



Zygmunt HELIASZ\*, Stanisław OSTAFICZUK\*\*

## **Problem i potrzeba generalizacji niektórych wydzieleń na geologicznych mapach stref marginalnych ostatniego zlodowacenia w Polsce**

Streszczenie: Przedmiotem tego opracowania jest rozbieżność tożsamościowa, widoczna w terenie i na mapach geologicznych w konfrontacji z ukształtowaniem terenu, także występująca w prezentacjach treści szczegółowych map geologicznych Polski (SMGP) na podkładzie numerycznym modelu terenu NMT (ZGW 2000). Zastanawiająco ubogi jest na mapach geologicznych obszar wydzieleń osadów czołowo-morenowych przy równoczesnym występowaniu imponująco wielkich i spójnych ciągów wzgórz sięgających do trzystu metrów wysokości widocznych w krajobrazie, jak i na NMT w uznanych strefach zasięgu i oscylacji poszczególnych epizodów glacialnych plejstocenu. Niniejsza strukturalna analiza rzeźby terenu i treści współczesnego zdjęcia geologicznego Niżu w Polsce jest podstawą propozycji wzmocnienia w geologicznej kartografii genetycznego pojęcia „osady strefy czołowej lądolodu”. Propozycja jest wsparta graficznymi przykładami fragmentów pojezierzy – Suwalskiego i Kaszubskiego, przekrojami geologicznymi oraz profilami morfologicznymi szczegółowymi i o większym zasięgu regionalnym.

Słowa kluczowe: utwory czołowo-morenowe, NMT, szczegółowe mapy geologiczne

### **Mapped lithological units of marginal deposits of the pleistocene's last ice sheet in Poland**

Abstract: The paper presents the inconsistencies between the prominently developed end moraine hills up to 300 m high, presented by DTMs and the hypsometric contour line images of Northern Poland, and their representation in the Detailed Geological Map of Poland 1:50,000 (SMGP), small scale map compilations included. The demonstrated graphic examples are taken from NE Poland's Suwalskie and N Poland's Kashubian Lake Districts. Both cover areas of temporary oscillations and variable time limits of the final episodes of the last Pleistocene glaciations in Poland.

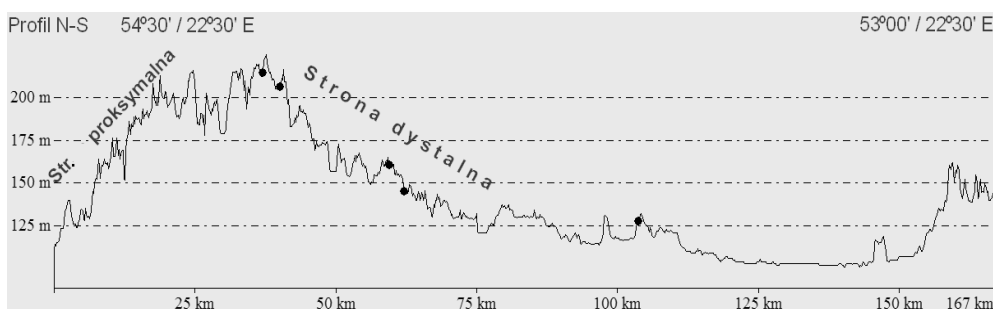
Keywords: terminal moraines, digital elevation model (DEM), large-scale geological maps

\* Dr, \*\* Prof. dr hab., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;  
e-mail: zygmunt.heliasz@gmail.com; so@igf.edu.pl

## Wprowadzenie

Genezą tych rozważań jest zdumiewająco mało stwierdzonych osadów czołowo-morenowych w Polsce przy równoczesnym występowaniu imponująco wielkich i spójnych ciągów wzgórz strefy czołowo-morenowej sięgających trzystu metrów wysokości widocznych na mapach fizycznych Polski i na Numerycznych Modelach Terenu (NMT). Przywołane przykłady prezentują okolice Filipowa na Suwalszczyźnie i Jeziora Żarnowieckiego na Pomorzu, obydwa w strefie zasięgu i oscylacji ostatniego lądolodu na terenie Polski. Przedmiotem tego opracowania jest chęć zaproponowania nowego wydzielenia geologicznego przy kartowaniu podstawowym i w skalach mniejszych, w celu usunięcia rozbieżności litogenetycznej, która występuje w prezentacjach widocznych na NMT (Ostaficzuk 2005) i na mapach geologicznych, poczynając od map w skalach od 1:500 000 i 1:200 000, a na mapach szczegółowych w skali 1:50 000 kończąc.

Według podręcznikowej definicji moreny czołowe to: „wzgórza lub ciąg wzgórz powstających wzdłuż czoła lodowca w czasie jego stagnacji” (Lindner red. 1992). Co istotne, w świetle dalszych rozważań, definicja ta nie ma odniesień do litologii. Z uwagi na dynamikę lodowca w strefie jego czoła, moreny czołowe mogą powstawać w wyniku wyciśnięcia (moreny czołowe z wyciśnięcia) lub pchnięcia obejmującego także osady podłoża (moreny czołowe spiętrzone). Najczęstsze są jednak moreny czołowe akumulacyjne będące efektem wytapiania materiału skalnego zawartego wewnątrz lodowca i na jego powierzchni, deponowanego przy czole aktywnego lądolodu. Akumulacyjne moreny czołowe są zatem kompozycją różnorodnych osadów dobrze wyodrębnionych lub zmieszanych i zdeformowanych po osadzeniu w krótkotrwałych misach wytopiskowych, przestrzeniach między bryłami dezintegrowanej masy lodowca. Także z wodnych osadów w chwilowych, lokalnych przepływach okresowych

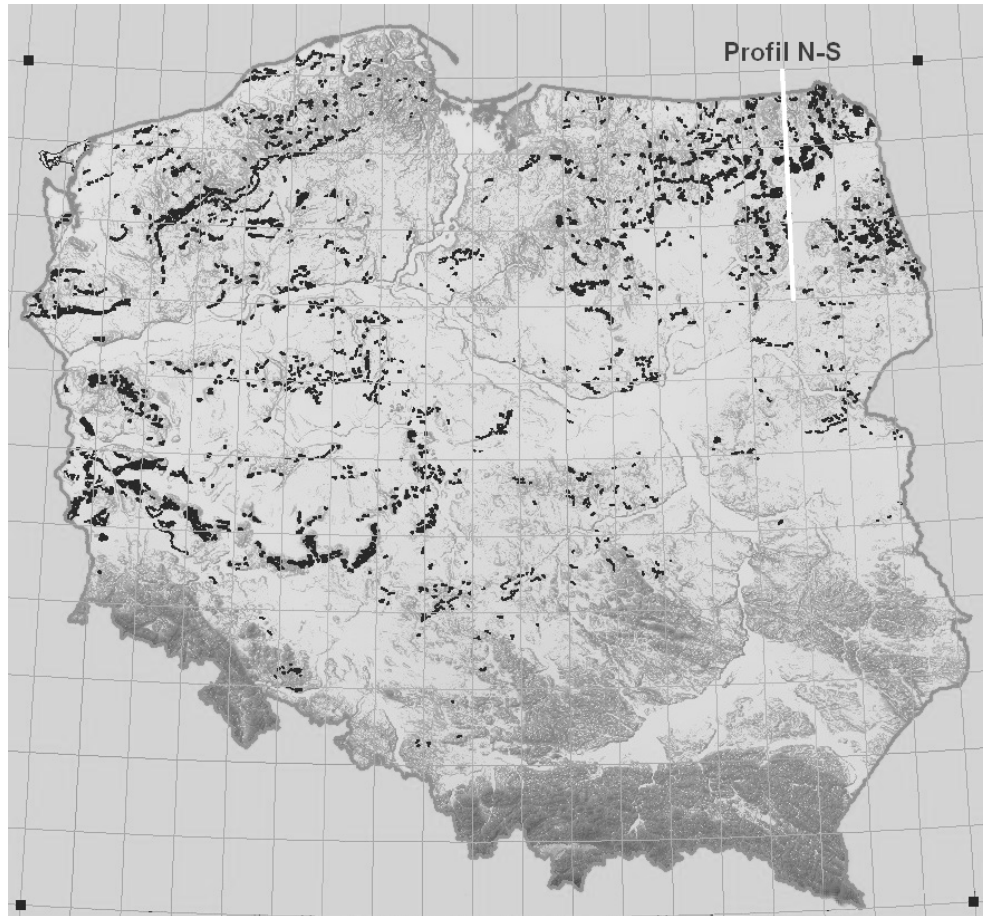


Rys. 1. Profil poprzeczny (N-S) ciągu wzgórz morenowych w północno-wschodniej Polsce, prowadzony wzdłuż 22,5° południka, na odcinku 167 km, to jest od równoleżnika N54,5° do równoleżnika 53,0° od Puszczy Rominckiej na północy, aż poza dolinę Narwi na południu; czarne krążki na linii profilu oznaczają parami granice przecinanych pól występowania wydzieleni utworów moren czołowych (na 110 km profilu oba krążki są na siebie nałożone); pozostałe utwory to w przewadze gliny zwałowe oraz piaszczyste osady wodnolodowcowe

Fig. 1. Transversal profile (N-S) of the frontal moraine hills sequence in North-Eastern Poland along meridian E 22,5°, 167 km long, beginning from the parallel N 54,5° to parallel 53,0°, from the Romincka Forest on the North, to the Narwia valley on the South; pairs of black dots visible on the profile indicate the boundaries of the frontal moraine mapped deposit areas; at approximately 105 km, two dots overlap each other due to picture's scale

strumieni roztopowych oraz z produktów pozostałych z sukcesywnego wytapiania masywnych brył lodu, w formie błotno-gruzowych spływów rozmaitych frakcji z ich powierzchni. Ta zmienność jest powtarzalna i zmienna w cyklach sezonowych i rocznych, w przeciwieństwie do spokojnych wieloletnich osadów glin zwałowych na zapleczu moren czołowych.

Na przykładzie profilu z NE Polski (rys. 1) widać, jak na publikowanych mapach geologicznych wydzielenia osadów czołowo-morenowych występują w postaci drobnych skupień



Rys. 2. Wydzielenia osadów czołowo-morenowych Niżu Polski na podkładzie cieniowanej mapy spadków terenu (odcienie szarości); obrysy wydzielonych osadów moren czołowych (czarne nieregularne pola) są wzięte z geologicznej mapy Polski w skali 1:500 000 (Marks i in. 2006); <http://ikar2.pgi.gov.pl/services/MGP/MapServer/WMS/Server>; czarne kwadraty w narożnikach mapy oznaczają węzły półstopniowej siatki współrzędnych geograficznych terenu: E14°/N54,5°; E24°/N54,5°; E24°/N49°; E14,5°/N49°. Położenie profilu morfologicznego (rys. 1) jest oznaczone białą linią

Fig. 2. DEM of Poland in a shaded version of slope grades with outlines of frontal moraine deposit fields (irregular black patches) according to the geological map of Poland on a 1: 500,000 scale (Marks et al. 2006); black squares mark the extent of the studied area according to the half-degree geographical network, clockwise from the upper left corner: E14°/N54.5°; E24°/N54.5°; E24°/N49°; E14.5°/N49°. The white line indicates the path of morphological profile in Fig. 1

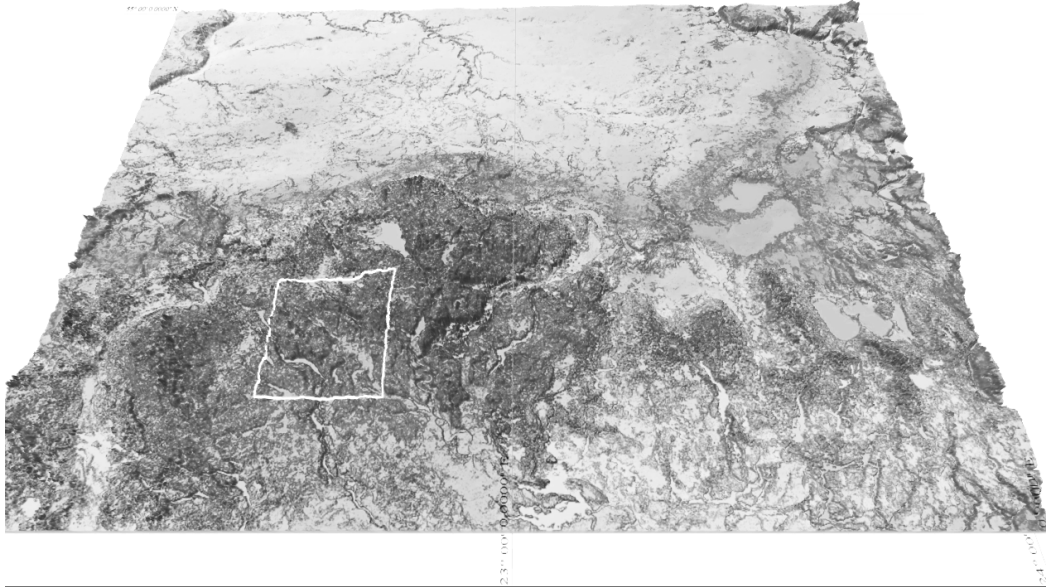
na stokach, lub grzbietach lokalnych wzgórz, które de facto są w większości produktami osadzonymi w strefie czołowej łądolodu.

Lokalizację tego profilu i kompletny obraz rozmieszczenia moren czołowych w Polsce według mapy geologicznej 1:500 000 (Marks i in. red. 2006) przedstawiono na rysunku 2. Charakterystyczne jest zagęszczenie osadów czołowomorenowych w trzech obszarach: północno-zachodnim, środkowo-zachodnim oraz północno-wschodnim. Najbardziej wyraźne są ciągi w obszarze środkowo-zachodnim i częściowo w północno-zachodnim, natomiast pozostałe skupiska nie wykazują wyraźnie zorganizowanej struktury. Im dalej ku południowi, tym bardziej wyraziście są wydzielenia moren czołowych na mapach geologicznych, zarówno zbieżne z ciągami wzgórz, jak i na niemal płaskim terenie. Te wydzielenia odnoszą się do form terenowych wielokrotnie starszych, niż wzgórz morenowe ostatnich epizodów zlodowacenia obszarów Polski północnej, a jednak zostały, lub dlatego właśnie zostały przedstawione jako zgeneralizowane.

Arkusze Filipów i przylegający do niego od północy fragment arkusza Żytkiejmy są położone w centrum spiętrzenia lodowcowych utworów czołowo morenowych w długim ciągu wzgórz między przypuszczalnymi lobami, napierającymi od NNW i NNE; z lobu po stronie NNW wyodrębniły się szarżujące jęzory; po stronie wschodniej arkusza Filipów jest widoczny zarys jeziora Hańcza, z wijącą się ku południowi doliną rzeki Czarna Hańcza oraz otwartą ku północy doliną Szeszupy. Dalej ku wschodowi widoczne są obrysy marginalnych moren wspomnianych wąskich jęzorów (zapewne drenażowych) lodowcowych. Ten sam obszar, jest zaznaczony na mapach geologicznych w obrębie granic Polski jako utwory strefy czołowo-morenowej tylko w nieznacznym stopniu.

## 2. Przykłady

W ciągu wzgórz strefy zasięgu fazy pomorskiej zlodowacenia bałtyckiego różnice między obrazem rzeźby terenu a geologicznymi wydzieleniami moren czołowych na mapach są podobne zarówno na Pomorzu, jak w północno-wschodniej części Polski. Na ilustracjach (rys. 3 do 5) są przedstawione wycinki obrazów (NMT) rzeźby terenu oraz nałożone na nie wydzielenia utworów czołowo-morenowych według map geologicznych w skali 1:50 000. Obszar zajęty przez utwory czołowo-morenowe na geologicznych mapach szczegółowych (1:50 000) jest podobny, choć poszczególne pola są mniejsze, niż na zgeneralizowanej mapie 1:500 000 (rys. 2). W obszarze przygranicznym północno-wschodniej Polski większość terenów jest pokryta utworami stref marginalnych, głównie czołowo-morenowymi lobu głównego i derywacyjnych jęzorów lodowcowych ostatniego epizodu glacialnego na tym terenie, wyraźnie odzwierciedlonych w rzeźbie terenu (rys. 3). Widoczne są misy wytopiskowe i moreny marginalne jęzorów derywacyjnych we wschodniej części obrazu, oraz główne masy przeszło dwustumetrowych wzgórz czołowo morenowych, o lokalnie zróżnicowanej litologii, genezie i tektonice. Niespójności rzeźby terenu z geologicznymi wydzieleniami akumulacyjnych utworów czołowo-morenowych są najlepiej widoczne na profilach morfologicznych. Profile te zestawiono z obrazami NMT, na których zaznaczono obszary występowania utworów czołowo-morenowych według map geologicznych z obszaru NE Polski (rys. 4) oraz z obszaru Pomorza (rys. 5).



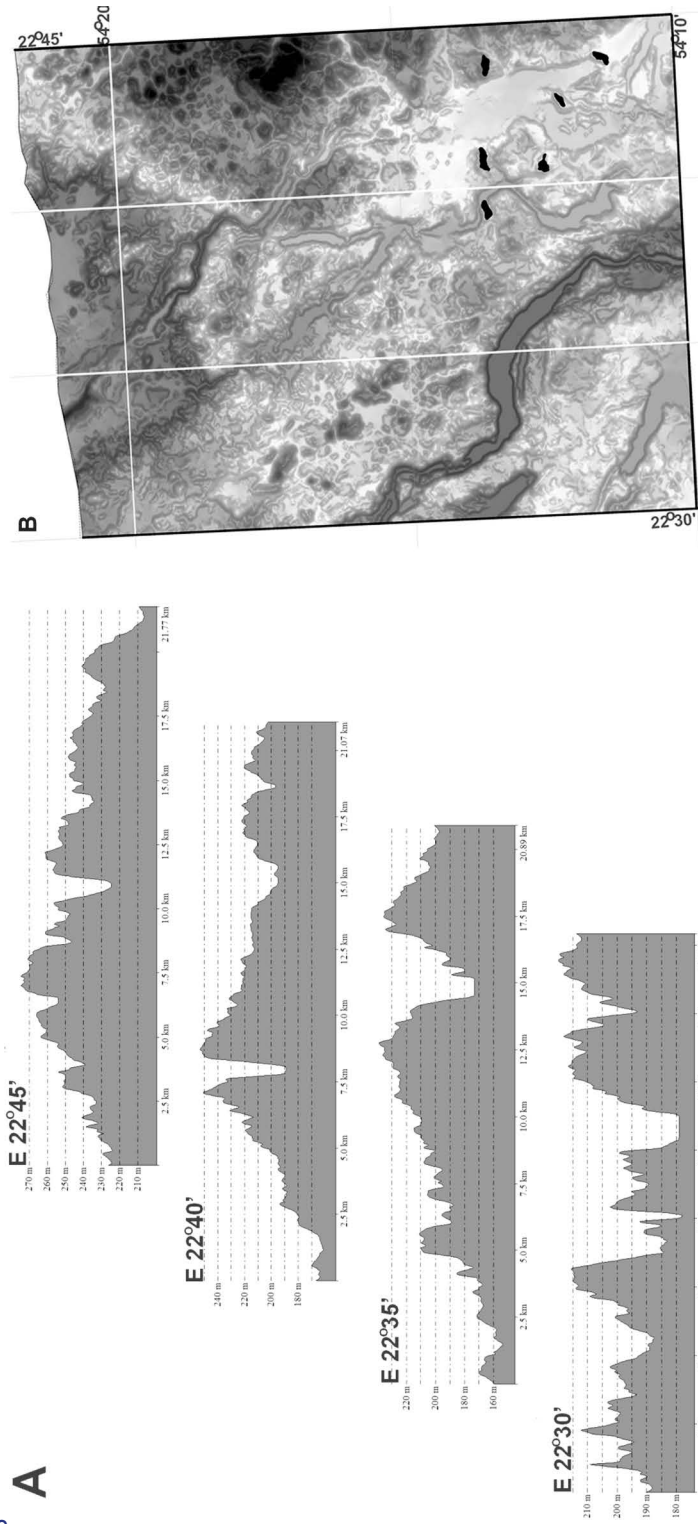
Rys. 3. Obraz perspektywny NMT Suwalszczyzny i terenów przyległych od północy (E 22°00'–24°00'/N 54°00'–55°00'). Biały poligon oznacza arkusz Filipów Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski – SMGP (E 22°30'–22°45'/N 54°10'–54°20'), oraz fragment arkusza Żytkiejmy przylegającego do granicy państwowej

Fig. 3. DEM perspective view of the Suwalszczyzna region and adjoining areas; picture corners from the upper left clockwise (E 22°00'–24°00'/N 54°00'–55°00'). The white frame indicates the Filipów sheet of the Detailed Geological Map of Poland- DGMP (EE 22°30'–22°45'/N 54°10'–54°20') together with the part of Żytkiejmy sheet close to the State border

Powierzchnia preglacja jest silnie urozmaicona wysokościowo, zarówno w NE Polsce, jak i na Pomorzu (por. rys. 6) głównie wskutek glacitektonicznego wypierania przed czołem stagnującego dłużej lądolodu (Liszkowski 1993; Ber i in. 2004). Wypierane partie podłoża były rozmywane przez subglacialne przepływy i redeponowane w przestrzeni dystalnej lodowca, a częściowo spiętrzane, łuskowane i przemieszczane, jako kry glacialne (Ostaficzuk 1978). W sensie genetycznym cały zespół wzgórz jest moreną czołową lądolodu fazy pomorskiej, powstała w wyniku lodowcowej depozycji materiału mineralnego wytapianego i wypłukiwanego z lądolodu w strefie czołowej, fizycznego wypierania podłoża, oraz spiętrzania i przemieszczania wszelkich osadów znajdujących się przed czołem mobilnego lodu.

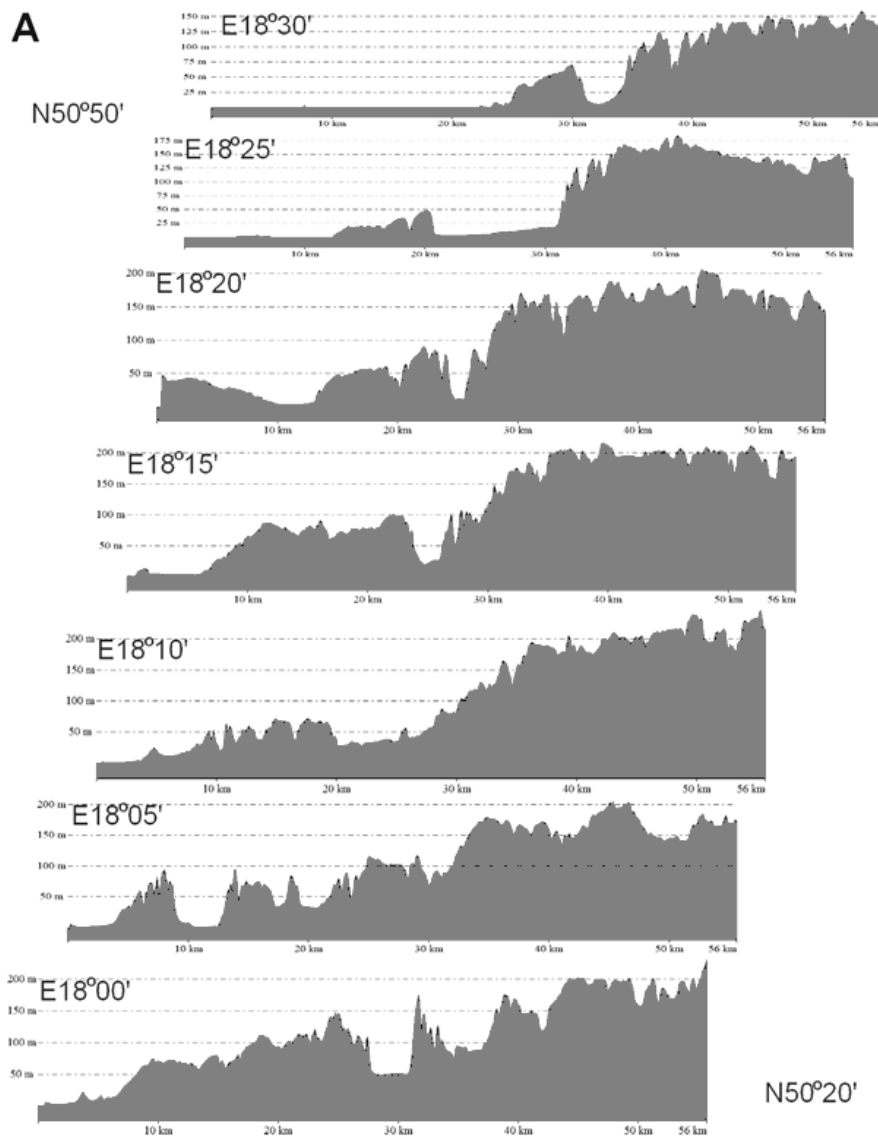
### 3. Mechanizmy i skutki deglacacji

Przy krawędzi lodowca deponowane były zwykle gruboziarniste żwiry i głązy, którym miejscami towarzyszą wkładki lokalnie dominującej, słuźkowej gliny lodowcowej. W części dystalnej moren czołowych dominują piaski i żwiry, osadzone w formie stożków lub delt, pomiędzy którymi powstawały zbiorniki cechujące się depozycją piasków, mułków,



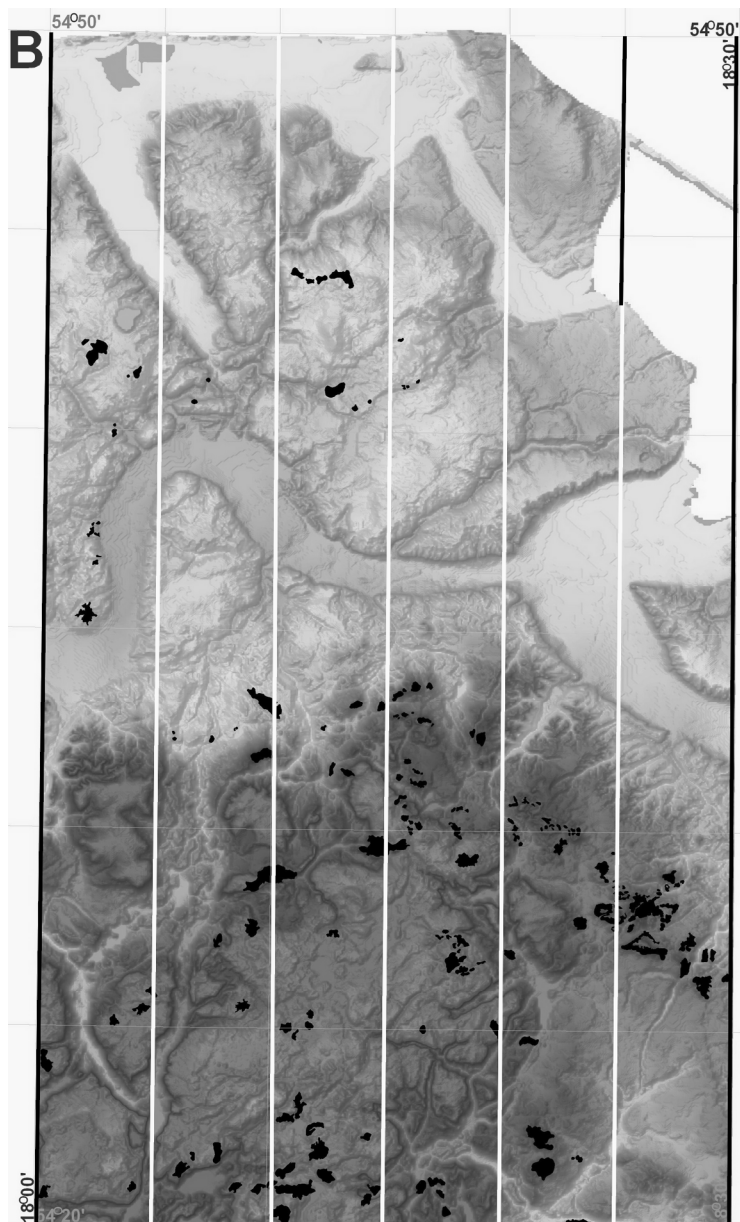
Rys. 4. A – profile morfologiczne N-S przecinające arkusz SMGP 1:50 000 (B) wzdłuż ramek bocznych oraz równoległych do nich białych linii; B – NMT; biała linia pozioma oznacza granicę arkuszy Filipów i Żytkiejmy, czarne pola oznaczają jedyne obszary stwierdzonego zgodnie z instrukcją zdjęcia geologicznego SMGP występowania utworów czołowo-morenowych (Krzywicki 1990), w dysproporcji do połodowcowej rzeźby terenu

Fig. 4. A – Morphological profiles N-S crossing the sheet of DGMP 1: 50,000 along the outside frames and the white lines parallel to them; B – DEM; the horizontal white line indicates the boundary between Filipów to the North and the Żytkiejmy sheets; black patches indicate frontal moraine deposits displayed on the map (Krzywicki 1990), according to the Instruction of Geological Mapping



Rys. 5A. Profile morfologiczne południkowe E 18°00'–18°45' – prowadzone na Pomorzu między równoleżnikami N50°50'–50°20' od brzegu Bałtyku między Białą Górą, a Kuźnicą, do okolic Kartuz na południu. Na załączonym obrazie NMT rzeźby terenu (B) profile są zaznaczone liniami pionowymi; widoczne na profilach szeroko-denne pradoliny rozdzielają recesyjne fazy moren czołowych. Osady czołowo-morenowe oznaczone są parami czarnych kropek na profilach, według SMGP, rzędami od lewej do prawej, ku dołowi: arkusze Sławoszyno, Puck, Wejherowo, Rumia, Kartuzy, Żukowo

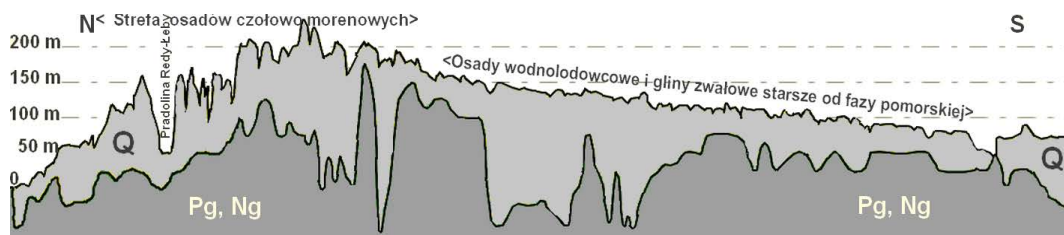
Fig. 5A. Meridional morphological profiles E 18°00'–18°45' – on Pomerania between the N50°50'–50°20' parallels beginning from the Baltic shore between Biała Góra and Kuźnica, up to Kartuzy on the South. On the adjoined DEM a picture of the relief of the Earth's surface, the profile lines are shown in white; an ice-marginal valley with a wide bottom separates the frontal moraines of two depositional recessive stages



Rys. 5B. NMT obszaru zawartego między południkami E 18°00'–18°45', brzegiem Bałtyku (N50°50'), a równoleżnikiem N 50°20'; linie profili N-S są czarne na skrajach obszaru i białe wewnątrz. Lokalizacja rozprzestrzenienia utworów moren czołowych według arkuszy SZMG Polski jest oznaczona czarnymi punktami

Fig. 5B. DEM of the area situated among the meridians E 18°00'–18°45', the Baltic shore (N50°50') and the N 50°20' parallels; the N-S profile lines are marked black on sides and in white inside the picture. The distribution of frontal moraine deposits are shown in black patches according to actual sheets of the DMGP





Rys. 6. Profil geologiczny N-S prowadzony wzdłuż południka 18°00' od brzegu morza do około 53°00' równoleżnika; długość profilu około 200 km; Q – osady czwartorzędowe, Pg, Ng – osady paleogenu i neogenu (strop według mapy strukturalnej podłoża czwartorzędowego Polski 1:500 000, z materiałów roboczych Pracowni Analiz Strukturalnych i Kartografii Geologicznej IGSMiE PAN uzyskanych we współpracy z PIG-PIB)

Fig. 6. Geological cross-section N-S 200 km long, running along the 18°00' meridian from the Baltic sea shore to the 53°00' parallel

Q – Quaternary deposits, Pg, Ng – Paleogene and Neogene deposits with glacial tectonic deformations

a miejscami iłw. Relacje ilościowe pomiędzy glinami lodowcowymi i gładzami a piaskami i żwirami fluwioglacjalnymi są zależne od składu klastycznego materiału mineralnego w obrębie lodowca oraz ilości wód roztopowych spływających z lodowca. Przy dużej ilości tych wód, cechujących się zwykle znaczną energią, materiał mineralny jest intensywnie wynoszony na przedpole łagodząc nachylenie stoku dystalnego. W rezultacie, cechą charakterystyczną morfologii akumulacyjnych moren czołowych jest zwykle większa stromość zbocza proksymalnego, podpieranego lodem i znacznie mniejsze nachylenie stoku dystalnego, ropływającego się grawitacyjnie i okazjonalnie pokrywanego osadami z wód topniejącego lodu. Jeżeli stok dystalny pierwotnej moreny płynnie przechodzi w równinę przedpola, to wyraźnym morfologicznym akcentem zasięgu stagnującego czoła lodowca jest stromy stok proksymalny wzgórza osadów lodowcowych pozostawionych w tym miejscu. Jest to rodzaj wstecznego stożka tworzącego się z nieskonsolidowanych osadów zgromadzonych przed czołem i tracących oparcie wskutek chwilowego, lub trwałego zaniku czoła lodowca. Po stronie dystalnej strefy czołowo-morenowej nieskonsolidowane osady czołowo-morenowe przechodzą stopniowo w pola wielofazowych stożków sandrowych.

Ogólnie w strefach przed czołem łądolodu przeważa sedymentacja wodna i spływowo-grawitacyjna bezładnie pozostawianych zawartości mineralnych lodu – okruchów skał, gładzów, grubych i drobnych piasków, mułków oraz niewielkich nagromadzeń substancji ilastych przemieszanych także z okruchami i soczewkami lodu. Jednak równocześnie z bezładnością sedymentacji występuje grawitacyjno-wodne porządkowanie osadów w postaci spływów błotnych, rozmywania i redepozycji, wysychania i rozmakania, oraz wywiewania pyłów. W tej strefie powstają krótkotrwałe, zamarzające i rozmarzające w cyklach rocznych duże, wielesetmetrowe i małe, kilkudziesięciometrowej średnicy zbiorniki, z właściwymi im osadami, pokrywanymi przez kolejne spływy błotne i osady wodne, lub rozmywane i przemieszczane wiele setek metrów w błotnych potokach. Część z tych osadów może się współcześnie przedstawiać we wkopach lub sondach wierconych jako „głina zwałowa”, „tarasowe osady kemów” lub różne sekwencje „zastoiskowe”.

Strefa czołowo-morenowa jest stratygraficznie „jednoczasowa” choć budowana wieloetapowo przez łądolód będący przez stosunkowo długi czas w stanie równowagi dynamicznej

z czynnikami deglacjacji, a strefa wysoczyzny na zapleczu z osadami jego deglacjacji jest stratygraficznie równowiekowa lub późniejsza, tworzona już po utracie przybliżonej równowagi między progresją lądolodu, a czynnikami deglacjacji na rzecz intensywnej deglacjacji. Lądolód wtedy spowalnia i praktycznie martwieje pozostawiając swoje unieruchomione ciało procesom wytopiskowo-depozycyjnym, ale niczego już nie spiętrzającym dynamicznie, ani niepowtarzającym cykli depozycyjnych. Stąd też pokrywowe gliny zwałowe praktycznie nie są cyklicznie warstwowane, co najwyżej incydentalnie i lokalnie lito-granulowane, co wynika z lokalnych różnicowań mikrośrodowiskowych deglacjacji – na przykład w odniesieniu do zagłębień w lodzie i powstających tam sezonowych jezior, oraz cieków i drenażu, rzeźby wytopiskowej podłoża, wielkości płatów zdeintegrowanej pokrywy lodowej, a także nieregularnie rozmieszczonych wcześniejszych produktów wytopiskowych. Cały ten proces na zapleczu strefy czołowo-morenowej jest jednorazowy, ale zarazem wieloletni, nawet jeśli ta jednorazowość składa się z kilku faz: żywy jeszcze lądolód, ale nienadążający za wytapianiem, martwiejący lód i całkiem martwy, ze zmianami pogodowo-klimatycznymi, przyspieszającymi i opóźniającymi te procesy, wszystkie o nieodwracalnie zanikającej intensywności. Pozostawione w tym miejscu nie zdiagnozowane utwory tworzą błotnistą powierzchnię pełną nierówności, wzgórków i zagłębień, z tkwiącymi w niej nieregularnymi bryłami lodu i pociętą chwilowymi ciekami niezorganizowanej jeszcze sieci drenażu. Ta powierzchnia w krótkim czasie zamieni się w polodowcową wysoczyznę pokrytą głównie glinami lodowcowymi, zagłębieniami po ostatnich bryłach lodu w postaci oczek i jezior oraz fragmentami martwych cieków pozostawionych bez odpływu w wyniku przekształcania i organizacji powierzchniowego odpływu wód opadowych. Lodowcowe gliny zwałowe są sumarycznym zdiagnozowanym zespołem osadów będących efektem procesów ablacji – odgórnego wytapiania martwego lodu oraz odsłaniania produktów spągowego wytapiania pod jeszcze aktywnym lodem. Utwory te są znane jako „gliny zwałowe”, czyli gliny lodowcowe (Lisicki 2003), licznie reprezentowane na mapach geologicznych Niżu.

Wśród skutków deglacjacji są także niedoceniane, a właściwie prawie wcale niewzględniane w praktyce kartograficzno-geologicznej zjawiska postglacialnego przetwarzania i swoistej homogenizacji pierwotnych utworów lodowcowych w dwumetrowej warstwie głębokościowej, będącej głównym obiektem badań autorskich przy sporządzaniu map geologicznych Niżu w Polsce, co wynika z obowiązujących w tym względzie instrukcji szczegółowych zdjęć geologicznych (Instrukcja 1977, 1991, 1996, 2004). Z analizy strukturalnej map geologicznych szczegółowych, przeglądowych i ogólnych (1:50 000, 1:200 000 i 1:500 000) wynika, że w kartowaniu terenowym mogą się zdarzać błędne identyfikacje genezy utworów lodowcowych w około dwumetrowej strefie przypowierzchniowej terenu. W przeważającym obszarowo inwentarzu wydzielen, ta około dwumetrowa strefa przypowierzchniowa jest klasyfikowana przeważnie jako warstwa najmłodszej gliny lodowcowej, piasków lodowcowych lub gliniastych piasków z głazami. Zdarza się jednak spostrzec tę glinę wydzieloną na mapach, jako płynnie przechodzącą od strony zaplecza, częściowo otaczającą miejsca wydzielonych utworów czołowo-morenowych i wkraczającą na różne utwory na przedpolu moren czołowych.

Czynnikami przetwarzania i homogenizacji przypowierzchniowej warstwy utworów lodowcowych na pozbawionym roślinności Niżu były powszechne zjawiska peryglacialne, opady deszczu o zmiennym nasileniu, procesy wymywania i splukiwania osadów drobnych

frakcji, błotnych spływów powierzchniowych, wywiewania, erozji i akumulacji, prowadzące w efekcie do niwelowania, wygładzania i spłaszczania eksponowanych form oryginalnej rzeźby terenu świeżo pozbawionej pokrywy lodowej. Poza tym, cały obszar Polski północnej został w holocenie w stosunkowo niedługim czasie objęty przez trwającą kilka tysięcy lat naturalną sukcesję roślin od tundrowych i bagiennych przez typowe dla tundry i tajgi krzewy i drzewa, a następnie przez lasy wysokopienne, począwszy od preborealnych lasów sosnowo-brzozowych, o niewielkim zwarciu. Z czasem zapanowały lasy mieszane, szpilkowe i liściaste dominujące na terenie dzisiejszej Polski od około 6,5 ka BP niemal do teraz z niewielkimi zmianami spowodowanymi holocenijskimi przekształceniami klimatu (Marks 2016) oraz wprowadzaniem rolniczych upraw w fazie osadniczej (Mojski 2005; Kuprjanowicz 2006). Większość leśnych drzew o korzeniach palowych penetruje i zmienia na polodowcowym Niżu pierwotną strukturę osadową podłoża do 3 metrów głębokości; krzewy i drzewa o ukorzeniu wiązkowym i talerzowym sięgają płycej, ale bardziej intensywnie macerują, zmieniają i homogenizują litologicznie pierwotne osady lodowcowe o różnym składzie i granulometrii. Przyczyniają się do ich chemicznego i mechanicznego wietrzenia, mieszania i diagenyzy. Zatem trudno znaleźć na Niżu poza terenami torfowisk, czyli praktycznie wszędzie, na powierzchni terenu osady o nienaruszonej strukturze pozostawione przez lodowiec. Ta właśnie przypowierzchniowa warstwa utworów lodowcowych jest powszechnie identyfikowana na szczegółowych mapach geologicznych jako cienka warstwa najmłodszej gliny lodowcowej.

W Instrukcjach (1977, 1991, 1996, 2004) obowiązujących autorów szczegółowych map geologicznych w skali 1:50 000, jest przyjęta nadrzędna zasada litologicznej identyfikacji utworów, a kryteria genetyczne i morfologiczne są elementami drugorzędnymi. Dlatego w obrębie utworów czołowo-morenowych wyróżniane są poszczególne zespoły litologiczne, związane genetycznie z typowymi środowiskami lodowcowo-wodnymi, wodnymi, przepływowymi i zastoiskowymi, a tylko słabo wysortowane piaski i żwiry z głazami zaliczane są do strefy czołowo-morenowej. Najmłodsza, cienka warstwa gliny lodowcowej, będącej produktem powierzchniowych procesów de facto polodowcowych jest powszechnie znajdowana i przedstawiana na geologicznych mapach zarówno na proksymalnym zapleczu moren czołowych, jak i nad utworami strefy czołowo-morenowej, po jej dystalnej stronie.

### **Podsumowanie**

Akceptowanie ciągłości graficznej lokowania wydzielenia „głina lodowcowa” po obu stronach strefy czołowo-morenowej wynika po części z konieczności łączenia (stratygraficznego generalizowania) utworów powstających w sekwencji czasowej krótszej od najmniejszej przyjętej fazy epizodów lodowcowych. W efekcie, nadmierna szczegółowość litologicznego rozróżniania utworów strefy osadzania utworów czołowo-morenowych oraz generalizacja stratygraficzna sekwencji litogenetycznych (sandrów, aluwiiów, kemów, glin lodowcowych, mułków zastoiskowych) prowadzi do redukcji na mapach geologicznych obszarów występowania nagromadzeń utworów czołowo-morenowych, oraz do przedstawiania na mapach geologicznych faktu przekraczania „własnej” moreny czołowej przez łob, lub jezior lodowca fazy recesyjnej.

Zatem wały moreny czołowej są budowane przez dynamiczny łądolód w stosunkowo długim czasie, natomiast pokrywy glin lodowcowych powstają zasadniczo już po ukształtowaniu moren czołowych i utracie równowagi między glacją a czołową deglacją, na rzecz deglacji arealnej całego ciała łądolodu. Główny proces tworzenia się glin lodowcowych odbywa się na późniejszej wysoczyźnie – zapleczu strefy czołowo-morenowej. łądolód poddaje się przeważającym, jednorazowym procesom wytopiskowo-depozycyjnym, różniącym się w tym względzie od wielokrotnych cykli depozycyjnych u czoła łądolodu, pozostającego w równowadze z deglacją. Dlatego pokrywowe gliny zwałowe nie są cyklicznie warstwowane, lecz co najwyżej zróżnicowane w profilu pionowym na część górną będącą produktem głównie ablacji oraz lokalnego osadzania zawiesiny i rumoszu z powierzchniowych przepływów strumieni roztopowych lodowca, i część dolną będącą produktem wytapiania oddolnego całej masy łądolodu. Różnicowanie litologiczne glin lodowcowych na bardziej ilaste i bardziej piaszczyste wynika z lokalnych zróżnicowań mikro-środowiskowych deglacji – na przykład w odniesieniu do zagłębień w lodzie, cieków i drenażu, rzeźby wytopiskowej podłoża, wielkości płatów zdeintegrowanej pokrywy lodowej i sezonowych jezior, w których pozostawiane są osady warstwowane, oraz z pierwotnego zróżnicowania materiału klastycznego w lodzie.

Najwyżej stratygraficznie ułożone gliny lodowcowe, o miąższości około dwóch metrów, są poligeniczne i wtórne w stosunku do rzeczywistych glin lodowcowych (zwałowych), będących pozostałością po wytopieniu rozległego płata martwego lodu.

W obowiązujących instrukcjach zdjęcia geologicznego jest wyraźnie przewidziana generalizacja w przenoszeniu obserwacji terenowych na obraz kartograficzny w odniesieniu do czasowej sekwencji osadów sandrowych, eolicznych, mułków i torfów oraz glin lodowcowych na wysoczyznach. Nie przewidziano generalizacji obserwowanych w terenie sekwencji zmienności i powtarzalności warunków depozycji w strefie czołowo morenowej. Należy tu podkreślić właśnie „czołowość” a nie „marginalność” tej strefy. Produkty deglacji arealnej i marginalnej bywają najczęściej jednorazowe, choć niekiedy długotrwałe, ale niepowtarzalne nawet w długim przedziale czasu. Natomiast produkty deglacji marginalnej, ale w strefie czołowej w okresie trwającej (w przybliżeniu) równowagi między dopływem lodu aktywnego lodowca, a jego wytapianiem u czoła, powstają w wielu powtarzających się oscylacyjnie aktach w czasie i w ograniczonej przestrzeni. W dodatku, utwory te bywają spiętrzane bezpośrednio przez czoło łądolodu, miażdżone przez odrywające się z niego bryły lodu, zapadają się wskutek wytapiania takich martwych brył tkwiących w ich nieskonsolidowanej masie rumoszu, glin, gładów, żwirów, piasków, mułków i ilów – błota pokrywającego teren u podstawy czoła łądolodu. Niezależnie od tych szybkozmiennych procesów utwory strefy czołowo-morenowej są unoszone izostatycznie z powodu lokalnych gradientów obciążenia podłoża przez aktywny łądolód. Wydzielanie zatem w tej strefie poszczególnych zespołów litologicznych z odniesieniem ich do krótkotrwałych warunków środowisk wodnych zastoiskowych i fluwialnych, lodowcowych, oraz spływowych i „glacitektonicznych” jest sprzeczne z koniecznością kartograficznej generalizacji litogenetycznej.

„Kartograficzny zanik” moren czołowych w Polsce wynika w znacznej mierze z powodu coraz bardziej wnikliwego badania osadów pozostawionych przez łądolód, bez uwzględniania skali form i hierarchii zdarzeń na badanym obszarze. Takie postępowanie prowadzi zatem do precyzyjnych wniosków analitycznych i diagnoz szczegółowych w odniesieniu do

poszczególnych niewielkich wycinków terenu, ale kosztem możliwości uogólniania w kartograficznym sensie lito-genetycznych<sup>1</sup> wydzielen na mapach geologicznych.

W praktyce terenowej, jako akumulacyjne moreny czołowe są dostrzegane prawie wyłącznie formy morfologiczne złożone z materiału okruchowego – żwirowo-głazowego z niewielkim udziałem glin. Natomiast zwały glin o naturze spływowej przy krawędziach pokrywy lodowej są definiowane jako kemy, które należy wiązać z osadami gromadzącymi się w otwartych szczelinach w lądolodzie.

W tej sytuacji należałoby wprowadzić do instrukcji zdjęć geologicznych potrzeby wyraźnego różnicowania prac badawczo-diagnostycznych stosownie do skali zdjęcia geologicznego, i podać schematy grupowania wydzielen litologicznych w pakiety przestrzenie-genetyczne, oraz wprowadzić wymogi posługiwania się podkładami NMT w pracach kartograficznych przy okonturowaniu formalnych wydzielen geologicznych.

Szkic geomorfologiczny, będący integralną częścią szczegółowego zdjęcia geologicznego należałoby zamienić na rodzaj mapy genetyczno-litologicznej, sporządzanej na podkładzie – obrazie rzeźby terenu, cieniowanym w sposób podkreślający różnice wysokości, zarysy wzniesień, stromizny oraz wcięcia i krawędzie erozyjne.

Elementy rzeźby terenu przedstawiane za pomocą znaków graficznych normalnie zaciemniają na mapach obraz geologiczny, jeśli są przedstawiane za pomocą umownych znaków pseudoanalogowych. Jednak przy powszechnej dostępności map geologicznych i czytelnych podkładów NMT, te umowne znaki symbolizujące elementy rzeźby terenu nie są potrzebne. Ich rolę może spełniać właściwie sformatowany podkład NMT zintegrowany z treścią geologiczną mapy.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej IGSMiE PAN.

## Literatura

Ber i in. 2004 – Ber, A., Dobracki, R., Lisicki, S., Morawski, W., Badura, J., Krzyszkowski, D., Przybylski, B., Urbański, K., Kasprzak, L., Rusczyńska-Szenajch, H., Wysota, W., Turkowska, K., Gardziel, Z., Harsimiuk, M., Lewandowski, J. i Wójcik, A. 2004. Glacitektonika wybranych obszarów Polski [Glaciotectonics of the selected regions of Poland], *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 408. Warszawa, s. 73–125.

*Instrukcja w sprawie opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 w ujęciu kompleksowym*. 1977, Warszawa: Wyd. Geologiczne.

*Instrukcja w sprawie opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 w ujęciu kompleksowym 1991*, Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.

*Instrukcja opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000*. Państw. Inst. Geol., 1996, Warszawa. [Online] Dostępne w: <http://www.pgi.gov.pl/wydawnictwa-geologiczne-pig-pib/seryjne/biuletyn-pig.html> [Dostęp: 20.02.2016].

*Instrukcja opracowania i wydania szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000*. 2004, Warszawa: PIG. Krzywicki, T. 1990. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000*, ark. Filipów i Żytkiejmy. Warszawa: Wyd. PIG.

<sup>1</sup> Idea tworzenia map lito-genetycznych jest znana: [<https://www.google.pl/search?q=Mapa+litogenetyczna+Polski+1:50+000&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKewiJv57zkfLKAhVIlIKHS7jCqsQsAQILA&biw=1047&bih=581&dpr=1.5>]; ważnym novum takiej mapy byłoby jej udostępnianie w formie numerycznej; rastrowej lub wektorowej treści geologicznej oraz „gridowego” podkładu NMT).

- Kuprjanowicz, M., 2006. Postglacialny rozwój roślinności rejonu jeziora Wigry – wstępne wyniki analizy pyłkowej. *Prace Komisji Paleogeografii Czwartorzędu PAU* 3, s. 199–202.
- Lindner, L. red. 1992. *Czwartorzęd. Osady, metody badań, stratygrafia*. Warszawa: Wyd. PAE SA.
- Lisicki, S. 2003. Litotypy i litostratygrafia glin lodowcowych plejstocenu dorzecza Wisły. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* 177 s., Warszawa.
- Liszkowski, J. 1993. The effects of Pleistocene ice-sheet loading-deloadng cycles on the bedrock structure of Poland. *Folia Quaternaria* 64, s. 7–24.
- Marks, L. 2016. Zmiany klimatu w holocenie. *Prz. Geolog.* vol. 64, nr 1, s. 59–65.
- Marks i in. 2006 – Marks, L., Ber, A., Gogołek, W. i Piotrowska, K. red. 2006. *Mapa geologiczna Polski w skali 1:500 000*. Warszawa: Wyd. PIG.
- Mojski, J.E. 2005. *Ziemie polskie w czwartorzędzie. Zarys morfogenezy*. Warszawa: Wyd. PIG.
- Ostaficzuk, S. 1978. *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, ark. Sławoszyno*. Wyd. Geol. Warszawa, s. 1–77 + VII Tablic.
- Ostaficzuk, S. 2005. New Base-Map for Geological Mapping; w *The Current Role of Geological Mapping in Geosciences*; NATO Science Series IV: *Earth and Environmental Sciences* v. 56; Springer, s. 89–96.
- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000*. Warszawa: Wyd. PIG, arkusze: Sławoszyno 0005, Ostaficzuk S., Jakubicz B., Skompski S. 1978; Puck 0006, Skompski S. 2006; Wejherowo 0014, Prussak W. 2002; Rumia 0015, Pikies R., Zaleszkiewicz L. 2004; Kartuzy 0025, Prussak W. 2003; Żukowo 0026, Pikies R. 2003.
- ZGW 2000: DTED2 (Digital Terrain Elevation Data 2) cyfrowe dane 1” ciągłego wysokościowego modelu Polski opracowane w ówczesnym Zarządzie Geografii Wojskowej na podstawie dygitalizacji map topograficznych w skali 1:50 000.