie NPK corocznie w latach 1987-1989.

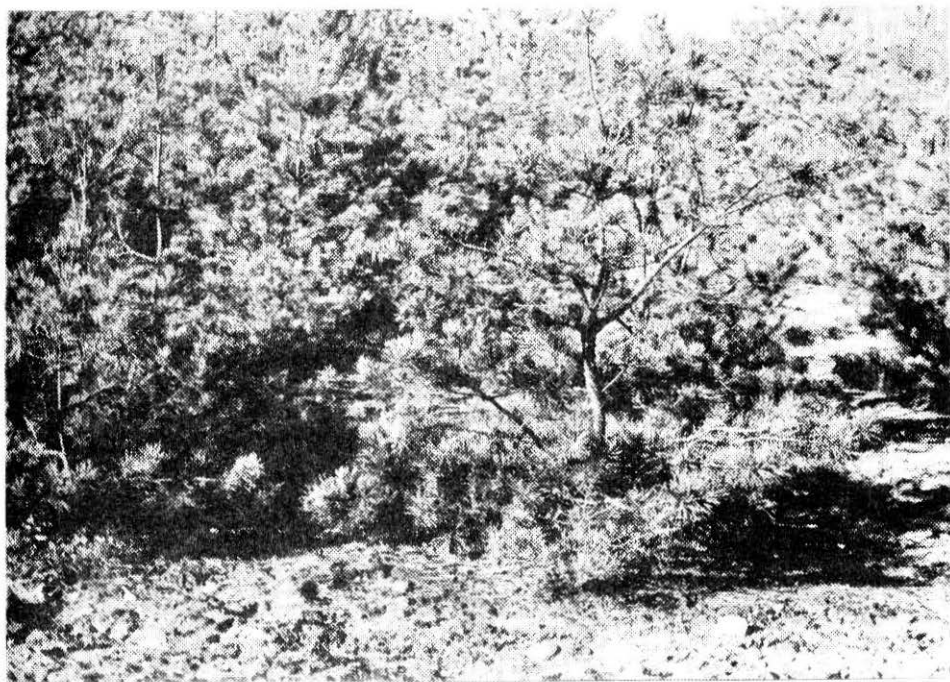
Badano stan roślinności, wagę i długość igieł sosny, wysokość drzewek, przyrosty wierzchołkowe i boczne, skład chemiczny igieł i gleby. Część wyników w/w badań zawierają tabele 5-8.

4. Omówienie wyników i dyskusja

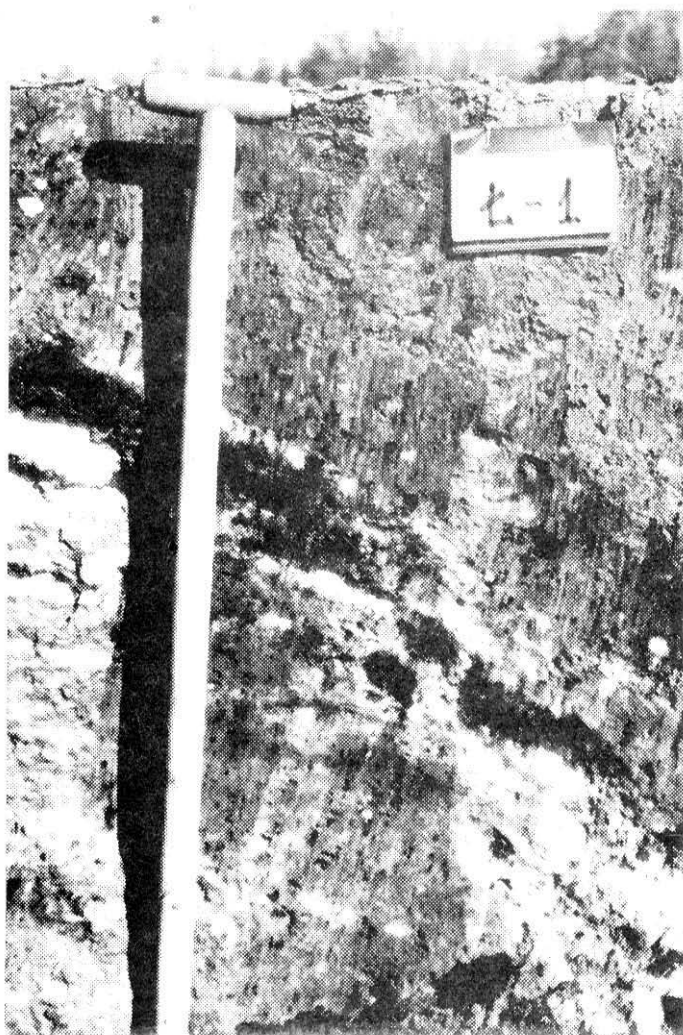
W efekcie przeprowadzonych zabiegów rekultywacyjnych na fitotoksyczne utwory miocieńskie wprowadzono roślinność leśną.

Wyniki, jak omówiono to już w poprzednim rozdziale, były niezadawalające (fot.2). Postęp w stosunku do sytuacji początkowej polegał na

tym, że stworzono warunki na jakikolwiek wzrost i rozwój roślin dzięki odkwaszeniu podłoża. Wyginięcie około 1/3 nasadzeń można tłumaczyć dość znaczną niejednorodnością skały macierzystej (fot. 3), wskutek czego miejscami trafiają się znacznie gorsze warunki glebowe. Z kilkuletnich obserwacji wynika, że reguły najgorzej rośnie sosna w tych miejscach, w których występują największe domieszki węgla brunatnego i utworów zwięzlejszych, iłu. W takich warunkach wg badań Rassmussena i Willemssa (1981) piryt utlenia się znacznie wolniej, zwłaszcza w obecności wapna i może przez dłuższy czas ujemnie oddziaływać na rośliny.



*Ryc. 2. 10-letnie sosny na zrehabilitowanym terenie
bez dodatkowego nawożenia*



*Ryc. 3. Przekrój przez świeżo uformowaną
przez spychacz powierzchnię zwalowiska*

Doświadczenia nawozowe wykazały, że do dobrego rozwoju roślin na zrehabilitowanym obiekcie brakuje przyswajalnych dla roślin składników pokarmowych.

W pierwszym roku doświadczenia z NPK (1987) najefektywniej rozwinęła się roślinność zielna, pokrywając prawie w 100% wolną po-

wierzchnię między drzewkami (fot.4). Istniała nawet obawa, że trawy mogą zagłuszyć nieduże jeszcze drzewka sosen, jednak w następnych latach okazało się to nieuzasadnione, ponieważ pod wpływem nawożenia również przyrost sosen bardzo się zwiększył. Igły ich stały się dłuższe i cięższe (tabela 5 i 6). Najsilniej na wzrost roślin zadziałał azot, przy czym dawka 100 kg N/ha wystarczała do ich dobrego wzrostu. Jeżeli chodzi o sosnę, to najmniej widoczny wpływ wykazywał fosfor. Wyraźnie lepiej natomiast rozwijała się roślinność zielna przy stosowaniu nawożenia NP i NPK. Skład chemiczny igieł sosny pod wpływem nawożenia zmienił się bardzo znacznie na korzyść tylko w przypadku azotu, natomiast poziom innych składników w wyniku tzw. „efektu rozcieńczenia” nie uległ większym zmianom.

Zdecydowanie negatywnie zareagowały rośliny na dodatkowe wapnowanie mimo, że pod wpływem jego pH gleby nie zmieniło się w większym stopniu. Przyczyną tego zjawiska może być ujemny wpływ wapnia na fizjologię odżywiania się sosny (Wunder, 1984).

Dane tabel 7 i 8 wykazują, że właściwości chemiczne gleb pod wpływem zastosowanego nawożenia nie zmieniły się w znaczącym stopniu. Jedynie zawartość przyswajalnego dla roślin potasu zwiększyła się pod wpływem soli potasowej w stosunku do kombinacji zerowej kilkakrotnie (tab. 7). Na najwyższej dawce 2NPK wyraźnie wzrosły też ilości składników ogółem, łącznie z Mn i Zn (tab. 8). Te ostatnie składniki stanowiły domieszkę w wapnie magnezowym, które używano do wapnowania (Zięba, 1982).

Tabela 4

*Dawki nawozów mineralnych i wapna,
zastosowane w latach 1986-1989 na polach doświadczalnych*

Lp.	Wiek sosny ^x lata	t/ha	kg/ha		
		wapno ma- gnezowe	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	10	0	0	0	0
2.	10	8	0	0	0
3.	10	0	100	70	0
4.	10	0	100	0	160
5.	10	0	100	70	160
6 a.	10	0	200	140	320
6 b.	10	0	400	140	320
7.	10	8	100	70	0
8.	10	8	100	0	160
9.	10	8	100	70	160
10 a.	10	8	200	140	320
10 b.	10	8	400	140	320
11.	5	0	0	0	0
12.	5	8	0	0	0
13.	5	0	100	70	0
14.	5	0	100	0	160
15.	5	0	100	70	160
16 a.	5	0	200	140	320
16 b.	5	0	400	140	320
17.	5	8	100	70	0
18.	5	8	100	0	160
19.	5	8	100	70	160
20 a.	5	8	200	140	320
20 b.	5	8	400	140	320
N	5	0	100	0	0

^x) - wiek w 1989 roku.

Tabela 5

Średnie wysokości, roczne przyrosty wierzchołkowe i boczne górnegookółka oraz biomasa igieł sosny z pola doświadczalnego B, 1989 rok

Nr kombinacji	n	Wysokość średnia (cm)	Przyrosty roczne śr. (cm)		Waga 100 igieł (g) (1-roczne)
			wierzchołkowe	boczne I ok.	
1.	28	95,6	26,5	20,2	2,26
2.	26	82,3	21,3	15,1	1,60
3.	33	148,0	58,8	38,1	3,59
4.	20	140,1	59,2	38,8	3,44
5.	25	157,6	61,2	36,1	3,03
6.	19	148,9	56,1	38,7	4,20
6 a.	25	144,1	56,2	40,6	4,50
7.	26	143,0	59,7	38,7	3,35
8.	11	134,7	53,6	36,0	3,15
9.	33	123,4	51,3	34,9	3,68
10.	21	128,9	49,9	35,6	3,45
10 a.	13	111,5	42,1	28,2	2,56

Nie bez znaczenia jest też prawie całkowite zahamowanie silnej erozji wodnej (fot. 5). Bujnie rozwinięta roślinność zielna oraz dorodne drzewka (ryc. 6) skutecznie chronią powierzchnię terenu przed niszczącym działaniem kropel deszczu oraz spływającą po stokach wodą opadową.

Z obserwacji i badań terenowych widoczne jest korzystne działanie NPK na początkowe stadium procesu glebotwórczego, polegające przede wszystkim na tworzeniu się poziomego akumulacyjnego (A_1). Z obumarłych, silnie rozwiniętych traw i ziół tworzy się ściółka, która ulega przemianie w próchnicę. Na kombinacji 2NPK poziom A_1 ma średnią miąższość 1 cm. Intensywnie przebiegają, równoległe z procesem glebotwórczym, procesy wietrzenia skały macierzystej, których widocznym objawem jest rozpad kawałków i łusek węgla brunatnego i większa homogenizacja gleby.

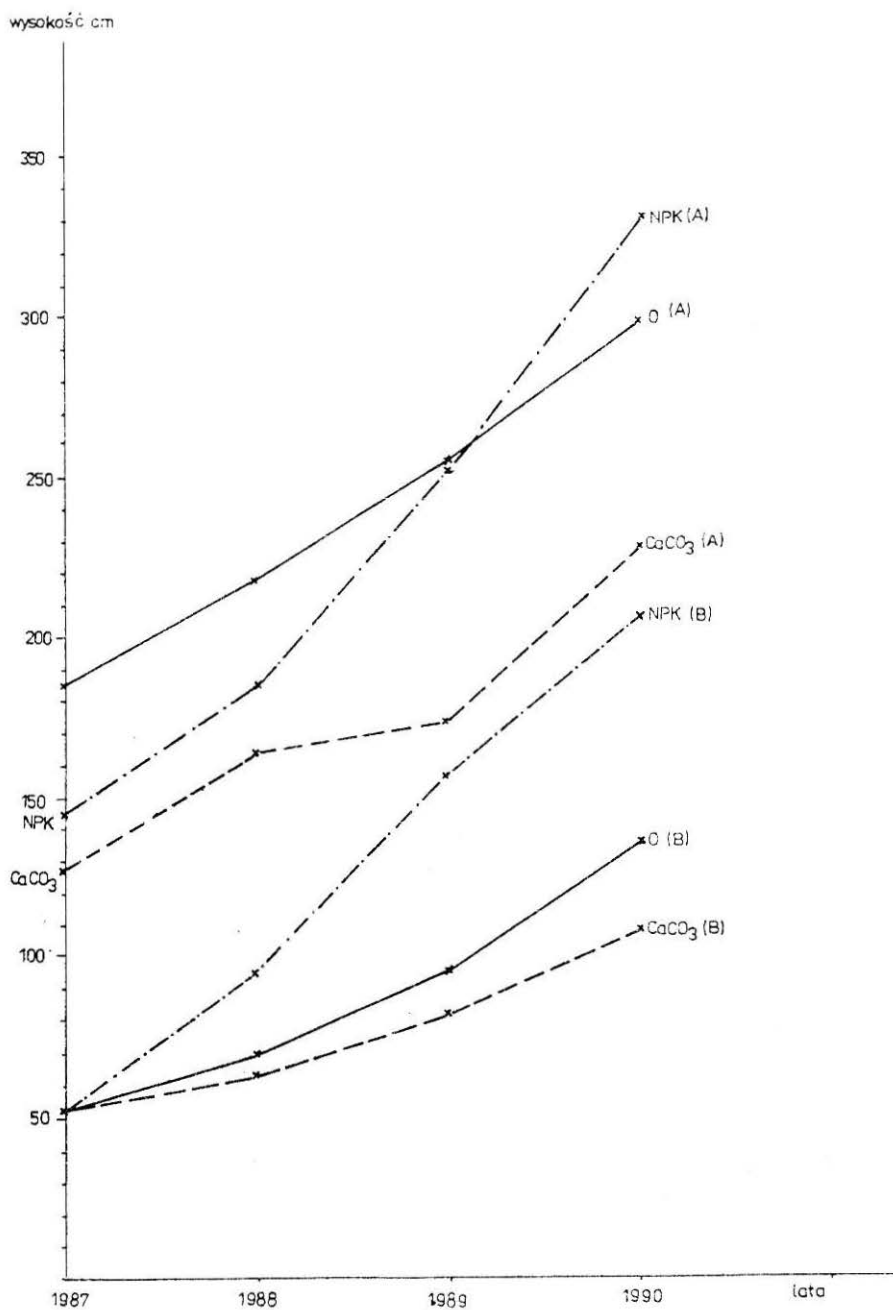
Tabela 6

*Skład chemiczny jednorocznych igieł sosny
(Pole B - 1989 rok)*

Kombi- nacja nr	Azot % s.m.	Składniki pokarmowe w ppm s.m.			
		P	K	Ca	Na
1.	1,34	1691	6399	305	79
2.	1,52	1896	6251	417	192
3.	1,42	1971	6330	181	145
4.	1,34	1436	6156	395	189
5.	1,38	1621	6833	238	111
6.	1,87	2226	6502	197	189
6 a.	1,79	1760	6382	677	213
7.	1,53	2053	5994	363	345
8.	1,49	1763	5739	820	188
9.	1,53	1896	6506	372	193
10.	1,89	1491	6087	456	219
10 a.	2,57	2170	5176	199	199



Ryc. 4. Silnie rozwijające się trawy na powierzchniach dodatkowo nawozonych



Ryc. 5. Wpływ nawożenia na wzrost sosny



Ryc. 6. 5-letnie sosny na kombinacji NPK

Tabela 7

Niektóre właściwości tworzących się gleb w profilach pól doświadczenia „B”

Kombinacje	Głębokość cm	pH		Kwasowość hydroli- tyczna mval/100g	Składniki rozpuszczalne w ppm				
		w H ₂ O	w KCl		Roztwór Egnera		Roztwór 0,03 n CH ₃ COOH		
					P	K	P	K	Ca
0	0-5	7,4	6,7	1,65	58,2	22	32,7	18	2340
	5-10	6,7	6,4	3,60	12,7	18	13,6	12	500
	10-15	5,6	4,4	4,80	12,7	18	8,6	16	220
	15-20	4,7	3,9	7,65	9,1	12	8,6	12	20
	20-30	4,1	3,7	8,10	6,4	12	11,4	10	0
	30-50	4,0	3,7	8,55	10,9	12	7,3	10	0
	50-100	3,9	3,6	8,25	12,7	14	7,3	12	0
NPK	0-5	6,8	6,5	2,25	46,3	78	23,6	72	1170
	5-10	6,7	6,4	4,50	28,2	64	25,4	62	1000
	10-15	6,4	5,5	6,00	10,9	78	14,5	72	350
	15-20	5,6	4,5	6,30	6,4	62	7,3	64	130
	20-30	4,8	4,5	5,70	4,5	26	5,0	20	0
	30-50	4,6	4,4	5,25	4,5	12	6,3	10	0
	50-100	4,3	4,2	6,75	1,0	12	11,4	16	0
2 NPK	0-5	7,1	6,5	2,00	10,9	16	72,7	15	1780
						2		6	
	5-10	6,0	4,9	5,40	26,4	23	21,4	21	500
						4		2	
	10-15	4,7	4,0	6,15	8,2	84	11,4	70	190
	15-20	4,7	4,0	7,85	9,1	10	11,4	92	220
						8			
	20-30	4,6	3,9	9,00	4,5	70	16,4	72	130
	30-50	4,0	3,8	11,70	13,6	52	7,3	50	100
	50-100	4,2	3,9	5,25	1,0	22	1,4	24	0
NPK+ wapno	0-5	4,7	4,0	7,50	15,4	12	10,0	10	320
						4		2	
	5-10	4,4	3,9	12,30	8,2	78	13,6	78	290
	10-15	4,3	3,8	7,50	15,4	56	8,6	54	160
	15-20	4,1	3,7	7,65	9,1	40	11,4	40	100
	20-30	3,9	3,6	7,65	9,1	46	10,0	42	70
	30-50	4,0	3,6	7,50	4,5	20	8,6	18	0
	50-100	4,0	3,6	8,10	4,5	18	6,3	16	0

Tabela 8

*Zawartość składników ogółem w profilach
pola doświadczalnego „B”*

Kombi- nacje	Głębokość cm	W p p m s.m. gleby				
		K	Na	P	Mn	Zn
0	0-5	1149	109	99	87,8	103,7
	5-10	998	91	75	10,3	25,2
	10-15	1240	127	123	11,4	34,2
	15-20	1149	109	125	11,4	31,7
	20-30	1058	118	135	11,4	39,6
	30-50	1028	109	130	12,5	30,2
	50-100	1043	118	99	10,3	31,7
NPK	0-5	1043	177	160	34,2	43,2
	5-10	937	100	118	22,8	46,8
	10-15	953	109	108	11,4	99,0
	15-20	983	100	73	10,3	88,9
	20-30	932	91	98	9,1	25,2
	30-50	977	82	92	9,1	25,2
	50-100	1452	145	162	11,4	31,0
2 NPK	0-5	14364	280	383	102,6	117,4
	5-10	5292	273	185	45,6	67,7
	10-15	3824	191	179	20,5	45,0
	15-20	5140	291	233	39,9	54,0
	20-30	1300	127	167	14,8	27,7
	30-50	5292	227	139	25,1	41,4
	50-100	1134	155	99	25,1	36,0

Można mieć wątpliwości, czy przy niedoborze środków finansowych w naszym kraju stać nas na nawożenie lasów, nawet w ramach rekultywacji. Z doświadczeń widać wyraźnie, że nie jest to wyłącznie kwestia środków, a sposobu gospodarowania nimi. Poprzez zmniejszenie powierzchni do rekultywacji o kilka procent można zaoszczędzić środki na prawidłowe nawożenie. Osiągnie się dzięki temu normalny, pełnowartościowy las, a nie stworzone dużym kosztem nieużytki leśne.

Z porównania efektów nawożenia sosen młodszych (1-letnich) i starszych (6-letnich) wynika jednoznacznie, że nawozić nasadzenia trzeba od początku, wówczas uzyska się zdrowe, dobrze rozwinięte drzewa. Opóźnienie nawożenia daje gorsze efekty, ponieważ drzewka niedożywione, głodujące wykrzywają się, co odbija się potem na jakości surowca drzewnego.

5. Wnioski

1. W celu osiągnięcia dobrego rozwoju drzew na rekultywowanych piaskach miocénskich niezbędne jest znaczne podwyższenie dawek nawozów mineralnych, zwłaszcza azotu oraz stosowanie ich nie jednorazowo, przed sadzeniem, a dzielenie tego nawożenia na kilka lat.
2. Wapnowanie może na rozwój sosny wpłynąć negatywnie, stąd konieczność ostrożnego wapnowania przy zalesianiu terenów pokopalnianych sosną.
3. Nawożenie dzięki silnemu rozwojowi roślinności zielnej na rekultywowanych terenach skutecznie ograniczy erozję wodną.
4. Na badanym obiekcie dodatkowe nawozy NPK są najtańszym środkiem radykalnego zwiększenia efektywności rekultywacji leśnej.

Literatura

- [1] **Baule H., Fricker C.**: *Nawożenie drzew leśnych*. PWRiL Warszawa, 1971.
- [2] **Bender J.**: *Biologiczna rekultywacja zwalowisk pokopalnianych*. Międzynarodowe Czasopismo Rolnicze RWPG. 3, ss. 50-55, 1981.
- [3] **Bruns D., Reiman C., Jochimsen** : *Recultivation of thermically cleaned soils according to natural succession*. „Contaminated Soil 90”. Third International fK/TNO Conference on Contaminated Soil, Karlsruhe, Kluwer Academic Publishers, vol. I, ss. 297-302, 1990.
- [4] Praca zbiorowa pod red. A. Nowotny-Mieczyskiej: *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*. PWRiL Warszawa, 1976.

- [5] **Greinert H.:** *Charakterystyka właściwości gleb powstałych w wyniku rekultywacji terenów po eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Łęknicy.* Zeszyty Naukowe WSI, Zielona Góra, Inżynieria Środowiska 4, ss.93-104, 1988.
- [6] **Greinert H., Drab M., Wróbel I., Piontek M., Jędrzczak A.:** *Rekultywacja i leśne zagospodarowanie piasków mioceńskich w rejonie Łęknicy.* Etap I, Charakterystyka właściwości gleb i założenie doświadczeń. Instytut Inżynierii Sanitarnej WSI, Zielona Góra (maszynopis), 1986.
- [7] **Greinert H., Drab M., Nowak I.:** *Rekultywacja i leśne zagospodarowanie piasków mioceńskich w rejonie Łęknicy.* Etap II. Wyniki doświadczeń polowych. Instytut Inżynierii Sanitarnej WSI, Zielona Góra (maszynopis), 1987.
- [8] **Greinert H., Drab M., Nowak I.:** *Rekultywacja i leśne zagospodarowanie piasków mioceńskich w rejonie Łęknicy.* Etap III. Wyniki doświadczeń polowych. Instytut Inżynierii Sanitarnej WSI, Zielona Góra (maszynopis), 1988.
- [9] **Greinert H., Drab M., Szuszkiewicz E.:** *Rekultywacja i leśne zagospodarowanie piasków mioceńskich w rejonie Łęknicy.* Etap IV. Wyniki doświadczeń nawozowych w roku 1989 na tle lat poprzednich. Instytut Inżynierii Sanitarnej WSI, Zielona Góra (maszynopis), 1989.
- [10] **Rasmussen K., Willems M.:** *Pyrite oxidation and leaching in excavated lignite soils.* Acta Agric. Scand. 31 ss. 107-115, 1981.
- [11] **Skawina T.:** *Wytyczne nr 1/74 dla prac z zakresu rekultywacji szczegółowej terenów podgórnich odkrywki E Kopalni Węgla Brunatnego „Przyjaźń Narodów w Łęknicy.* Zakład Rekultywacji Terenów Przemysłowych AGH Kraków. 1974.
- [12] **Skawina T.:** *Wytyczne 2/74 określające rozmiary i sposoby wykonania prac uzupełniających w zakresie rekultywacji szczegółowej terenów pogórnich odkrywek C i D Kopalni Węgla Brunatnego „Przyjaźń Narodów”* Zakład Rekultywacji Terenów Przemysłowych. Kraków, 1974.
- [13] **Skawina T.:** *Wytyczne 1/75 dla rekultywacji szczegółowej terenów wyrobiska odkrywki E oraz upadowej VIII i terenów byłego zaplecza gospodarczego Kopalni Węgla Brunatnego „Przyjaźń Narodów” w*

- Łęknicy. Zakład Rekultywacji Terenów Przemysłowych, Kraków, 1975.
- [14] **Ugla H., Ugla Z.:** *Gleboznawstwo leśne*. PWRiL Warszawa, 1984.
- [15] **Wunder W.:** *Negativwirkung infolge Boden- und Gewässerkalkung in Schweden*. Allg. Forstzeitschr. 33/34 : 846, 1984.
- [16] **Zięba S.:** *Surowce wtórne do nawożenia gleb*. PWRiK Warszawa 1982.
- [17] **Żuławski Cz.:** *Wytyczne 1/76 dla rekultywacji szczegółowej prawidłowo ukształtowanych powierzchni terenów pogórnicznych odkrywki „Czaple I” Kopalni Węgla Brunatnego „Przyjaźń Narodów” w Łęknicy*. Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie, 1976.