

MARCIN PIETRZYKOWSKI*, MAREK PAJĄK*, WOJCIECH KRZAKLEWSKI**

Próba zastosowania metod liczbowej wyceny gleb na podstawie Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) oraz Siedliskowego Indeksu Glebowego (SIG) do opisu zmienności warunków siedliskowych na zrehabilitowanych dla leśnictwa zwałowiskach KWB „Bełchatów”

Wprowadzenie

Wydobycie węgla brunatnego metodą odkrywkową powoduje powstanie znacznych arealów gruntów bezglebowych (zwałowiska oraz wyrobiska), które w myśl obowiązujących aktów prawnych podlegają rekultywacji. Restytucja tych terenów odbywa się w kierunkach: leśnym, rolnym, wodnym i tzw. specjalnym. Spośród wymienionych kierunków dominującym jest leśny, który realizowany jest na około 70% powierzchni terenów pogórnich. Bardzo istotną sprawą w leśnej rekultywacji terenów zdewastowanych jest właściwa ocena warunków siedliskowych, która pozwala prawidłowo zaprojektować, a później realizować rekultywację, w taki sposób, żeby wykonane prace miały pozytywny efekt ekologiczny oraz właściwy odbiór społeczny.

Każdy obiekt pogórnicy, a niekiedy nawet jego części, wymagają odrębnej oceny warunków siedliskowych dla opracowania szczegółowych zabiegów z zakresu rekultywacji biologicznej (Knabe 1962; Greszta, Skawina 1965; Skawina 1969; Skawina, Trafas 1971; Strzyszczyński, Harabin 1976; Krzaklewski 1977; Siuta 1978; Gilewska 1991). Kwestia oceny siedlisk według obiektywnych kryteriów jest istotna również w aspekcie weryfikacji wstępnej diagnozy dla planowania przebudowy drzewostanów przedplonowych lub wadliwie wzrastających drzewostanów o docelowym składzie gatunkowym.

* Dr inż., ** Prof. dr hab. inż., Katedra Ekologii Lasu, Uniwersytet Rolniczy, Kraków;
e-mail: rlpietrz@cyf-kr.edu.pl

Elementami podlegającymi ocenie w standartowym opisie siedliska leśnego są: klimat, geologia, ukształtowanie terenu i gleba powstała w tych warunkach. Gleba stanowi podstawowy element w diagnozie siedliska leśnego (Brożek 2001), a zagadnienia obiektywnej oceny jakości gleb i możliwości produkcyjnych, związane początkowo z rolnictwem, stanowią obecnie również ważną kwestię w siedliskoznawstwie leśnym. Ujęcie trofizmu gleb w postaci liczbowej daje możliwość diagnozy i obiektywnego porównywania siedlisk (Shoenholtz i in. 2000). Ilościowa ocena „żywności siedliska” często niewłaściwie utożsamiana z „żywnością gleb” może być dokonywana pośrednio, ponieważ pojęcie żywności łączy się nie tylko z zasobnością, lecz z ogółem cech glebowych i jest ich biologiczną wypadkową (Puchalski, Prusinkiewicz 1975). Wciąż dyskusyjny jest dobór cech glebowych służących jako bezpośrednie mierniki trofizmu bądź wskaźniki jakości gleb (Burger, Kelting 1999; Schoenholtz i in. 2000; Brożek 2001, 2007).

Dla terenów bezglebowych już na początku lat siedemdziesiątych XX wieku opracowano punktową klasyfikację gruntów dla oceny ich przydatności do rekultywacji (Skawina, Trafas 1971). Dotychczasowa praktyka stosowania tej klasyfikacji potwierdziła jej dużą uniwersalność i przydatność we wstępnym rozpoznaniu warunków dla rekultywacji biologicznej terenów bezglebowych (Krzaklewski, Wójcik 2004). Wykazano również jej przydatność w ocenie zróżnicowania warunków siedliskowych na obiektach z drzewostanami w I i II klasie wieku (Pietrzykowski i in. 2009).

Dla praktyki leśnej w warunkach Polski (Brożek 2001; Brożek, Zwydak 2003) zaproponowano Indeks Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL), uwzględniający wyniki oznaczeń właściwości fizycznych i chemicznych gleb składających się na ich trofizm, tj.: zawartość frakcji pyłu i części spławialnych, wartość pH, zawartość wymiennych kationów zasadowych i stosunek C/N. Cechy te następnie podlegały odpowiedniej wycenie liczbowej, osobno dla każdego z poziomów glebowych, a wartość końcowa była sumą wskaźników cząstkowych ważonych miąższością poziomów, przy czym bardzo istotne było to, że zakres wartości poszczególnych cech przyjęty był w skali punktowej wynikającej z naturalnej zmienności w glebach Polski. Przydatność tego wskaźnika w ocenie zmienności warunków siedliskowych na terenach pogórnicznych rekultywowanych dla leśnictwa oceniono pozytywnie, choć wskazywano na konieczność modyfikacji w dostosowaniu do inicjalnych gleb pogórnicznych (Pietrzykowski, Krzaklewski 2006; Pietrzykowski, Pająk 2009).

W wyniku dalszych studiów (Brożek i in. 2008) przedstawiono nową koncepcję numerycznej metody oceny cech glebowych, opracowaną dla kartografii siedlisk leśnych, zwaną Siedliskowym Indekslem Glebowym (SIG). Zaproponowany wskaźnik pozwala ująć syntetycznie kilka cech glebowych, wybranych na podstawie statystycznych opracowań zbioru danych w zakresie zmienności gleb bielcowych i rdzawych Polski (ponad 122 stanowisk diagnostycznych dla gleb bielcowych i rdzawych) w jedną syntetyczną wartość, pozwalającą uszeregować i pogrupować siedliska leśne w powiązaniu z cechami zbiorowisk roślin i drzewostanów. Wśród cech glebowych uwzględniono: zasoby frakcji spławialnych (o średnicy < 0,02 mm), zasoby kationów zasadowych (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+) oraz kwasowość przeliczoną na jony wodorowe na podstawie oznaczeń kwasowości hydrolitycznej w obje-

tości pedonu (100×100×150 cm) i azot przeliczony – N, czyli procentowy udział azotu całkowitego w pierwszym poziomie mineralnym gleby podzielonym przez proporcję C:N w tym poziomie (Brożek i in. 2008). Istotnym założeniem tej metody było, podobnie jak w pierwotnej koncepcji ITGL (Brożek 2001), transformowanie i standaryzacja cech w przyjętej skali liczbowej (od 1 do 10 dla wskaźników cząstkowych odnoszących się do wymienionych cech glebowych, tj. wskaźnika zasobów części spławialnych W_{CZS} , wskaźnika zasobów sumy kationów W_{S1} , wskaźnika kwasowości przeliczonej W_Y i wskaźnika azotu przeliczonego W_N). Zakres wartości cech glebowych przeliczanych na wskaźniki uwzględnia zmienności przebadanych gleb Polski. Istotne jest również przeliczanie podanych cech na objętość pedonu z uwzględnieniem gęstości objętościowej.

Opracowane metody oceny siedlisk i wyróżnienia troficznych odmian podtypów gleb według ITGL i SIG znalazły już praktyczne zastosowanie w warunkach lasów gospodarczych na siedliskach „naturalnych” (Brożek, Zwydak 2003; Brożek i in. 2008). W warunkach tych zwrócono uwagę, że diagnoza oparta na SIG jest dokładniejsza. W opracowaniu tym podano dla praktyki leśnej odpowiednie zakresy wartości SIG dla diagnozowanych typów siedliskowych lasu.

Celem niniejszej pracy była ocena przydatności Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) (Brożek 2001) oraz Siedliskowego Indexu Glebowego (SIG) (Brożek i in. 2008) do opisu zmienności warunków glebowych i diagnozy siedlisk leśnych kształtujących się na zrehabilitowanych i zalesionych terenach zwałowisk KWB „Bełchatów”.

1. Materiał i metodyka

Prace badawcze prowadzono na rekultywowanych i zalesionych sosną zwyczajną (w I klasie wieku do 20 lat) wierzchowinach zwałowisk (zewnątrznego i wewnętrznego) KWB „Bełchatów”. Do badań wybrano cztery warianty substratów znajdujących się na wierzchowinie zwałowisk (wewnętrznego, zewnętrznego), obejmujące fragmenty zbudowane z lepszych utworów skalnych, tj. czwartorzędowych piaszczysto-gliniastych (wariant na zwałowisku wewnętrznym, oznaczony symbolem – NWL) oraz gliniasto-pylastych (wariant na zwałowisku zewnętrznym, oznaczony symbolem – NZL) i gorszych, tj. czwartorzędowych jałowych piasków (wariant na zwałowisku wewnętrznym, oznaczony symbolem – NWG) i kwaśnych, zsiarczonych miocenijskich utworów piaszczystych po przeprowadzonej neutralizacji (wariant na zwałowisku zewnętrznym, oznaczony symbolem – NZG). Dla każdego wyróżnionego wariantu założono powierzchnie badawcze w czterech powtórzeniach (kwadraty 100 m²), na których wykonano odkrywki glebowe do głębokości 150 cm. Opisano morfologię gleb i pobrano próbki o strukturze naruszonej z głębokości 0–8 cm (poziomy inicjalny organiczno-mineralny AiCan) oraz 8–50, 50–110, 110–150 cm (poziomy Can). W celu oznaczenia ciężaru objętościowego z każdej warstwy pobrano również próbki o strukturze nienaruszonej do cylinderków o pojemności 250 cm³ (w trzech powtórzeniach dla warstwy).

W laboratorium na próbkach powietrznie suchych oznaczono:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Prószyńskiego (frakcje i grupy granulometryczne zgodnie z normą PN-R-04033), frakcje piasku uzupełniająco metodą sitowo-wagową;
- pH metodą potencjometryczną w H₂O oraz 1 M KCl z zachowaniem proporcji gleba-roztwór 1:2,5;
- zawartość węglanu wapnia (CaCO₃) metodą Scheiblera;
- zawartość węgla organicznego (C_{org.}), azotu ogółem (N_{og.}) i siarki ogółem (S_{og.}) na aparacie Leco CNS 2000 (węgiel i siarkę w podczerwieni, azot w różnicowym detektorze przewodności cieplnej), próbki zawierające węglany przed oznaczeniem C_{org.} potraktowano 10% HCl w celu usunięcia węglanów;
- sumę zasad (S_H) obliczono z sumowania kationów wymiennych Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ oznaczonych w wyciągu 1N CH₃COONH₄ o pH 7,0 metodą AAS, kwasowość hydrolityczną (H_h) według metody Kappena (ekstraktor 1N Ca(CH₃COO)₂ (Ostrowska i in. 1991).

Uzyskane wartości ITGL i SIG opracowano statystycznie z wykorzystaniem programu Statistica (StatSoft Inc. 2008). Dla testowania istotności różnic wartości średnich ITGL zastosowano test RIR-Tukey (ponieważ zmienna przyjmuje wartości w zakresie ciągłym), poprzedzony analizą jednorodności wariancji, a dla SIG test nieparametryczny Kruskala-Wallisa (ponieważ zmienna przyjmuje wartości całkowite).

2. Wyniki i ich omówienie

Gleby na terenach pogórnicych zaliczono do gleb antropogenicznych urbanoziemnych o niewykształconym profilu (Klasyfikacja Gleb Leśnych Polski 2000), a według systematyki FAO (1988) do Urbic Anthrosol. Wyróżnione warianty różniły się najbardziej udziałem części spławialnych w składzie granulometrycznym (frakcji pyłu i łu), a także wartościami pH, przewodnictwem elektrolitycznym właściwym (PEW), wskazującym na zróżnicowaną zawartość składników pokarmowych w roztworze glebowym i sumą zasadowych kationów wymiennych (S_H). Szczególnie gleby wytworzone na piaszczystych utworach mioceńskich różniły się znacznie pod względem tych cech od gleb pozostałych. Wybrane właściwości inicjalnych gleb powstających na badanych obiektach pogórnicych przedstawia tabela 1.

Najwyższa zawartość części spławialnych występowała w glebach wariantu NZL na zwałowisku zewnętrznym (średnio ponad 41% pyłu i 13% łu), następnie w wariacie NWL (odpowiednio 15 i 6%). Znacznie mniejszym udziałem części spławialnych charakteryzowały się gleby w wariacie NZG na zwałowisku zewnętrznym na piaszczystych utworach mioceńskich (odpowiednio 4% pyłu i 9% łu) oraz w wariacie NWG na czwartorzędowych piaskach (odpowiednio 5 i 4%). Ponadto gleby w wariacie NZG na piaskach mioceńskich charakteryzowały się kwaśnym odczynem (pH w KCl średnio 5,0–5,2) i najwyższymi wartościami kwasowości hydrolitycznej (średnio od 3,32 w poziomach AiCan do 4,98

TABELA 1

Wybrane właściwości inicjalnych gleb pogórnich tworzących się na różnych substratach na rekultywowanych zwałowiskach KWB „Bełchatów”

TABLE 1

Some characteristics of initial post-mining soils developed at different substrates on reclaimed spoil heaps Lignite Mining Plant KWB “Bełchatów”

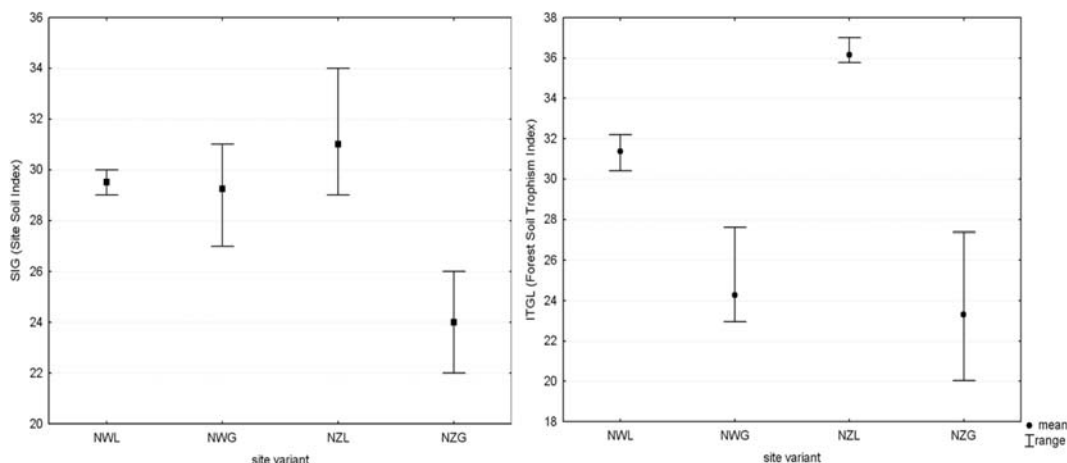
Cecha	Poziom (głębokość cm)	Obiekt i wariant			
		Zwałowisko zewnętrzne		Zwałowisko wewnętrzne	
		NZL	NZG	NWL	NWG
Pył 0,05–0,002 mm [%]	AiCan (0–8)	41(9)	4(1)	15(2)	5(2)
H > 0,002 mm [%]		13(1)	9(1)	6(1)	4(1)
Pył 0,05–0,002 mm [%]	Can (8–150)	47(16)	5(2)	8(4)	1(1)
H > 0,002 mm [%]		11(2)	7(3)	6(2)	4(1)
pH KCl	AiCan (0–8)	7,5(0,2)	5,2(1,9)	7,4(0,5)	8,3(0,2)
	Can (8–150)	8,0(0,2)	5,0(2,7)	8,3(0,2)	8,2(0,7)
N _{og.} [%]	AiCan (0–8)	0,0498 (0,0099)	0,0317(0,0018)	0,0381(0,0079)	0,0232(0,0024)
C _{org.} [%]		0,812(0,155)	0,732(0,366)	0,611(1,148)	0,156(0,133)
C _{org.} [%]	Can (8–150)	0,127(0,024)	0,808(0,820)	0,108(0,072)	0,046(0,045)
S _{og} [%]	AiCan (0–8)	0,0158(0,0038)	0,0180(0,0100)	0,0137(0,0066)	0,0091(0,0014)
	Can (8–150)	0,0200(0,0064)	0,0503(0,0402)	0,0088(0,0014)	0,0069(0,0012)
PEW EC [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	AiCan (0–8)	135,8(11,3)	31,5(19,4)	89,0(14,2)	56,5(7,6)
	Can (8–150)	95,4(24,6)	202,9(241,9)	66,1(14,8)	37,7(15,1)
S _H [$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$]	AiCan (0–8)	18,6(5,9)	3,2(1,0)	11,9(4,3)	10,1(7,9)
	Can (8–150)	25,3(5,8)	7,3(6,2)	16,2(5,1)	4,3(2,9)
H _h [$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$]	AiCan (0–8)	0,60(0,09)	3,32(1,99)	0,54(0,28)	0,31(0,03)
	Can (8–150)	0,42(0,05)	4,98(3,80)	0,36(0,10)	0,31(0,06)

Objaśnienia Explanations: NZL – utwory lepsze na zwałowisku zewnętrznym, pozostałe warianty wyjaśniono w tekście w „Metodyce”, PEW – przewodnictwo elektrolityczne właściwe, S_H – suma kationów zasadowych wymiennych ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$); H_h – kwasowość hydrolityczna ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$); 11(2) – średnia i odchylenie standardowe

$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ w poziomach głębszych Can). Odczyn pozostałych gleb był słabo alkaliczny (pH KCl od 7,4 do 8,3). Gleby w wariantach NZG charakteryzowały się również najwyższą zawartością siarki ogółem (S_{og.}) wynoszącą średnio od 0,018 do 0,05% (tab. 1). Gleby na lepszych utworach w wyróżnionych wariantach NZL i NWL charakteryzowały się większą sumą zasad (S_H odpowiednio 18,6 i 11,9 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) w porównaniu do wariantów na utworach gorszych (odpowiednio NZG 3,2 do 7,2 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ i NWG średnio od 4,3 do 10,1 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$). Podobnie w przypadku zawartości azotu ogółem (N_{og.}) oraz węgla orga-

nicznego ($C_{org.}$), wyższa zawartość występowała w glebach w wariantach na utworach lepszych (odpowiednio $N_{og.}$ w poziomie AiCan od 0,0232 % dla NWG do 0,0317% dla NZG i $C_{org.}$ od 0,156% dla NWG i 0,732% dla NZG) (tab. 1). Zwracał jednak uwagę fakt, że w poziomach głębszych Can zawartość węgla była stosunkowo wysoka, szczególnie w przypadku gleb na utworach mioceńskich ($C_{org.}$ średnio 0,808%, tab. 1). Ma to związek z genezą tych utworów, które zawierają znaczne ilości węgla tzw. geogenicznego, a ponadto – jak wspomniano – większe zawartości siarki. Z tego powodu gleby na zawęglonych zwałowiskach towarzyszących górnictwu węgla brunatnego nazywane są „glebami siarkowymi” (Katzur, Haubold-Rosar 1996).

Obliczone wartości ITGL dla gleb pogórnicznych w wyróżnionych wariantach mieściły się w przedziale od 20,0 (w wariacie NZG) do 37,1 (w wariacie NZL) (rys. 1).



Rys. 1. Zmienność wartości Siedliskowego Indeksu Glebowego (SIG) oraz Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) w inicjalnych glebach na zwałowiskach na zwałowiskach KWB „Bełchatów” rekultywowanych dla leśnictwa

Fig. 1. Variability of Site Soil Index (SIG) and Forest Soil Trophism Index (ITGL) in initial soils on post-mining waste heaps of Lignite Mine Plant KWB „Bełchatów” reclaimed to forestry

Najwyższe wartości ITGL miały gleby powstające na czwartorzędowych utworach gliniasto-pylastych na zwałowisku zewnętrznym (NZL), najniższe zaś gleby na kwaśnych utworach piaszczystych po neutralizacji (NZG). Różnice pomiędzy tymi wariantami były istotne statystycznie (tab. 2). Również w przypadku gleb na zwałowisku wewnętrznym wartości średnie ITGL różniły się istotnie statystycznie, a ich wartości mieściły się w zakresie od 23,0 do 27,6 w wariacie NWG oraz od 30,4 do 32,2 w wariacie NWL. Wartości ITGL dla gleb na tym zwałowisku były znacznie mniej zróżnicowane niż na zwałowisku zewnętrznym.

Według skali wyceny zaproponowanej w oryginalnym opracowaniu (Brożek 2001; Brożek, Zwydack 2003) odnoszącym się do siedlisk leśnych, wartości ITGL w zakresie stwierdzonym dla wariantu NZL (najlepszego) odpowiadałyby siedliskom lasów (L), a dla gleb w wariacie najslabszym NZG na kwaśnych piaszczystych utworach mioceńskich neutralizowanych pozwoliłyby klasyfikować siedliska jako lasy mieszane (LM).

TABELA 2

Różnice statystyczne pomiędzy wartościami Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych (ITGL) dla badanych gleb wytworzonych z różnych substratów na zwałowiskach KWB „Bełchatów” (test RIR-Tukey, $p < 0,05$)

TABLE 2

Statistical differences in Forest Soil Trophism Index (ITGL) for investigated soils developed at different substrates on spoil heaps Lignite Mining Plant KWB „Bełchatów” (RIR-Tukey test at $p < 0.05$)

Wariant substratu i rodzaj zwałowiska	{1}	{2}	{3}	{4}
NWL {1}	–	0,002366*	0,031398*	0,000920*
NWG {2}	0,002366*		0,000209*	0,909993
NZL {3}	0,031398*	0,000209*		0,000202*
NZG {4}	0,000920*	0,909993	0,000202*	

Objaśnienia: 0,002366* różnice istotne statystycznie z $p < 0,05$

Obliczone wartości SIG dla gleb pogórnich w wyróżnionych wariantach mieściły się w przedziale od 22 (w wariantcie NZG) do 34 (w wariantcie NZL). Najwyższe wartości SIG (34, a średnio 31) otrzymały gleby powstające na czwartorzędowych utworach gliniasto-pylastych na zwałowisku zewnętrznym (NZL), najniższe zaś gleby na kwaśnych utworach piaszczystych po neutralizacji (NZG) (SIG 22, średnio 24) (rys. 1). Różnice pomiędzy tymi wariantami były istotne statystycznie (tab. 3). W przypadku gleb na zwałowisku wewnętrznym wartości średnie SIG nie różnicowały istotnie wariantów NWL i NWG i mieściły się w zakresie odpowiednio 29–30 oraz 27–31, przy czym wartości SIG dla gleb na tym zwałowisku były znacznie mniej zróżnicowane niż na zwałowisku

TABELA 3

Różnice statystyczne pomiędzy wartościami Siedliskowego Indeksu Glebowego (SIG) dla badanych gleb wytworzonych z różnych substratów na zwałowiskach KWB „Bełchatów” (test Kruskala-Wallisa, $p < 0,05$)

TABLE 3

Statistical differences in Site Soil Index (SIG) for investigated soils developed at different substrates on spoil heaps Lignite Mining Plant KWB „Bełchatów” (Kruskal-Wallis test at $p < 0.05$)

Wariant substratu i rodzaj zwałowiska	NWL – R:9,5000	NWG – R:9,6250	NZL – R:12,375	NZG – R:2,5000
NWL	–	1,000000	1,000000	0,225533
NWG	1,000000	–	1,000000	0,205844
NZL	1,000000	1,000000	–	0,020122*
NZG	0,225533	0,205844	0,020122*	–

Objaśnienia: **0,020122*** różnice istotne statystycznie z $p < 0,05$

zewnątrznym. Podobnie zresztą, jak w przypadku zmienności podstawowych właściwości gleb (tab. 1).

Według skali wyceny zaproponowanej (Brożek i in. 2006) dla siedlisk leśnych, wartości SIG w zakresie stwierdzonym dla wariantu NZL (najlepszego) odpowiadałyby siedliskom lasów mieszanych. (LM). Wartości SIG dla wariantów NWL i NWG również odpowiadałyby wycenie wskazującej na lasy mieszane (LM). Tak więc skala wyceny według wartości SIG opracowana dla siedlisk naturalnych nie pozwoliłaby zróżnicować siedlisk na zwałowiskach pomiędzy wariantami NWL, NWG i NZL. Wartości SIG dla gleb w wariantcie najslabszym NZG na kwaśnych piaszczystych utworach mioceńskich pozwoliłyby klasyfikować siedliska jako bory mieszane (BM).

Podsumowanie

Przy ocenie żyzności gleb na terenach pogórnicych należy zwrócić uwagę na fakt, że na zwałowiskach gleby dopiero się tworzą i stosowane wskaźniki powinno traktować się w kategoriach prognozy (Krzaklewski, Pietrzykowski 2007). Niewątpliwie dla opracowania wskaźników ITGL i SIG dla naturalnych gleb leśnych wybrano cechy istotnie je różnicujące, takie jak np.: zapas frakcji spławialnych, sumę zasad, wartość pH, kwasowość czy zawartość azotu w poziomie mineralnym. Jak wynika z przeprowadzonych badań w przypadku zastosowanego wskaźnika SIG cechy te nie dość istotnie różnicowały gleby tworzące się na zwałowiskach z czwartorzędowych utworów piaszczystych, piaszczysto-gliniastych i gliniasto-pylastych. Lepszym do opisu zróżnicowania kształtujących się tam gleb okazał się wskaźnik ITGL, który uwzględnia więcej cech badanych gleb (co wydaje się być bardzo istotne dla tworzących się tam gleb urbanoziemnych). Z kolei w przypadku gleb powstających na utworach mioceńskich o niższych wartościach analizowanych wskaźników zadecydowała głównie: wartość pH oraz kwasowość hydrolityczna (H_h). Gleby te w literaturze (Katur, Haubold-Rosar 1996) nazywane są „glebami siarkowymi” i odznaczają się bardzo kwaśnym odczynem. Przeprowadzona neutralizacja kredą jeziorną wpłynęła jednak na polepszenie właściwości gleby, w tym zwiększenie sumy zasad (szczególnie wpływają na to zawartości Ca^{2+} i Mg^{2+} , w które kreda jeziorna jest zasobna) oraz obniżenie kwasowości (Krzaklewski i in. 1997). Jednak należy pamiętać, że w przypadku tych utworów nawet po procesie neutralizacji mogą one stanowić wciąż bardzo dynamiczny układ, szczególnie jeśli chodzi o utlenienie siarczków (Katur, Haubold-Rosar 1996).

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz wcześniejszych prac (Pietrzykowski, Pajak 2009) można stwierdzić, że spośród dwu testowanych wskaźników w warunkach zwałowisk KWB „Bełchatów” lepiej odzwierciedlającym zmienność badanych gleb był wskaźnik ITGL. Jednak dla lepszego opisu siedlisk kształtujących się w tych warunkach należałoby zmodyfikować wycenę wskaźników cząstkowych, opierając ją na rozeznaniu pozostałych właściwości gleb oraz uwarunkowań dla tworzenia się siedlisk na obiektach pogórnicych

(Krzaklewski, Pierzykowski 2007; Pietrzykowski i in. 2009), a także biorąc pod uwagę cechy zbiorowisk roślinnych powstających na przedmiotowych terenach rekultywowanych.

Praca naukowa finansowana w ramach projektu badawczego Grant Norweski nr PNR6-68-AI-1/07 w ramach Norweskiego Mechanizmu Finansowego

LITERATURA

- Brożek S., 2001 – Indeks trofizmu gleb leśnych. Act. Agr. et Silv. Ser. Silv. 39, 15–33.
- Brożek S., Zwydąk M., 2003 – Atlas gleb leśnych Polski. CILP, Warszawa.
- Brożek S., Zwydąk M., Lasota J., 2006 – Soil properties applied in forest site classification of lowlands and uplands in Poland. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 73, 87–95.
- Brożek S., 2007 – Liczbowa wycena „jakości” gleb – narzędzie w diagnozowaniu siedlisk leśnych Sylwan 2. 35–42.
- Brożek S., Zwydąk M., Lasota J., 2008 – Liczbowy indeks troficznych odmian podtypów gleb bielocowych i rdzawych. Roczn. Glebozn. 59(1), 7–17.
- Burger J.A., Keltling D.L., 1999 – Using soil quality indicators to assess forest stand management. For. Ecol. Manage. 122, 155–156.
- FAO-UNESCO, 1988 – Soil Map of the World. Revised Legend, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Gilewska M., 1991 – Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnicych na przykładzie KWB „Konin”. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, z. 211. Poznań.
- Greszta J., Skawina T., 1965 – Zasady klasyfikacji wyrobisk górnictwa piasku podsadzkiowego dla celów rekultywacji. Biuletyn nr 5 Zakład Badań Naukowych GOP PAN w Zabrze, Materiały Międzynarodowego Sympozjum Rekultywacji Terenów Przemysłowych, Katowice.
- Katzur J., Haubold-Rosar M., 1996 – Amelioration and reforestation of sulfurous mine soils in Lusatia (Eastern Germany). Water, Air and Soil Pollution 91, 17–32.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski, 2000 – Warszawa.
- Knabe W., 1962 – Methods and results of strip-mine reclamation in Germany. Strip -mine Symposium held at the Ohio Agricultural Experiment Station. August 13–14, USA.
- Krzaklewski W., 1977 – Roślinność spontaniczna jako wskaźnik warunków siedliskowych oraz podstawa do zalesienia skarp zwałowiska na przykładzie Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. MS, praca doktorska AR w Krakowie.
- Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J., 1997 – Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego. Monografia. Wydawnictwo MONOS, Kraków.
- Krzaklewski W., Wójcik J., 2004 – Wstępna ocena przydatności rekultywacyjnej utworów nadkładu odkrywki „Szczerców” w KWB „Bełchatów”. Materiały sympozjum naukowego Warsztaty Górnicze z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”. Bełchatów, 2–4 czerwca, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 201–205.
- Krzaklewski W., Pietrzykowski M., 2007 – Diagnoza siedlisk na terenach pogórnicych rekultywowanych dla leśnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem metody fitosocjologiczno-glebowej. Sylwan 151(1), 51–57.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczepiańska Z., 1991 – Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Warszawa.
- Pietrzykowski M., Krzaklewski W., 2006 – Functionality assessment of soil quality index (ITGL) and vascular plant ecological indicator for site quality diagnosis in a sand mine excavation. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 5(1), 47–56.

- Pietrzykowski M., Pająk M., 2009 – The Application of the Forest Soil Trophism Index (FSTI) for assesment of site condition variability in post-mining areas reclaimed to forestry. (In:) Bolesław Bieniek (ed.): Soil of chosen Landsapces. Contemporary problems of management and environmental protection. Monograph (Chapter IX), University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Environmental Management and Agriculture, Olsztyn, 153–163 (ss. 163).
- Pietrzykowski M., Pająk M., Krzaklewski W., 2009 – Ocena możliwości zastosowania liczby bonitacyjnej (LB) w diagnozie siedlisk leśnych kształtujących się na wybranych obiektach pogórnicznych zrehabilitowanych dla leśnictwa. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* nr 38, 298–307.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z., 1975 – *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego*. PWRiL, Warszawa.
- Schoenholtz S.H., Van Miegroet H., Burger J.A., 2000 – A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 138, 335–356.
- Siuta J., 1978 – *Ochrona i rekultywacja gleb*. PWRiL, Warszawa.
- Skawina T., 1969 – Rezultaty badań nad modelem rekultywacji terenów pogórnicznych w Polsce. *Zeszyty Naukowe AGH, Kraków*, nr 212, *Geodezja* z. 12, 115–136.
- Skawina T., Trafas M., 1971 – Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji. *Ochrona Terenów Górniczych* nr 16, 3–10.
- Strzyszczyński Z., Harabin Z., 1976 – Wytyczne leśnego oraz zadrzewieniowego zagospodarowania zwałowisk towarzyszących górnictwu węgla kamiennego. Naczelny Zarząd Lasów Państwowych i Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze, Warszawa.

PRÓBA ZASTOSOWANIA METOD LICZBOWEJ WYCENY GLEB NA PODSTAWIE INDEKSU TROFIZMU GLEB LEŚNYCH (ITGL) ORAZ SIEDLISKOWEGO INDEKSU GLEBOWEGO (SIG) DO OPISU ZMIENNOŚCI WARUNKÓW SIEDLISKOWYCH NA ZREKULTYWOWANYCH DLA LEŚNICTWA ZWAŁOWISKACH KWB „BEŁCHATÓW”

Słowa kluczowe

Tereny pogórniczne, rekultywacja, indeksy glebowe, siedlisko leśne

Streszczenie

W pracy analizowano możliwości zastosowania wskaźników liczbowej wyceny gleb: ITGL oraz SIG (Brożek 2001; Brożek i in. 2001, 2006) do opisu zmienności siedlisk kształtujących się na zrehabilitowanych dla leśnictwa zwałowiskach KWB „Bełchatów”. Badania prowadzono w czterech wariantach substratów stanowiących skały macierzyste dla powstających gleb: zasobniejszych, piaszczysto-gliniastych czwartorzędowych (NWL na zwałowisku wewnętrznym) i gliniasto-pyłastych (NZL na zwałowisku zewnętrznym) oraz uboższych, czwartorzędowych piaskach (NWG na zwałowisku wewnętrznym) i kwaśnych mioceńskich piaskach po neutralizacji kredą jeziorną (NZG na zwałowisku zewnętrznym). Na podstawie obliczonych wartości testowanych wskaźników dokonano wyceny siedlisk według skali opracowanej dla warunków „naturalnych”. Stwierdzono, że spośród dwu testowanych wskaźników w warunkach zwałowisk KWB „Bełchatów” lepiej odzwierciedlającym zmienność badanych gleb był ITGL. Jednak dla lepszego opisu siedlisk kształtujących się w tych warunkach należałoby zmodyfikować wycenę wskaźników cząstkowych omawianych indeksów, opierając się na zmienności właściwości gleb pogórnicznych.

**THE ASSESSMENT OF POSSIBILITY OF USING SOIL QUALITY ESTIMATION NUMERICAL METHODS BASED
ON THE FOREST SOIL TROPHISM INDEX (ITGL) AND SOIL SITE INDEX (SIG)
FOR DESCRIPTION OF HABITAT CONDITIONS ON SPOIL HEAP KWB "BEŁCHATÓW" RECLAIMED TO FOREST**

Key words

Post-mining sites, reclamation, soil index, forest habitat

Abstract

In this work the analyses of possibilities of using soil quality indexes ITGL and SIG (according to Brożek 2001; Brożek et al. 2006) were presented for description of forest habitat developed on spoil heap "Bełchatów" reclaimed to forest. The study was conducted on 4 substrate variants with different parent rock material: 1) higher level of fertilize – Quaternary loamy-sands (NWL on external slope) and loamy-silt (NZL on internal slope); and 2) lower level of fertilize – Quaternary sands (NWG on internal slope) and acidic Miocene sands strata after bog lime neutralization (NZG on external slope). Based on value of calculated indexes the site quality estimation was made according to scale worked out for natural forest habitats. It was concluded that from among two soil quality indexes the ITGL showed better variability of soil conditions on spoil heap "Bełchatów". However the modification of partial indexes of ITGL for better description of site condition on this kind of object has to be necessary with adjusting of post-mining soil characteristics.

