

Analiza mikrostrukturalna osadów lessowych z Kłepicza, Pomorze Zachodnie

Julita Biernacka*, Katarzyna Issmer**

Micromorphological analysis of loess deposits from Kłepicz, Western Pomerania

Summary. Loess deposits from Kłepicz, western Pomerania, were micromorphologically studied. The sediments belong to periglacial loesses and were deposited at the turn of upper Plenivistulian and late Vistulian (Kozarski & Nowaczyk, 1992). Primary and secondary (periglacial and soil) microstructures were distinguished among them. Abundant till and clay intraclasts probably indicate close source of the material and multi-deposition processes. Clay balls may prove that the loess deposits were primary deposited on slopes. Vertical normal grading was explained as a result of segregation of the silt material in the snow melt water. Among the secondary microstructures, synchronous with periglacial processes, are described: syngenetic microcracks with clastic infillings, abundant deformations of clay laminae, circle structures, silt droplet structures, laminae cementated by clay minerals and iron compounds (so-called limons à doublets, Lautridou & Giresse, 1981). Part of the periglacial microstructures are similar to those in the mesoscale. Soil-forming processes caused haploidization of the upper 1 meter of the sediment (many rhizorecretions and burrows of earthworms) and clay and iron translocations (abundant cutans). They were interpreted as a result of the present-day (or nearly present-day) processes.

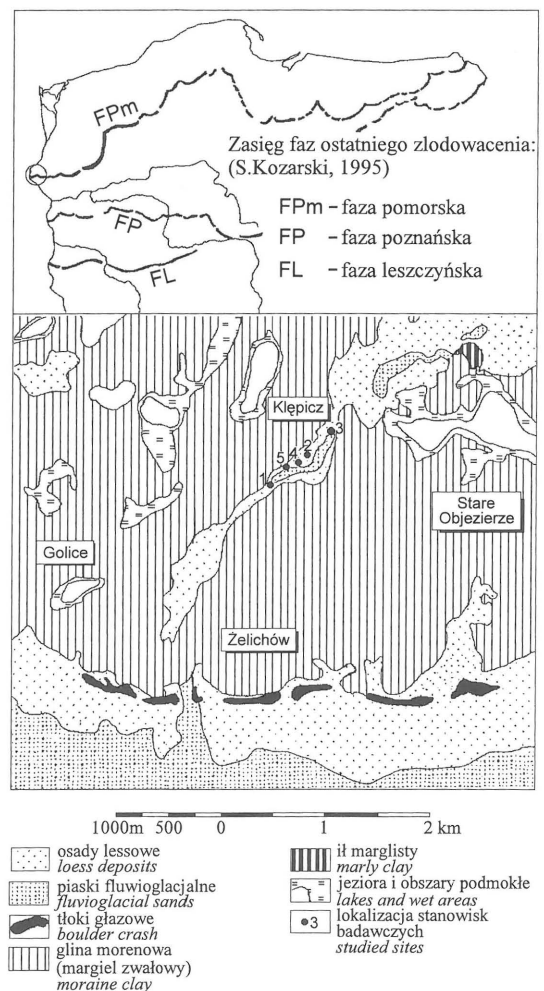
Badania mikrostrukturalne osadów lessowych należą nadal do rzadkości ze względu na trudności związane z przygotowaniem odpowiednich preparatów mikroskopowych. Odpowiednia wielkość preparatu pozwala na analizę nie tylko cech mineralogiczno-petrograficznych, ale również na badanie charakterystycznych mikrostruktur (Mücher, 1986). Jak dotąd prace mikrostrukturalne w obrębie osadów drobnoklastycznych, w tym i lessowych, prowadzili głównie gleboznawcy, którzy tę dziedzinę rozwijali począwszy od 1938 r. (Kubiśna, 1938; Fedoroff & Goldberg, 1982). Dopiero w ostatnim czasie zaznacza się tendencja do sedimentologicznych i paleoklimatycznych aplikacji wyników analiz mikrostrukturalnych, a prace van der Meera i in. (1990, 1991) i Menzies i in. (1991, 1992) są przykładem owych zastosowań w analizie środowiska glacialnego. Z kolei artykuły Müchera i de Ploey'a (1977) oraz Lautridou i Giresse'a (1981) były jednymi z pierwszych, i jak dotąd nielicznych, dotyczących zapisu w mikroskali procesów rozgrywających się w strefie peryglacialnej. Głównie wymienione prace mikromorfologiczne skłoniły do poszukiwania w późnoplejstocenijskich osadach lessowych mikrostruktur, związanych z warunkami klimatycznymi, w jakich owe osady były deponowane i przeobrażane.

Analiza mikrostruktur, występujących w osadach lessu peryglacialnego z Kłepicza (Issmer i in., 1990; Kozarski & Nowaczyk, 1991), ma pozwolić na wydzielenie charakterystycznych mikrostruktur związanych ze strefą peryglacialną. Z kolei, drugim celem niniejszej pracy jest oddzielenie

struktur synsedymencyjnych (pierwotnych) od struktur postsedymencyjnych (wtórnych, w tym: biogenicznych). Ponadto, artykuł ten w zamierzeniu zawiera próbę oceny przydatności metody mikroskopowej do badań luźnych osadów drobnoklastycznych.

Lokalizacja stanowisk

Badaniom poddano próbki pobrane z osadów lessowych ze stanowisk Kłepicz 1, 2, 4 (ryc. 1, 2). Stanowiska badawcze są zlokalizowane na SE od miejscowości Kłepicz k. Cedyni, a z geomorfologicznego punktu widzenia bezpośrednio na północ od form wyznaczających maksymalny zasięg fazy pomorskiej (16,2 ka BP, Kozarski, 1995) zlodowacenia bałtyckiego. Osady lessowe w okolicach Kłepicza tworzą płyty, o ułożeniu południkowym i równoleżnikowym, na powierzchni wysoczyzny morenowej i form marginalnych, związanych z fazą pomorską. Osady lessowe zalegają również na rozległych powierzchniach stożków sandrowych, towarzyszących od południa wałom czołowomorenowym strefy marginalnej (Issmer, 1988; Issmer i in., 1990; Kozarski & Nowaczyk, 1991)



Ryc. 1. Mapa geologiczna okolic Kłepicza (Berendt i in., 1908)
 Fig. 1. Geological map of surroundings of Kłepicz (after Berendt and others, 1908)

*Instytut Geologii, UAM, ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

**Instytut Badań Czwartorzędu, UAM,

Osady lessowe z Klepicza są określane mianem lessów peryglacialnych, co potwierdza obecność w ich obrębie struktur peryglacialnych takich, jak syngenetyczne struktury szczelinowe, uskoki i struktury geliflukcyjne. Miąższość osadów lessowych waha się od 1,7 m w stanowisku Klepicz 1 do 2,3 m w stanowisku Klepicz 4, a ich kontakt z osadami podłoża ma charakter sedymentacyjny. Chronostratygraficznie osady lessowe z Klepicza są lokowane na przełomie górnego plenivistulianu i późnego vistulianu (Kozarski & Nowaczyk, 1992).

Metodyka badań

Do analiz mikrostrukturalnych pobrano 23 próbki. Były one pobierane ze świeżych odsłonięć zarówno w intersekcji pionowej (V), jak i poziomej (H) (ryc. 3). Pobierano je do metalowych pojemników o wymiarach 50 x 70 x 40 mm. Wielkość ta jest zbliżona do zaproponowanej przez Kubięnę (1938) do badań mikromorfologicznych. Tak duża powierzchnia preparatu mikroskopowego umożliwia optymalną analizę mikrostruktur. Analiza uziarnienia i cech litofizycznych takich, jak: zawartość CaCO₃, porowatość (PO) oraz wodna pojemność kapilarna (PKO) zostały przeprowadzone dla próbek pobranych z tych samych poziomów, co próbki do analiz mikrostrukturalnych. Sposób poboru i liczbę pobranych próbek przedstawia tab. 1 i ryc. 2 i 3.

Jak dotąd, wykonanie odpowiednio cienkich szlifów z osadów nieskonsolidowanych nastęrcza wiele trudności. Szczególnie trudno jest utwardzić osady o dużej wilgotności, gdyż niektóre żywicze nie łączą się z wodą. Głównie dotyczy to osadów drobnoklastycznych, które mają dużą wodną pojemność kapilarną i w ten sposób związana woda oraz woda pozostająca w wiązaniach koloidalnych (dotyczy to też osadów ilastych) utrudnia wiązanie żywic. Szlify, które posłużyły do analiz mikrostrukturalnych, wykonano w Laboratorium Instytutu Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego AR we Wrocławiu. Są to szlify wykonane przy użyciu żywicy Polimal-109 w sposób, który umożliwia ich precyzyjną analizę mikrostrukturalną.

Charakterystyka litologiczna i mineralogiczna osadów lessowych

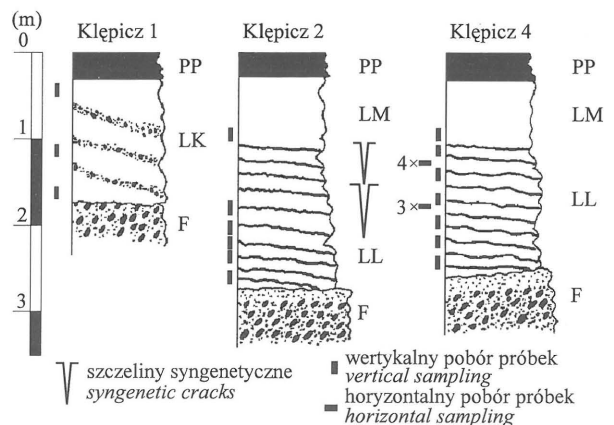
Dominującą frakcją we wszystkich odmianach litofacialnych jest tzw. **frakcja lessowa**, którą tutaj określono jako frakcję 0,05–0,02 mm (Cegła, 1972; Malicki, 1967). Udział frakcji lessowej w badanych osadach jest zmienny, co przedstawia tab. 1. Jedną z cech charakterystycznych lessów jest ich budowa agregatowa. Cechę tę pośrednio potwierdzają wysokie wartości pojemności kapilarnej, średnio ok. 25% objętościowych (tab. 1), jak i naturalna skłonność do rozdzielania się podczas siania lub szlamowania osadów na wodoodporne agregaty, o wielkości dziesiątych części milimetra.

Wśród ziarn, tworzących szkielet ziarnowy osadów lessowych z Klepicza, dominujący udział mają: kwarc, skalenie (plagioklasy, skalenie potasowe) i muskowit. Składniki te są w różnym stopniu obtoczone, przy czym istnieje dość duża grupa ziarn nieobtoczonych, skrajnie ostrokrawędzistych, prawdopodobnie będąca efektem wietrzenia fizycznego w strefie peryglacialnej. Ponadto, rozpoznano wypreparowane, drobne otwornice, igły gąbek krzemionkowych, ziarna glaukonitu, fragmenty kongrecji fosforytowych, ziarna sparytowe (1 zespół petrograficzny) oraz wapienie, piaskowce kwarcytowe,

Tab. 1. Charakterystyka litologiczna i sposób poboru wybranych próbek osadów lessowych z Klepicza (PO — porowatość ogólna, PKO — wodna pojemność kapilarna)

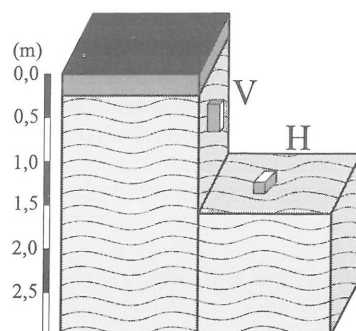
Stanowisko	Litofacje	Nr próbki	Sposób poboru próbek, głęb. w m	Zaw. frakcji lessowej 0,05–0,02 mm, %	Zaw. iłu koloid. <0,002 mm, %	CaCO ₃ %	PO %	PKO % obj.
Klepicz 1	less koluwalny	2	V 1,1	38,3	2,4	11,8	42,5	26,4
		3	V 1,7	41,5	6,4	13,2	41,6	25,5
Klepicz 2	less laminowany	7	V 2,2	57,8	5,9	11,5	38,1	24,7
		9	V 2,75	36,5	9,3	9,8	34,4	21,6
Klepicz 4	less laminowany	19	H 1,8	49,5	7,2	6,9	39,8	23,1
		22	V 2,1	53,5	4,3	11,0	42,2	27,1
	23	V 2,4	52,5	5,3	14,4	41,6	26,8	

granitoidy, skały metamorficzne, bazalty i minerały ciężkie (2 zespół petrograficzny). Pierwszy z wymienionych zespołów można wiązać genetycznie z osadami kredowymi bądź trzeciorzędowymi Niżu Polskiego. Część drugiego zespołu pochodzi prawdopodobnie ze skał skandynawskich. Oba zespoły były inkorporowane przez łądól w materiał morenowy, a zapewne wszystkie składniki były redeponowane z położonych niedaleko osadów fluwioglacjalnych lub glacialnych. Charakterystyczny jest udział obtoczonych fragmentów glin (ryc. 4), czy też klastów ilasto-mikrytowych, które w dalszej części pracy są nazwane intraklastami.



Ryc. 2. Główne profile litologiczne osadów lessowych z Klepicza; PP — poziom próchniczny, LM — litofacja lessu masywnego, LL — litofacja lessu laminowanego, LK — litofacja lessu koluwalnego, F — piaski i żwiry fluwioglacjalne

Fig. 2. Main lithological profiles of loess deposits from Klepicz; PP — humus horizon, LM — massive loess lithoface, LL — laminated loess lithoface, LK — coluvial loess lithoface, F — fluvioglacial sands and gravels



Ryc. 3. Schemat poboru próbek do analiz mikrostrukturalnych; H — horizontalny pobór próbek, V — wertykalny pobór próbek

Fig. 3. Scheme of sampling for micromorphological analyses; H — horizontal sampling, V — vertical sampling

Jako matriks w osadach lessowych występuje pył mikrytowy i minerały ilaste. Zawartość tych składników jest zmienna, dochodzi jednak razem do 25%. Badania derywograficzne wykazały, że wśród minerałów ilastych występujących w osadach lessowych z Kłepicza dominują minerały z grupy illitu i z grupy smektytu.

Wszystkie wymienione wyżej składniki osadów lessowych są składnikami pierwotnymi. Do składników wtórnych, diagenetycznych, zaliczono wtórne węglany i związki żelaza. Ich wytrącenie należy wiązać z procesami hydrochemicznymi, rozwijającymi się w obrębie strefy czynnej wieloletniej zmarzliny i/lub z holocenijskim rozwojem gleby.

Główne typy mikrostruktur

Mikrostruktury stwierdzone w osadach lessowych z Kłepicza można podzielić na dwa zasadnicze typy: 1) mikrostruktury pierwotne, 2) mikrostruktury wtórne: (a) synchroniczne z procesami peryglacjalnymi, (b) związane z rozwojem poziomu glebowego.

Mikrostruktury pierwotne

Za struktury pierwotne należy uznać te, których powstanie wiąże się z procesami rozgrywającymi się synchronicznie z akumulacją serii lessowej, nie powodującymi zaburzeń w mikrostrukturze osadu. Osady lessowe, które nie wykazują zaburzeń, mają laminację subhoryzontalną, czasami niewyraźną. Grubość lamin waha się od dziesiątych części milimetra do 10 mm. W ich obrębie często występuje normalne uziarnienie gradacyjne (ryc. 5), a powierzchnie spągowe niektórych lamin są erozyjne. Dolna część pojedynczej laminy składa się w dużej mierze (niekiedy do 50%) z otoczonych klastów ilastych, mikrytowo-ilastych lub gliniastych, czyli intraklastów (wielkości 0,1–1 mm).

Właśnie ich obecność wskazuje na częste procesy redepozycji materiału, zapewne na niedużą odległość. Procesom takim sprzyja pierwotna depozycja osadów lessowych na pojedynczych płatach śniegu, jak również na powierzchniach lekko nachylonych. Redepozycję osadów lessowych w obrębie stoków lekko nachylonych potwierdza również występowanie drobnych, o średnicy do 4 mm, toczniców ilastych (ryc. 6). Wymienione intraklasty pochodziły prawdopodobnie z otaczających osadów glacialnych lub z już zdeponowanych osadów lessowych, skąd mogły być transportowane na drodze suspensji bądź poprzez saltację. Jest możliwe, że obserwowane uziarnienie gradacyjne i laminacja są spowodowane segregacją materiału pylastego w obrębie *snow melt water*. W ten sposób wytłumaczył Gullentops i in. (1981) różnicowanie materiału pylastego akumulowanego na płatach śniegu. Interpretacja ta nie jest jednoznaczna, bo z kolei praca eksperymentalna Dijkmansa i Müchera (1989) wykazała, że less deponowany pierwotnie na przemian ze śniegiem, po wytopieniu tego ostatniego jest, owszem, zaburzony i zawiera intraklasty mułowe, ale nie jest laminowany.

Podsumowując, obserwowane mikrostruktury osadów lessowych są wynikiem licznych procesów redepozycyjnych, zapewne na niewielkie odległości. Sam pierwotny mechanizm depozycji osadów lessowych, które zaliczono do lessów peryglacjalnych (Issmer i in., 1990; Kozarski & Nowaczyk, 1991), nie został wyjaśniony i wymaga prowadzenia dodatkowych badań.

Mikrostruktury wtórne, synchroniczne z procesami peryglacjalnymi

Do grupy tej zaliczono różnego rodzaju struktury deformacyjne, powstałe głównie w czasie synsedymacyjnego oddziaływania procesów peryglacjalnych. Niewątpliwie najbardziej charakterystyczne są syngenetyczne mikroszczeliny z wypełnieniem klastycznym (ryc. 7). Tworzą się one, analogicznie do form makro, poprzez powstanie ziejącej szczeliny i jej fosylizację materiałem z góry (Dylik, 1963; Goździk, 1973; Jahn, 1970; Washburn, 1979).

Zmiany objętości gruntu, w wyniku odwodnienia i powstawanie szczelin, powodują tworzenie się mikroobszarów o dominacji tensji bądź kompresji. To z kolei doprowadza do deformacji typu mikroskopków, porozrywania lamin (budinazu) i powyginania (zafałdowania) lamin (ryc. 8). Niekiedy po utworzeniu się szczeliny i deformacji lamin następuje dalsze odprowadzenie wody, z czym zapewne związane są struktury quasimisczkowe (ryc. 9). Podobne struktury obserwowali Coutard i Mücher (1985) w eksperymentalnej pracy, dotyczącej deformacji w kilkakrotnie zamrażanych i rozmrażanych laminowanych pyłach.

Do grupy omawianych struktur należą też (niewyraźne) mikrostruktury koliste (ryc. 10). Zaobserwowano je w niektórych szlifach z próbek, pobranych z powierzchni poziomych (H) i zinterpretowano jako reorientację klastów w wyniku procesów powtarzanej regelacji, podobnie do występujących w makroskali pierścieni kamienistych, powstających w strefie peryglacjalnej (Jahn, 1970; Washburn, 1979).

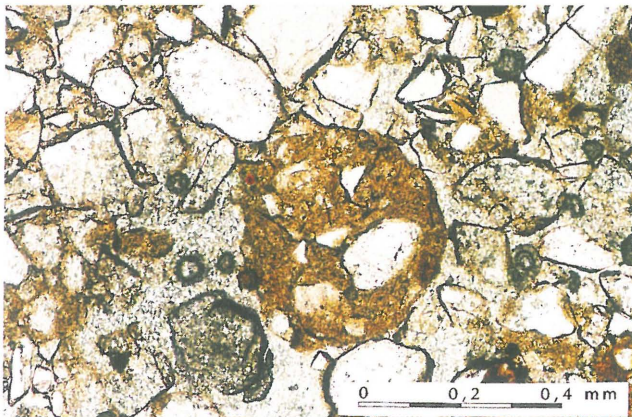
Płytki cienkie są dobrym narzędziem do identyfikacji mikrostruktur, powstałych w wyniku istnienia lodu segregacyjnego, o budowie soczewkowej. Są to poziomy ciągłych lub poprzerywanych wąskich, horyzontalnych szczelin, w spągu których często występują minerały ilaste i mikryt (ang. *silt droplet structure* (Meer, 1987), ryc. 11). Powstają one w wyniku wytopienia poziomych warstewek (soczewek) lodu, utworzonego poprzez zamarzanie wody, wsączającej się w przestrzeń, którą stwarzają lekko unoszące się warstewki zamarzniętego gruntu. Migracja wody odbywa się zawsze w kierunku prostopadłym do powierzchni zamarzania (Washburn, 1979). Osady lessowe, ze względu na swoją dużą wodną pojemność kapilarną (por. tab. 1), są wyjątkowo podatne na wywołany zamarzaniem proces podsiąkania wody i tworzenia się kolejnych soczewek lodu.

W wyniku migracji wytopionej wody powstają też charakterystyczne laminy, zbudowane z materiału ilastego i związków żelaza, obecne w obrębie spągowych partii litofacji lessu laminowanego. Podobne mikrostruktury spotykane są w osadach określanych mianem *limons à doublets*, a ich powstanie wiąże się z migracją wody w obrębie osadów lessowych podczas wytapiania wieloletniej zmarzliny (Lauridou & Giresse, 1981).

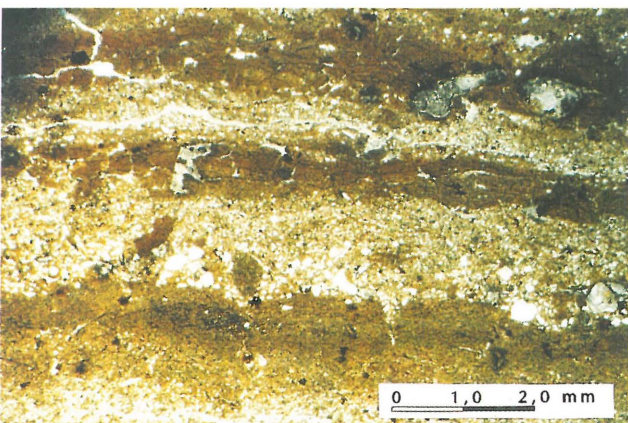
Struktury związane z procesami glebotwórczymi

W osadach lessowych z Kłepicza do głębokości ok. 2 m, są zapisane liczne ślady procesów glebotwórczych, przy czym pierwsze 1,5 m jest pozbawione zupełnie mikrostruktur pierwotnych w wyniku haploidywacji, czyli zmian prowadzących do homogenizacji osadu. Zmiany te zachodziły głównie w wyróżnianej litofacji lessu masywnego.

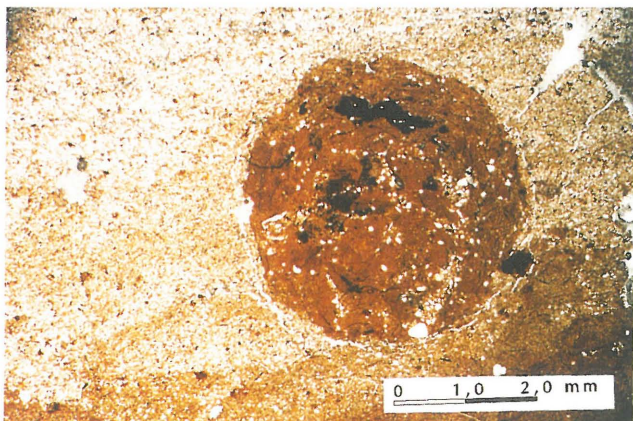
Odwapnienie osadów lessowych, polegające na całkowitym lub prawie całkowitym rozpuszczeniu i usunięciu pyłu mikrytowego i ziarn wapiennych w stropowej części osadów, sięgnęło od 0,6 m w stanowisku Klepicz 1 do 1,70 m w stanowisku Klepicz 2. Poniżej poziomu odwapnienia, w strefie o zmiennych wartościach pH związanych np. z roślinnością, następowało wytrącanie węglanu wapnia i powstawały liczne konkrecje, najczęściej



Ryc. 4. Obtoczone ziarno diamiktytu wśród ziarn kwarcu. Klepicz 4, głęb. 1,8 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym
Fig. 4. Rounded diamicton grain among quartz grains. Klepicz 4, depth 1.8 m (laminated loess lithofacies); plane-polarized light

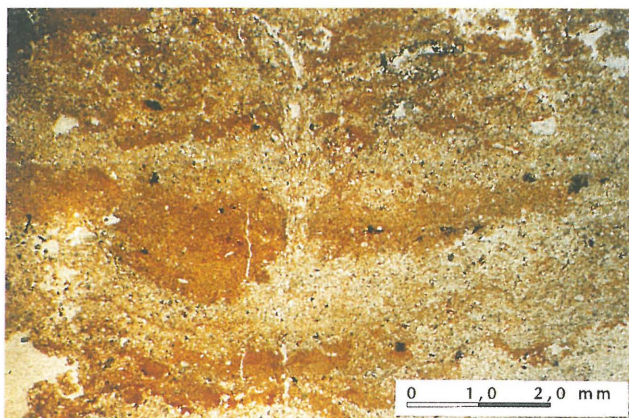


Ryc. 5. Uziarnienie gradcyjne w obrębie lamin. Klepicz 4, głęb. 2,4 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym
Fig. 5. Normal grading among laminae. Klepicz 4, depth 2.4 m (laminated loess lithofacies); plane-polarized light

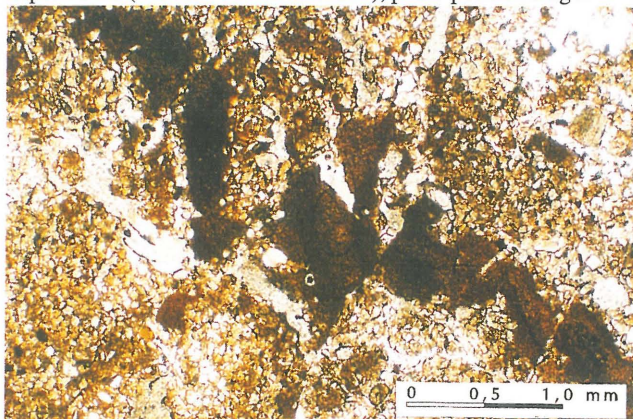


Ryc. 6. Toczeniec ilasty w osadzie lessowym. Klepicz 4, głęb. 2,4 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym
Fig. 6. Clay ball in loess deposit. Klepicz 4, depth 2.4 m (laminated

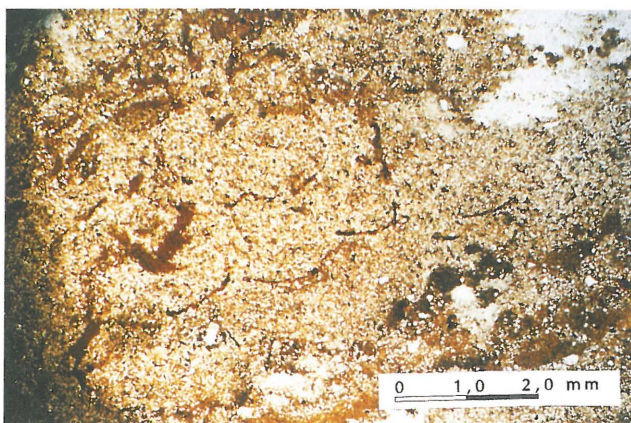
wokół korzeni (rizokrecje). Mają one zmienną wielkość i różnorodne kształty (ryc. 12), dominują jednak owalne skupienia mikrytu z otworem w środku. W pojedynczych przypadkach dochodziło do przekształcania mikrytu w grubieziarnisty sparyt.



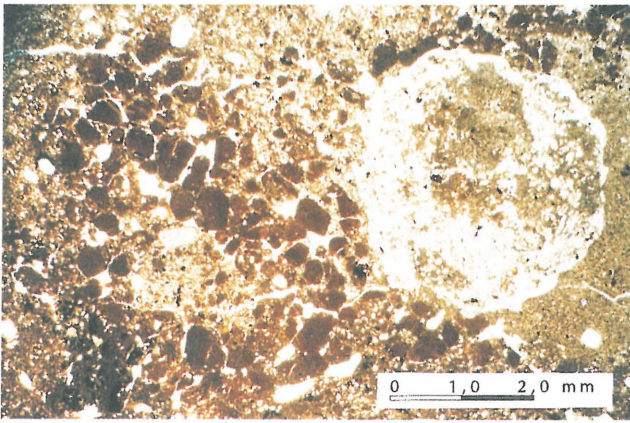
Ryc. 7. Syngenetyczna mikroszczelina z wypełnieniem klastycznym. Klepicz 2, głęb. 1,9 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym
Fig. 7. Syngenetic microcrack with clastic infilling. Klepicz 2, depth 1.9 m (laminated loess lithofacies); plane-polarized light



Ryc. 8. Zdeformowana (liczne mikrouskoki) warstwa ilasta. Klepicz 4, głęb. 1,3 m; w świetle spolaryzowanym
Fig. 8. Deformed (abundant microfaults) clay lamina. Klepicz 4, depth 1.3 m (laminated loess lithofacies); plane-polarized light

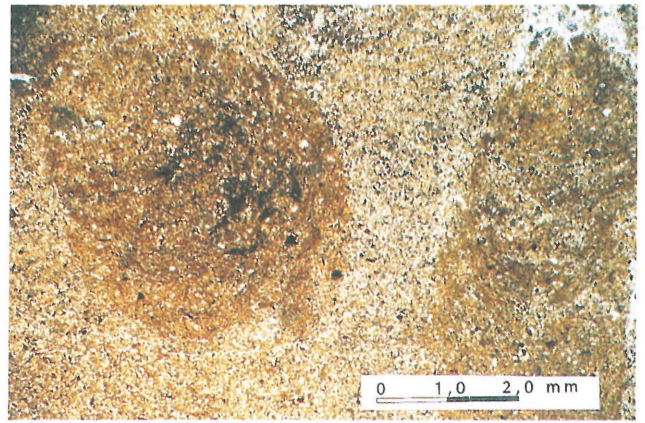


Ryc. 9. Podgięte laminki ilaste — struktura quasimiseczkowa. Klepicz 2, głęb. 2,1 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym
Fig. 9. Bended upwards clay laminae — quasidish structure. Klepicz



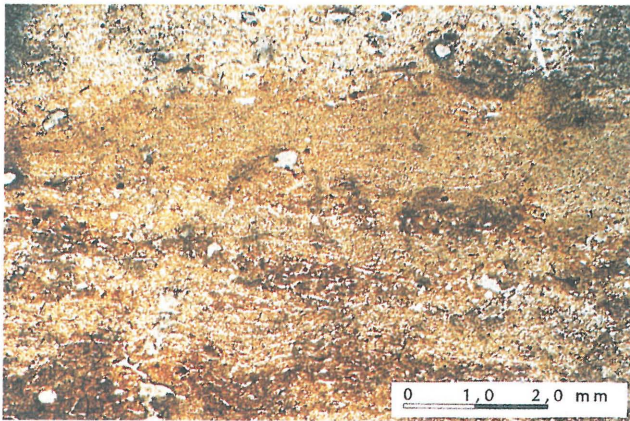
Ryc. 10. Mikrostruktura kolista zbudowana z klastów ilastych (po lewej stronie). Po prawej ślad żerowania organizmu. Szlif z powierzchni horyzontalnej (H). Klepicz 4, głęb. 1,8 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym

Fig. 10. Circle microstructure consists of clay grains (on the left). Trace of earthworm on the right. Thin section from the horizontal surface. Klepicz 4, depth 1.8 m (laminated loess lithoface); plane-polarized light



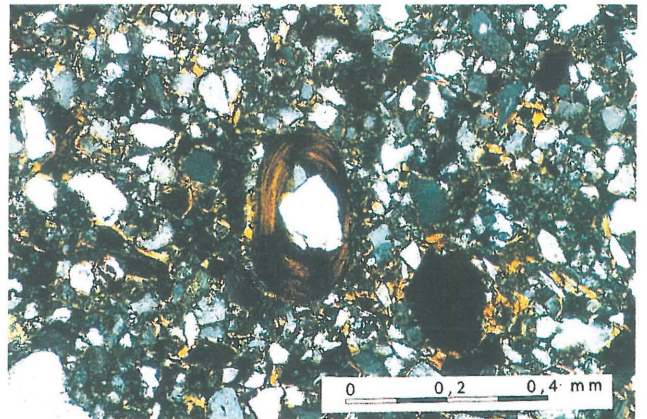
Ryc. 13. Ślady żerowania robaków (ang. *striotubules*). Klepicz 4, głębokość 1,7 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym

Fig. 13. Traces of earthworms (*striotubules*). Klepicz 4, depth 1.7 m (laminated loess lithoface); plane-polarized light



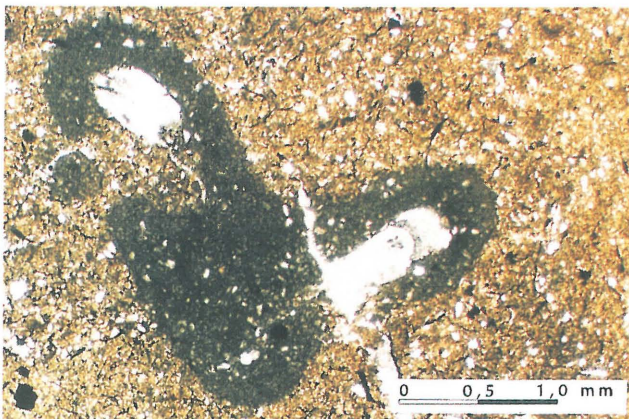
Ryc. 11. Subhoryzontalne szczeliny po lodzie segregacyjnym. Klepicz 4, głębokość 2,1 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym

Fig. 11. Subhorizontal voids originated after melting of ground-ice lenses. Klepicz 4, depth 2.1 m (laminated loess lithoface); plane-polarized light



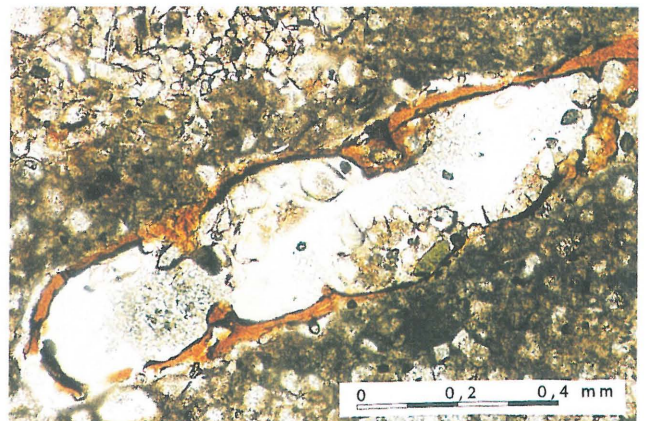
Ryc. 14. Namyte i osadzone na ziarnach minerały ilaste (ang. *cutans*). Klepicz 4, głęb. 0,9 m (litofacja lessu masywnego); skrzyżowane polaryzatory

Fig. 14. Illuviated clay minerals (*cutans*). Klepicz 4, depth 0.9 m (massive loess lithoface); crossed polars



Ryc. 12. Nagromadzenie wtórnego węgla wapnia w formie rizokrecji. Szlif z powierzchni horyzontalnej. Klepicz 4, głęb. 1,4 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym

Fig. 12. Rhizocretion — secondary calcium carbonate. Thin section from the horizontal surface. Klepicz 4, depth 1.4 m (laminated loess lithoface); plane-polarized light



Ryc. 15. Szczelina z namytymi minerałami ilastymi i związkami żelaza. Klepicz 4, głęb. 1,3 m (litofacja lessu laminowanego); w świetle spolaryzowanym

Fig. 15. Void with illuviated clay minerals and iron components. Klepicz 4, depth 1.3 m (laminated loess lithoface); plane-polarized light

Do struktur biogenicznych należą też ślady żerowania organizmów. W przekroju poprzecznym są to kolisty struktury o stałej średnicy 3 mm, w pozostałych przekrojach tworzą one kanały wypełnione laminowanym osadem (ang. *striotubules*, (Brewer, 1976, ryc. 13). Są one dobrze widoczne zarówno w intersekcji poziomej (H), jak i pionowej (V), świadcząc o tym, że zwierzęta przemieszczały się w różnych kierunkach. W niektórych przypadkach natrafiono na kieszenie wypełnione grudkami fekalnymi.

Z rozwojem życia w strefie glebowej zmienia się porowatość tej części osadów. Oprócz typowej dla lessów przestrzeni kapilarnej, w zasadzie niewidocznej pod średnimi powiększeniami w mikroskopie optycznym, pojawiają się makropory (o średnicy rzędu 1 mm) — rurkowate, ograniczone płaskimi powierzchniami i inne.

Do procesów glebotwórczych należy zaliczyć również grawitacyjne przemieszczanie się drobnych składników (np. minerałów ilastych) w przestrzeniach porowych i osadzanie się ich na ziarnach lub wokół porów (ryc. 14, 15). W ten sposób namyte minerały ilaste tworzą charakterystyczne mikrostruktury, zwane z ang. *cutans* (Brewer, 1976). Bardzo mobilne w procesach glebotwórczych są także związki żelaza. Wytrącają się one w formie mikrokonkrecji, bądź w formie menisków między ziarnami. Dwa ostatnie procesy są przykładem typowych dla rozwoju gleby translokacji, czyli przemieszczania się substancji (Johnson & Watson-Stenger, 1987).

Opisane procesy glebotwórcze mogły rozwijać się od momentu depozycji osadu, a więc około 16,2 ka BP. Prawdopodobnie jednak większa część z nich reprezentuje, ciągle ewoluujący, współczesny profil glebowy.

Struktury diagnostyczne w rekonstrukcjach paleoklimatycznych i paleogeograficznych

Zasadniczym celem pracy było poszukiwanie mikrostruktur, które można by było uznać za charakterystyczne dla późnoplejstocenijskich osadów lessowych. W makroskali istnieją dowody świadczące o rozwoju środowiska peryglacjalnego na obszarze Pomorza Zachodniego (Issmer, 1988; Kozarski, 1971, 1993; Kozarski & Nowaczyk, 1992).

Zidentyfikowano i opisano mikrostruktury i tekstury pierwotne, takie jak: laminację, uziarnienie gradacyjne, toczące ilaste i intraklasty glin. Ich obecność pozwala wyciągnąć wnioski dotyczące niedalekiego źródła alimentacji osadów lessowych. Mogły to być rozległe powierzchnie wysoczyznowe, bezpośrednio sąsiadujące z płatami lessowymi w okolicach Kłepicza (ryc. 1). Przy pomocy analizy mikrostrukturalnej próbowano także odtworzyć warunki i miejsce depozycji materiału lessowego. Prawdopodobnie były to pojedyncze płaty śniegu, zalegające na płaskich powierzchniach oraz na powierzchniach lekko nachylonych.

W analizowanych profilach z Kłepicza istotną rolę odgrywały struktury wtórne, które pozwoliły na prześledzenie zmieniających się procesów w obrębie i po wytopieniu wieloletniej zmarzliny. Za diagnostyczne dla środowiska peryglacjalnego można uznać syngenetyczne mikroszczeliny zmarzlinowe i subhoryzontalne szczeliny po lodzie soczewkowym (*silt droplet structure*). Cechą charakterystyczną i ułatwiającą interpretację był fakt, że część spośród rozpoznanych mikrostruktur można przyrównać do struktur peryglacjalnych w makroskali, jak np. mikroszczeliny syngenetyczne czy pierścienie klastyczne, odpowiadające kręgom kamienistym. Ponadto, analiza mikroskopowa okazała się dobrym narzędziem identyfikacji zmian glebotwórczych, a ich obecność z kolei jest ważnym czynnikiem w rekonstrukcjach paleoklimatycznych.

Drugim celem pracy było przetestowanie skuteczności badań mikroskopowych w przypadku luźnych, nieskonsolidowanych osadów. Analiza tekstur i struktur w skali mikro niewątpliwie dostarczyła dodatkowych danych w celu interpretacji genetycznej osadu. Badaniom poddano osady młode, o względnie mało skomplikowanej historii postsedymentacyjnej, ale i tak uzyskane wyniki potwierdziły ciągłą ewolucję osadów od momentu depozycji. Zastosowana metoda może być zatem jednym ze składników analizy paleogeograficznej, a cenne będą zwłaszcza informacje o:

- pochodzeniu materiału, a w szczególności zawartości fragmentów osadów glacialnych,
- obecności mikrostruktur związanych ze strefą peryglacjalną,
- obecności zmian glebowych.

Panu Profesorowi Stefanowi Kozarskiemu z Instytutu Badań Czwororzędu UAM i Panu Profesorowi Stanisławowi Lorencowi z Instytutu Geologii UAM dziękujemy za krytyczne uwagi i pomoc okazaną w trakcie przygotowywania niniejszego artykułu.

Literatura

- BERENDT G., FINCKH L., KORN J. & SCHROEDER H. 1908 — Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. Lieferung 81, Blatt Zehden, Gradabteilung 45: 1–87.
- BREWER R. 1976 — Fabric and mineral analysis of soils. Krieger, Huntington.
- CEGŁA J. 1972 — Acta Univ. Wratisl., 1968: 3–72.
- COUTARD J.P. & MÜCHER H. 1985 — Earth Surf. Proc. Land., 10: 309–319.
- DIJKMANS J.W.A. & MÜCHER H. 1989 — Ibidem, 14: 303–315.
- DYLIK J. 1963 — Acta Geograph. Lodz., 17: 1–98.
- FEDOROFF N. & GOLDBERG P. 1982 — Catena, 9: 227–251.
- GOŹDZIK J. 1973 — Acta Geograph. Lodz., 31: 1–119.
- GULLENTOPS F., PAULISSEN E. & VANDENBERGHE J. 1981 — Biul. Perygl., 28: 345–365.
- ISSMER K. 1988 — Zakł. Geomorf. Inst. Badań Czwart., UAM Poznań (masz. pr. magisterskiej).
- ISSMER K., KOZARSKI S. & NOWACZYK B. 1990 — [W:] Inter. Symp.: Late Vistulian and Holocen aeolian phenomena in Central and Northern Europe (14–18 May, 1990, Poland). Guide-Book of Excursions: 7–11.
- JAHN A. 1970 — Zagadnienia strefy peryglacjalnej. PWN.
- JOHNSON D. L. & WATSON-STENGER D. 1987 — Soil Sc., 143: 349–366.
- KOZARSKI S. 1971 — Bad. Fizjogr. Pol. Zach., 24, ser. A: 97–177.
- KOZARSKI S. 1993 — Geol. Mijnbouw, 72: 143–157.
- KOZARSKI S. 1995 — Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki i transformacja geosystemu (~20 ka do 10 ka BP), cz. I. Opracowanie syntetyczne (proj. bad. KBN PB 6 0318 91 01), Poznań.
- KOZARSKI S. & NOWACZYK B. 1991 — Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd., 90: 107–122.
- KOZARSKI S. & NOWACZYK B. 1992 — [W:] Wybrane zagadnienia geomorfologii eolicznej. UŚ Wyd. Nauk o Ziemi: 37–114.
- KUBIENA W. L. 1938 — Micropedology. Collegiate Press Inc., Ames.
- LAUTRIDOU J. P. & GIRESSÉ P. 1981 — Biul. Perygl., 28: 149–162.
- MALICKI A. 1967 — [W:] Czwororzęd Polski. PWN.
- MEER J. J. M. VAN DER 1987 — Geol. Survey of Finland, Sp. Pap., 3: 77–89.
- MEER J. J. M. VAN DER & LABAN C. 1990 — J. Quater. Sc., 5: 95–101.
- MEER J. J. M. VAN DER, RABASSA J. O. & EVENSON E. B. 1991 — Ibidem, 7: 31–44.
- MENZIES J. 1991 — Ibidem, 5: 189–206.
- MENZIES J. & MALTMAN A. J. 1992 — Geomorphology, 6: 27–40.
- MÜCHER H. J. & DE PLOEY J. 1977 — Earth Surf. Proc. Land., 2: 117–124.
- MÜCHER H. 1986 — Nederlandse Geogr. Stud., 23: 1–267.
- WASHBURN A. L. 1979 — Geocryology. A survey of periglacial processes and environments, E. Arnold Publ. London.