



Referat wygłoszony w dniu 12 czerwca 2023r. na  
posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w  
Krakowie

Komisja Nauk Geologicznych  
Oddział w Krakowie

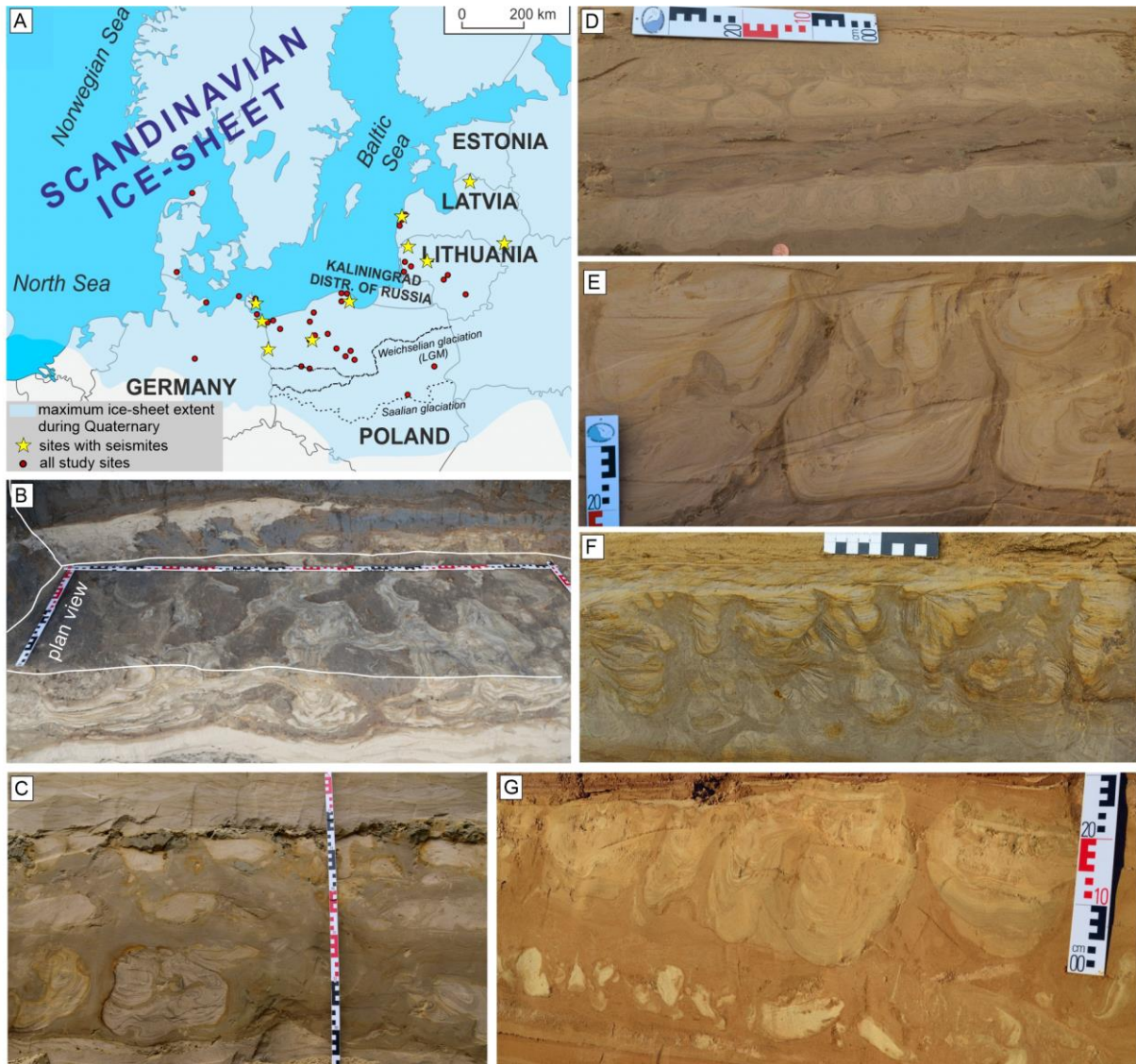
**Prof. dr hab. Małgorzata Pisarska-Jamroży**, zespół GREBAL  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geologii  
E-mail: pisanka@amu.edu.pl,  
ORCID: 0000-0001-5878-5662

### **Plejstocieńskie trzęsienia ziemi w południowej części obszaru perybałtyckiego**

Co łączy południową część obszaru perybałtyckiego, określaną jest asejsmiczną lub panejsmiczną, z plejstocieńskimi trzęsieniami ziemi? Decydują o tym trzy fakty. Po pierwsze, w plejstocenie obszar perybałtycki podlegał oddziaływaniu procesów glacialogenicznych, w tym m.in. mogły występować lodowcowe trzęsienia ziemi (ang. *glacial earthquakes*) powodowane np. zmianą drenażu lądolodu, szarżami lodowcowymi, rozwojem spękań englacialnych, opadaniem wielkich brył lodu, zapadaniem seraków, zderzeniami gór lodowych itp. Po drugie, lądolód wielokrotnie nasuwał się i wycofywał z obszaru perybałtyckiego, powodując zmiany układu naprężeń w skorupie ziemskiej. Te ostatnie mogły przyczynić się do reaktywacji uskoków w podłożu i występowania glaciostatycznych odprężeń (ang. *glacio-isostatic adjustment / rebound*). Po trzecie, na przedpolu lądolodu deponowane były w plejstocenie m.in. przesycone wodą osady drobnoziarniste limniczne i fluwialne, podatne na procesy upłynnienia. To właśnie w tego typu osadach mogły zapisać się, w postaci struktur deformacyjnych, trzęsienia ziemi. W ten sposób powstały sejsmity, czyli ławice skał osadowych wewnętrznie zdeformowanych w wyniku trzęsień ziemi (Seilacher, 1969).

W dziesięciu stanowiskach badawczych, w południowej części obszaru perybałtyckiego, rozpoznaliśmy sejsmity (Fig. 1A). Są to dwa stanowiska w Niemczech: Dwasieden na Rugii (Pisarska-Jamroży i in., 2018), Weisser Berg na wyspie Uznam (Pisarska-Jamroży i in., 2022), dwa na Litwie: Dyburiai (Belzyt i in., 2021), Slinkis (Pisarska-Jamroży i in., 2019a), trzy na Łotwie: Valmiera, Rakuti (Van Loon i in., 2016), Baltmuiža (Woźniak i in., 2021) oraz trzy w Polsce: Siekierki (Van Loon & Pisarska-Jamroży, 2014), Ujście (Pisarska-Jamroży i in., 2019b) oraz Rzucewo (Pisarska-Jamroży & Woźniak, 2019). W sukcesjach osadowych wspomnianych stanowisk zidentyfikowano od 2 do 12 sejsmitów. W sejsmitach tych rozpoznano następujące grupy struktur deformacyjnych (SSDS, ang. *soft-sediment deformation structures*): struktury pogrążowe (ang. *load casts* i *pseudonodules*), struktury piłek i poduszek (ang.

ball-and-pillow structures), struktury płomieniowe (ang. *flame structures*), struktury uciezkowe / odwodnieniowe / uciezki wody lub osadu (ang. *water-escape structures*), uskoki i spękania czy fragmenty rozerwanych lamin (Fig. 1B-G).



**Fig. 1.** Sejsmity zidentyfikowane w południowej części obszaru perybaltyckiego w ramach projektu GREBAL na tle maksymalnego zasięgu zlodowacenia w czasie czwartorzędu. **A:** Lokalizacja stanowisk badawczych z sejsmogenicznymi strukturami deformacyjnymi (żółte gwiazdki). **B:** Trójwymiarowy obraz struktur deformacyjnych w sejsmitach w stanowisku Dwasieden (wyspa Rugia, NE Niemcy); Pisarska-Jamroży i in. (2018). **C:** Sejsmity w stanowisku Dyburiai (Litwa) ze strukturami piłek i poduszek (ang. *ball-and-pillow structures*) oraz pseudonoduli (ang. *pseudonodules*); Belzyt i in. (2021). **D:** Przykładowe dwa sejsmity w stanowisku Valmiera (NE Łotwa) rozdzielone osadami niezaburzonymi (ułożenie tzw. kanapkowe, ang. *sandwich-like layers*): w dolnym sejsmicie występują struktury pogrążów i płomieniowe a w górnym – struktury pogrążów i uciezkowe; Van Loon i in. (2016). **E:** Sejsmity w stanowisku Valmiera (NE Łotwa) ze strukturami pogrążów grzęznących we wcześniej rozwiniętych pogrążach (efekt tzw. *multiloadingu*) oraz strukturami płomieniowymi; Van Loon i in. (2016). **F:** Sejsmity w stanowisku Slinkis (W Litwa). Struktury iniekcyjne w górnej części sejsmitu są zerodowane natomiast w dolnej części sejsmitu występują struktury pogrążów; Pisarska-Jamroży i in., (2019a). **G:** Przykładowe dwa sejsmity w stanowisku Rakuti (SE Łotwa): w dolnym sejsmicie występują fragment porozerwanych lamin a w górnym – struktury pogrążów, rozdzielone strukturami iniekcyjnymi; Van Loon i in. (2016).

Bezpośrednim procesem powodującym powstanie większości wewnątrzławicowych struktur deformacyjnych było powtarzające się upłynnienie osadów zachodzące płytko pod paleopowierzchnią. Epizody upłynnienia były przerywane i rozdzielone przez okresy erozji i depozycji. Ponadto, w dwóch stanowiskach Baltmuiža oraz Weisser Berg zaobserwowano cechy wskazujące na ponowne upłynnienie (ang. *re-liquefaction*) osadów, które wcześniej uległy inicjalnemu upłynnieniu, a następnie solidyfikacji (Woźniak i in., 2021, Pisarska-Jamroży i in., 2022). Pionowe następstwo zdeformowanych wewnątrznie ławic oraz ich rozciągłość, w odniesieniu do danych stratygraficznych, geochronologicznych, modelowań naprężeń w skorupie ziemskiej wywołanych zmianami zasięgu lądolodu i szerszego kontekstu geologicznego pozwoliły na identyfikację mechanizmów spustowych powodujących deformacje analizowanych osadów. Źródłem aktywności sejsmicznej na badanym obszarze były najprawdopodobniej trzęsienia ziemi o niewielkich magnitudach, spowodowane reaktywacją uskoków o założeniach przedczwartorzędowych wywołaną odprężeniem glaciostatycznym (Pisarska-Jamroży i in., 2018; Belzyt i in., 2021) a także lodowcowe trzęsienia ziemi (Pisarska-Jamroży i in., 2019; Woźniak i in., 2021). Co więcej, aktywność sejsmiczna w południowej części obszaru perybaltyckiego miała miejsce nie tylko podczas okresów deglacjacji i po ustąpieniu lądolodu, jak sądzono dotychczas, ale także bezpośrednio przed czołem transgredującego lądolodu (Pisarska-Jamroży i in., 2018, 2019c).

Lokalizacja oraz liczba stanowisk wskazuje, że trzęsienia ziemi związane z rozwojem lub zanikiem pokrywy lodowej występowały częściej niż dotychczas sądzono (m.in. Bitinas i in., 2021; Pisarska i in., 2021).

Badania finansowano ze środków Narodowego Centrum Nauki - grant 2015/19/B/ST10/00661 (projekt GREBAL).

#### **Literatura:**

- Belzyt, S., Pisarska-Jamroży, M., Bitinas, A., Woronko, B., Phillips, E.R., Piotrowski, J.A., Jusienė, A., 2021. Repetitive Late Pleistocene soft-sediment deformation by seismicity-induced liquefaction in north-western Lithuania. *Sedimentology* 68, 3033-3056.
- Bitinas, A., Lazauskienė, J., Pisarska-Jamroży, M., 2021. Soft-sediment deformation structures in the Eastern Baltic Region: implication in seismicity and glacially-induced faulting [In:] Steffen, H., Olesen, O., Sutinen, R. (eds.): *Glacially Triggered Faulting*. Cambridge University Press, pp. 320-338. doi:10.1017/9781108779906.023
- Pisarska-Jamroży, M., Belzyt, S., Börner, A., Hoffmann, G., Hüneke, H., Kenzler, M., Obst, K., Rother, H., Van Loon, A.J., 2018. Evidence from seismites for glacio-isostatically induced crustal faulting in front of an advancing land-ice mass (Rügen Island, SW Baltic Sea). *Tectonophysics* 745, 338-348.
- Pisarska-Jamroży, M., Woźniak, P.P., 2019. Debris flow and glacioisostatic-induced soft-sediment deformation structures in a Pleistocene glaciolacustrine fan: The southern Baltic Sea coast, Poland. *Geomorphology* 326, 225-238.

- Pisarska-Jamroży, M., Belzyt, S., Bitinas, A., Jusienė, A., Woronko, B., 2019a. Seismic shocks, periglacial conditions and glaciectonics as causes of the deformation of a Pleistocene meandering river succession in central Lithuania. *Baltica* 32, 63-77.
- Pisarska-Jamroży, M., Van Loon, A.J., Mleczak, M., Roman, M., 2019b. Enigmatic gravity-flow deposits at Ujście (western Poland), triggered by earthquakes (as evidenced by seismites) caused by Saalian glacioisostatic crustal rebound. *Geomorphology* 326, 239-251.
- Pisarska-Jamroży, M., Belzyt, S., Börner, A., Hoffmann, G., Hüneke, H., Kenzler, M., Obst, K., Rother, H., Steffen, H., Steffen R., Van Loon, A.J., 2019c. The sea cliff at Dwasieden: Soft-sediment deformation structures triggered by glacial isostatic adjustment in front of the advancing Scandinavian Ice Sheet. *E&G Quaternary Science Journal* 2, 61-64.
- Pisarska-Jamroży, M., Woźniak, P.P., Van Loon, A.J., 2021. Glacially-induced faulting in Poland [In:] Steffen, H., Olesen, O., Sutinen, R. (eds.): *Glacially Triggered Faulting*. Cambridge University Press, pp. 304-319. doi:10.1017/9781108779906.022
- Pisarska-Jamroży, M., Belzyt, S., Börner, A., Hoffmann, G., Kenzler, M., Rother, H., Steffen, R. Steffen, H., 2022. Late Pleistocene earthquakes imprinted on glaciolacustrine sediments on Gnitz Peninsula (Usedom Island, NE Germany). *Quaternary Science Reviews* 296, 107807.
- Seilacher, A., 1969. Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology* 13, 15-19.
- Van Loon, A.J., Pisarska-Jamroży, M., 2014. Sedimentological evidence of Pleistocene earthquakes in NW Poland induced by glacioisostatic rebound. *Sedimentary Geology* 300, 1-10.
- Van Loon A.J., Pisarska-Jamroży M., Nartišs M., Krievāns M., Soms J., 2016. Seismites resulting from high-frequency, high-magnitude earthquakes in Latvia caused by Late Glacial glacio-isostatic uplift. *Journal of Palaeogeography* 5, 363-380.
- Woźniak, P.P., Belzyt, S., Pisarska-Jamroży, M., Woronko, B., Lamsters, K., Nartišs, M., Bitinas, A., 2021. Liquefaction and re-liquefaction of sediments induced by uneven loading and glacial earthquakes: implications of results from the Latvian Baltic Sea coast. *Sedimentary Geology* 421, 105944.