

Mikromorfologia pararendzin brunatnych utworzonych z pokryw stokowych w Pieninach*

Micromorphology of “brown pararendzina soils” (*Skeleti-Endoleptic Cambisols*) developed from slope covers in the Pieniny Mts.

ANDRZEJ KACPRZAK, MARCIN ŻYŁA

Zakład Gleboznawstwa i Geografii Gleb, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

Abstract. The paper presents results of a study of two profiles considered as representative for the group of “brown pararendzina soils” (*Skeleti-Endoleptic Cambisols*) described in the area of the Pieniny Mts. Microstructures and pedofeatures observed in micromorphological analyses confirm macroscopic observations made in the profiles and support the thesis that the specific properties of those soils result from the occurrence of discontinuities between slope covers and bedrock in their profiles.

CEL I ZAKRES PRACY

Badania nad rolą pokryw stokowych i związanych z nimi nieciągłości litologiczno-pedogenicznych w kształtowaniu właściwości gleb były, jak dotąd, prowadzone w Polsce jedynie w stosunkowo niewielkim zakresie. Nadal brakuje wystarczającej ilości danych by opracować wiarygodne, ponadlokalne modele opisujące wykształcenie pokryw stokowych i nieciągłości litologiczno-pedogenicznych.

Obszar Pienin, charakteryzujący się bardzo złożoną pokrywą glebową ze względu na skomplikowaną, mozaikową budowę geologiczną i urozmaiconą rzeźbę z dużym udziałem stromych stoków, wydaje się być terenem szczególnie dogodnym do prowadzenia tego typu badań. W dotychczasowej literaturze występowanie na terenie Pienin poszczególnych jednostek systematycznych

gleb wiązano bezpośrednio z charakterystyką litologicznego podłoża skalnego (Adamczyk i in. 1980, 1982; Niemyska-Lukaszuk i in. 2002). Zagórski (1999a, b) w pracach z obszaru Małych Pienin zwrócił uwagę na znaczenie procesów stokowych i postulował konieczność dalszych badań nad rolą procesów morfogenetycznych w kształtowaniu cech substratu glebowego.

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie wyników badań nad rolą redeponowanych pokryw stokowych w genezie gleb obszaru Pienin na przykładzie pararendzin brunatnych – gleb, których specyficzne właściwości uwypuklają istnienie w obrębie profili charakterystycznych nieciągłości. Badania mikromorfologiczne, szeroko stosowane w naukach o glebie, dotychczas nie były intensywnie wykorzystywane w studiach nad pokrywami stokowymi, które zazwyczaj koncentrowały się na cechach morfologicznych i strukturalno-teksturalnych (m.in. Kowalkowski i in. 1992; Kowalkowski 1998; Kacprzak 2003).

* Praca wykonana w ramach grantu MNiI nr3 P04 045 25.

METODYKA BADAŃ

Laboratoryjne analizy podstawowych właściwości badanych gleb przeprowadzono zgodnie z metodyką powszechnie stosowaną w badaniach gleboznawczych (Oleksynowa i in. 1993): odczyn został oznaczony potencjometrycznie w roztworze wody destylowanej i 1M KCl w proporcji 1:2,5. Zawartość węgla organicznego oznaczono metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej. Zawartość węglanów oznaczono metodą Scheiblera i przedstawiono jako ekwiwalent węglanu wapnia. Skład granulometryczny został oznaczony metodą areometryczną, uzupełnioną dla frakcji 2,0–0,05 mm metodą sitową. Zastosowano nomenklaturę uziarnienia zgodną z PN-R-04033:1998. Barwę materiału określono w laboratorium na próbkach wilgotnych zgodnie z skalą barw Munsella (Revised Standard Soil Color Charts – 1999).

Badania mikromorfologiczne przeprowadzono na płytkach cienkich wykonanych z próbek materiału o nienaruszonej strukturze, pobieranych za pomocą tzw. puszek Kubieny o wymiarach 10 × 5 cm. Próbki, po wysuszeniu w temperaturze 45°C, utwardzono żywicą epoksydową Araldite 2020 i wykonano szlify o wymiarach 7,5 × 5 cm.

Przyjęte zasady opisu mikromorfologicznego

Analizę obrazów mikroskopowych przeprowadzono zgodnie z systemem opisu i terminologią przedstawionymi przez Stoopsa (2003), stanowiącymi rozwinięcie i uzupełnienie zasad zawartych w *Handbook for soil thin section description* (Bullock i in. 1985). Elementami analizowanymi w opisywanych szlifach były: mikrostruktura (*microstructure*) i porowatość (*porosity*), cechy pedogenetyczne (*pedofeatures*) i masa podstawowa (*groundmass*), w obrębie której wyróżniono materiał drobny czyli mikromasę (*micromass*), materiał gruby (*coarse material*), szkielet (*rock fragments*) i materię organiczną (*organic matter*).

Przez cechy pedogenetyczne (*pedofeatures*) rozumie się specyficzne jednostki strukturalne obecne w materiale glebowym, odcinające się od otaczającego materiału glebowego (masy podstawowej) dzięki różnicy w koncentracji jednego lub więcej komponentów (np. frakcji granulome-

trycznej, materii organicznej, kryształów itp.), lub dzięki różnicy w strukturze wewnętrznej. Masa podstawowa jest ogólnym terminem określającym gruby i drobny materiał (oraz występujące między nimi wolne przestrzenie), tworzący podstawowy materiał glebowy w cienkiej płytce, inny niż w cechach pedogenetycznych.

Granica pomiędzy grubym i drobnym materiałem jest umowna (ustalana dla każdej próbki osobno) i zależy głównie od uziarnienia i kontrastowości materiału. W opisywanych preparatach została przyjęta granica 5 μm, przy generalnie stosowanym przedziale 3 do 20 μm (Stoops 2003). Z materiału grubego została wyodrębniona i opisana osobno frakcja > 2 mm ze względu na istotną rolę identyfikacji materiału szkieletowego (*rock fragments*) w wyróżnianiu i interpretacji nieciągłości litologiczno-pedogenicznych. Ponieważ drobny materiał (*fine material*) znajduje się poniżej granicy rozpoznawalności pojedynczych elementów w mikroskopie optycznym, jego cechy, sposób występowania, organizacja przestrzenna oraz struktura wewnętrzna (*b-fabric*) opisane zostały na podstawie wybranych właściwości optycznych takich jak kolor, przejrzystość czy barwy interferencyjne.

CHARAKTERYSTYKA BADANYCH PROFILI

Szczegółowymi badaniami mikromorfologicznymi objęto dwa wybrane profile glebowe zaklasyfikowane jako parareńdziny brunatne (Systematyka Gleb Polski 1989). Profile te, położone na stokach o nachyleniu powyżej 10°, zlokalizowane są w różnych punktach Pienińskiego Parku Narodowego (P1 – przy drodze Krośnica–Sromowce, P2 – na polanie Wyrobek) lecz na podobnym podłożu. W spągu badanych profili, znajdują się margle i wapienie warstw nadposidonioowych (Kulka i in. 1987, 1991), tzw. wapienie z Podzamcza (Birkenmajer 1979). Utwory tego typu wskazywane były w dotychczasowych pracach (Adamczyk i in. 1980, 1982; Niemyska-Łukaszk i in. 2002) jako skały macierzyste gleb opisywanych jako parareńdziny. Zauważyć należy, że teoretycznie na takim podłożu powinny rozwijać się gleby charakteryzujące się w całym profilu występowaniem węglanów i wysokim pH.

Podstawowe właściwości badanych profili zostały zestawione w tabeli I. Zauważyć należy zróżnicowanie właściwości pomiędzy poziomami glebowymi wykształconymi w obrębie pokryw stokowych a tymi, które rozwinęły się z występujących w spągu zwietrzelin *in situ*. Zróżnicowanie to wyraża się przede wszystkim znacznymi różnicami uziarnienia poza frakcją koloidalną, wskazującymi na istnienie nieciągłości w obrębie profili (WRB 1998). Poziomy pokrywowe, zwłaszcza w położonym na stoku o ekspozycji północnej profilu P2, wykazują wyraźnie większą zawartość frakcji pyłu 0,05–0,002 mm, co może wskazywać na domieszkę materiału eolicznego. Zauważyć też należy praktycznie całkowite odwapnienie części pokrywowej i skokowy wzrost zawartości węglanów na kontakcie z podłożem skalnym, czemu towarzyszy radykalny wzrost odczynu. Analiza litologicznego zróżnicowania części szkieletowych wskazuje na zróżnicowanie składu szkieletu w obrębie poszczególnych poziomów badanych profili i powszechną jego odrębność względem litologii skał bezpośrednio podścielających dany profil.

Zgodnie z przyjętymi obecnie na świecie zasadami systemu World Reference Base for Soil Resources (WRB) badane gleby zaklasyfikowano jako *Skeleti-Endoleptic Cambisols*. W kontekście istniejącej dyskusji na temat klasyfikacji gleb Pienin (Niemyska-Lukaszuk i in. 2002; Skiba i in. 2002) zauważyć należy, że nie spełniają one kryteriów pozwalających na włączenie ich do grupy *Leptosols* – poziom litej skały występuje głębiej niż 25 cm, w strefie 0–25 cm zawartość węglanów jest znacznie niższa niż 40%, a wagowa zawartość części ziemistych w strefie 0–75 cm znacznie przekracza 10%. Zaznaczyć należy, że charakterystyczne dla badanych gleb jest silne odwapnienie stropowych i środkowych części profilu – zawartość ekwiwalentu węglanu wapnia w strefie 20–50 cm wynosi znacznie poniżej 2%, co uniemożliwia klasyfikowanie ich jako *Calcaric Cambisols*.

MIKROMORFOLOGIA BADANYCH PROFILI

Szczegółowe rezultaty analizy mikromorfologicznej próbek pochodzących z badanych profili przedstawiono w tabeli II – dla profilu P1 i tabeli III – dla profilu P2. Badane profile wykazują wiele

Tabela I. Podstawowe właściwości badanych profili glebowych.
Basic properties of the studied soil profiles.

Lokalizacja location	Głębokość depth [cm]	Poziom horizon	Barwa wg Munsella moist colour	Szkielet rock fragments [%]	Uziarnienie części ziemistych [%] fine earth fractions				Odczyn soil reaction		CaCO ₃ [%]	Corg [%]	
					2,0–1,0	1,0–0,1	0,1– 0,05	0,05– 0,002	H ₂ O	KCl			
P1 N49°25'06" E20°20'38" 62,5 m n.p.m.	0–2	Ah	10 YR 3/3	–	1	9	6	24	27	33	6,20	5,75	7,94
	2–12	A	10 YR 4/3	20	5	6	14	14	26	35	6,00	5,38	4,94
	12–25	AB	10 YR 5/4	40	3	6	8	7	32	44	6,38	5,11	1,93
	25–55	BC	2,5 Y 4/3	60	3	7	6	8	32	44	6,40	5,10	n.o.
	55–80	IICca	2,5Y4/2	70	5	21	14	3	27	30	8,07	6,97	n.o.
PTG (1989): parareńdzina brunatna WRB (1998); Skeleti-Endoleptic Cambisol (Hypereutric)													
P2 N49°25'12" E20°24'57" 783 m n.p.m.	0–6	Of	ścierka trawiasta w różnym stopniu rozkładu (grass litter)										
	6–20	A	10 YR 4/3	10	1	6	17	26	29	21	5,35	3,99	0,22
	20–40	AB	10 YR 5/4	40	1	8	11	15	47	18	5,87	4,16	0,18
	40–55	Bbr1	10 YR 5/4	30	2	10	7	17	49	15	6,26	4,66	0,49
	55–75	Bbr2	10 YR 5/4	40	1	21	5	17	39	17	6,97	5,82	n.o.
75–95	IICca	2,5 Y 4/3	50	3	15	4	12	31	35	8,18	7,05	18,10	
PTG (1989): parareńdzina brunatna WRB (1998); Skeleti-Endoleptic Cambisol (Orthieutric)													

Tabela II. Charakterystyka mikromorfologiczna profilu P1.
Micromorphological characteristics of profile P1.

Głębokość (Depth) cm	Mikrostruktura i porowatość (Microstructure and pores)	Masa podstawowa (Groundmass)			Cechy pedogenetyczne (Pedofeatures)
		Materiał drobny (Micromass)	Materiał gruby (Coarse material)	Szkielec (Rock fragments)	
3–13	bardzo dobrze wykształcona struktura angularna, szczeliny między agregatami odpowiadają kształtem sąsiadującym pedom (highly separated angular blocky microstructure with accommodating planes) Wewnątrz agregatów struktura masywna, kanałowo-szczelinowa(channel-fissure intrapedal microstructure). Agregaty (peds) 2–6 mm.	anizotropowy uporządkowany przypadkowo (random striated b-fabric)	20% powierzchni; dominują ziarna kwarcu (quartz grains) (5–500 µm) oraz fragmenty rogowca (chert fragments)	ostrokrawędziste fragmenty rogowców (do 15 mm). Część rogowców z żyłkami kalcytowymi i zsyfifikowanymi otworami. W części otwornie zachowane resztki kalcytu (chert fragments, some with calcite veins)	nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules) około 2–3% powierzchni, większość 20–400 µm, jedna 800 µm; jedno wórnne skupienie węglanów (one secondary calcite accumulation)
15–25	bardzo dobrze wykształcona struktura angularna, szczeliny między agregatami dobrze odpowiadają kształtem sąsiadującym pedom (highly separated angular blocky microstructure with accommodating planes). Wewnątrz agregatów struktura masywna kanałowo-szczelinowa (channel-fissure intrapedal microstructure). Agregaty (peds) 1–8 mm.	anizotropowy; uporządkowanie przypadkowe, część wykazuje uporządkowanie okołozirniaste (random striated and granostriated b-fabric); pojedyncze slickensides(few slickensides)	15–20% powierzchni; ziarna kwarcu (quartz grains), fragmenty rogowca (chert fragments) i zaokrąglone fragmenty łupków (rounded shale fragments)	rogowce oraz skały krzemionkowe z zsyfifikowanymi szkielecikami w kształcie igiełek. W porach po otworach chert fragmenty z gliną (chert fragments with clay coatings in pores).	nodule Fe i FeMn około 2–3% powierzchni (Fe and FeMn nodules), większość 20–200 µm; otoczki ilaste w szkielecie otworowym (clay coatings in some chert fragments); bardzo słabe slickensides(few weakly developed slickensides)
30–40	bardzo dobrze wykształcona struktura angularna, szczeliny między agregatami dobrze odpowiadają kształtem sąsiadującym pedom (highly separated angular blocky microstructure with accommodating planes). Wewnątrz większości agregatów dobrze wykształcone lecz słabo odseparowane mniejsze pedy (moderately developed intrapedal pedality with no separation).	anizotropowy; uporządkowanie okołozirniaste, okołokanalikowe (granostriated and porostriated b-fabric), liczne slickensides w około 70–80% agregatów (slickensides in 70–80% of peds)	15–20% powierzchni; ziarna kwarcu (quartz grains), fragmenty rogowca (chert fragments) (100–1000 µm) i zaokrąglone fragmenty łupków (rounded shale fragments)	rogowce oraz skały krzemionkowe z zsyfifikowanymi szkielecikami w kształcie igiełek. W porach po otworach chert fragmenty z gliną (chert fragments with clay coatings in pores), piaskowiec drobnoziarnisty (sandstone).	nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules) około 3–4% powierzchni; liczne otoczki ilaste w szkielecie (a lot of clay coatings in chert fragments) (słaba orientacja, plamiste) (weak optical orientation, speckled); liczne i dobrze wykształcone slickensides (a lot of well expressed slickensides)

42–52	bardzo dobrze wykształcona struktura angularna, szelony między agregatami dobrze odpowiadają kształtem sąsiadującym pedom (highly separated angular blocky micro-structure with accommodating planes). Wewnątrz agregatów dobrze wykształcone, średnio odseparowane mniejsze pedy (moderately developed intrapedal pedality with weak separation)..	anizotropowy; uporzędkowanie okołokanalikowe i okołoziamiste (granostriated and porostriated b-fabric). Wyraźne, liczne <i>slickensides</i> w około 95% agregatów, w tym na powierzchni (slickensides in 95% of peds)	15% powierzchni; ziarna kwarcu (quartz grains), fragmenty rogowca (chert fragments) i zaokrąglone fragmenty łupków (rounded shale fragments)	fragmenty rogowca do 2,5×1,5 cm z żyłami kalcytu i glebą w szczelinach (chert fragments with calcite veins and soil material in pores); zaokrąglone fragmenty łupków (rounded shale fragments) do 2–3 mm, drobnoziarnisty piaskowiec (sandstone)	kilka fragmentów korzeni, średnio zhumifikowanych (several root fragments, moderately humified)	nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules) około 4–5% powierzchni, w tym drobne chmurzaste skupienia; otoczki ilaste w szkieletcie (clay coatings in some chert fragments) i pojedyncze w kanalikach (slaba orientacja, plamiste) (several clay coatings in soil material; speckled, weak optical orientation); liczne i dobrze wykształcone <i>slickensides</i> (a lot of well expressed slickensides)
55–65	dobrze wykształcona struktura angularna (moderately separated angular blocky microstructure with accommodating planes), sporo małych agregatów 1–2 mm i dużych 8–10 mm, a brak średnich 2–6 mm, jak w poziomach wyższych; bardzo dobrze wykształcona struktura intrapedalna (well developed intrapedal pedality, weak separation)	anizotropowy; uporzędkowanie okołokanalikowe i okołoziamiste wyraźne (granostriated and porostriated b-fabric), liczne i dobrze wyrażone <i>slickensides</i> we wszystkich agregatach, w tym na powierzchni (slickensides in all peds)	znacznie mniej ziaren kwarcu i fragmentów skał o frakcji pyłu i piasku, łącznie około 5–10% (5–10% of silt and sand fraction)	dużo fragmentów wapienia (fragments of limestone), o rozmiarach do 20×12 mm, liczne fragmenty żył kalcytowych (calcite veins) do 5×1,5 mm, znacznie mniej fragmentów rogowca (few chert fragments)	tylko pojedyncze fragmenty korzeni (only few root fragments)	liczne nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules), około 10% powierzchni, liczne włóme skupienia CaCO ₃ (a lot of secondary calcite accumulations); bardzo liczne i dobrze wykształcone <i>slickensides</i> (a lot of well expressed slickensides), słabo zorientowane otoczki ilaste w niektórych kanalikach (weakly oriented clay coatings in some channels)

Tabela III. Charakterystyka mikromorfologiczna profilu P2.
Micromorphological characteristics of profile P2.

Głębokość (Depth) cm	Masa podstawowa (Groundmass)				Cechy pedogenetyczne (Pedofeatures)
	Mikrostruktura i porowatość (Microstructure and pores)	Materiał drobny (Micromass)	Materiał gruby (Coarse material)	Szkielet (Rock fragments)	
8–18	średnio wykształcona struktura subangularna do angulארnej, szczeliny między agregatami dobrze lub umiarkowanie odpowiadają sąsiadującym agregatom (moderately separated subangular to angular blocky microstructure with accommodating planes); agregaty (peds) 2–10 mm; struktura intrapedalna maszynowa kanałowo-szczelinowa (channel-fissure intrapedal microstructure)	materiał anizotropowy, uporządkowany przypadkowo (random striated b-fabric), tylko miejscowo słabo zaznaczające się uporządkowanie krzyżowe (locally cross-striated b-fabric)	30% powierzchni; dominują ziarna kwarcu i liczne fragmenty rogowca, ponadto występują skalenie, fragmenty łupków i piaskowca (quartz grains, chert fragments, feldspars, shale and sandstone fragments)	fragmenty łupków (shales) o rozmiarach do 5–6 mm, liczne fragmenty różnych rogowców: bez otwornic, otwornicowe z węglanami w szkieletach, otwornicowe z wyściółkami ilastymi (cherts with or without <i>Foraminiferida</i> , cherts with clay coatings).	duża ilość noduli Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules) od 10–1500 µm, około 10–15% powierzchni; wyściółki ilaste w rogowcach w porach po otwornicach; część kanałów w glebie wypełniona odchodami dżdżownic (clay coatings in chert fragments)
22–32	średnio i słabo wykształcona struktura subangularna do angulארnej (weakly separated subangular to angular blocky microstructure), większość agregatów nie w pełni wykształcona, wielkość (peds) 2–12 mm; szczeliny między agregatami dobrze lub umiarkowanie odpowiadają sąsiadującym pedom (accommodating planes); kanały między- i wewnątrzagregatowe (inter- and intrapedal channels)	materiał anizotropowy, uporządkowanie okoloziarniste, okoloanalikowe, miejscami krzyżowe (granostriated, porostriated, locally cross-striated b-fabric). Nadal większość próbek zorientowana przypadkowo (still most material random striated)	25% powierzchni; dominują ziarna kwarcu i liczne fragmenty rogowca, ponadto występują skalenie, fragmenty łupków i piaskowca (quartz grains, chert fragments, feldspars, shale and sandstone fragments)	fragmenty łupków (shales) o rozmiarach do 5–6 mm, liczne fragmenty różnych rogowców: bez otwornic, otwornicowe z węglanami w szkieletach, otwornicowe z wyściółkami ilastymi (cherts with or without <i>Foraminiferida</i> , cherts with clay coatings).	liczne nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules), około 20% powierzchni; wyściółki i wypełnienia ilaste w materiale glebowym, dość dobrze zorientowane optycznie i czyste lub z domieszką pyłu drobnego (clay coatings and clay in-fillings in soil, well oriented, limpid) około 1–2% powierzchni; część kanałów wypełniona odchodami dżdżownic

42–52	struktura masywna kanałowo-szczelinowa (kanaliki i szczeliny umiarkowanie liczne)(channel-fissure microstructure)	anizotropowy, uporządkowanie okoloziarniste, okoloanalikowe, miejscami krzyżowe, część zorientowana przypadkowo (granostriated, porrostriated); nieliczne <i>slickensides</i> few slickensides)	20% powierzchni; dominują ziarna kwarcu i liczne fragmenty rogowca, ponadto występują skalenie, fragmenty łupków i piaskowca (quartz grains, chert fragments, feldspars, shale and sandstone fragments)	rogowce otworowe z wyściółkami i wypełnieniami ilastymi jak i bez nich; fragmenty łupków (chert fragments with and without clay coatings and clay infillings, shale fragments)	kilka fragmentów korzeni, głównie świeżych; niektóre częściowo zhumifikowane (several fresh root fragments, some partially humified)	liczne nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules), około 25% powierzchni, do 2 mm; wyściółki i wypełnienia ilaste w materiale glebowym, dobrze zorientowane optycznie i czyste lub z domieszką pyłu drobnego (clay coatings and clay infillings in soil, well oriented, limp), około 3–4% powierzchni; pojedyncze <i>slickensides</i> (few slickensides)
60–70	struktura masywna kanałowo-szczelinowa (nieliczne kanaliki i szczeliny)(channel-fissure microstructure)	anizotropowy, uporządkowanie okoloanalikowe, okoloziarniste, uporządkowanie krzyżowe; liczne <i>slickensides</i> (porrostriated, well expressed cross-striated, granostriated, a lot of slickensides)	5–10% powierzchni, ziarna kwarcu, fragmenty mulowców; tylko pojedyncze fragmenty rogowców i piaskowców (quartz grains, shale fragments, few fragments of chert and sandstone)	szkielet tworzą wyłącznie mulowce (ilowce, pyłowce), brak rogowców (only shale fragments, no cherts)	nie stwierdzono (not observed)	bardzo liczne nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules), około 30–35% materiału; mniej wyściółek i wypełnień ilastych niż w poziomie 42–52 (fewer clay coatings and clay infillings than in 42–52 horizon), 1–2% powierzchni; bardzo liczne <i>slickensides</i> (abundant slickensides)
80–90	struktura masywna kanałowo-szczelinowa (nieliczne kanaliki i szczeliny)(channel-fissure microstructure)	anizotropowy, uporządkowanie okoloanalikowe wyraźne, okoloziarniste, krzyżowe; prawie cały materiał tworzy <i>slickensides</i> (porrostriated, well expressed cross-striated, granostriated, most of the soil mass is slickensides)	5–10% powierzchni, ziarna kwarcu, fragmenty mulowców i piaskowców, tylko sporadycznie fragmenty rogowców (quartz grains, shale fragments, few fragments of chert)	szkielet tworzą mulowce (ilowce, pyłowce) i piaskowce drobnodziarniste, czerwonogowca otworowego (shale and sandstone fragments, few fragments of red chert with Foraminiferida)	amorficzna materia organiczna z wietrzejących mulowców (?)(amorphous organic matter from shale weathering ?)	bardzo liczne nodule Fe i FeMn (Fe and FeMn nodules), około 35–40% materiału; brak dobrze wykształconych i zorientowanych wyściółek i wypełnień ilastych (no well oriented clay coatings and clay infillings); występujące są słabo zorientowane, brak w nich laminacji; bardzo liczne <i>slickensides</i> (abundant slickensides)

cech wspólnych, można jednak zauważyć także pewne różnice w wykształceniu poszczególnych właściwości mikromorfologicznych. Profil P1 we wszystkich poziomach genetycznych charakteryzuje się bardzo dobrze wykształconą strukturą angularną, gdzie szczeliny typu *planes* występujące między agregatami zazwyczaj bardzo dobrze lub dobrze odpowiadają kształtem sąsiadującym agregatom. Natomiast w profilu P2 średnio i słabo wykształcona struktura agregatowa subangularna do angularnej rozwinęła się do głębokości 40 cm, głębiej zaś występuje struktura masywna kanałowo-szczelinowa. Różnica ta jest prawdopodobnie związana z dużą różnicą w zawartości frakcji koloidalnej w obrębie pokrywy stokowej, która w profilu P1 stanowi 33–44% części ziemistych, podczas gdy w profilu P2 zaledwie 15–21%.

Drobny materiał (mikromasa) w badanych profilach wykazuje silną korelację ze strukturą wewnątrzagregatową – w obu profilach jest anizotropowy, a jego uporządkowanie zmienia się wraz z głębokością. W poziomach próchnicznych dominuje uporządkowanie przypadkowe (*random striated*), natomiast głębiej materiał wykazuje uporządkowanie okołokanalikowe (*porostriated*), okołoziaźniste (*granostriated*) i krzyżowe (*cross-striated*). Stopień uporządkowania (zarówno widoczność jak i powierzchnia) mikromasy rośnie wraz z głębokością.

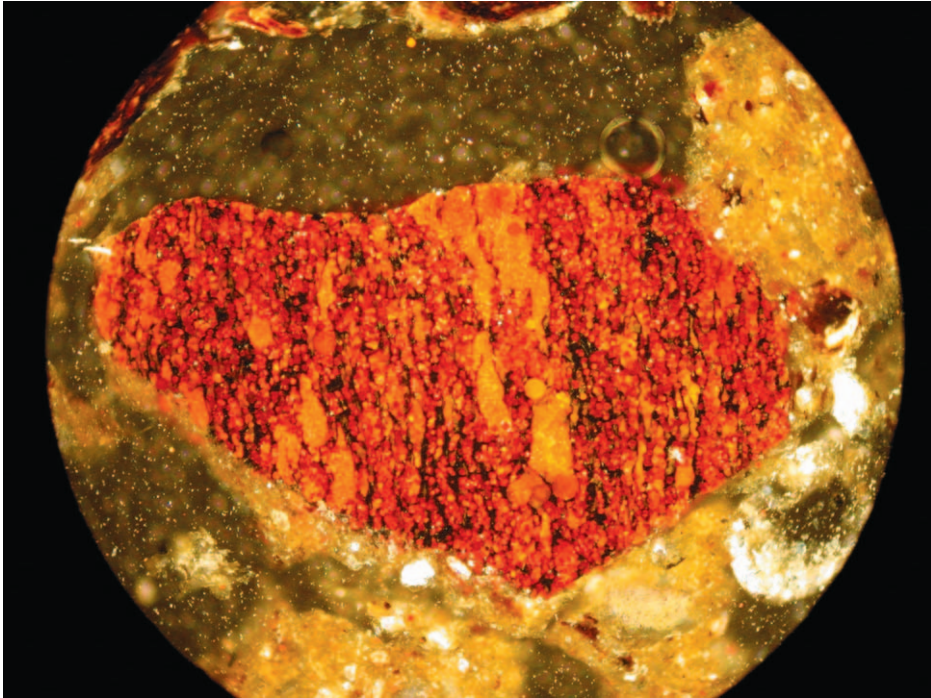
W materiale grubym (*coarse material*) i częściach szkieletowych (*rock fragments*) bardzo wyraźnie zaznaczają się różnice między pokrywą stokową a zwietrzeliną skał podścielających. W pokrywie, a więc do głębokości około 55 cm w profilu P1 i około 75 cm w profilu P2, dominują ziarna kwarcu i ostrokrawędziste fragmenty rogowców, część z nich z żyłkami kalcytowymi i dużą ilością zsylikowanych otwornic, natomiast poniżej strefy kontaktu przeważają okruchy skał podścielających badane profile, a więc wapieni i mułowców. Widoczny jest również spadek zawartości ziaren kwarcu o frakcji piasku bardzo drobnego (0,10–0,05 mm) i pyłu (0,05–0,002 mm).

Najistotniejsze cechy pedogenetyczne występujące w badanych profilach to: nodule żelaziste

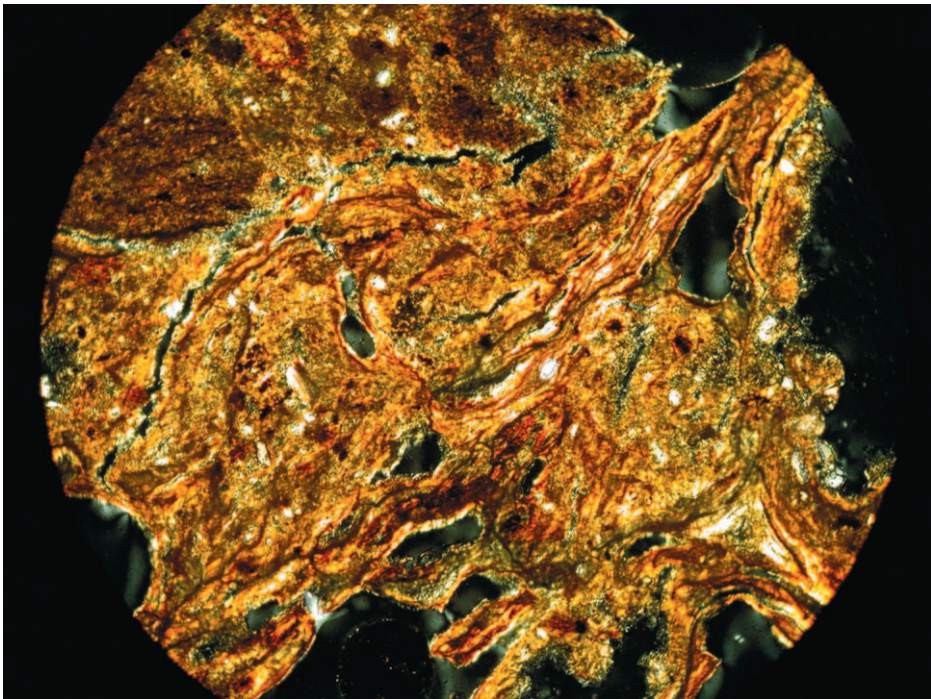
i żelazisto-manganowe (Fot. 1), *slickensides* (Fot. 2) otoczki ilaste (Fot. 3) oraz, w profilu P1, wtórne wytrącenia weglanów. Nodule występują w całej miąższości profili, a ich ilość rośnie wraz z głębokością, przy czym wzrost ten jest najbardziej widoczny w strefie kontaktu pokrywy stokowej ze zwietrzeliną skał podłoża. Większość z nich to formy bardzo drobne, od 10 do 200 μm , ale występują też duże – 2 mm i większe.

Wraz ze wzrostem głębokości rośnie również ilość oraz stopień wykształcenia *slickensides*, czyli wygładzonych powierzchni poślizgowych, charakterystycznych dla utworów o dużej zawartości minerałów ilastych, świadczących o procesach pęcznienia i kurczenia materiału glebowego oraz powstających wówczas naprężeniach porządkujących mikromasę. Występują one pojedynczo w próbkach pochodzących ze stropowych części pokrywy stokowej, gdzie występują głównie w obrębie agregatów. Natomiast w strefie kontaktu pokrywy stokowej z podłożem formy te są bardzo liczne, obecne w całości materiału glebowego, także na powierzchni agregatów.

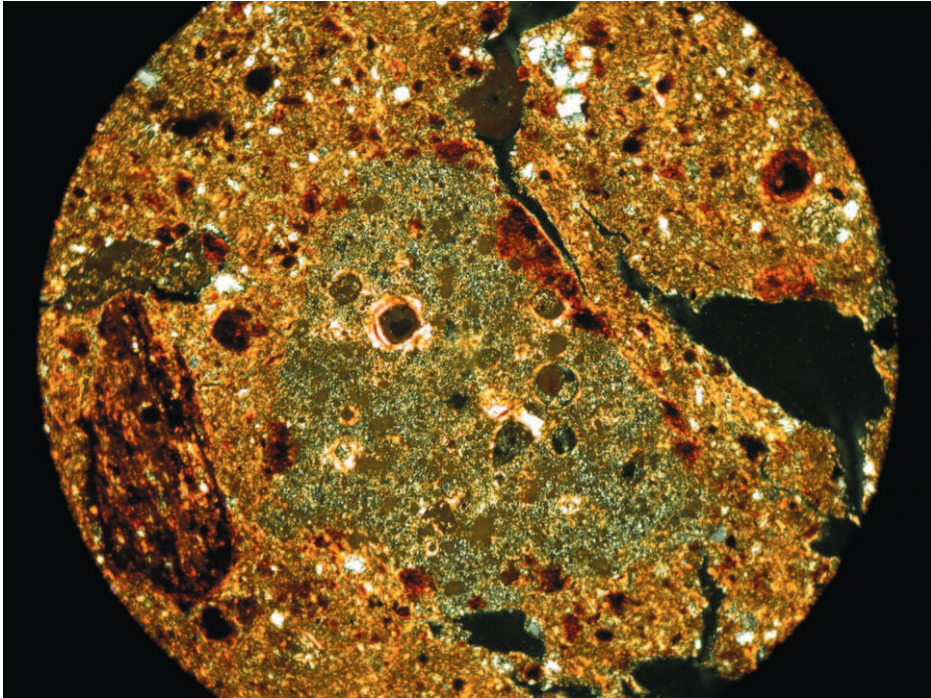
Istotną z pedogenetycznego punktu widzenia jest obecność otoczek i wypełnień ilastych (*clay coatings, clay infillings*). W profilu P1 otoczki ilaste występują głównie w szkielecie otwornicowym, tylko sporadycznie w kanalikach. Są one słabo zorientowane optycznie, zazwyczaj plamiste, nie wykazują mikrolaminacji. W profilu P2 otoczki i wypełnienia ilaste są dobrze zorientowane optycznie, wykazują mikrolaminację, są czyste lub z niewielką domieszką pyłu drobnego i odróżniają się od otaczającego materiału (Fot. 4). Tak liczne występowanie form zorientowanego łu koloidalnego jest uznawane za diagnostyczne dla poziomu *argic* (WRB 1998), niemniej jednak w badanym profilu kryteria pionowych różnic zawartości łu koloidalnego oraz braku nieciągłości litologicznych nie są spełnione. Zauważyć należy, że występowanie tych form ogranicza się do części profilu rozwiniętych w obrębie pokrywy stokowej, brak ich natomiast w części spągowej. Zjawisko to wynika prawdopodobnie z eolicznego wzbogacenia pokrywy stokowej we frakcję pyłu.



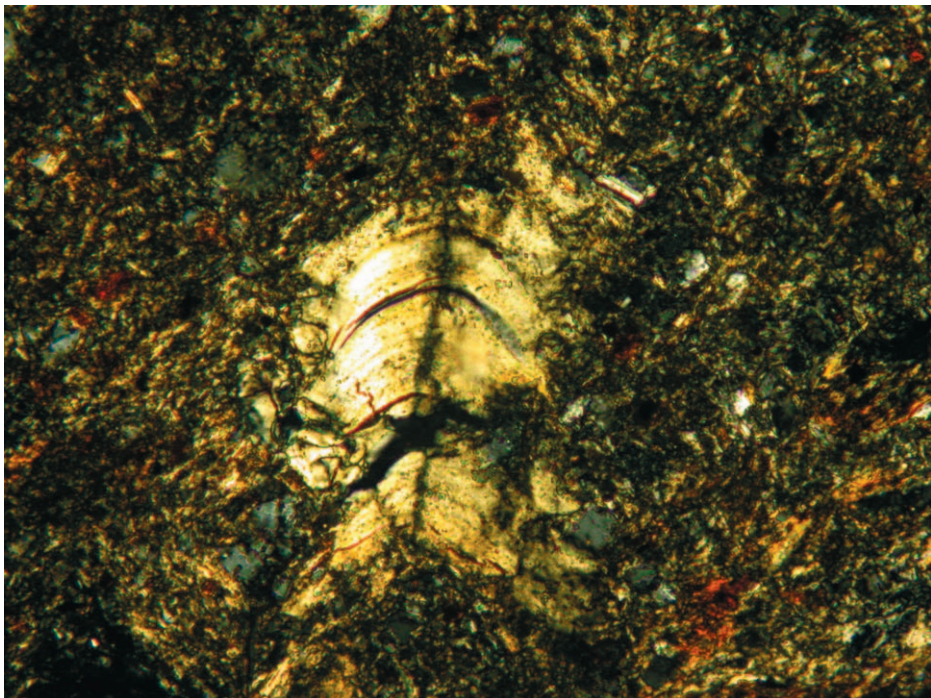
Fot. 1. Profil P1, 3–13 cm, nodula Fe, światło odbite, powiększenie $\times 100$.
Profile P1, 3–13 cm, a Fe nodule, reflected light, magnification $\times 100$.



Fot. 2. Profil P1, 55–65 cm, *slickensides*, polaryzator + analizator, powiększenie $\times 100$.
Profile P1, 55–65 cm, slickensides, XPL, magnification $\times 100$.



Fot. 3. Profil P2, 22–32 cm, fragment rogowca z otoczkami ilastymi, polaryzator + analizator, powiększenie $\times 100$.
Profile P2, 22–32 cm, a chert fragment with clay coatings, XPL, magnification $\times 100$.



Fot. 4. Profil P2, 42–52 cm, wypełnienie ilaste, polaryzator + analizator, powiększenie $\times 400$.
Profile P2, 42–52 cm, a clay infilling, XPL, magnification $\times 400$.

WNIOSKI

1. Zastosowanie badań mikromorfologicznych do badań gleb w Pieninach pozwala na potwierdzenie wniosków uzyskanych z obserwacji makroskopowych cech glebowych (np. struktury, litologii części szkieletowych) oraz na identyfikację zjawisk i struktur, które nie są widoczne przy obserwacji makroskopowej.

2. Istnienie nieciągłości litologiczno-pedogenicznych w obserwacjach mikromorfologicznych uwidacznia się przez: spadek zawartości ziaren kwarcu o frakcji piasku bardzo drobnego i pyłu w głąb badanych profili, zmianę litologii części szkieletowych, znaczny wzrost ilości noduli Fe i FeMn, występowanie *slickensides* w strefie kontaktu w całym materiale glebowym.

3. Charakterystyczne właściwości pararendzin brunatnych (odwapnienie stropowej i środkowej części profilu, różnice odczynu, występowanie poziomów brunatnienia) związane są z występowaniem nieciągłości w obrębie profilu pomiędzy materiałem pokrywowym a zwietrzeliną skał węglanowo-ilastych w podłożu.

PIŚMIENNICTWO

- Adamczyk B., Greszta J., Olszowski J. 1980. Mapa gleb Pienińskiego Parku Narodowego. Skala 1:10 000. — PAN, Zakład Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych w Krakowie.
- Adamczyk B., Greszta J., Olszowski J. 1982. Gleby Pienińskiego Parku Narodowego. — *Ochrona Przyrody*, **44**: 317–340.
- Birkenmajer K. 1979. Przewodnik po Pienińskim Pasie Skałkowym. — Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Bullock, P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U. 1985. Handbook for soil thin section description. — Waine Research Publications, Wolverhampton, UK.
- Kacprzak A. 2003. Pokrywy stokowe jako utwory macierzyste gleb Bieszczadów Zachodnich. — *Roczniki Gleboznawcze*, **54**(3): 97–110.
- Kowalkowski A. 1998. Związki genetyczne między seriami pokryw stokowych i budowa profilu gleb terenów górskich na przykładzie głównego masywu Łysogór. — *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, **464**: 29–48.
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocoń J. 1992. Pokrywy i typy gleb w masywie Łysogór w Górach Świętokrzyskich. — *Rocznik Świętokrzyski*, **19**: 91–196.
- Kulka A., Rączkowski W., Żytko K., Gućik S., Paul Z. 1987. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz 1050, Szczawnica–Krościenko — Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kulka A., Rączkowski W., Żytko K., Paul Z. 1991. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz 1050, Szczawnica–Krościenko — Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Niemyska-Łukaszuk J., Miechowka A., Zaleski T. 2002. Gleby Pienińskiego Parku Narodowego i ich zagrożenia. — *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **7**: 79–90.
- Oleksynowa K., Tokaj J., Jakubiec J., Komornicki T. (red.) 1993. Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii. Część II. Metody laboratoryjne analizy gleby. AR w Krakowie.
- Skiba S., Drewnik M., Zaleski T. 2002. Mapa gleb Pienińskiego Parku Narodowego w jednostkach taksonomii międzynarodowej. — *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **7**: 91–95.
- Stoops G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. — SSSA, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Systematyka gleb Polski. 1989. — *Roczniki Gleboznawcze*, **40**(3/4).
- World Reference Base for Soil Resources. 1998. World Soil Resources Reports 84 – FAO, Rome.
- Zagórski Z. 1999a. Clay minerals of brown rendzina soils from the Małe Pieniny Mts. – *Ann. Warsaw Agricult. Univ. — SGGW, Agriculture*, **35**: 21–29.
- Zagórski Z. 1999b. Cechy mikromorfologiczne i niektóre właściwości gleb wapniowcowych z terenu Małych Pienin. — *Roczniki Gleboznawcze*, **50**(1/2): 115–126.

SUMMARY

The paper presents results of a study on the role of redeposited slope material in the genesis of the soils in the Pieniny Mts. “Brown pararendzinas” – *Skeleti-Endoleptic Cambisols* were used as an example. Those soils are characterized by a large contrast of properties between two sections of their profiles: the top and middle parts developed from slope material and the bottom part developed from weathered bedrock underlying the profile. Their basic properties, determined using standard pedological methods, are shown in table I. There are large differences in soil texture, calcium carbonate equivalent content and soil reaction between the two sections. The differences seem to be caused by the occurrence of discontinuities within the profile. The thesis is also supported by the differences in the lithology of rock fragments in particular parts

of the studied profiles. Rock fragments found in the upper section are generally different from the bedrock.

The main part of the paper focuses on micromorphological analyses, and the results are shown in table II and III. The most important micromorphological phenomena are shown as microscopic photographs (Phot. 1–4). They include images of rock fragments, clay infillings, Fe nodules and slickensides. Micromorphological observations generally confirm the conclusions drawn from macroscopic and laboratory methods. Although the two profiles differ in details, the microstructures and pedofeatures observed in thin sections indicate significant differences

between the sections developed from slope materials and weathered bedrock. The occurrence of discontinuities manifests itself in the decrease in the content of quartz silt and very fine sand down the profiles, a change in rock fragments lithology, a significant increase in the quantity of Fe and FeMn nodules and the occurrence of slickensides in the contact zone of the two sections. To sum up, both macroscopic and microscopic analyses support the thesis that the specific properties of the studied soils (lack of carbonates in the upper section, significant differences in soil reaction and the occurrence of the *cambic* horizon) are due to the occurrence of discontinuities between slope material and weathered bedrock.