

Wojciech Szymański, Stefan Skiba
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
s.skiba@geo.uj.edu.pl

Received: 24.07.2007
Reviewed: 30.07.2007

GENEZA I ZNACZENIE POZIOMU FRAGIPAN W GLEBACH PŁOWYCH (*ALBELUVISOLS*) POGÓRZA KARPACKIEGO

Genesis and significance of the fragipan horizon
in the Albeluvisols of the Carpathian Foothills

Abstract: Within the Carpathian Foothills area thick covers of loess-like carbonateless material occur. It is the parent material for very common in this area Albeluvisols. Some of those Albeluvisols have developed a very characteristic *fragic* (*fragipan*) horizon. The observations and investigations of the *fragic* horizon were carried out in large archaeological sites where there was a possibility of soil profiles investigation in horizontal and vertical cross-sections. Hypothesis concerning the genesis of *fragic* horizon and its hydrological functions has been described in this paper.

Wstęp

Gleby płowe (Luvisols) wykształcone na lessopodobnych utworach pyłowych są dominującymi i charakterystycznymi utworami glebowymi obszaru Pogórza Karpackiego i rozległych kotlin śródgórskich np. Kotlina Orawsko-Nowotarska czy Doły Jasielsko-Sanockie (Skiba, Drewnik 2003). Powstają one na skutek procesu lessiważu (przemywania), który polega na grawitacyjnym przemieszczeniu produktów wietrzenia, a więc iłu koloidalnego, wodorotlenków żelaza i glinu oraz zdyspergowanej próchnicy w głąb profilu glebowego (Skiba 1995). Proces ten doprowadza do zróżnicowania profilu glebowego na jasno-beżowy poziom eluwialny (*luvic*), który zubożony jest we frakcję koloidalną oraz ciemniejszy, brunatno-brązowy poziom iluwialny (*argic*), w którym przemieszczane produkty są wytrącane lub osadzane w postaci wyściółek i nacieków. Koniecznym warunkiem tego procesu jest wcześniejsze odwapnienie profilu glebowego oraz zdyspergowanie frakcji ilastej, która tworzy różnej wielkości agregaty. Duże znaczenie ma również

okresowe przesychanie masy glebowej, które powoduje jej pękanie, a powstające szczeliny sprzyjają przemieszczaniu koloidów glebowych. Przemieszczenie frakcji koloidalnej może zachodzić do głębokości występowania węglanów oraz zwierciadła wód gruntowych. Na Pogórzu Karpackim iluwacja sięga nawet do 3 m głębokości, co uwarunkowane jest znaczną miąższością utworów lessopodobnych oraz ich bezwęglanowością (Zasoński 1983).

Występowanie związłego i słabo przepuszczalnego poziomu iluwialnego powoduje okresowe stagnowanie na nim wody opadowej lub roztopowej, która doprowadza do okresowej anaerobiozy i dodatkowo wybiela poziom eluwialny. W wyniku tego powstają gleby płowe opadowo-glejowe (*Stagnic Luvisols*) lub gleby płowe z poziomem *albic* (*Albeluvisols*), gdy poziom eluwialny przechodzi w poziom iluwialny nieregularnymi, białymi językami zaciekowymi (WRB 2006).

Celem tego opracowania jest charakterystyka poziomu *fragipan*, który występuje między poziomem eluwialnym a iluwialnym w glebach płowych Pogorza Karpackiego i w dużej mierze warunkuje hydrologiczne właściwości gleby.

Definicja i geneza poziomu *fragipan*

Poziom *fragipan* jest to naturalny podpowierzchniowy poziom, mający większą gęstość objętościową niż poziom leżący wyżej. Jest wyraźnie scementowany w stanie suchym, ale wykazuje łamliwość umiarkowaną do słabej w stanie wilgotnym. Poziom ten zawiera mniej materii organicznej i jest barwy marmurkowej. Wolno lub bardzo wolno przepuszcza wodę. W poziomie tym obserwuje się wybielone spękania w kształcie poligonów. W morfologii profilu glebowego poziom *fragipan* przejawia się występowaniem jasnych języków zaciekowych (tzw. językowatość *albeluvisol*), które wnikają w brunatno-brązowy poziom *argic* (WRB 2006).

Geneza poziomu *fragipan* jest przedmiotem dyskusji od przełomu lat 60. i 70. XX wieku i nie jest jeszcze do końca wyjaśniona. Powstanie poziomu *fragipan* wiąże się z genezą poziomu *argic*, który odznacza się większą zawartością frakcji ilastej niż poziomy nadległe. Na skutek okresowego przesychania gleby dochodzi do rozpadu stropu poziomu *argic* i powstawania w jego obrębie szczelin, w wyniku kurczenia wtórnych minerałów ilastych. Szczeliny te są pionowymi korytarzami, którymi luźniejszy materiał z poziomu eluwialnego wnika językowatymi zaciekami w bardziej zbity poziom *argic*. Jest to tzw. koncepcja litogeniczna pochodzenia języków zaciekowych (Szałata 2006; Konecka-Betley, Zagórski 1994). Jest bardzo prawdopodobne, że szczeliny te zaczęły się tworzyć już w klimacie peryglacjalnym, na przedpolu lądolodu, podczas zlodowacenia bałtyckiego. W warunkach klimatu peryglacjalnego dochodziło do wietrzenia mrozowego, pęcznienia i podnoszenia materiału oraz zaburzeń mrozowych. Procesy te zachodziły w warstwie

czynnej zmarzliny, która cyklicznie zamarzała i odmarzała, a jej miąższość dochodziła do około 1 m. To cykliczne zamarzanie i rozmarzanie, powodujące kurczenie i pęcznienie materiału, doprowadziło do wytworzenia się sieci pionowych szczelin w obrębie ilastego poziomu *argic* (Mycielska-Dowgiałło i in. 2001). Po ustąpieniu lądolodu i ociepleniu się klimatu, językowate zacieki rozwijały się nadal. Na skutek opadów atmosferycznych dochodziło do pęcznienia materiału, który w okresach suchych kurczył się i pękał umożliwiając perkolację wód opadowych, która napotykając na słabo przepuszczalny poziom *argic* infiltrowała szczelinami w głąb profilu. Przemieszczająca się w dół profilu woda opadowa wymywała tlenki żelaza, minerały ilaste oraz kompleksy ilasto-żelaziste, powodując wybielenie materiału wzdłuż szczelin. Iluwialny poziom *argic* charakteryzujący się strukturą pryzmatyczną pękał w wyniku wysychania materiału, a oddzielające się pryzmy utworzyły sieć spękań w kształcie poligonów (Fot. 1 i 2).



Fot. 1. Poziom fragipan w Brzeziu.

Phot. 1. Fragipan horizon in Brzezcie.



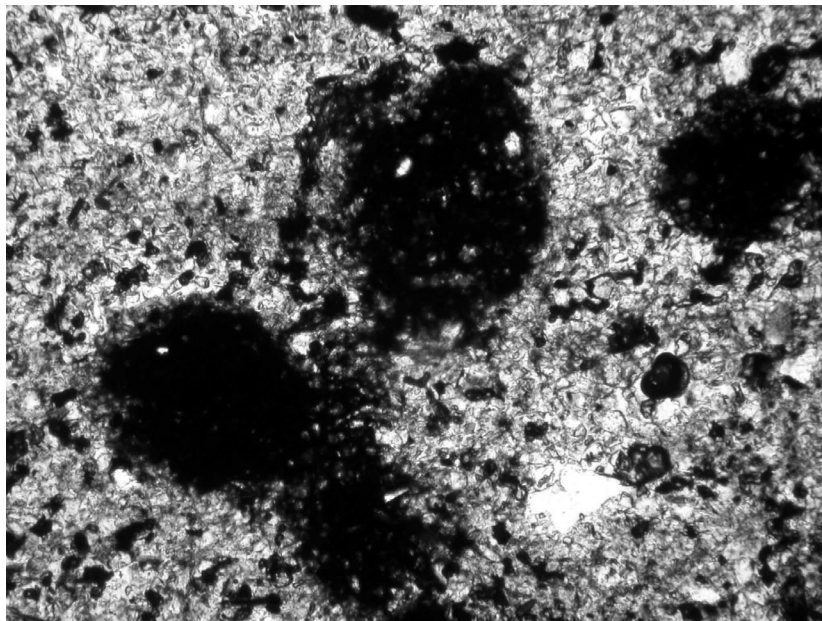
Fot. 2. Poziom fragipan w Mucharzu.

Phot. 2. Fragipan horizon in Mucharz.

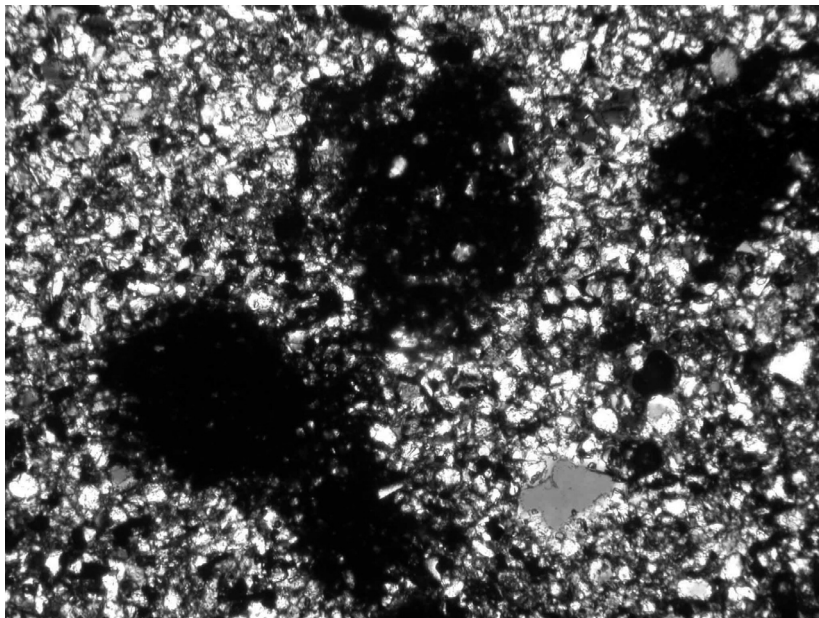
Badania amerykańskich gleboznawców (Assallay et al. 1998) wykazały, że poziom fragipan może powstawać tylko w przypadku, gdy spełnione są trzy warunki: właściwa ilość minerałów ilastych (od 5% do 30%); wystarczająco duże ciśnienie, spowodowane naciskiem nadległego materiału i dostateczna ilość wody. Eksperymentalnie dowiedziono, że zarówno za duża jak i za mała zawartość ilu hamuje rozpad struktury gleby. Znaczny rozpad struktury występuje pod ciśnieniem rzędu 5–20 kPa, które jest równoważne naciskowi, wywołanemu przez materiał glebowy o miąższości od 0,3 do 1,5 m. Zawartość wody zależy od sieci kanałów, porów i szczelin glebowych, którymi woda opadowa może perkolować w głąb profilu glebowego. Te czynniki powodują, że głębokość występowania poziomu *fragipan* jest mniej więcej stała i wynosi 40–80 cm od powierzchni, jeśli gleba nie została zerodowana. Sporadycznie poziom *fragipan* spotykany jest również na nieco większych głębokościach. Brak poziomu *fragipan* na mniejszych lub większych głębokościach został wytłumaczony brakiem jednego z wyżej wymienionych czynników.

Geneza poziomu *fragipan* w glebach płowych Pogórza Karpackiego wiąże się niewątpliwie z procesem *lessivage'u*, co potwierdzają obrazy mikromorfologicz-

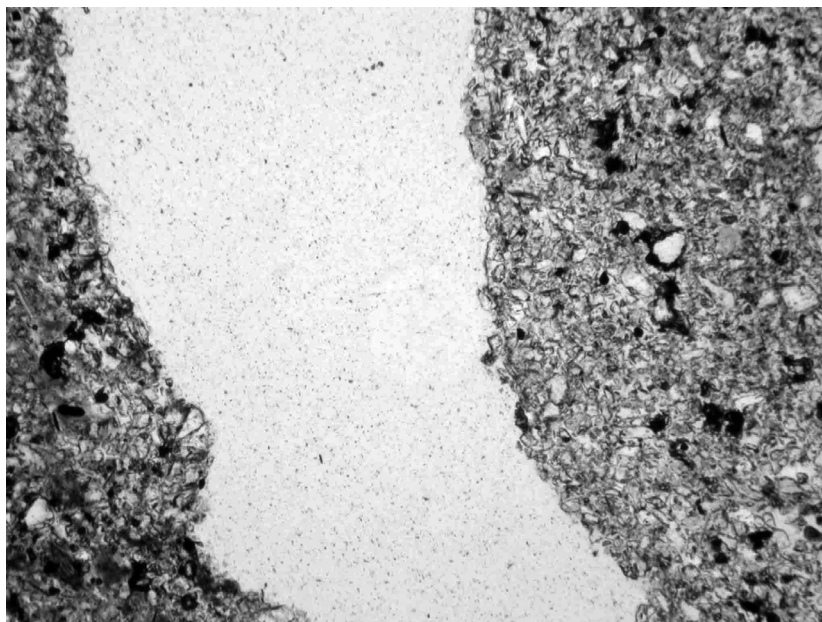
ne. W glebach tych wyraźnie zaznacza się jasny (prawie biały) poziom eluwialny (*luvic*), który całkowicie pozbawiony jest nacieków ilastych (Fot. 3 i 4). Odnacza się on bardzo małą zawartością frakcji koloidalnej oraz dominacją ostrokrawędzistych ziaren kwarcu o frakcji pyłu. Jest to bardzo jednorodny materiał, w którym występują konkrety żelaziste, świadczące o okresowym stagnowaniu wody opadowej i warunkach oksydacyjno-redukcyjnych. Wybielony materiał wzdłuż szczelin nie zawiera iłu koloidalnego, który najprawdopodobniej został wypłukany przez infiltrującą wodę grawitacyjną (Fot. 5 i 6). W poziomie fragipan występują liczne nacieki i wypełnienia ilaste, a niektóre z nich są wyraźnie warstwowane z bardzo dobrą orientacją cząstek ilastych (Fot. 7 i 8). Warstwowanie to świadczy o cykliczności przemieszczania frakcji koloidalnej, a występowanie wyściółek ilastych wzdłuż szczelin między pryzmami oraz ich brak wewnątrz pryzm glebowych jednoznacznie świadczy o zachodzącym procesie lessivage'u (Fot. 9 i 10).



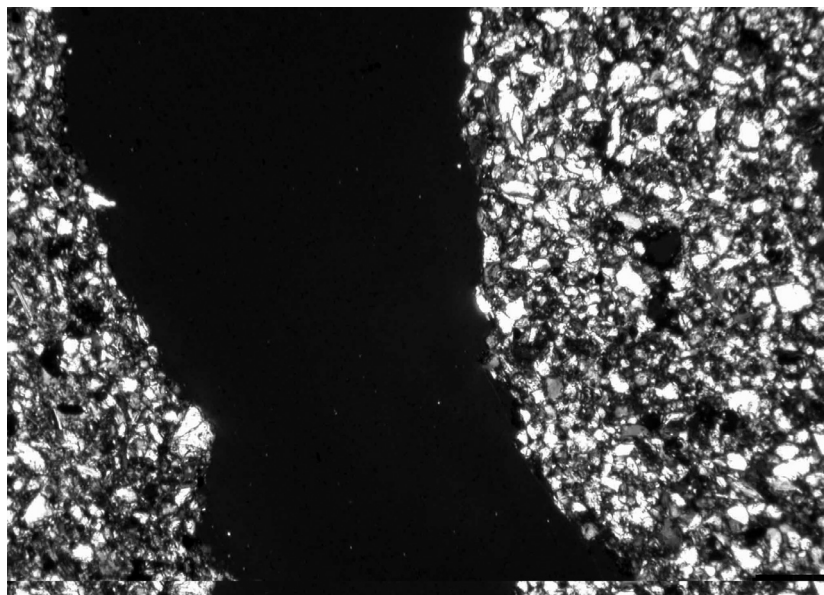
Fot. 3. Brzezie, poziom eluwialny, 1N, pow. 40x. Konkrecje żelazisto-manganowe.
Phot. 3. Brzezie, *luvic* horizon, 1N, 40x. Iron-manganese concretions.



Fot. 4. Brzezie, poziom eluwialny, XN, pow. 40x. Konkrecje żelazisto-manganowe.
Phot. 4. Brzezie, luvic horizon, XN, 40x. Iron-manganese concretions.

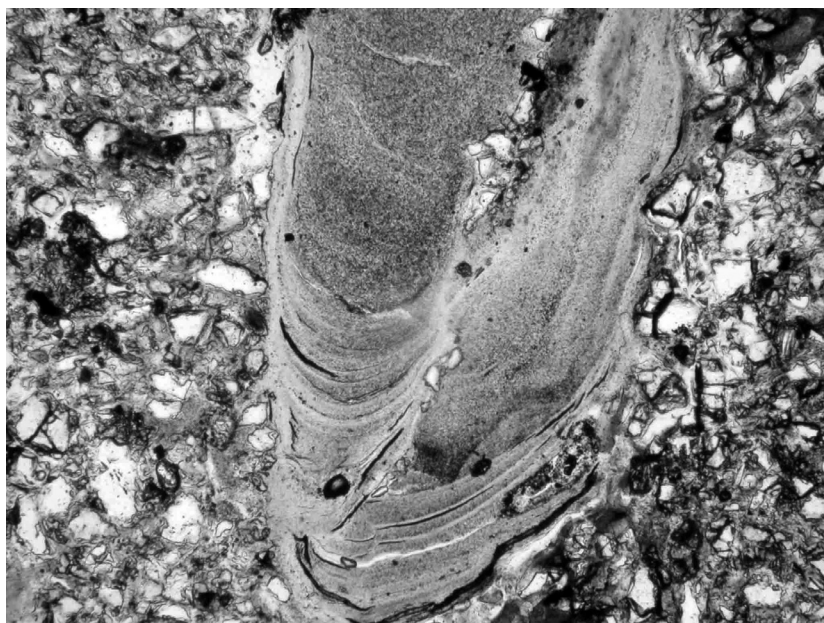


Fot. 5. Brzezie, poziom fragipan, 1N, pow. 40x. Pionowa szczelina wzdłuż, której został wymyty il koloidalny.
Phot. 5. Brzezie, fragipan horizon, 1N, 40x. Vertical slot without colloidal clay.



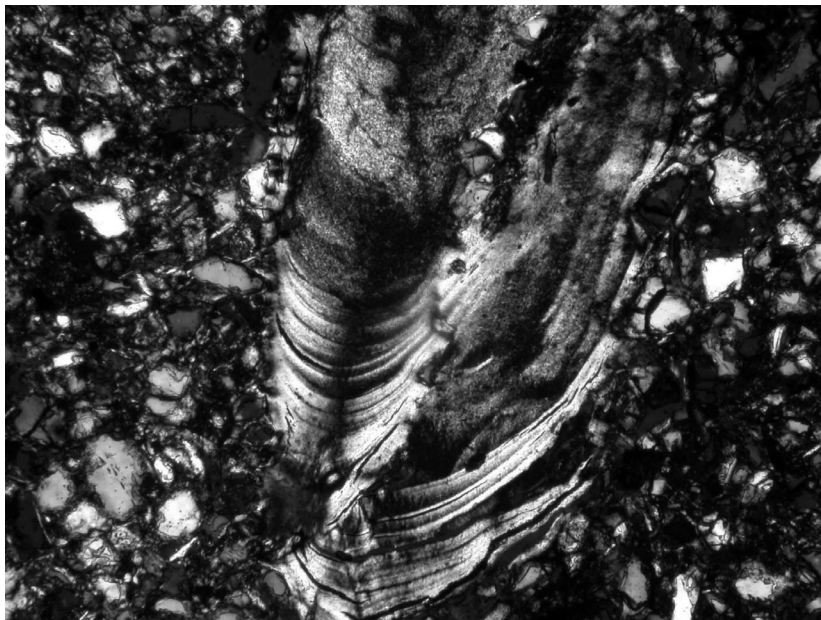
Fot. 6. Brzezie, poziom fragipan, XN, pow. 40x. Pionowa szczelina wzdłuż, której został wymyty il koloidalny.

Phot. 6. Brzezie, fragipan horizon, XN, 40x. Vertical slot without colloidal clay.



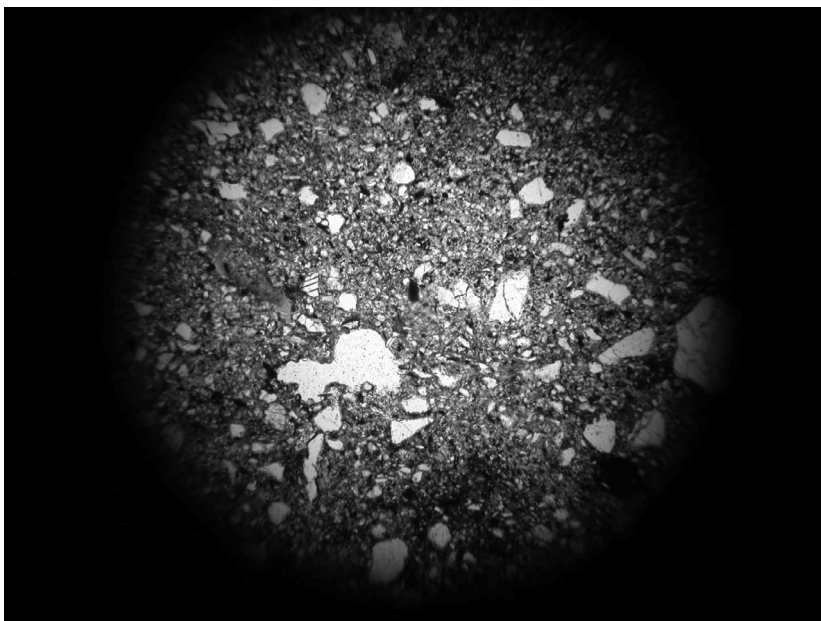
Fot. 7. Brzezie, poziom fragipan, 1N, pow. 40x. Warstwowany naciek ilasty.

Phot. 7. Brzezie, fragipan horizon, 1N, 40x. Laminar clay coating.



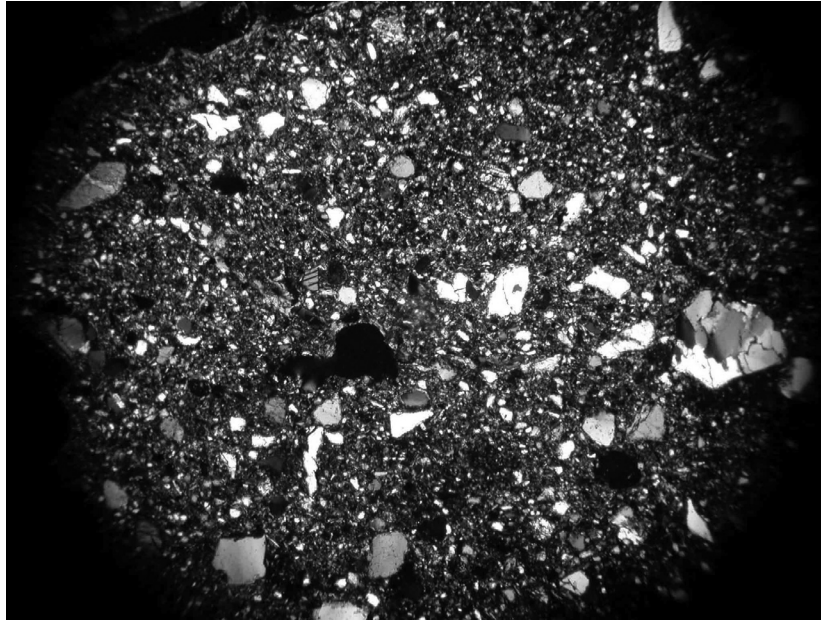
Fot. 8. Brzezina, poziom fragipan, XN, pow. 40x. Warstwowy naciek ilasty.

Phot. 8. Brzezina, fragipan horizon, XN, 40x. Laminar clay coating.



Fot. 9. Mucharz, poziom fragipan, 1N, pow. 40x. Nacieki ilaste między pryzmami oraz ich brak wewnątrz pryzm glebowych.

Phot. 9. Mucharz, fragipan horizon, 1N, 40x. Clay coatings between piles and their lack inside piles.



Fot. 10. Mucharz, poziom fragipan, XN, pow. 40x. Nacieki ilaste między pryzmami oraz ich brak wewnątrz pryzm glebowych.

Phot. 10. Mucharz, fragipan horizon, XN, 40x. Clay coatings between piles and their lack inside piles.

Właściwości gleb płowych Pogórza Karpackiego

W glebie płowej (*Albeluvisol*), profil z Mucharza k. Wadowic (Fot. 11) skład granulometryczny oznaczony według podziału PTG pozwala zaklasyfikować ją jako pył ilasty, który w poziomach iluwialnych (*argic*) przechodzi w glinę ciężką pylastą. Uziarnienie pyłu wynika ze skały macierzystej, którą stanowią miększe pokrywy pyłów lessopodobnych (Skiba i in. 1995). W większości poziomów przeważa frakcja pyłowa (około 40%) oraz ilasta, której zawartość waha się od około 45% w poziomach eluwialnych i w poziomie skały macierzystej do 50–55% w poziomach iluwialnych. W poziomach iluwialnych frakcji pyłowej jest mniej (od 26 do 36%), a zawartość frakcji iłu koloidalnego ($<0,002$ mm) jest największa i waha się od 18% do 22%. We wszystkich poziomach występuje domieszka frakcji piaszczystej, której zawartość zawiera się w przedziale od około 10 do około 20%. Tylko w poziomie II C (aluwia Skawy) przeważa frakcja piasku, która wynosi prawie 41% (Tab. 1). Skład granulometryczny poziomu próchnicznego A oraz poziomów eluwialnych (AEetg i Eetg) określono jako pył ilasty, co wiąże się z obecnością zdyspergowanej koloidalnej próchnicy. Występujący niżej poziom *fragipan* wykazuje większą zawartość frakcji ilastej ($<0,02$ mm) niż po-



Fot. 11. Profil gleby płowej (Albeluvisol) z Mucharza.

Phot. 11. Albeluvisol from Mucharza.



Fot. 12. Profil gleby płowej (Albeluvisol) z Brzezina.

Phot. 12. Albeluvisol from Brzezina.

ziomy eluwialne, a występujące w jego obrębie językowate struktury *glossic* odznaczają się lżejszym uziarnieniem materiału, który stanowi wybielony materiał o cechach zbliżonych do materiału z poziomu eluwialnego. Poziomy iluwialne Bt1, Bt2 wykazują uziarnienie cięższe (zawartość frakcji ilastej > 50%), co pozwala je zaklasyfikować jako glinę ciężką pylastą, która na głębokości około 2 m przechodzi w pył ilasty (poziom BtC i C). Wzrost zawartości frakcji ilastej w poziomach iluwialnych spowodowany jest procesem lessivage, co potwierdziły badania mikromorfologiczne. Spąg profilu stanowią osady aluwialne o uziarnieniu gliny lekkiej (poziom II C).

Tabela 1. Uziarnienie w profilu z Mucharza.
Table 1. Texture of the Mucharz profile.

Po- ziom Hori- zon	Głębokość [cm] <i>Depth</i> [cm]	Zawartość frakcji [mm] w [%] <i>Fraction contents [mm] in [%]</i>									
		1,0–0,5	0,5– –0,25	0,25– –0,125	0,125–0,1	0,1–0,063	0,063– –0,05	0,05–0,02	0,02– –0,006	0,006– –0,002	<0,002
A	0–27	0,6	3,1	5,7	2,3	4,9	3,3	35,3	22,2	8,3	14,3
AEtg	27–40	2,4	4,9	7,4	2,9	5,6	6,6	24,8	17,8	8,8	18,8
Eetg	40–70	0,9	5,6	7,9	2,2	4,8	3,9	31,4	19,2	7,6	16,5
Eet/B	70–117	0,9	3,7	6,4	1,9	4,6	4,3	31,7	19,4	8,5	18,6
Bx	117–150	0,7	4,8	9,5	2,5	4,3	1,9	24,4	23,2	10,2	18,5
Bt1	150–170	0,6	2,8	6,9	2,4	4,4	2,9	26,6	23,2	7,5	22,7
Bt2	170–200	0,6	5,8	11,5	3,3	7,3	3	15,6	19,3	12,3	21,3
BtC	200–210	0,5	2,9	5,9	1,9	4,5	5,3	31,5	17,5	9,5	20,5
C	210–260	1,1	4	6,4	2,4	3,4	4,6	33,4	14,9	11,9	17,9
IIC	260–280	8,7	12,2	15,4	4,5	7,5	3,5	12,5	12,1	6,3	17,3

Tabela 2. Skład granulometryczny w profilu z Brzezia.
Table 2. Texture of the Brzezie profile.

Po- ziom Hori- zon	Głębokość [cm] Depth [cm]	Zawartość frakcji [mm] w [%] Fraction contents [mm] in [%]									
		1,0–0,5	0,5–0,25	0,25– –0,125	0,125–0,1	0,1–0,063	0,063– –0,05	0,05–0,02	0,02– –0,006	0,006– –0,002	<0,002
Ap	0–25	0,4	2	3	0,8	5,3	2,8	39,8	22,3	9,3	14,3
AEet1	25–40	0,4	1,3	1,8	0,5	2	3,3	41,7	25,3	8,3	15,4
AEet2	40–58	0,3	1,1	1,5	0,5	2,2	3,4	41	24,3	10,4	15,3
Eet	58–70	1,2	3,2	2,4	1,2	3,4	5,2	46,6	19,9	7	9,9
Bx	70–95	0,1	0,5	0,8	0,5	3	5,6	40,6	18,3	8,3	22,3
Bt1	95–115	0,3	0,9	1,1	0,7	2,5	4,8	46,3	17,8	4,8	20,8
Bt2	115–180	0,1	0,3	0,5	0,9	3,3	11	46	16,3	5,3	16,3

Profil z Brzezia (Fot. 12) charakteryzuje się bardziej jednorodnym uziarnieniem i w całości (oprócz poziomu eluwialnego Eet) został sklasyfikowany jako pył ilasty. Dominującą frakcją podobnie jak w profilu z Mucharza jest frakcja pyłowa, której zawartość waha się od 46% w poziomie AEet2 do 60% w poziomie Bt2. Dużą ilość stanowi również frakcja ilasta, której minimalna wartość przypada na poziom eluwialny Eet (36%). Poziom eluwialny Eet o uziarnieniu pyłu zwykłego odznacza się również najniższą zawartością łu koloidalnego (9%), co związane jest z jego wymyciem do głębszych poziomów iluwialnych w wyniku procesu lessivage. Bardzo znikomą ilość stanowi frakcja piasku (od około 2 do około 8%) (Tab. 2).

Tabela 3. Wybrane właściwości chemiczne badanych gleb.

Table 3. Some chemical properties in investigated soils.

Profil z Mucharza <i>Mucharz profile</i>					
Poziom <i>Horizon</i>	Głębokość [cm] <i>Depth</i> [cm]	C org. [%]	Subst. org. [%]	pH [H ₂ O]	pH [KCl]
A	0–27	0,95	1,7	5,2	4,3
AEetg	27–40	0,13	0,22	5,3	4,2
Eetg	40–70	0,08	0,14	6,7	6,2
Eet/Bx	70–117	0,07	0,11	5,1	3,9
Bx	117–150	0,07	0,11	5,1	3,9
Bt1	150–170	0,07	0,12	6,3	5,4
Bt2	170–200	0,11	0,18	4,9	4
BtC	200–210	0,06	0,11	5,2	4
C	210–260	0,04	0,07	5,1	4
IIC	260–280	0,09	0,14	5,3	4,2
Profil z Brzezia <i>Brzezie profile</i>					
Poziom <i>Horizon</i>	Głębokość [cm] <i>Depth</i> [cm]	C org. [%]	Subst. org [%]	pH [H ₂ O]	pH [KCl]
Ap	0–25	1,1	1,9	5,3	4,4
AEet1	25–40	0,7	1,2	5,4	4,5
AEet2	40–58	0,7	1,2	5,4	4,5
Eet	58–70	0,2	0,3	5,4	4,7
Btx	70–95	0,1	0,2	5,1	4
Bt1	95–115	0,1	0,1	5,4	4,2
Bt2	115–180	0,1	0,1	5,9	4,7

Gleby płowe z Mucharza oraz z Brzezia odznaczają się kwaśnym lub lekko kwaśnym odczynem. Związane jest to z podłożem macierzystym, które stanowią bezwęglanowe utwory lessopodobne oraz przemysłowym typem gospodarki wodnej z przewagą opadów nad parowaniem. Odczyn gleby płowej z Mucharza waha się w przedziale od 5 w poziomie Bt2 do 6,7 w poziomie Eetg, co może wiązać się ze wzbogaceniem tego poziomu w jony alkaliczne przez stagnujące okresowo wody śródpokrywowe. W profilu z Brzezia odczyn wzrasta wraz z głębokością, co jest powodowane coraz mniejszym oddziaływaniem kwasów próchnicznych (Tab. 3).

Zawartość węgla organicznego w badanych glebach jest niewielka, a maksymalne wartości występują w poziomach powierzchniowych z dobrze rozłożoną próchnicą typu mull i wynoszą około 1% (Tab. 3). Wraz ze wzrostem głębokości ilość węgla organicznego gwałtownie spada, ponieważ przemieszczana do poziomów iluwialnych zdyspergowana próchnica szybko ulega rozkładowi (Zasoński 1974).

W badanych glebach gęstość objętościowa wahała się od 1,4 g/cm³ do 1,7 g/cm³ w profilu z Brzezia i od 1,5 g/cm³ do 1,8 g/cm³ w profilu z Mucharza. Najniższe wartości gęstości objętościowej w obydwu profilach występują w poziomach próchnicznych oraz eluwialnych. Jest to spowodowane obecnością próchnicy (poziomy próchniczne), której gęstość objętościowa jest niska i wynosi od 0,75 do 1,3 g/cm³ oraz wymyciem frakcji koloidalnej (poziomy eluwialne) do poziomów iluwialnych, które z kolei cechują się najwyższą gęstością objętościową. Największą porowatością odznaczają się poziomy próchniczne oraz eluwialne. W profilu z Mucharza poziom próchniczny i poziomy eluwialne AEetg i Eetg odznaczają się porowatością rzędu 35%. W poziomie mieszanym Eet/B porowatość jest już nieznacznie niższa (34%), a w poziomie *fragipan* Bx obniża się do 30%.

W profilu z Brzezia porowatość waha się od 39% w poziomie próchnicznym Ap do 46% w poziomie eluwialnym Eet. W poziomie *fragipan* Bx oraz w poziomach iluwialnych Bt1 i Bt2 porowatość jest wyraźnie mniejsza i wynosi około 35% (Tab. 4).

Tabela 4. Wybrane właściwości fizyczne badanych gleb.**Table 4.** Some physical properties in investigated soils.

Profil z Mucharza <i>Mucharz profile</i>			
Poziom <i>Horizon</i>	Głębokość [cm] <i>Depth</i> [cm]	Gęstość objętościowa [g/cm ³] <i>Bulk density</i> [g/cm ³]	Porowatość [%] <i>Porosity</i> [%]
A	0–27	1,5	35
AEetg	27–40	1,7	35
Eetg	40–70	1,68	35
Eet/B	70–117	1,73	34
Bx	117–150	1,81	30
Bt1	150–170	1,76	33
Profil z Brzezia <i>Brzezie profile</i>			
Poziom <i>Horizon</i>	Głębokość [cm] <i>Depth in</i> [cm]	Gęstość objętościowa [g/cm ³] <i>Bulk density</i> <i>in</i> [g/cm ³]	Porowatość [%] <i>Porosity</i> [%]
Ap	0–25	1,55	39
AEet1	25–40	1,5	41
AEet2	40–58	1,45	44
Eet	58–70	1,41	46
Bx	70–95	1,68	36
Bt1	95–115	1,67	35
Bt2	115–180	1,7	36

Rola hydrologiczna poziomu fragipan

Poziom *fragipan* występujący w glebach płowych odgrywa bardzo ważną rolę hydrologiczną. Wyższa zawartość frakcji iłu koloidalnego wypełniającej pory i kanaliki po korzeniach roślin powoduje słabą przepuszczalność dla infiltrującej wody opadowej. Przyczyną tego jest mniejsza pojemność wodna gleb, która ograniczona jest tylko do poziomu powierzchniowego i eluwialnego. Występowanie poziomu *fragipan* w górzystym czy pagórkowatym terenie, jakim jest Pogórze Karpackie, stwarza potencjalne zagrożenie dla erozji gleby, a przy gwałtowniejszych opadach atmosferycznych może być czynnikiem sprzyjającym powodziom. Ograniczona możliwość infiltracji wody opadowej powoduje, że jej nadmiar spływa po powierzchni stoku doprowadzając do degradacji profilu glebowego

w wyniku procesu spłukiwania. Spływająca woda opadowa (tzw. opad efektywny) dostaje się z kolei do koryt rzecznych, powodując podniesienie się poziomu wody, co często przynosi wiele strat gospodarczych. Czynnikiem potęgującym to zjawisko jest znaczne wylesienie obszaru Pogórza Karpackiego i zajęcie go przez pola uprawne, na których dominują rośliny okopowe. Pola uprawne odznaczają się znacznie większym natężeniem procesu spłukiwania niż obszary porośnięte lasem, w których dobrze rozwinięty system korzeniowy oraz roślinność runa leśnego (głównie mszaki) akumuluje wodę opadową (Klimek 2000).

Podsumowanie

Gleby płowe powstałe w wyniku procesu lessivage są powszechnym i dominującym typem gleb na Pogórzu Karpackim. Wykształciły się one na pyłowych utworach lessopodobnych o różnej miąższości, bądź na glinach zwietrzelinowych, powstałych in situ w wyniku wietrzenia fliszu karpackiego. Materiał ten, stanowiący skałę macierzystą gleb, nie zawiera węglanów lub znikome ich ilości. Sprzyja to grawitacyjnemu przemieszczeniu najdrobniejszej frakcji koloidalnej w głąb profilu glebowego i wykształceniu zagęszczonego poziomu iluwialnego. Słabo przepuszczalny poziom iluwialny stwarza możliwości okresowego stagnowania na nim wody opadowej, która powoduje dodatkowe wybielenie poziomów eluwialnych w ramach procesu odgórnego oglejenia oraz powstania licznych konkrecji żelazisto-manganowych na kontakcie tych dwóch poziomów. Charakterystyczną cechą morfologiczną jest przejście poziomu eluwialnego Eet, z którego wybielony materiał wnika językowatymi zaciekami do brunatno-brązowego poziomu iluwialnego Bt. W glebach tych między poziomem eluwialnym i iluwialnym powszechnie występuje teksturalny poziom fragipan, który pełni ważną rolę hydrologiczną. Obniżenie zdolności retencyjnych gleb determinuje specyficzny obieg wody, która spływa wzdłuż stoku po poziomie fragipan jako woda śródpokrywowa (Klimek 2000). Słaba przepuszczalność tego poziomu kształtuje właściwości wodno-powietrzne gleb płowych oraz hamuje wzrost i rozwój roślin. Występowanie poziomu fragipan jest niekorzystne z punktu rolniczego, ponieważ powodowana przez poziom fragipan okresowa anaerobioza prowadzi do obumierania korzeni roślin oraz mikroorganizmów. Ponadto poziom ten stanowi poważną przeszkodę dla roślin głęboko korzeniujących się, których korzenie nie są w stanie przebić się przez silnie skonsolidowany materiał.

Pyłowe uziarnienie badanych gleb pochodzi od podłoża macierzystego. Dominującą frakcją jest frakcja pyłu (0,1–0,02 mm), która stanowi około 40% oraz frakcja iłu (< 0,02 mm), której zawartość waha się od 45% w poziomach eluwialnych i skale macierzystej do 50–55% w poziomach iluwialnych. Znaczny udział

stanowi również frakcja iłu koloidalnego ($<0,002$ mm) dochodząca do 20–22% w poziomach iluwialnych.

Odczyn badanych gleb jest kwaśny lub lekko kwaśny, co wynika ze skały macierzystej i wzrasta wraz z głębokością profilu glebowego, co wiąże się z coraz mniejszą zawartością materii organicznej. Poziomy próchniczne badanych gleb odznaczają się dobrze rozłożoną i zhumiifikowaną materią organiczną typu mull, a zawartość węgla organicznego wynosi około 1%.

Badania mikromorfologiczne wykazały występowanie licznych nacieków i wypełnień ilastych w porach i szczelinach poziomów iluwialnych Bt oraz ich brak w poziomach eluwialnych Eet. Świadczy to o przebiegającym przemycaniu badanych gleb w wyniku procesu lessivage. Potwierdza to również obecność wyściółek ilastych na ścianach pryzm i tzw. struktur vosepic oraz braku nacieków w ich środku.

Literatura

- Assalay A. M., Jefferson I., Rogers C. D. F., Smalley I. J. 1998. Fragipan formation in loess soils: development of the Bryant hydroconsolidation hypothesis, *Geoderma*, 83: 1–16.
- Klimek M. 2000. Wpływ procesów glebotwórczych na stosunki wodne utworów pyłowych Progu Pogórza Karpackiego. Praca Doktorska, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków.
- Konecka-Betley K., Zagórski Z. 1994. Cechy lito- i pedogenezy w glinach zlodowacenia Wart (Bełchatów). *Acta Geographica Lodzensis* 71: 97–111.
- Mycielska-Dowigiałło E., Korotaj-Kokoszczynska M., Solska E., Rutkowski J., 2001, *Geografia dynamiczna i stosowana*, UW, WGiSR, Warszawa.
- Skiba S. 1995. Pokrywa glebowa. W: *Karpaty Polskie*, J. Warszyńska (red.), Wyd. UJ, Kraków, s. 69–76.
- Skiba S., Drewnik M. 2003. Mapa gleb obszaru Karpat w granicach Polski. *Roczniki Bieszczadzkie* 11: 15–20.
- Skiba S., Drewnik M., Klimek M. 1995. Gleby pyłowe progu Pogórza Karpackiego między Rabą a Uszwicą. W: *Dynamika i antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego progu Karpat pomiędzy Rabą a Uszwicą*, L. Kaszowski (red.), Wyd. Inst. Geogr. UJ, Kraków, s. 27–34.
- Szałata S. 2006. Gleby płowe zaciekowe w Wielkopolsce: geneza, zróżnicowanie i właściwości. Praca doktorska, AR, Poznań.
- WRB 2006. IUSS Working Group. 2006. World Reference Base for Soil Resources. 2nd edition. World Soil Resource No 103. FAO, Rome.
- Zasoński S. 1974. Studia mikromorfologiczne i chemiczne nad procesem płowienia gleb pyłowych. Część pierwsza. *Roczn. Glebozn.* XXV, 3, Warszawa, s. 55–82.
- Zasoński S. 1983. Główne kierunki glebotwórcze na utworach pyłowych Pogórza Wielickiego. *Roczn. Glebozn.* XXXIV, 4, Warszawa, s.123–159.

Summary

In the area of the Carpathian Foothills deep carbonateless silt covers (loess-like formations) occur. They provide parent rock for the common in this area Albeluvisols with the characteristic *fragic* horizon. The observations and investigations of the *fragic* horizon were carried out in large archaeological sites where was a possibility of soil profiles investigation in horizontal and vertical cross-sections. It is significant for the *fragic* horizon investigation since the polygonal forms, where this horizon is formed, are considerably big, their diameter is between 17–18 cm and 120–130 cm. Next to standard soil analysis, mineralogical and micromorphological analysis have been done. Samples from the genetic horizons of the investigated soils have been collected with all the diagnostic elements such as: prisms (the main element of the *fragic* horizon), illuvial tongues occurring in fissures between the prisms, material from the elluvial horizon occurring above the *fragic* horizon. For micromorphological observations and analyses the undisturbed samples in Kubiena's boxes have been collected.

The results obtained show a considerable amount of clay fraction accumulation. Among clay minerals smectites, occluded mica, kaolinite, and hydroxy inter-layered vermiculite occur. Micromorphological analysis allows a more thorough identification of the main forms and processes characteristic for the *fragic* horizon. The presence of the clay coatings and fillings seems to show the resemblance or even overlapping of the *fragic* and *argic* horizons. Material from the elluvial horizon, with a considerably small amount of clay and iron oxides shows all properties of the *albic* horizon. The vast amount of ferruginous nodules characterises the stagno-gleyic properties of the investigated *fragic* horizon.