

GENEZA I SKŁAD CZĘŚCI MINERALNYCH WYBRANYCH ZŁÓŻ TORFÓW NISKICH WYSOCZYZNY LUBARTOWSKIEJ

Paweł RYDELEK

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych

Słowa kluczowe: metoda SEM/EDS, składniki mineralne, torf niski, torfowisko dolinowe

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań składu chemicznego i mineralnego części nieorganicznych, występujących w torfach budujących trzy torfowiska niskie na Wysoczyźnie Lubartowskiej, oraz określono genezę poszczególnych składników.

Wyraźne podobieństwa w składzie chemicznym torfów wykazały torfowiska położone w centralnej części Wysoczyzny, w obszarze kemowym. W omawianych torfowiskach dominującym składnikiem części nieorganicznych jest krzem. W torfowisku położonym w południowej części Wysoczyzny, w sąsiedztwie zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego, głównym składnikiem części mineralnych jest wapń.

W badanych torfach zidentyfikowano trzy grupy składników mineralnych w zależności od ich genezy: składniki pochodzenia allochtonicznego, dostarczane do torfowiska w postaci materiału detrytycznego (głównie kwarc, skalenie, minerały ilaste); formy autogeniczne, powstające w obrębie torfowiska (głównie paryt, gips, węglany), oraz składniki mineralne pochodzenia biogenicznego (głównie szkielety okrzemek, skorupki mięczaków, igły gąbek, cysty).

Stwierdzono, że zróżnicowanie składu części mineralnych torfów jest związane przede wszystkim z budową geologiczną badanych torfowisk (w szczególności z litologią osadów budujących zbocza dolin, w których są położone torfowiska).

Zastosowanie metody SEM/EDS umożliwiło – poza oznaczeniem składu mineralnego badanych torfów – określenie genezy poszczególnych składników.

WSTĘP

Głównymi składnikami tworzącymi torfy są w różnym stopniu zhumifikowane szczątki roślinne, humus torfowy oraz części mineralne pochodzenia biotycznego i abiotycznego. Ze względu na zawartość składników mineralnych torfy dzieli się na: torfy niezamulone (właściwe), zawierające mniej niż 25% popiołu, torfy słabo zamulone (25–50% popiołu) oraz silnie zamulone (50–80% popiołu) [OKRUSZKO 1994].

Za główny parametr warunkujący właściwości fizykochemiczne torfu uznaje się zawartość substancji organicznej, obliczaną na podstawie zawartości węgla organicznego i wyrażaną najczęściej jako straty prażenia. Zawartość substancji organicznej, stopień jej rozkładu i właściwości determinują większość parametrów fizykochemicznych torfu (np. wilgotność, gęstość, pojemność sorpcyjną).

Zawartość i skład części mineralnych w torfach, zwłaszcza zamulonych, powoduje jednak, że mogą one wykazywać odmienne właściwości w porównaniu z torfami niezamulonymi, o czym piszą m.in. HOBBS [1986] oraz ANDREJKO i in. [1983a, b].

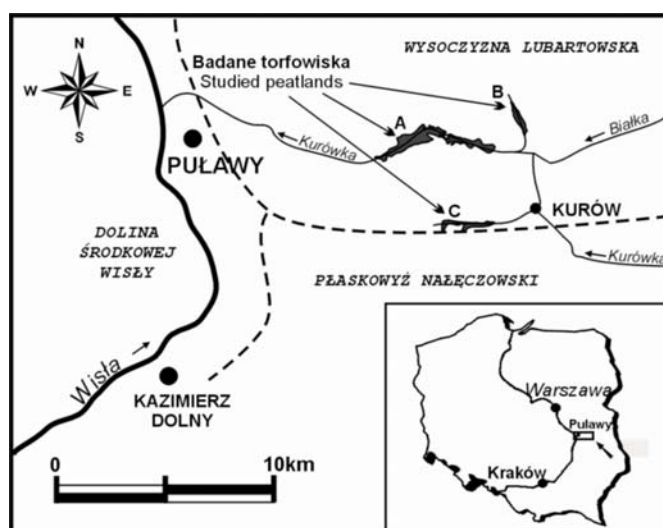
Parametrem, wyrażającym zawartość części mineralnych w torfach, jest popielność (A_c), będąca odwrotnością strat prażenia. Popiół pozostały po prażeniu torfów to mieszanina popiołu pierwotnego, pochodzącego ze spalenia szczątków roślin torfotwórczych oraz popiołu wtórnego. Pochodzenie popiołu wtórnego wynika z obecności w torfach składników mineralnych.

Spośród wielu pierwiastków, występujących w składnikach mineralnych obecnych w torfach, największe znaczenie mają: krzem, wapń, glin, żelazo, magnez, sód oraz potas. W torfach niskich najwięcej spośród omawianych pierwiastków występuje krzem, co jest związane przede wszystkim z obecnością w torfie krzemianów i glinokrzemianów. STEINMANN i SHOTYK [1997a, b] podają, że zawartość kwarcu w popiele wtórnym może dochodzić do 90%, a zawartość skaleni i łuszczyków – do 15%. Zawartość CaO w torfach niskich mieści się w granicach od 0,1 do 6%, a w torfach węglanowych może przekraczać 40% [GRUMPELT 1991]. Wapń w torfach może występować jako składnik materii organicznej (np. w postaci soli kwasów fulwowych lub huminowych) lub jako składnik części mineralnych, najczęściej w postaci węglanów. Glin występuje w torfach zarówno w postaci związków kompleksowych i wewnątrzkompleksowych (chelatów) z substancją organiczną, jak też w postaci mineralnej jako składnik wielu pospolitych minerałów (głównie glinokrzemianów i tlenków). Zawartość Al_2O_3 w torfach może przekraczać 5% suchej masy [LUCAS 1982]. Żelazo, podobnie jak glin, może występować w torfach w postaci połączeń kompleksowych z substancją organiczną oraz w postaci mineralnej, np. jako składnik minerałów ilastych, tlenków lub siarczków. W powierzchniowych warstwach torfowisk żelazo występuje najczęściej w formie trójwartościowej w postaci tlenków, zaś w partiach głębszych – w postaci dwuwartościowej, często siarczków (np. FeS_2).

Celem pracy było określenie zawartości, składu oraz genezy składników mineralnych torfów niskich, budujących trzy torfowiska położone na Wysoczyźnie Lubartowskiej. W celu identyfikacji możliwie jak największej liczby składników mineralnych zastosowano metodę skaningowego mikroskopu elektronowego sprzężonego z mikrosondą elektronową (SEM/EDS).

LOKALIZACJA I BUDOWA GEOLOGICZNA BADANYCH TORFOWISK

Do badań wytypowano trzy torfowiska typu niskiego (oznaczone symbolami A, B i C), położone w południowej części Wysoczyzny Lubartowskiej w bezpośrednim sąsiedztwie Płaskowyżu Nałęczowskiego (rys. 1).

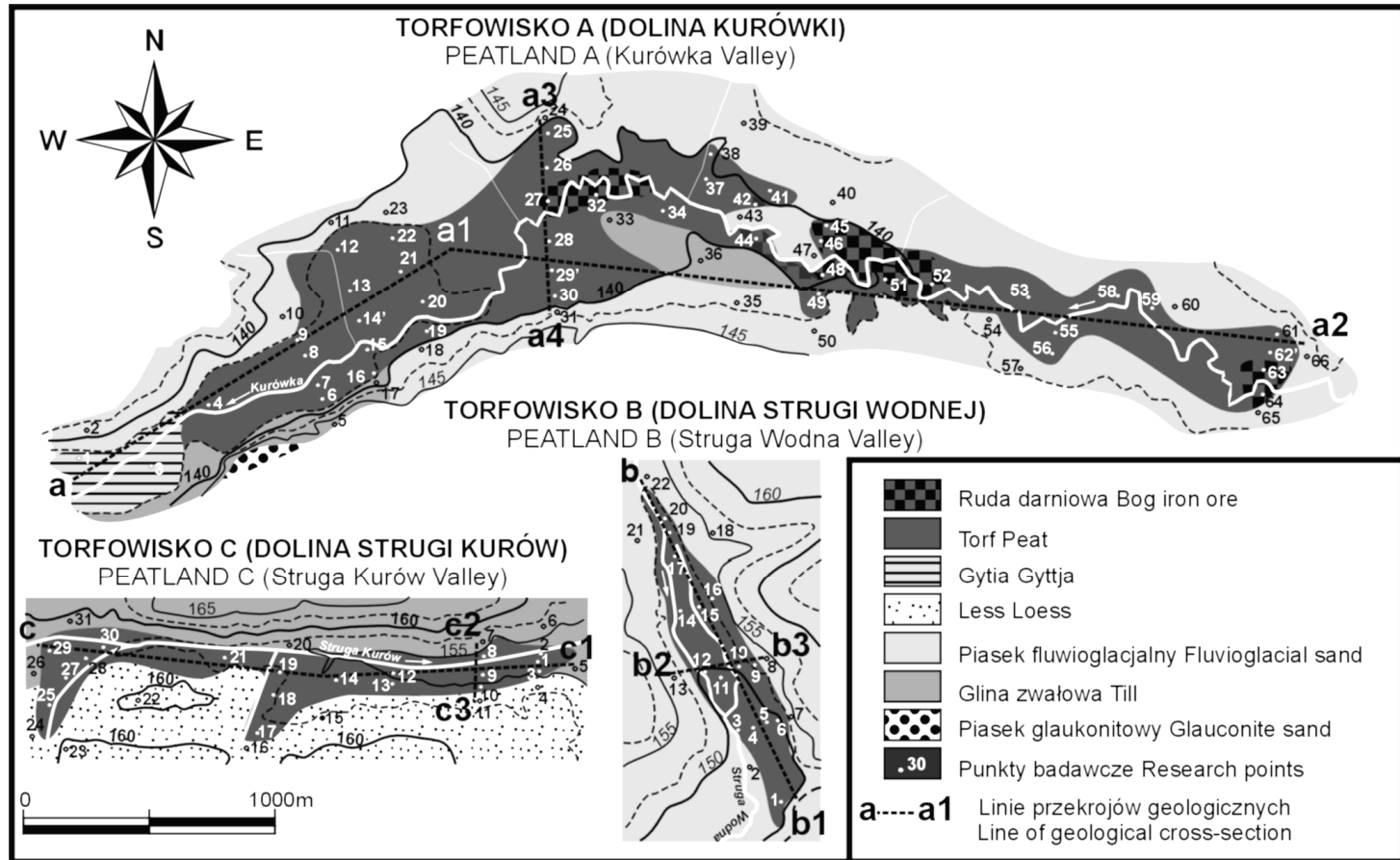


Rys. 1. Lokalizacja badanych torfowisk (A, B i C); źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Location of studied peatlands (A, B and C); source: own elaboration

Omawiane torfowiska zaliczono do torfowisk dolinowych [BOROWIEC 1990]. Takie torfowiska zajmują nieckowate obniżenia w obrębie dolin o różnej genezie, ograniczone wyraźnymi przewężeniami, pełniącymi rolę progów piętrzących wodę w obrębie doliny. Doliny o podobnym charakterze łączą zazwyczaj obniżenia wytopiskowe lub egzaracyjne i występują w obszarach staro- i młodoglacjalnych [DEMBEK 2000].

Badane torfowiska reprezentują typ torfowisk dolinowych o odmiennej budowie geologicznej obszarów przyległych. Torfowiska A i B są położone na obszarze kemowym w obrębie Wysoczyzny, zaś torfowisko C – na granicy Wysoczyzny i zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego (rys. 2).



Rys. 2. Mapy geologiczne badanych torfowisk; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Geological maps of studied peatlands; source: own studies

Torfowisko A zajmuje rozległe obniżenie w obrębie doliny rzeki Kurówka. Zbocza zachodniej części doliny wykazują wyraźną asymetrię. Północne zbocze jest zbudowane z piasków fluwioglacjalnych i ma mniejsze nachylenie niż zbudowane z glin zwałowych południowe zbocze. W zachodniej części torfowiska pod warstwą torfu oraz miejscami na powierzchni stwierdzono występowanie gytii ilastej. Zbocza centralnej i wschodniej części doliny są zbudowane z piasków fluwioglacjalnych. Ponadto miejscami w centralnych strefach doliny Kurówki, poza obszarem torfowiska stwierdzono występowanie gliny zwałowej.

Torfowisko A jest zbudowane w spągowych partiach z torfów szuwarowych o maksymalnej miąższości 1,8 m w punktach A48 i A49 (rys. 3). Na torfach szuwarowych, a miejscami w całej miąższości torfowiska, występują torfy olesowe, których maksymalna miąższość wynosi 1,9 m (punkt A20). W spągu torfowiska stwierdzono obecność licznych mniejszych zagłębień, w których pod warstwą torfu występują namuły organiczne. W dwóch wierceniach w obrębie zagłębień, w których miąższość torfu jest największa, stwierdzono występowanie torfów turzycowiskowych o miąższości 3,5 m (punkt A6) i 2,0 m (punkt A29).

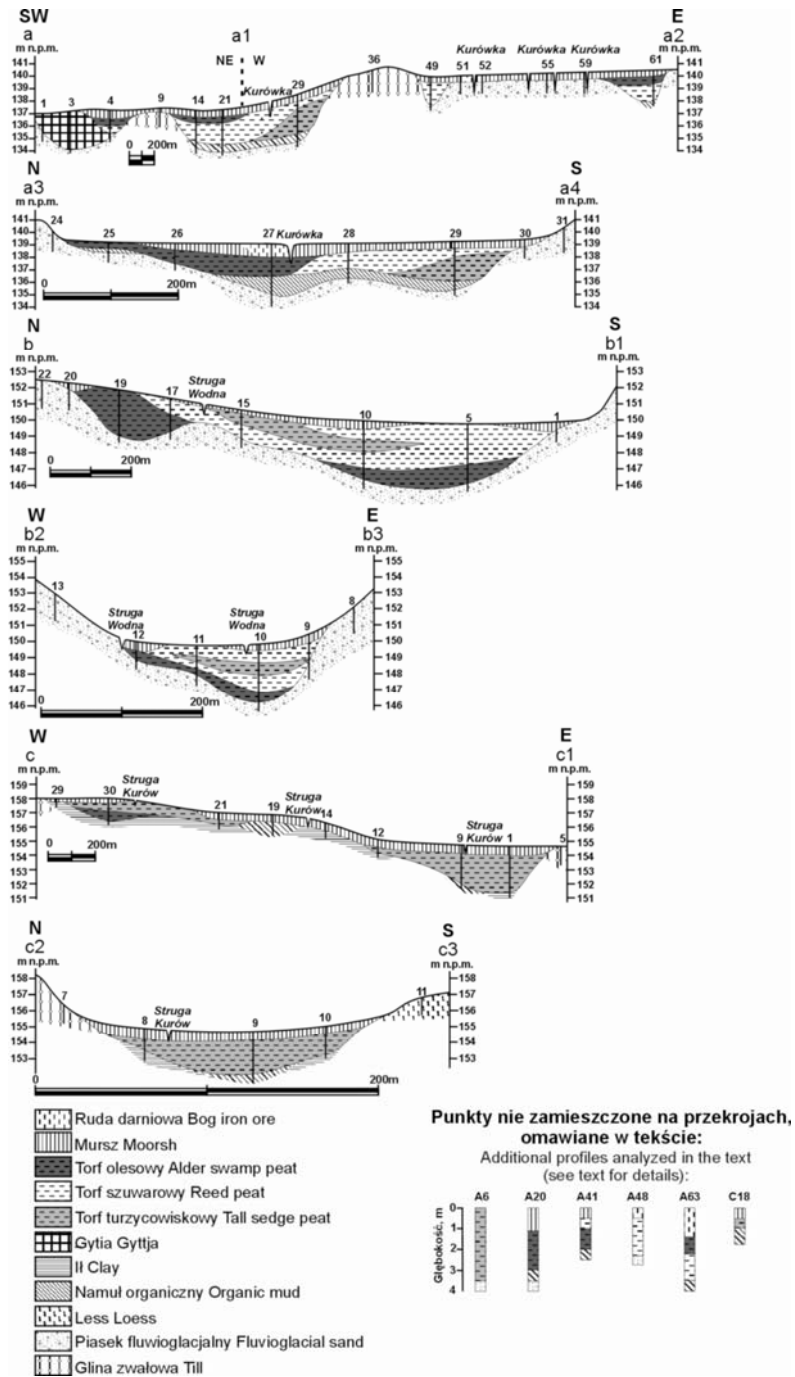
W stropowych partiach torfowiska występuje warstwa murszu o zmiennej miąższości (rys. 3). Ponadto w sąsiedztwie koryta Kurówki miejscami występują rudy darniowe, osady silnie wzbogacone w związki żelaza, o rdzawym zabarwieniu. Rudy darniowe powstają w wyniku procesów biochemicznych i oksydacyjnych, na terenach o dużej wilgotności, w tym na torfowiskach [RATAJCZAK 2004]. Maksymalną miąższość rud darniowych stwierdzono w punkcie A63 (1,4 m).

Torfowisko B jest położone w obrębie niewielkiej doliny dopływu Kurówki – Strugi Wodnej. Maksymalna szerokość doliny na badanym odcinku nie przekracza 300 m, a torfowisko zajmuje całą jej szerokość. Stoki doliny Strugi Wodnej są zbudowane z piasków fluwioglacjalnych tarasów kemowych, przylegających do Wysoczyzny.

Maksymalna miąższość torfów w obrębie tego torfowiska wynosi 3,7 m (punkt B5). Torfowisko jest zbudowane w większości z torfów szuwarowych, których miąższość osiąga miejscami 2,5 m (punkt B5). W północnej części torfowiska i w spągowych partiach jego centralnej części występują torfy olesowe. Stwierdzona miąższość torfów olesowych w części północnej osiąga 2,3 m (punkt B19), zaś w części centralnej nie przekracza 1,2 m. Ponadto w centralnej części torfowiska występują przewarstwienia torfów turzycowiskowych o maksymalnej miąższości 1,0 m (punkt B10).

Na obrzeżach torfowiska B, gdzie miąższość torfów jest najmniejsza, występuje warstwa murszu, której miąższość osiąga maksymalnie 0,5 m. Niewielką miąższość murszu stwierdzono również w centralnej części torfowiska, w punktach B10 i B15.

Torfowisko C, podobnie jak torfowiska A i B, reprezentuje typ torfowisk dolinowych. Dolina Strugi Kurów, w której znajduje się torfowisko, ma odmienną bu-



Rys. 3. Przekroje geologiczne badanych torfowisk; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Geological cross-sections of studied peatlands; source: own studies

dowę od dolin Kurówki i Strugi Wodnej. Północne zbocze jest zbudowane z glin zwałowych, zaś południowe – z lessów.

Torfowisko to jest zbudowane z silnie zamulonych torfów turzycowiskowych. Lokalnie w części zachodniej i brzeżnych partiach wschodniej części torfowiska występują torfy olesowe. Miąższość torfów w obrębie torfowiska wykazuje wyraźne zróżnicowanie. Największą miąższość torfów (2,8 m) stwierdzono w zagłębieniu we wschodniej części torfowiska w punkcie C1. W zachodniej części miąższość torfów nie przekracza 1,1 m (punkt C30). W części centralnej niewielką miąższość torfu (0,5 m) stwierdzono jedynie w punkcie C18. W stropie torfowiska występuje warstwa murszu o maksymalnej miąższości 0,7 m (punkt C8), a w spągu ił, zawierający średnio 5% substancji organicznej oraz miejscami namuły organiczne.

METODY BADAŃ

W celu rozpoznania budowy geologicznej w rejonie badanych torfowisk wykonano 119 wierceń, z czego 77 w obrębie torfowisk i 42 w ich bezpośrednim sąsiedztwie. W każdym punkcie badawczym przewiercono całą miąższość torfów.

Do oznaczenia popielności i odczynu w punktach badawczych pobrano 122 próbki torfów. Podczas pobierania próbek określano każdorazowo rodzaj i stopień rozkładu torfu. Próbki do badań laboratoryjnych pobierano każdorazowo, gdy stwierdzono makroskopowo zmianę składu botanicznego lub stopnia rozkładu torfu, nie rzadziej niż co 30 cm.

Popielność torfów oznaczano, prażąc próbki w temperaturze 550°C [DIN 18128].

Odczyn badanych torfów oznaczono w zawiesinie z wodą destylowaną (stosunek fazy stałej do ciekłej równy 1:2,5) metodą elektrometryczną [MYŚLIŃSKA 2001]. Do pomiarów stosowano pehametr mikrokomputerowy CPI – 551.

W celu określenia składu chemicznego składników mineralnych w badanych torfach w wytypowanych próbkach oznaczono całkowitą zawartość pierwiastków głównych: krzemu, glinu, żelaza, sodu, potasu, wapnia i magnezu. Oznaczono ją w popiele pozostałym po prażeniu próbek z wytypowanych sześciu profili pionowych badanych torfowisk: punkty A29 i A41 z torfowiska A (10 próbek), punkty B9 i B19 z torfowiska B (10 próbek) oraz punkty C1 i C30 z torfowiska C (11 próbek). W wybranych profilach występują wszystkie obecne w danym torfowisku rodzaje torfu. Otrzymane wyniki przeliczono na suchą masę, uwzględniając popielność poszczególnych torfów. Zawartość K, Na, Ca, Mg oraz Fe oznaczono metodą absorpcji atomowej z atomizacją w płomieniu (FAAS), zaś zawartość Si i Al z atomizacją elektrotermiczną (GFAAS) na spektrometrze typu AAnalyst 300 firmy Perkin Elmer.

Tabela 1. Popielność, odczyn oraz skład chemiczny i mineralny badanych torfów

Rodzaj osadu Type of sediment	Popielność, % Ash content, %	pH _{H₂O}	Zawartość w suchej masie torfu, % wagowe	
			SiO ₂	K ₂ O
Torfowisko A				
Torfy olesowe Alder peats	<u>60,34</u> 24,55–79,85 (25)	<u>5,74</u> 4,35–6,92 (25)	<u>16,86</u> 12,60–21,11 (3)	<u>0,39</u> 0,34–0,44 (3)
Torfy szuwarowe Rush peats	<u>44,30</u> 17,11–79,81 (24)	<u>5,80</u> 4,27–6,84 (24)	<u>28,05</u> 26,68–29,43 (2)	<u>0,39</u> 0,23–0,54 (2)
Torfy turzycowiskowe Sedge peats	<u>23,62</u> 15,46–48,32 (9)	<u>5,53</u> 5,36–5,89 (9)	<u>3,53</u> 2,22–4,30 (3)	<u>0,09</u> 0,09–0,10 (3)
Średnio Mean	48,16 (58)	5,80 (58)	14,65 (8)	0,34 (8)
Torfowisko B				
Torfy olesowe Alder peats	<u>34,99</u> 14,09–77,38 (12)	<u>5,57</u> 4,31–6,51 (12)	<u>24,47</u> 4,59–55,31 (4)	<u>0,31</u> 0,06–0,66 (4)
Torfy szuwarowe Rush peats	<u>33,82</u> 10,54–74,47 (18)	<u>6,39</u> 5,34–7,25 (18)	<u>8,68</u> 1,37–23,19 (3)	<u>0,04</u> 0,02–0,07 (3)
Torfy turzycowiskowe Sedge peats	<u>17,08</u> 11,70–30,31 (6)	<u>6,26</u> 5,56–6,94 (6)	<u>2,30</u> 1,81–2,79 (2)	<u>0,05</u> 0,03–0,08 (2)
Średnio Mean	31,97 (36)	6,11 (36)	14,28 (9)	0,16 (9)
Torfowisko C				
Torfy olesowe Alder peats	<u>45,68</u> 26,64–67,19 (8)	<u>6,81</u> 6,29–7,35 (8)	<u>12,01</u> 9,71–14,31 (2)	<u>0,11</u> 0,10–0,12 (2)
Torfy turzycowiskowe Sedge peats	<u>56,49</u> 21,88–72,94 (20)	<u>7,19</u> 6,85–7,44 (20)	<u>3,62</u> 0,47–9,40 (7)	<u>0,08</u> 0,01–0,19 (7)
Średnio Mean	53,40 (28)	7,12 (28)	5,48 (9)	0,08 (9)

Objaśnienia: nad kreską podano wartość średnią, poniżej – zakres, w nawiasach – liczbę oznaczeń.

Źródło: wyniki własne.

W celu jakościowego określenia składu mineralnego próbki fotografowano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego JSM-6380LA sprzężonego z mikrosondą elektronową EDS firmy JEOL. Analizom poddano zarówno próbki zawierające substancję organiczną (próbki surowe), jak i pozbawione jej przez

Table 1. Ash content, pH and chemical and mineral composition of studied peats

Content in dry peat mass, % by weight					Zidentyfikowane minerały
Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Identified minerals
Peatland A					
<u>0,067</u> 0,066–0,067 (3)	<u>2,54</u> 2,15–2,94 (3)	<u>0,35</u> 0,32–0,38 (3)	<u>4,58</u> 3,08–6,08 (3)	<u>7,56</u> 7,08–8,04 (3)	kwarc, skalenie potasowe i sodowe, szczawiany wapnia (?), illit, gips, piryt, glaukonit (?)
<u>0,047</u> 0,022–0,072 (2)	<u>1,28</u> 1,13–1,43 (2)	<u>0,29</u> 0,21–0,37 (2)	<u>7,87</u> 3,14–12,61 (2)	<u>4,51</u> 3,51–5,50 (2)	
<u>0,026</u> 0,020–0,030 (3)	<u>2,72</u> 2,44–3,05 (3)	<u>0,26</u> 0,25–0,27 (3)	<u>1,69</u> 1,02–2,28 (3)	<u>2,30</u> 1,98–2,68 (3)	
0,048 (8)	2,01 (8)	0,30 (8)	4,33 (8)	4,82 (8)	kwarc, skalenie potasowe i sodowe, szczawiany wapnia (?), illit, gips, piryt, glaukonit (?)
Peatland B					
<u>0,036</u> 0,018–0,069 (4)	<u>1,12</u> 0,13–2,37 (4)	<u>0,33</u> 0,24–0,46 (4)	<u>4,73</u> 1,05–10,27 (4)	<u>6,62</u> 3,64–9,18 (4)	kwarc, skalenie potasowe i sodowe, szczawiany wapnia (?), illit, gips, piryt
<u>0,018</u> 0,016–0,021 (3)	<u>2,46</u> 2,38–2,62 (3)	<u>0,13</u> 0,12–0,14 (3)	<u>1,02</u> 0,43–2,14 (3)	<u>0,63</u> 0,43–0,82 (3)	
<u>0,025</u> 0,025–0,026 (2)	<u>2,07</u> 2,01–2,12 (2)	<u>0,20</u> 0,13–0,26 (2)	<u>0,67</u> 0,38–0,95 (2)	<u>2,01</u> 0,61–3,42 (2)	
0,027 (9)	1,95 (9)	0,22 (9)	2,59 (9)	3,46 (9)	kwarc, skalenie potasowe i sodowe, szczawiany wapnia (?), illit, gips, piryt, glaukonit (?)
Peatland C					
<u>0,017</u> 0,011–0,023 (2)	<u>6,38</u> 3,64–9,12 (2)	<u>0,42</u> 0,24–0,59 (2)	<u>2,06</u> 1,97–2,15 (2)	<u>4,15</u> 3,92–4,39 (2)	kalcyt, kwarc, illit, skalenie potasowe, szczawiany wapnia (?)
<u>0,036</u> 0,024–0,048 (7)	<u>10,27</u> 5,52–13,19 (7)	<u>0,34</u> 0,26–0,41 (7)	<u>0,81</u> 0,10–1,91 (7)	<u>1,23</u> 0,13–5,85 (7)	
0,033 (9)	9,61 (9)	0,35 (9)	0,98 (9)	1,98 (9)	

Explanations: mean values – above the line, range – below the line, number of determinations – in brackets.

Source: own studies.

usunięcie za pomocą 30-procentowej wody utlenionej (próbki preparowane). Interpretacja zdjęć SEM próbek torfów i jednocześnie zastosowanie mikros sondy daje szeroką gamę informacji o osadzie, co umożliwia kompleksowe analizy próbek torfu w trakcie jednego badania [RYDELEK 2006].

WYNIKI BADAŃ

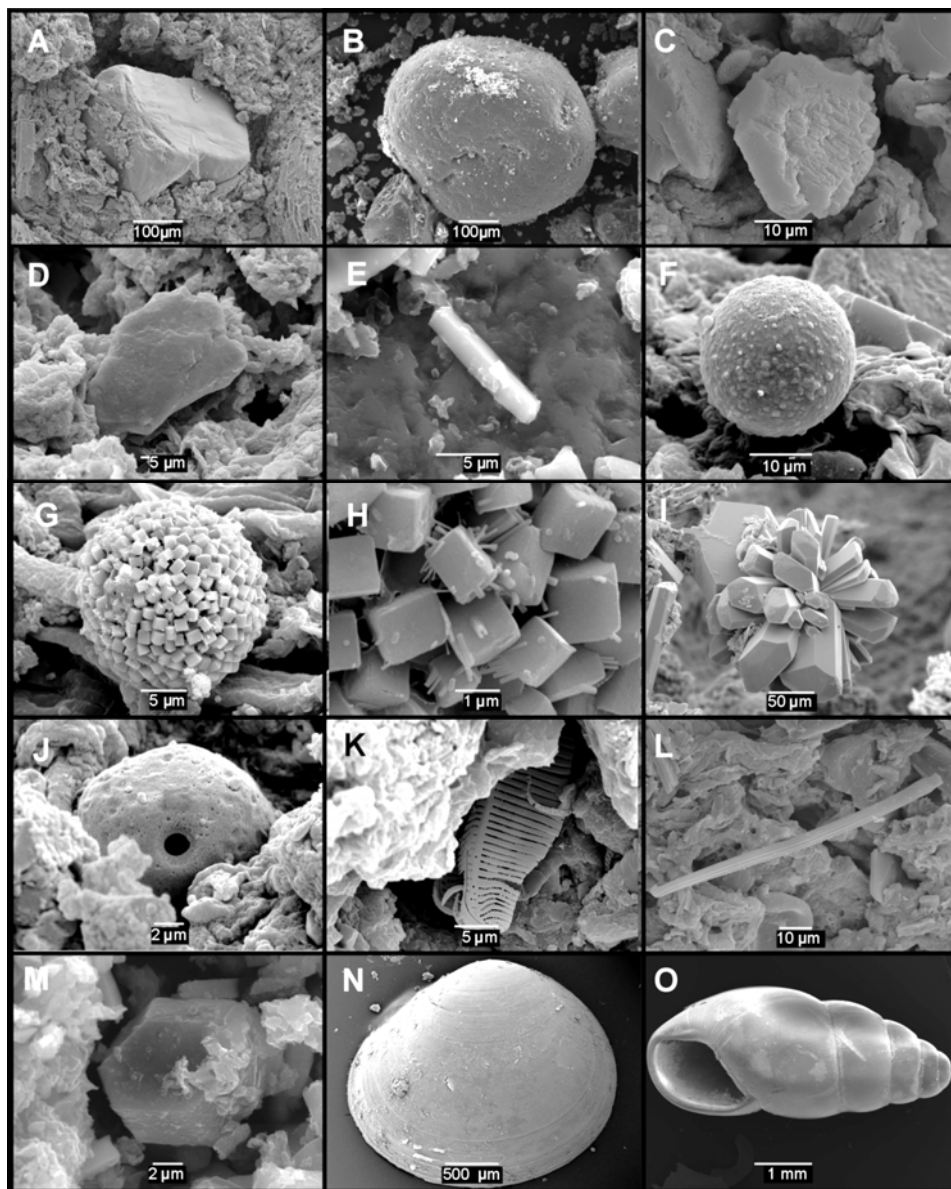
Torfy budujące badane torfowiska okazały się zróżnicowane pod względem zawartości i składu części mineralnych (tab. 1). Najsilniej zamulone torfy występują w obrębie torfowiska C (średnia popielność 53%), zaś najmniej – torfy budujące torfowisko B (średnia popielność 32%). Ponadto stwierdzono, że w obrębie każdego torfowiska największą popielność mają torfy występujące w partiach brzeżnych, w bezpośrednim sąsiedztwie stoków dolin [RYDELEK 2005].

Głównym składnikiem części mineralnych torfów w torfowiskach A i B jest krzem, którego zawartość w postaci tlenkowej (SiO_2) w badanych próbkach wynosi średnio 15% w torfowisku A i 14% w torfowisku B. Ponadto w badanych torfach stwierdzono dużą zawartość glinu i żelaza (średnio 4% Al_2O_3 i 5% Fe_2O_3 w torfowisku A oraz odpowiednio 2,6 i 3,5% w torfowisku B), a także wapnia (2% CaO). Zawartości potasu i magnezu nie przekraczają 1%, zaś sód występuje w ilościach nie większych niż 0,1%.

Torfy pochodzące z torfowiska C miały odmienny skład chemiczny niż z torfowisk A i B. Stwierdzono w nich największą zawartość wapnia, średnio pięciokrotnie więcej (ok. 10%) niż z torfowisk A i B, natomiast najmniejszą zawartość krzemu, glinu, żelaza i potasu.

Składniki mineralne, zidentyfikowane w badanych torfach, przedstawiono na rysunku 4. W torfach wszystkich torfowisk zidentyfikowano ziarna kwarcu (rys. 4A, B) oraz pojedyncze glinokrzemiany w postaci skaleni potasowych (rys. 4C) i plagioklazów oraz minerały ilaste z grupy illitu (rys. 4D). Ponadto w próbkach preparowanych torfów wszystkich torfowisk stwierdzono występowanie kryształów, zawierających duże ilości wapnia (rys. 4E), prawdopodobnie szczawianów, powstających najprawdopodobniej jako artefakty w trakcie reakcji H_2O_2 z osadem zawierającym większe ilości wymiennego wapnia [KULESZA-WIEWIÓRA 1990]. Ponadto w próbkach torfów pobranych w południowej części torfowiska A (punkt A6), w sąsiedztwie wychodni oligoceńskich piasków glaukonitowych, zidentyfikowano pojedyncze kuliste formy o składzie glaukonitu (rys. 4F).

W torfach torfowisk A i B stwierdzono występowanie znacznych ilości pirytu framboidalnego (rys. 4G, H), gipsu (rys. 4H, I) oraz pojedynczych utworów przetrwalnikowych – cyst (rys. 4J), szkieletów okrzemek (rys. 4K) i igieł gąbek (rys. 4L). W torfach budujących torfowisko C – poza kwarcem i glinokrzemianami – zidentyfikowano również bardzo liczne kryształy kalcytu (rys. 4M) oraz liczne muszle małży (rys. 4N) i ślimaków (rys. 4O).



Rys. 4. Składniki mineralne w badanych torfach: A, B – kwarc, C – skaień potasowy, D – minerał ilasty z grupy illitu, E – szczawian wapnia (?), F – glaukonit (?), G – piryt framboidalny, H – gips na kryształach pirytu, I – gips, J – cysta, K – fragment okrzemki, L – igła gąbki, M – kalcyt, N – groszkówka (*Pisidium pseudospherium*), O – błyszczotka połyskliwa (*Cochlicopa lubrica*); źródło: wyniki własne

Fig. 4. Mineral components of studied peats: A, B – quartz, C – potassium feldspar, D – clay mineral of the illite group, E – calcium oxalate, F – glauconite, G – framboidal pyrite, H – gypsum on pyrite crystals, I – gypsum, J – cyst, K – a fragment of diatom, L – a needle of sponge, M – calcite, N – the pea clam (*Pisidium pseudospherium*), O – the glossy pillar (*Cochlicopa lubrica*); source: own studies

DYSKUSJA WYNIKÓW

Składniki mineralne zidentyfikowane w badanych torfach można podzielić na trzy grupy: składniki pochodzenia allochtonicznego, dostarczane do torfowiska w postaci materiału detrytycznego, formy autogeniczne, powstające w obrębie torfowiska, oraz składniki mineralne pochodzenia biogenicznego.

Składniki pochodzenia allochtonicznego. Spośród oznaczonych składników mineralnych do tej grupy zaliczono: kwarc, skalenie, minerały ilaste oraz kuliste formy o składzie glaukonitu (zidentyfikowane w torfowisku A), dostarczane do torfowisk w postaci materiału detrytycznego ze zboczy dolin oraz w wyniku procesów eolicznych i okresowych zalewów wód powierzchniowych. Ziarna kwarcu, pochodzące z torfów budujących torfowisko C, wykazują obtoczenie, charakterystyczne dla transportu eolicznego (rys. 4B); ich transport do torfowiska odbywał się najprawdopodobniej ze zbudowanego z lessów Płaskowyżu Nałęczowskiego.

Składniki autogeniczne. Typowym przykładem minerału autogenicznego, obecnego w torfach torfowisk A i B, jest piryt framboidalny w postaci sferycznych agregatów. Tworzą go gęsto upakowane kryształy (rys. 4G, H), które powstały w wyniku redukcji obecnych w torfie związków siarki, z udziałem bakterii. Wzbogacenie torfów w piryt framboidalny opisywane jest m.in. na podstawie wierceń w torfowiskach północno-zachodnich rejonów Niemiec [DELLWIG i in. 2001; 2002]. Określenie rozmiarów poszczególnych framboidów wykorzystuje się do odtworzenia środowiska (szczególnie warunków utleniająco-redukcyjnych), w którym powstały. Średnice framboidów, pochodzących ze współczesnych osadów powstających w warunkach beztlenowych (zawartość tlenu poniżej $0,1 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$), wynoszą $5,0 \pm 1,7 \text{ }\mu\text{m}$, zaś średnice ponad $8,0 \text{ }\mu\text{m}$ świadczą o powstawaniu w środowisku tlenowym (zawartość tlenu $1\text{--}6 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$) lub dysoksydacyjnym ($0,1\text{--}1,0 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$) [WIGNALL, NEWTON 1998; WILKIN i in. 1996]. Agregaty pirytu framboidalnego, obserwowane w badanych próbkach torfu, osiągają rozmiary ponad $10 \text{ }\mu\text{m}$, co wskazuje na przyrost kryształów w warunkach dostępu tlenu. Takie warunki mogły panować we wczesnych etapach rozwoju torfowiska lub w etapach późniejszych, w trakcie okresowych niskich stanów zwierciadła wód podziemnych.

Obecność pirytu w badanych torfach ma istotny wpływ na wartość pH. Produktem utleniania pirytu mogą być siarczany, których obecność prowadzi do obniżenia pH. Wartości pH torfów torfowisk A i B były zdecydowanie mniejsze niż torfów budujących torfowisko C (tab. 1).

W próbkach torfów z torfowisk A i B stwierdzono również obecność kryształów gipsu. Idiomorficzny pokrój kryształów może świadczyć o braku transportu i krystalizacji w obrębie osadu. Pochodzenie gipsu w próbkach badanych torfów należy wiązać z dwoma procesami. W próbkach zawierających piryt framboidalny gips może powstawać jako produkt utleniania pirytu (rys. 4H). W pozostałych przypadkach może on krystalizować z wód porowych, w których źródłem siarczanów mogą być wody podziemne, zaś wapń może pochodzić zarówno z wód, jak

i z substancji organicznej. W obu przypadkach gips powstaje w obrębie torfowiska jako minerał autogeniczny. KALAITZIDIS i CHRISTANIS [2003] opisali na przykład autogeniczne kryształy gipsu z torfowisk północno-wschodniej Grecji.

Mikroskopijne kryształy kalcytu, zidentyfikowane w torfach torfowiska C, wykazują, podobnie jak w przypadku gipsu w torfowiskach A i B, idiomorficzny pokrój, co może wskazywać na krystalizację w obrębie osadu. Obecność kalcytu w istotny sposób wpływa na zwiększenie pH badanych torfów (tab. 1).

Składniki mineralne pochodzenia biogenicznego. Do tej grupy składników zaliczono pojedyncze fragmenty okrzemek, utwory przetrwalnikowe (cysty) oraz igły gąbek, zidentyfikowane w torfach torfowisk A i B, oraz liczne muszle ślimaków i małży, zidentyfikowane w torfach z torfowiska C. Zarówno okrzemki, jak i cysty oraz gąbki wzbogacają badane torfy w biogeniczną krzemionkę. Ponadto okrzemki pełnią rolę w odtwarzaniu genezy osadów i często są traktowane jako czułe bioindykatory. Na podstawie zróżnicowania gatunkowego okrzemek można odtwarzać zarówno warunki przepływu wód w zbiornikach sedymentacyjnych i wahań poziomu wody, jak też temperaturę i odczyn (pH) wody [MANNION 1986]. Aragonitowe muszle mięczaków, pochodzące z torfowiska C, mogą stanowić dodatkowe źródło węglanu wapnia, wpływającego na zwiększenie wartości pH.

WNIOSKI

1. Stwierdzono wyraźne podobieństwa w składzie chemicznym i mineralnym torfów torfowisk A i B. Największy wpływ na popielność torfów z tych torfowisk ma zawartość krzemu, związana z obecnością składników allochtonicznych w postaci kwarcu i glinokrzemianów, pochodzących najprawdopodobniej ze zboczy dolin zbudowanych z piasków fluwioglacjalnych oraz dostarczanych do torfowiska przez wody powierzchniowe i wiatr. Najpospolitszymi minerałami autogenicznymi w torfowiskach A i B są piryt oraz gips.

2. W obrębie torfowiska C największy wpływ na popielność torfów ma zawartość wapnia, związana z obecnością w torfach autogenicznych węglanów w postaci kryształów kalcytu oraz składników biogenicznych w postaci aragonitowych muszli mięczaków. Źródłem węglanu wapnia są najprawdopodobniej wody podziemne, zasilające torfowisko od strony Płaskowyżu Nałęczowskiego.

3. Zróżnicowanie składu chemicznego i mineralnego torfów należy wiązać z budową geologiczną badanych torfowisk, składem chemicznym wód zasilających torfowiska oraz procesami fizykochemicznymi, zachodzącymi w ich obrębie.

LITERATURA

ANDREJKO M.J., FIENE F., COHEN A.D. 1983a. Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats. W: Testing of peats and organic soils. Pr. zbior. Red. P.M. Jarret.

- Philadelphia, PA, USA. American Society for Testing and Materials. Special Technical Publication. No 820 s. 5–20.
- ANDREJKO M.J., COHEN A.D., RAYMOND R. Jr. 1983b. Origin of mineral matter in peat. W: Proceedings of Workshop on mineral matter in peat: its occurrence, form, and distribution. Sept. 26–30. Los Alamos, NM, USA. Pr. zbior. Red. R. Raymond Jr., M.J. Andrejko. Los Alamos National Laboratory s. 3–24.
- BOROWIEC J. 1990. Torfowiska Regionu Lubelskiego. Warszawa. PWN ss. 348.
- DELLWIG O., WATERMANN F., BRUMSACK H.-J., GERDES G., KRUMBEIN W.E. 2001. Sulphur and iron geochemistry of Holocene coastal peats (NW Germany): a tool for palaeoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 167 no. 3 s. 359–379.
- DELLWIG O., BÖTTCHER M.E., LIPINSKI M., BRUMSACK H.-J. 2002. Trace metals in Holocene coastal peats and their relation to pyrite formation (NW Germany). *Chemical Geology*. Vol. 182 (2–4) s. 423–442.
- DEMBEK W. 2000. Wybrane aspekty zróżnicowania torfowisk w młodo- i starogłacjalnych krajobrazach Polski Wschodniej. Rozprawy habilitacyjne. Falenty. Wydaw. IMUZ ss. 175.
- DIN 18128 – Baugrund, Versuche und Versuchsergäbe-Bestimmung des Glühverlustes.
- GRUMPELT H. 1991. Peat. W: Ullmann's encyclopedia of chemical industrial chemistry. Pr. zbior. Red. B. Elvers, S. Hawkins, G. Schulz. Wyd. 5. Vol. 19A. Weinheim. VCH s. 15–48.
- HOBBS N.B. 1986. Mire morphology and the properties and behaviour of some British and foreign peats. *Quarterly Journal of Engineering Geology*. Vol. 19 no. 1 s. 7–80.
- KALAITZIDIS S., CHRISTANIS K. 2003. Scanning electron microscope studies of the Philippi peat (NE Greece): initial aspects. *International Journal of Coal Geology*. Vol. 54 no. 1 s. 69–77.
- KULESZA-WIEWIÓRA K. 1990. Preparatyka próbek do badań mineralogicznych i fizyczno-chemicznych. W: Metody badań gruntów spoistych. Pr. zbior. Red. B. Grabowska-Olszewska. Warszawa. Wydaw. Geol. s. 130–141.
- LUCAS R.E. 1982. Organic soils (Histosols). Formation, distribution, physical and chemical properties and management for crop production. Michigan State University Farm Science Research Report. No 435 s. 3–77.
- MANNION A.M. 1986. Diatoms: Algal indicators of environmental change. P. 2. Applications. London. Department of Geography University of Reading s. 1–34.
- MYŚLIŃSKA E. 2001. Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Warszawa. PWN ss. 208.
- OKRUSZKO H. 1994. System of hydrogenic soil classification used in Poland. W: Taxonomy of hydrogenic soils and sites used in Poland. Pr. zbior. Red. H. Okruszko. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 84 s. 5–27.
- PN-85/G-02500: Torf – genetyczny podział surowca.
- RATAJCZAK T. 2004. Rudy darniowe – przeszłość i teraźniejszość. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. Vol. 20 z. specj. 2 s. 7–17.
- RYDELEK P. 2006. Application of scanning electron microscope (SEM) in peat studies. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 15 no. 5D s. 117–121.
- RYDELEK P. 2005. Genetyczne uwarunkowania przestrzennej zmienności zawartości węgla organicznego i siarki w obrębie torfowiska w dolinie rzeki Kurówki. *Przegląd Geologiczny*. Vol. 53 no. 8 s. 673–676.
- STEINMANN P., SHOTYK W. 1997a. Geochemistry, mineralogy, and geochemical mass balance on major elements in two peat bog profiles (Jura Mountains, Switzerland). *Chemical Geology*. Vol. 138 no. 1–2 s. 25–53.
- STEINMANN P., SHOTYK W. 1997b. Chemical composition, pH, and redox state of sulfur and iron in complete vertical porewater profiles from two Sphagnum peat bogs, Jura Mountains, Switzerland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 61 no. 6 s. 1143–1163.
- WIGNALL P.B., NEWTON R. 1998. Pyrite framboid diameter as a measure of oxygen deficiency in ancient mudrocks. *American Journal of Science*. Vol. 298 no. 7 s. 537–552.

WILKIN R.T., BARNES H.L., BRANTLEY S.L. 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 60 no. 20 s. 3897–3912.

Paweł RYDELEK

**ORIGIN AND COMPOSITION OF MINERAL PARTICLES
OF SELECTED PEAT DEPOSITS IN LUBARTOWSKA UPLAND**

Key words: lowland peat, mineral components, SEM/EDS method, valley peatland

S u m m a r y

Results of a study on chemical and mineral composition of inorganic parts of peats building three lowland bogs in Lubartowska Upland are presented in this paper together with the estimation of the origin of particular components.

Distinct similarities in the chemical composition of peats were found in lowland bogs situated in the central part of the upland in a kame area. Silicon is the dominating inorganic component in these bogs. In a lowland bog situated in southern part of the upland, near Nałęczów Plateau, the main mineral component is calcium.

Three groups of mineral components were found in studied peats depending on their origin: components of allochthonous origin delivered to the bog as detritus (mainly quartz, feldspars and clay minerals), autogenic forms produced within the bog (mainly pyrite, gypsum, carbonates) and mineral components of biogenic origin (mainly diatom skeletons, shells of mollusks, needles of sponges, cysts).

It was found that the different composition of mineral parts of analysed peats was mainly associated with their geological structure – in particular with the lithology of sediments building valley slopes where the bogs are situated.

Application of the SEM/EDS method enabled – apart from determining mineral composition of studied peats – estimation of the origin of particular components.

Recenzenci:

prof. dr hab. Henryk Banaszuk

prof. dr hab. Wiesław Dembek

Praca wpłynęła do Redakcji 01.03.2011 r.