




PLEJSTOCEN ZACHODNIEJ CZĘŚCI ROWU KLESZCZOWA NA PODSTAWIE BADAŃ W ODKRYWCE SZCZERCÓW, POLSKA ŚRODKOWA

Pleistocene of the western part of the Kleszczów Graben based on research
in the Szczerców field, Central Poland

LUCYNA WACHECKA-KOTKOWSKA^{1*} , DARIUSZ KRZYSZKOWSKI² , DARIUSZ WIECZOREK³ 

Zarys treści. W artykule przedstawiono przegląd wyników badań utworów plejstoceńskich przeprowadzonych w latach 2010–2023 w odkrywce Szczerców. Początkowo prowadzono badania glin lodowcowych, później skupiono się na utworach jeziornych i rzecznych. Przy rekonstrukcjach wykorzystano badania litopetrograficzne dla glin, a dla osadów jeziornych i rzecznych szeroko zakrojone badania paleoekologiczne (badania okrzemek, pyłku roślin, makroszczałków roślin, w tym nasion, wioślarek, ślimaków, małżoraczków, ochotek oraz badania składu mineralnego, izotopów azotu i tlenu, anizotropii podatności magnetycznej osadu). Część młodszych osadów udało się także wydatować przy zastosowaniu metody radiowęglowej. Odsłonięty profil plejstocenu nie został do końca przebadany. Na analizy czeka około 400 próbek z lat 2014 i 2017–2023. W trakcie opracowania pod kątem określenia wieku są gliny lodowcowe opróbowane w 2022 roku.

Słowa kluczowe: czwartorzęd, gliny, osady jeziorne, aluwia, litostratygrafia, analizy multiproxy, palaeogeografia, Kotlina Szczercowska, Polska Środkowa

Abstract. This article presents an overview of the results of studies of Pleistocene deposits carried out from 2010 to 2023 in the Bełchatów Open-cast Lignite Mine, Szczerców field. Initially, studies of glacial till were conducted, but later the focus was on alluvia and lacustrine sediments. The reconstructions made use of lithopetrographic studies for the glacial tills, and for the fluvial and lacustrine sediments made use of wide-ranging palaeoecological studies (analyses of Diatoms, pollen, plant and seed macro-remnants and Cladoceran, freshwater fauna, Chironomidae communities, and studies of mineral composition, nitrogen and oxygen isotopes, anisotropy of magnetic susceptibility of the sediment). Some of the younger sediments were also disburbed using the radiocarbon method. The exposed Pleistocene profile has not been fully studied. About 400 samples from 2014 and 2017–23 are awaiting analysis, and the lower tills are being studied to determine their age, sampled in 2022.

Key words: Quaternary, tills, lacustrine sediments, alluvium, lithostratigraphy, multiproxy analysis, palaeogeography, Szczerców Basin, Central Poland

Wprowadzenie

W rejonie Bełchatowa i Szczercowa istnieją dwie duże odkrywki Kopalni Węgla Brunatnego (KWB) Bełchatów, w których prowadzono i prowadzi się badania utworów czwartorzędowych. W odkrywce Bełchatów od końca lat 70. XX wieku prace prowadziło wielu naukowców, m.in.:

Zofia Balwierz, Maria Danuta Baraniecka, Krzysztof Brodzikowski, Jan Goździk, Beata Gruszka, Andrzej Hałuszczak, Zofia Janczyk-Kopikowa, Dariusz Krzyszkowski, Barbara Manikowska.

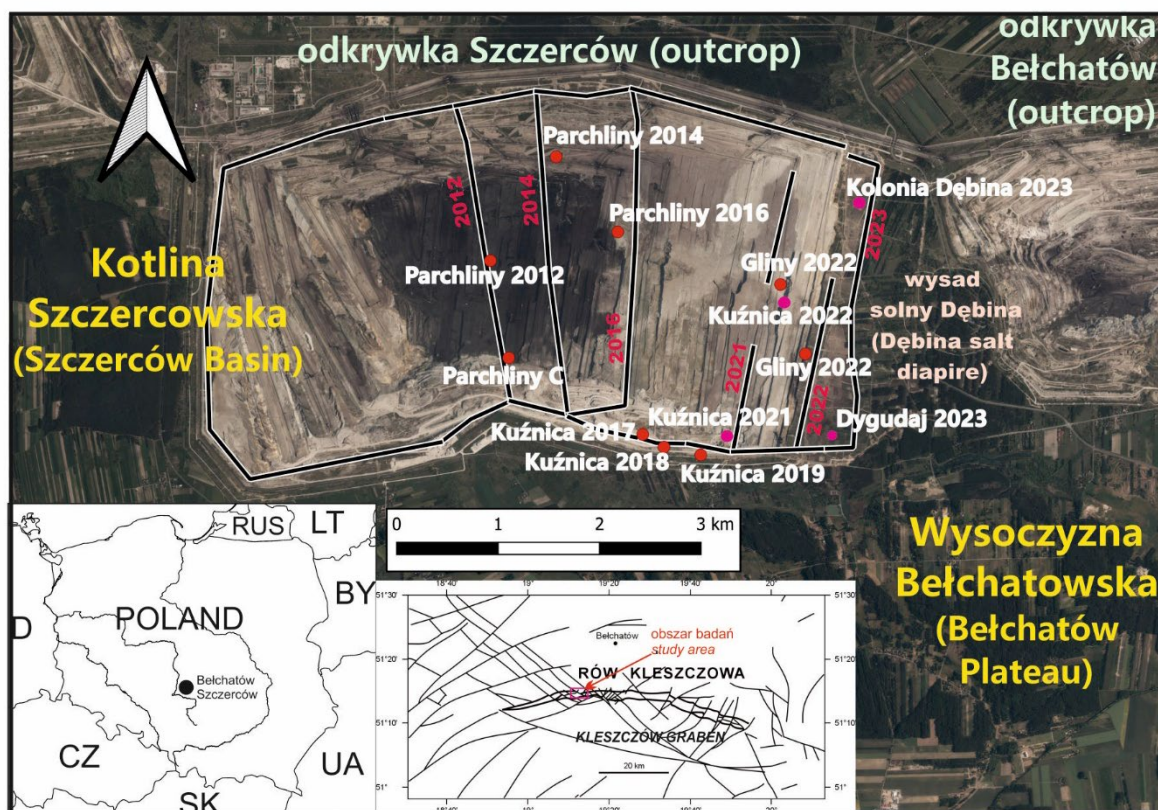
W odkrywce Szczerców systematyczne prace badawcze rozpoczęto w 2010 roku. Ich inicjatorami byli Dariusz Krzyszkowski oraz Lucyna Wa-

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geologii i Geomorfologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0002-5440-6300

² Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław; e-mail: dariusz.krzyszkowski@uni.wroc.pl, ORCID: 0000-0003-4451-2051

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski im. Jana Czarnockiego, ul. Zgoda 21, 25-378 Kielce; dwie@pgi.gov.pl, ORCID: 0000-0001-6612-5349

*Autor korespondujący



Rys. 1. Położenie odkrywki Szczerców i stanowisk badawczych na tle mapy Polski, ortofotomapy (stan z 2023 roku) (Geoportal 2024) i tektoniki rowu Kleszczowa (AGH 2024)

Location of Szczerców field and research sites against the map of Poland, orthophotomap (as of 2023) (Geoportal 2024) and tectonics of the Kleszczów Graben (AGH 2024)

Wachecka-Kotkowska. W pracach terenowych byli oni wspierani przez Dariusza Wieczorka, Andrzeja Stoińskiego, Jacka Skurzyńskiego i Jerzego Raczyka. Od tego czasu opisano szereg profili: Parchliny A, B, C z 2010 roku, Parchliny 2012, Parchliny 2014, Parchliny 2016 i inne (rys. 1). W 2017 roku wyniki badań przedstawiono na XXIV Konferencji Naukowo-Szkoleniowej z cyklu: Stratygrafia Plejstocenu Polski – „Czwartorzęd pogranicza niżu i wyżyn w Polsce Środkowej” w Wawrzakowiznie koło Bełchatowa.

Pokłady węgla brunatnego wydobywane w obu odkrywkach powstały w miocenie środkowym, w wyniku istnienia w tym rejonie struktury tektonicznej rowu Kleszczowa (Gotowała, Hałaszcak 2002).

Celem pracy jest przedstawienie przeglądu dotychczasowych badań osadów czwartorzędowych w odkrywce Szczerców (rys. 1, 2) KWB Bełchatów pod kątem litopetrograficznym, sedimentologicznym, paleogeograficznym i stratygraficznym.

Zarys budowy geologicznej, badany materiał i metody badawcze

Rów Kleszczowa jest wczesnomiocenową strukturą ekstensyjną (Gotowała, Hałaszcak 2002) o długości około 80 km i szerokości 2–5 km (rys. 1). Położony jest on na pograniczu segmentu mogileńsko-łódzkiego i miechowskiego, w obrębie rozległego synklinorium szczecińsko-miechowskiego (Żelaźniewicz i in. 2011). Obniżanie się dna rowu Kleszczowa w miocenie środkowym doprowadziło do powstania w nim utworów organicznych, które później uległy przekształceniu w węgiel brunatny. Aktywność tektoniczna tej struktury miała miejsce także w plejstocenie (Baraniecka 1975). Główne i drugorzędne uskoki ograniczające rów Kleszczowa mają przebieg niemal równoleżnikowy, ale występują tutaj także uskoki ukośne, jak na przykład uskok Chabielic, którego skutki działania były obserwowane podczas wielu sezonów badawczych. Manifestują się

one znacznym wyniesieniem utworów jury górnej w południowej części odkrywki Szczerców.

Utworki neogeńskie i plejstocenijskie w rowie Kleszczowa można ująć w co najmniej dwa piętra strukturalne: dolne zaburzone (tak zwane bełchatowskie) i górne niezaburzone (Krzyszowski 1992; Allen i Krzyszowski 2008). Interesującą rzeczą jest występowanie w obrębie tego rowu wysadu solnego Dębina (rys. 1). Stąd podczas postępu prac w odkrywce Szczerców, w miarę zbliżania się do wysadu, obserwuje się wzrost zaburzeń utworów miocenijskich i plejstocenijskich.

W obrębie odkrywki Szczerców i w jej sąsiedztwie można wyróżnić osady dolnego plejstocenu, utworki lodowcowe kompleksu południowo- i środkowopolskiego oraz utworki rzeczne i organiczne kompleksu północnopolskiego (Wachecka-Kotkowska i in. 2014; Wieczorek i in. 2015; Jończyk i in. 2017; Wieczorek, Stoiński 2019). Interesującym doświadczeniem była możliwość obserwowania na ścianach odkrywki przebiegu wcześniej nieznanego, kopalnego doliny tunelowej Leśnej Niwy wypełnionej utworami glacyfluwialnymi oraz spływami diamiktonów (Goździk i in. 2017).

Postęp prac górniczych i badawczych oraz położenie ważniejszych stanowisk pokazuje Rysunek 1. Badaniom podlegały osady różnowiekowe i zróżnicowanej genezy. Pobrane w terenie materiały (około 600 próbek) był wszechstronnie opracowywany. W terenie pobrano próbki z wybranych ścian, wykonano szkice ścian oraz zdjęcia. Z pobranych próbek w opublikowanych już artykułach wykonywano badania specjalistyczne w różnych ośrodkach naukowych:

- **badania okrzemek** – dr hab. Monika Rządziejewicz, prof. UAM (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geoekologii i Geoinformacji);
- **badania palinologiczne** – dr hab. Małgorzata Malkiewicz, prof. UWr (Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych) oraz dr Aleksandra Majecka (Uniwersytet Warszawski, Katedra Geologii Klimatycznej);
- **badania makroszczątków i nasion** – prof. dr hab. Klara Tomaszewska (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Botaniki i Ekologii Roślin) oraz dr hab. Elżbieta Myśkow, prof. UWr (Uniwersytet Wrocławski, Instytut Biologii Eksperymentalnej);
- **badania wioślarek** – dr hab. Monika Niska, prof. AP (Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Geografii i Studiów Regionalnych);
- **badania ślimaków, małżoraczków** – dr Jarмила Krzymińska (Państwowy Instytut Geolo-

giczny – Państwowy Instytut Badawczy, oddział Geologii Morza w Gdańsku) oraz dr hab. Marcin Szymanek, prof. UW (Uniwersytet Warszawski, Katedra Geologii Klimatycznej);

- **badania ochotek** – dr hab. Mateusz Płóciennik (Uniwersytet Łódzki, Katedra Zoologii Bezkręgowców i Hydrobiologii);
- **badania składu pierwiastków** – dr Jerzy Raczek (Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego);
- **badania izotopów** – dr Wojciech Drzewicki (Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych) oraz dr hab. Joanna Mirosława-Grabowska, prof. PAN (Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych),
- **badania anizotropii podatności magnetycznej** – dr Elżbieta Król (Polska Akademia Nauk, Instytut Geofizyki),
- **datowania radiowęglowe** – prof. dr hab. Anna Pazdur, opracowane w postaci krzywych Sumarycznych Rozkładów Gęstości Prawdopodobieństwa (SRGP) dat kalibrowanych (ang. *PDF od Probability Density Functions*) przez dr hab. Danutę Michczyńską, prof. PŚ (Politechnika Śląska, Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska).

Dotychczasowe wyniki badań z pola Szczerców zostały opublikowane w artykułach: Krzyszowski i in. 2015; Wieczorek i in. 2015; Myśkow i in. 2016; Wachecka-Kotkowska i in. 2014, 2017, 2018, 2021; Michczyńska i in. 2022; Płóciennik i in. 2023.

Podstawowe analizy uziarnienia, analizy petrografii żwiru z glin (frakcja 5–10 mm) oraz analizy zawartości CaCO₃ wykonano w laboratorium Przedsiębiorstwa Geologicznego PROXIMA S.A. we Wrocławiu (dr Tomasz Dobosz, dr Jerzy Czerwonka) oraz w laboratorium Zakładu Geografii Fizycznej Uniwersytetu Wrocławskiego (dr Jerzy Raczek). Współczynniki petrograficzne O/K, K/W i A/B wyznaczono zgodnie z założeniami Gronkowskiej i in. (1968):

O – suma skał osadowych [Wp+Dp+Pp+Łp];
K – suma skał krystalicznych [Krp+Qp];
W – suma skał węglowych [Wp+Dp];
A – suma skał nieodpornych [Wp+Dp+Łp];
B – suma skał odpornych [Cr+Q+S].

gdzie: Krp – skały krystaliczne, Qp – kwarc, Wp – wapień, Dp – dolomity, Pp – piaskowce i kwarcyty, Łp – łupki (z wyjątkiem krystalicznych).

Współczynnik D/W, który określa ilość dolomitu w stosunku do klastów wapiennych w gru-

pie węglanowej wyznaczono według Czerwonki (1998) i Krzyszkowskiego (2010). Opracowanie całości uzyskanych wyników wykonali Dariusz Krzyszkowski oraz Dariusz Wieczorek.

W 2022 roku z glin zwałowych (na I i II poziomie górniczym, na Rysunku 1 oznaczono jako Gliny 2022) pobrano głązy skał krystalicznych około 5–20 cm i wysłano je do laboratorium na Uniwersytecie w Lund w celu zbadania przy użyciu metody opracowanej dla nuklidów kosmogenicznych (^{10}Be – ^{26}Al). Badania są prowadzone przez zespół naukowców z Czeskiej Akademii Nauk, Uniwersytetu Karola w Pradze, Uniwersytetu w Lund w Szwecji i Uniwersytetu w Arhus w Danii pod kierownictwem dr. Johna Jansena w ramach międzynarodowego projektu finansowanego z grantu GFÚ Instytutu Geofizyki Czeskiej Akademii Nauk w Pradze.

Z uwagi na szybki postęp prac górniczych dokumentowane są kolejne profile osadów plejstocenijskich, a badanie osadów odkładane jest na później. Obecnie jest do przebadania 384 próbek, w tym 296 próbki z lat 2017–2023 w stanowiskach zlokalizowanych w okolicach Kuźnicy (Kuźnica 2017 – 51 próbek; Kuźnica 2018 – 52 próbki; Kuźnica 2019 – 22 próbki; Kuźnica 2021 – 55 próbek; Kuźnica 2022 – 48 próbek; Kolonia Dębina 2023 – 28 próbek; Dygudaj 2023 – 40 próbek; por. rys. 1), głównie z osadów mineralnych i organicznych wypełniających misy paleojezior z interglacjałów eemskiego, mazowieckiego (?), ferdynandowskiego (?) w stanowiskach Kuźnica 2018, 2019, 2021 i 2022.

Gliny lodowcowe

Poziomy glin lodowcowych są istotnym elementem w tworzeniu schematów stratygraficznych plejstocenu (Czerwonka, Krzyszkowski 1992). Przed powstaniem odkrywki szczercowskiej gliny te były badane i opisywane przez Sarnacką (1970, 1971). Po powstaniu odkrywki gliny były opracowane przez Króla i in. (2007), Dobosza (2012), Wieczorka i in. (2015), Krzyszkowskiego i in. (2015, 2017), Wachecką-Kotkowską i in. (2021). Uzyskane wyniki okazały się zbliżone do wyników, jakie uzyskano dla glin z odkrywki bełchatowskiej (Czerwonka, Krzyszkowski 1992). Były też jednak pewne różnice, na przykład litotyp T2B w górnych partiach utworów formacji Kuców (Tab. 1).

W szerszym ujęciu przestrzennym arkusza Szczerców Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Wieczorek, Stoiński 2019) wyróżniono cztery poziomy glin lodowcowych, ze zlodowaceń południowo- i środkowopolskich.

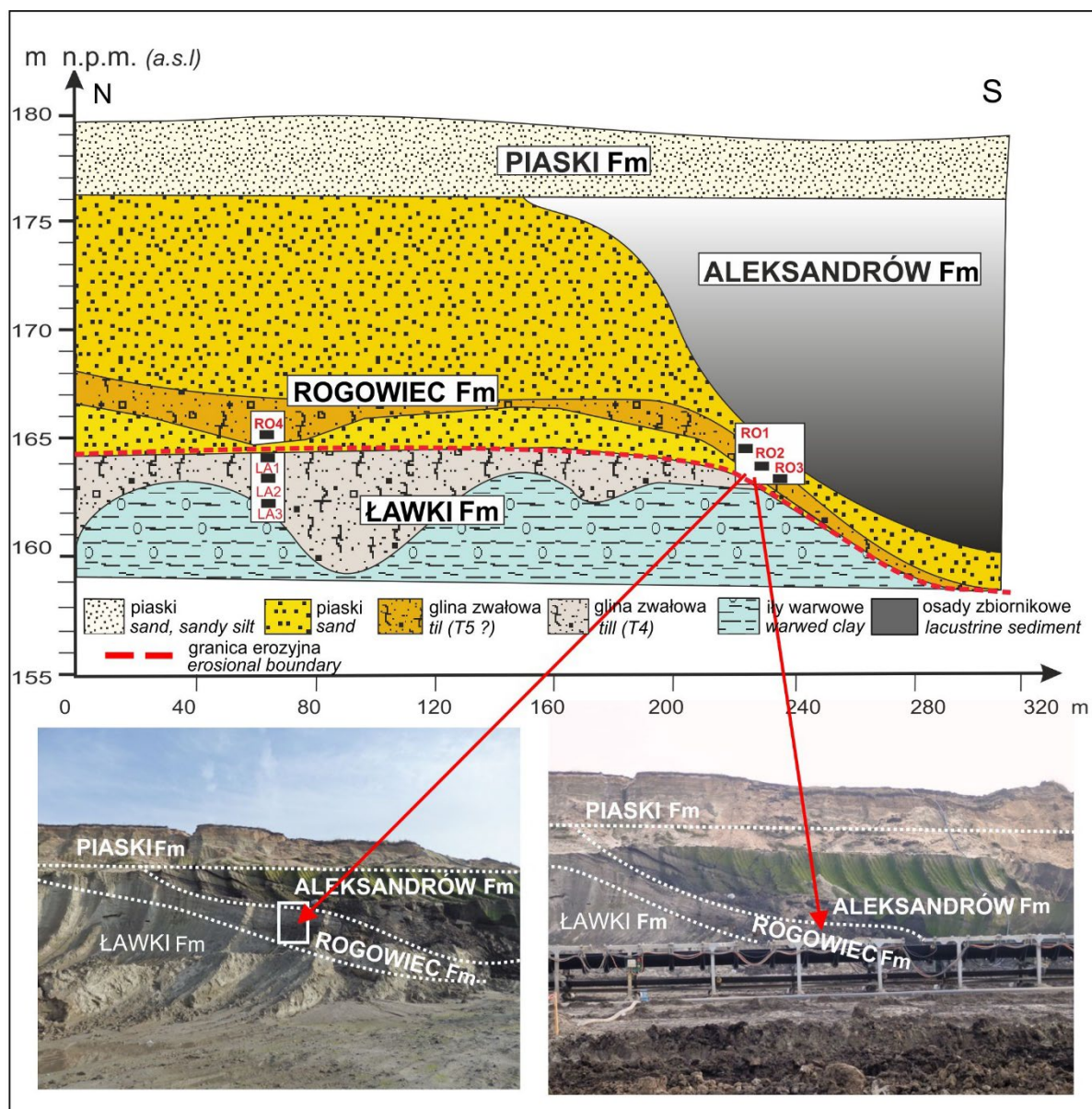
W roku 2014 roku w północno-wschodniej części odkrywki Szczerców pobrano próbki glin w rejonie rozległego kopalnego zbiornika pochodzącego z interglacjału eemskiego. Trzy próbki pochodziły z glin zalegających bezpośrednio pod jego dnem (nr RO1–RO3). Kolejne cztery (nr RO4, ŁA1–ŁA3) pobrano w odległości około 200 m, w miejscu gdzie występowały dwa poziomy glin (rys. 2).

Tabela 1

Wartości wskaźników petrograficznych glin z odkrywki Szczerców, ściana wschodnia (badania z lat 2012–2014) wg Wieczorka i in. (2015)

Values of petrographic indices of the tills from the Szczerców field, eastern wall (studies from 2012–14) after Wieczorek *et al.* (2015)

Gliny/ Tills	Wskaźniki petrograficzne uśrednione/ <i>Averaged petrographic coefficients</i>				Zakres zmienności/ <i>Range of variability</i>			
	O/K	K/W	A/B	Dp/Wp	O/K	K/W	A/B	Dp/Wp
T4	1,01	1,32	0,74	0,15	0,79÷1,17	1,11÷1,65	0,58÷0,86	0,10÷0,17
T2B Kuców fm	1,65	0,64	1,42	0,19	1,55÷1,75	0,61÷0,69	1,32÷1,49	0,14÷0,23
T2 Kuców fm	1,41	0,76	1,22	0,19	1,32÷1,51	0,71÷0,81	1,14÷1,29	0,13÷0,24
T2A Kuców fm	1,38	0,83	1,05	0,23	1,11÷1,59	0,73÷0,97	0,95÷1,14	0,19÷0,27
T1 Folwark fm	1,29	0,86	1,08	0,15	1,15÷1,51	0,72÷1,00	0,87÷1,25	0,11÷0,18



Rys. 2. Szkic geologiczny zbiornika eemskiego i glin zwałowych w jego sąsiedztwie wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2021), zmodyfikowany

Geological sketch of Eemian lake and glacial tills in its vicinity after Wachecka-Kotkowska *et al.* (2021), modified

Gliny z próbek RO1–RO4 i ŁA1–ŁA3 cechuje duża zawartość węglanów, rzędu 40–50%, większa niż w pozostałych glinach badanych w tej części odkrywki (T1: 4%; T2A i T2: 5–8%; T2B: 5–10%; T4: 20–28%). W glinach tych duży odsetek stanowią też skały lokalne. W próbkach RO1–RO4 stanowią one około 47–50% żwirów, a w próbkach ŁA1–ŁA3 około 35–40%. Nie można wykluczyć, iż granica pomiędzy glinami gór-

nymi (RO1–RO4) a glinami dolnymi (ŁA1–ŁA3) nie jest granicą erozyjną, a może być granicą wynikającą z zaburzeń glacictonicznych (Wachecka-Kotkowska i in. 2021). Dane petrograficzne z tych próbek nie pozwalają na jednoznaczną interpretację. Obserwowana zmienność współczynników petrograficznych wskazuje na pobranie ich z poziomu glin zaburzonych.

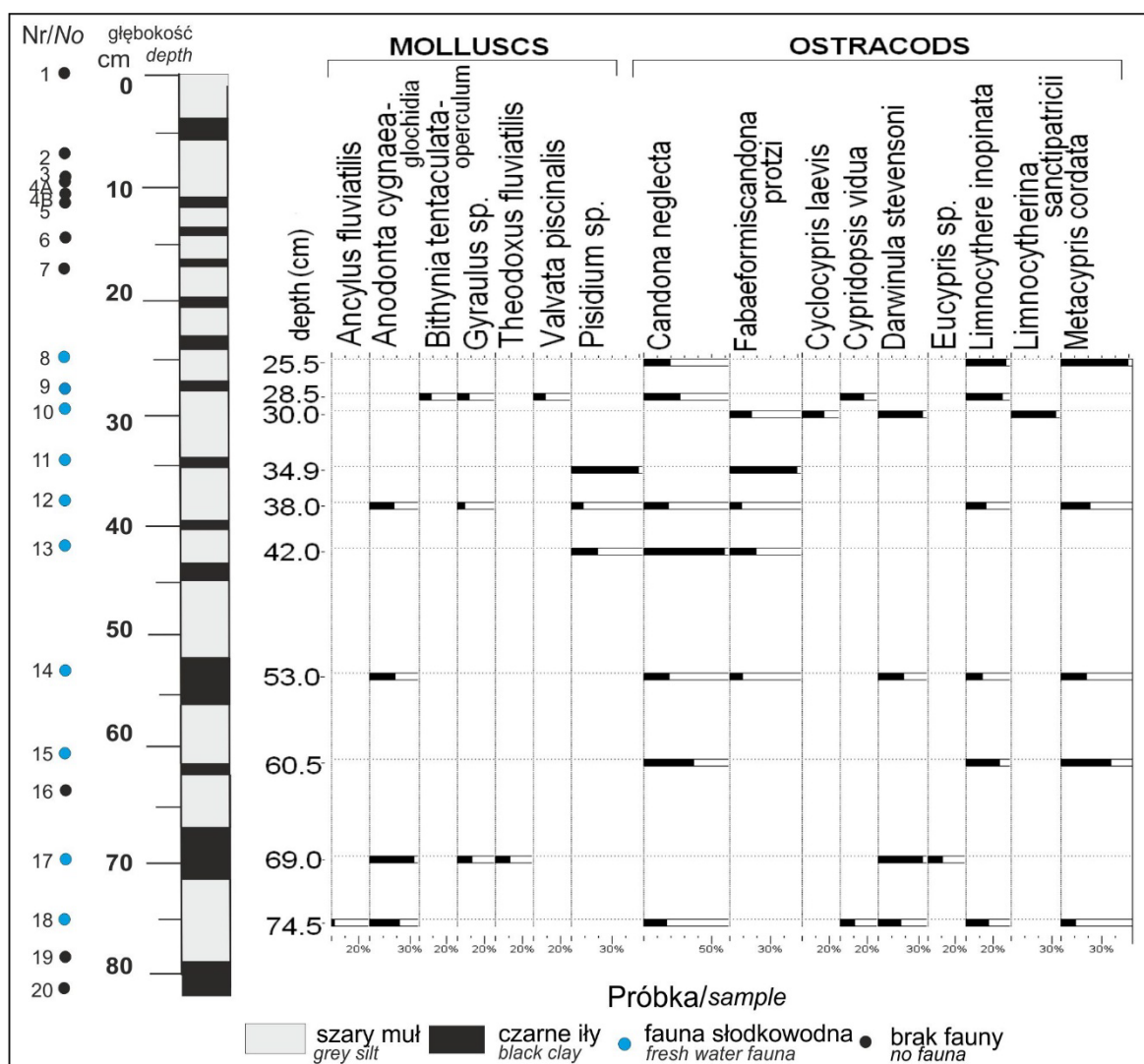
Osady jeziorne

Osady jeziora proglacjalnego ze zlodowaceń środkowojstocęńskich

Osady zastoiskowe z formacji Ławki z dolnego piętra strukturalnego rozpoznano na stanowisku Parchliny C (Wachecka-Kotkowska i in. 2017). Miąższość tej serii oszacowano na 8–10 m. Są to głównie ily, muły oraz sporadycznie piaski bardzo drobnoziarniste. Współwystępowanie zimnolubnych gatunków małżoraczków, takich jak: *Candona neglecta*, *Cypridopsis vidua*, *Darwinula stevensoni* oraz *Metacypris cordata* może wskazy-

wać na płytki, zarośnięty i zasobny w węglany zbiornik jeziora proglacjalnego (rys. 3).

Osady powstawały na przedpolu transgredującego lądolodu. Wiek osadów prawdopodobnie wiązał się z okresem przed narastaniem czaszy lądolodu zlodowacenia odry. Z powodu braku jednoznaczного określenia wieku gliny zalegającej nad osadami jeziornymi brany jest też pod uwagę wcześniejszy epizod glacialny.



Rys. 3. Stanowisko Parchliny C.

Diagram malakologiczny osadów zastoiskowych wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2017)

Parchliny C site.

Malacological diagram of ice-damaged deposits after Wachecka-Kotkowska *et al.* (2017)

Osady pojezierza eemskiego

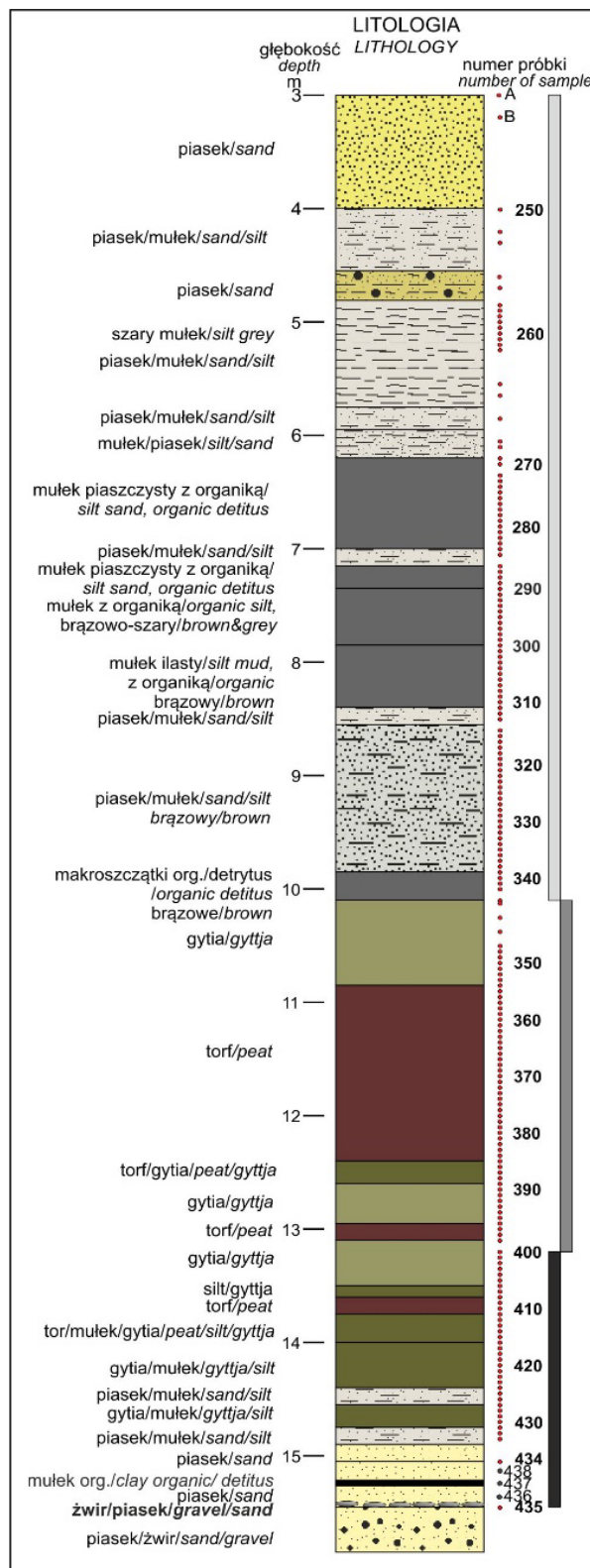
W rejonie Parchlin podczas zaniku lądolodu zlodowacenia odry w stadiale warty (MIS6) w rynn timer subglacjalnej i obniżeniu wytopiskowym powstało rozległe jezioro (rys. 4, 5, 6). Osady tego jeziora pochodzące ze schyłku glacjału, interglacjału eemskiego oraz dolnego i środkowego wistulianu pobrane zostały do badań w stanowiskach Parchliny 2012, 2014 i 2016. Część wyników badań została opublikowana w pracach Kuszell, Iwanuś (2012), Wachecka-Kotkowska i in. (2018), Majecka i in. (2022) oraz Płóciennik i in. (2023).

Osady rzeczne

Mezoplejstocenijskie osady z okresów ciepłych

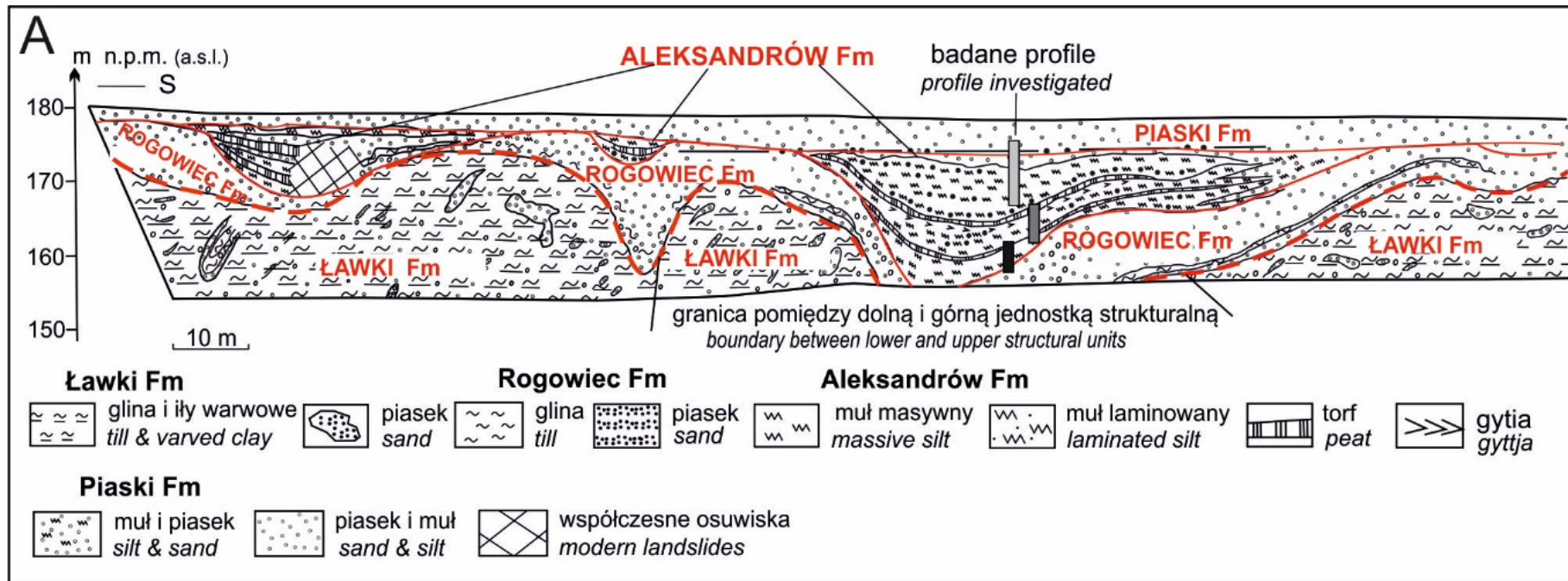
W wyniku badań prowadzonych w odkrywce Bełchatów Krzyszkowski (1992) dokonał opisu utworów rzecznych zaliczonych do formacji Czyżów. Ich sytuacja stratygraficzna jest niejednoznaczna i nadal budzi wiele pytań. Ogólnie rzecz ujmując, lokalizuje się je pomiędzy utworami glacialnymi zlodowaceń południowopolskich a środkowopolskich. W 2012 roku w takiej sytuacji geologicznej opisywane utwory odsłaniały się na II poziomie górniczym odkrywki Szczerców, na jej ścianie wschodniej (rys. 7, 8) (Myśkow i in. 2016).

Osady te reprezentowane były głównie przez piaski różnoziarniste, w których występowały liczne makroszczałki roślinne. Szczątki te zostały poddane badaniom (Myśkow i in. 2016). Analizy przynależności systematycznej drewna kopalnego wskazują na dominację jesionu w warstwach środkowych, co może być związane z obecnością cieków wodnych i nieco cieplejszego klimatu niż obecnie. Makroszczałki limby świadczyć mogą o ochładzaniu klimatu. Pozostałe rodzaje drewna, zidentyfikowane w najniższej warstwie, obecnie charakteryzują się dużą tolerancją w stosunku do wymagań środowiskowych, występując w klimacie umiarkowanym (Pyszyński 1991; Pyszyński, Krzyszkowski 2011).



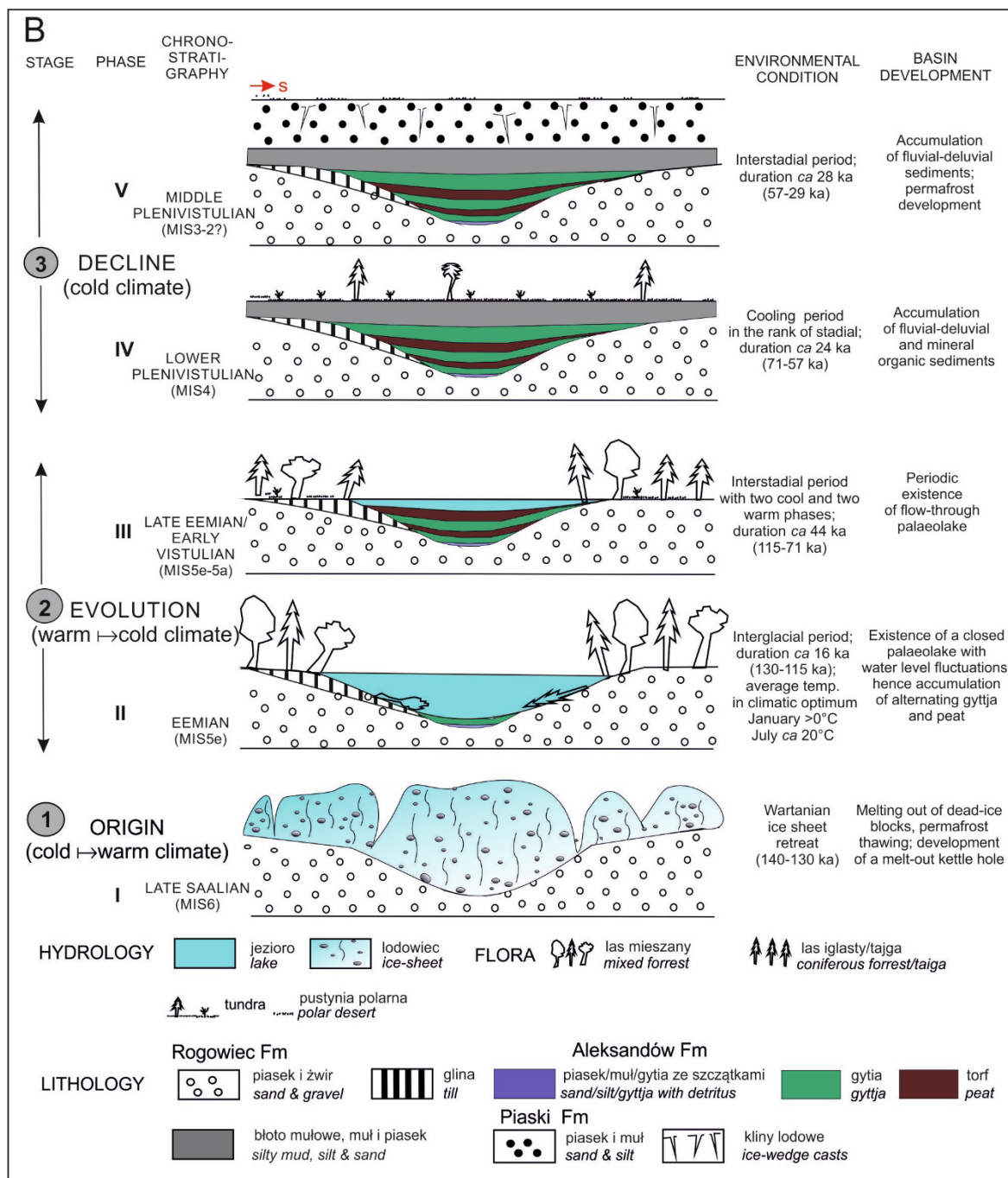
Rys. 4. Stanowisko Parchliny 2014. Profil litologiczny wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2018)

Parchliny 2014 site. Lithological profile after Wachecka-Kotkowska *et al.* (2018)



Rys. 5A. Stanowisko Parchliny 2014
A – przekrój geologiczny wraz z miejscem poboru próbek

Parchliny 2014 site
A – geological cross-section with sampling site

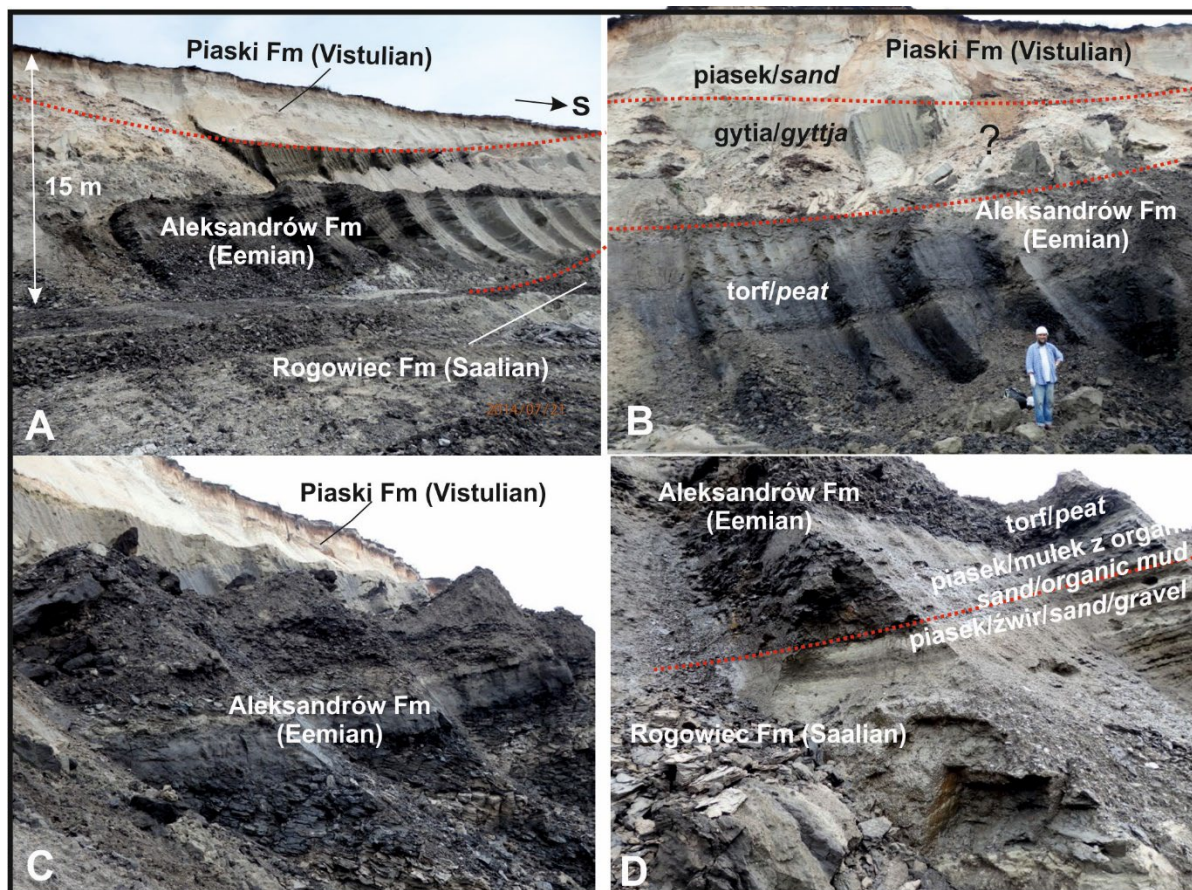


Rys. 5B. Stanowisko Parchliny 2014

B – model rekonstrukcji powstania, rozwoju i zaniku paleojeziora wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2018)

Parchliny 2014 site

B – reconstruction model of the formation, development and decline of the paleolake according to Wachecka-Kotkowska *et al.* (2018)



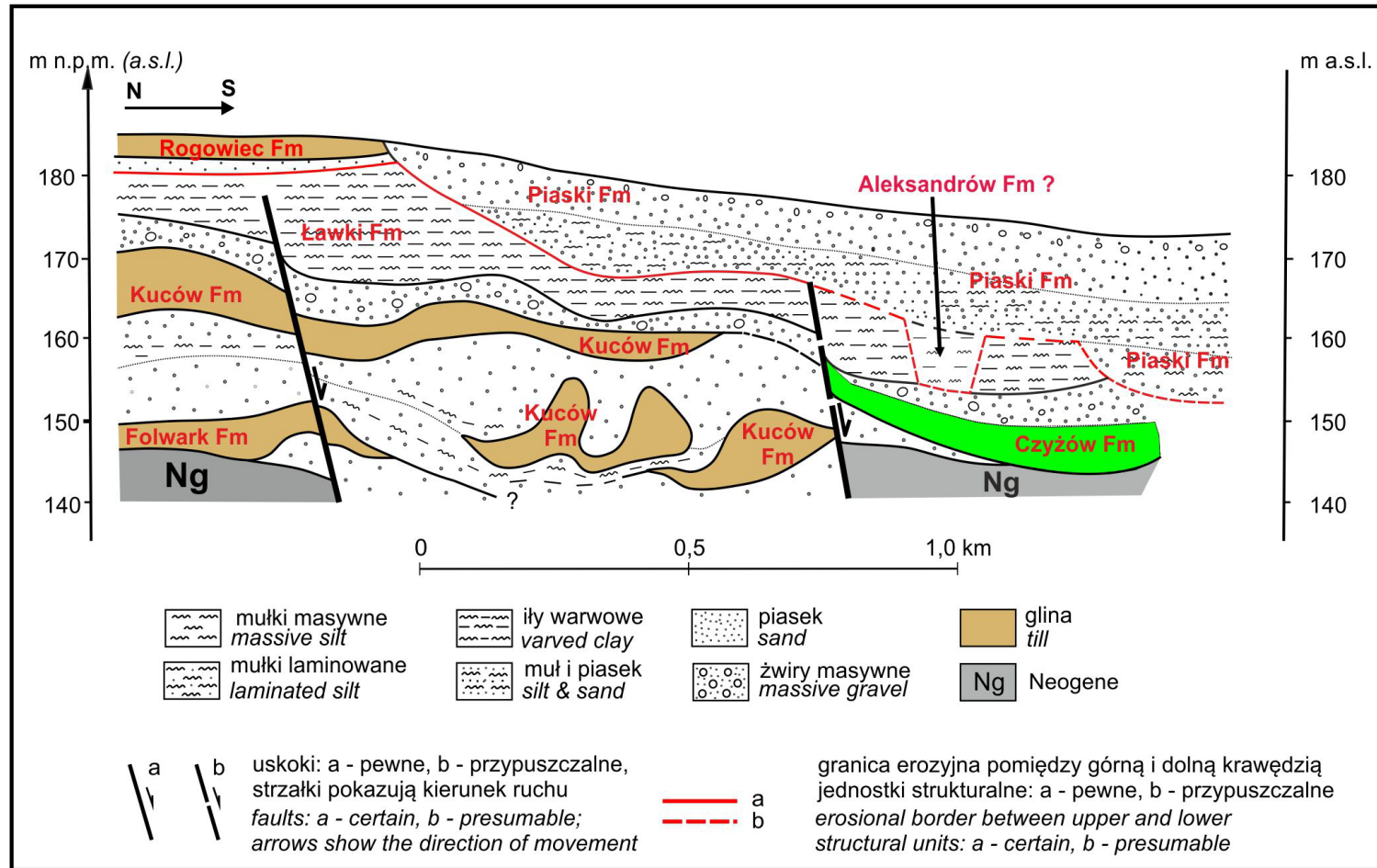
Rys. 6. Wypełnienie paleozbiornika eemsko-vistuliańskiego przykryte rzecznyymi i deluwialnymi piaskami z późnego vistulianu – stanowisko Parchliny 2014 (za Wachecka-Kotkowska i in. 2018)

Filling of the Eemian-Vistulian palaeolake, covered by fluvial and deluvial sands of the Late Vistulian: Parchliny site 2014 (after Wachecka-Kotkowska *et al.* 2018)

Osady te reprezentowane były głównie przez piaski różnoziarniste, w których występowały liczne makroszczałki roślinne. Szczątki te zostały poddane badaniom (Myśkow i in. 2016). Analizy przynależności systematycznej drewna kopalnego wskazują na dominację jesionu w warstwach środkowych, co może być związane z obecnością cieków wodnych i nieco cieplejszego klimatu niż obecnie. Makroszczałki limby świadczyć mogą o ochładzaniu klimatu. Pozostałe rodzaje drewna, zidentyfikowane w najniższej warstwie. Obecnie charakteryzują się dużą tolerancją w stosunku do wymagań środowiskowych, występując w klimacie umiarkowanym (Pyszyński 1991; Pyszyński, Krzyszkowski 2011).

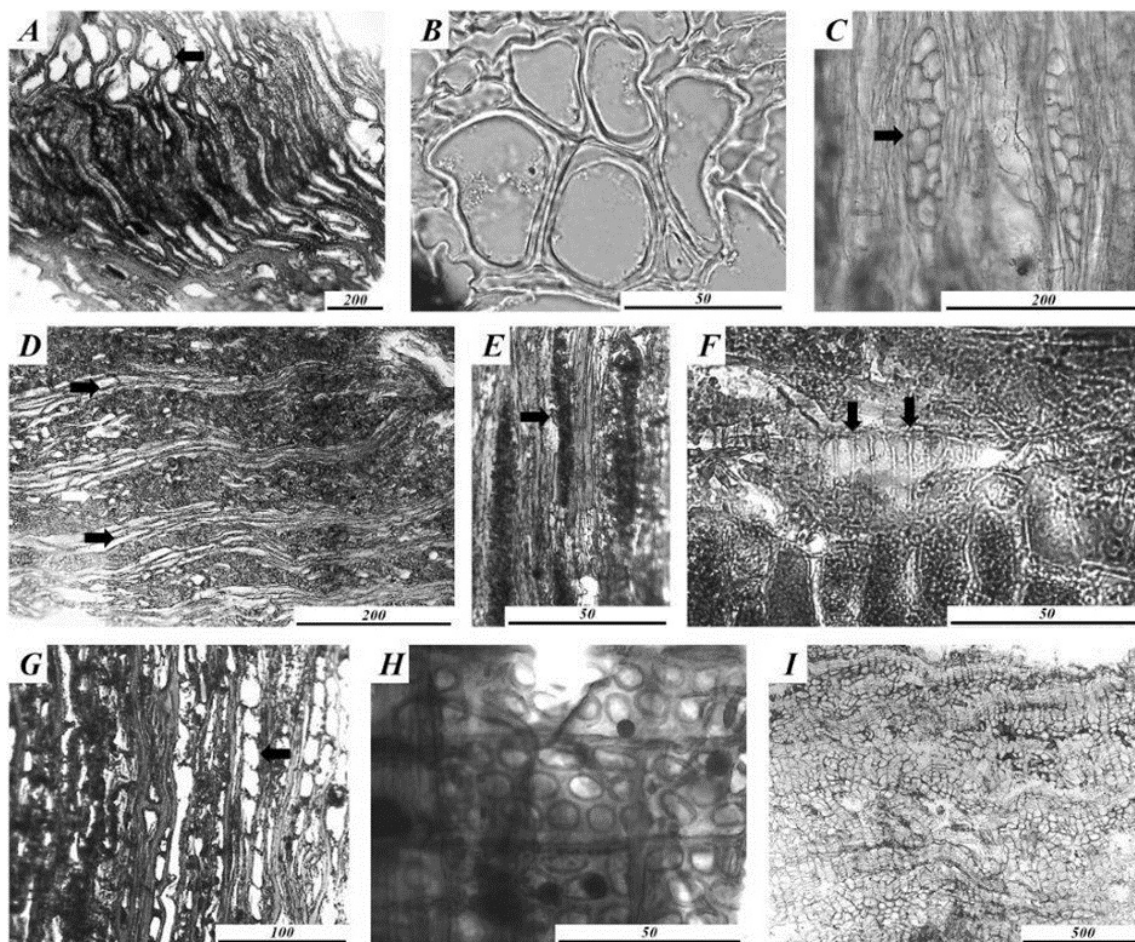
Osady doliny Krasówki

Badania osadów rzecznych doliny Widawki i jej dopływów w odkrywce KWB Bełchatów znalazły poczesne miejsce w literaturze (m. in.: Krzyszkowski 1990, 1991, 1992; Manikowska, 1996; Goździk, Zieliński, 1996). Postęp prac geologicznych w odkrywce Szczerców pozwolił na kontynuację tych prac badawczych. I tak w dolinie Krasówki udało się prześledzić profil środkowo- i górnopleniwistulianów osadów rzecznych (Wachecka-Kotkowska i in. 2014). Wykonano między innymi datowania radiowęglowe oraz badania palinologiczne (rys. 9, 10).



Rys. 7. Szkic geologiczny osadów czwartorzędowych we wschodniej części pola Szczerców (okolice Parchliny) udokumentowany w kwietniu 2012 roku wg Myśków i in. (2016)

Geological sketch of the Quaternary sediments within the eastern part of the Szczerców outcrop (near Parchliny) documented in April 2012 by Myśków *et al.* (2016)



Rys. 8. Szczątki makroskamieniałości

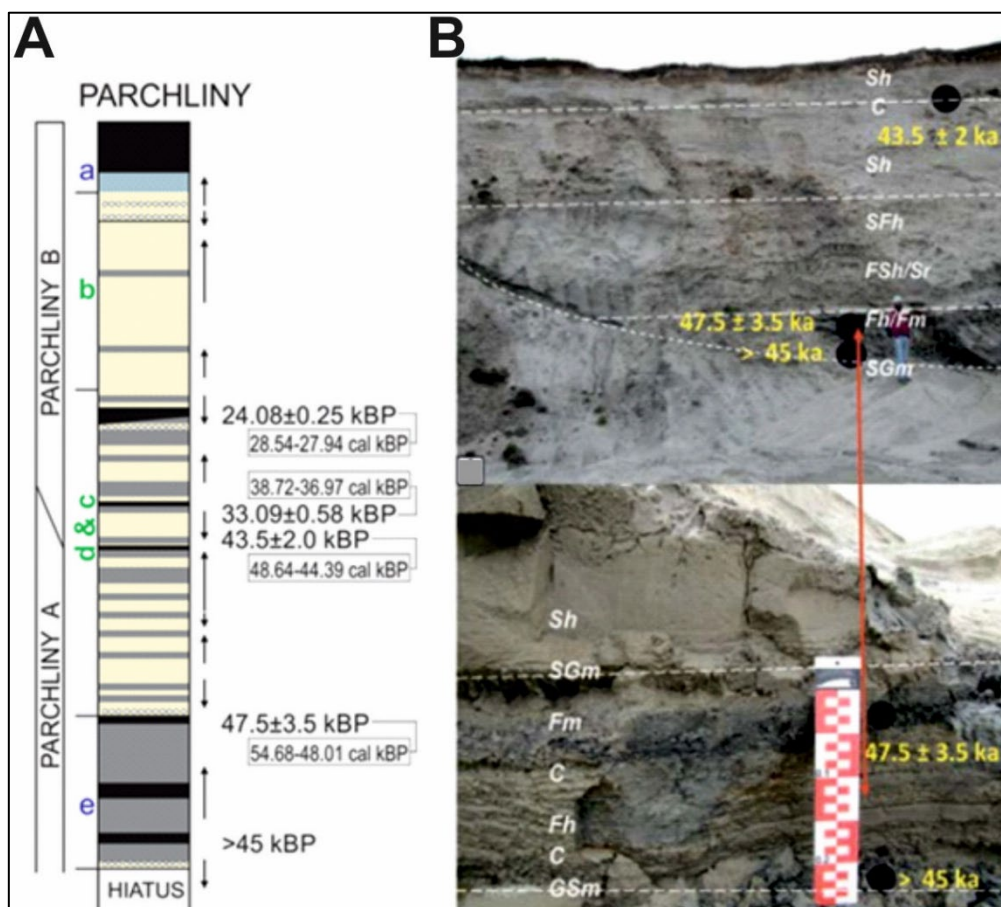
A–C – drewno kopalne *Fraxinus* (jesion), A–B – przekrój poprzeczny;
 A – drewno pierścieniowo-porowate, B – naczynia drewna późnego z grubymi wtórnymi ścianami komórkowymi,
 C – 2–3 promienie szeregowe na przekroju stycznym;
 D–F: drewno *Acer* (klon); D – drewno dyfuzyjno-porowate z grubymi promieniami (strzałki) na przekroju poprzecznym,
 E – 3 promienie szeregowe (strzałka) na przekroju stycznym, F – przekrój promieniowy, wyraźne spiralne zgrubienia naczyń (strzałki);
 G–H: drewno *Populus* (topola); G – promienie jednoszeregowe widoczne na przekroju stycznym (strzałka), pomimo znacznej kompresji tkanki, H – przekrój promieniowy, duże, proste wgłębienia między komórkami miąższu a naczyniami;
 I – fragment martwicy korkowej
 Słupki w μm (Myśków i in. 2016)

Macrofossil remains

A–C: *Fraxinus* fossil wood; A–B – transverse section;
 A – ring-porous wood, B – latewood vessels with thick secondary cell walls, C – 2–3 seriate rays on tangential section;
 D–F: *Acer* wood; D – diffuse-porous wood with thick rays (arrows) on transverse section, E – 3 seriate rays (arrow) on tangential section, F – radial section, distinct spiral thickening of vessels (arrows);
 G–H: *Populus* wood; G – uniseriate rays visible on the tangential section (arrow) despite a significant compression of a tissue, H – radial section, large, simple pits between parenchyma cells and vessels;
 I – fragment of rhytidome
 Bar in μm (Myśków *et al.* 2016)

W profilu **Parchliny A** (rys. 9) tuż nad poziomem rozcięcia erozyjnego na głębokości 14,9 m z mułów z materiałem organicznym pobrano próbkę i otrzymano datę >45000 BP (GdC-476). W tym samym profilu w stropie serii mułowej z detrytusem roślinnym na głębokości 14,2 m osady zostały wydатовane na 47500±3500 BP (GdS-1127). W stropowej partii na głębokości

5 m p.p.t. w piaskach bardzo drobnoziarnistych występowały części organiczne, które wydатовano na 43500±2000 BP (GdS-1128). Tylko w jednym przypadku uzyskano w tej serii pojedynczy wynik analizy palinologicznej, który wskazuje na dość wysoki udział drzew wymagających stosunkowo ciepłego klimatu. Rysunek 10 przedstawia rekonstrukcję paleogeograficzną roz-



Rys. 9. Stanowisko Parchliny A (2010) i B (2012)

A – profil litologiczny z datami radiowęglowymi (wg Dzieduszyńskiej i in. 2024)
B – Parchliny A, szeroki widok na główną część formacji Piaski i dolną część aluwium wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2014)

Parchliny A (2010) and B site (2012)

A – lithological profile with radiocarbon dates (after Dzieduszyńska *et al.* 2024)
B – broad view of the main part of the Piaski Formation and the lower part of the alluvia after Wachecka-Kotkowska *et al.* (2014)

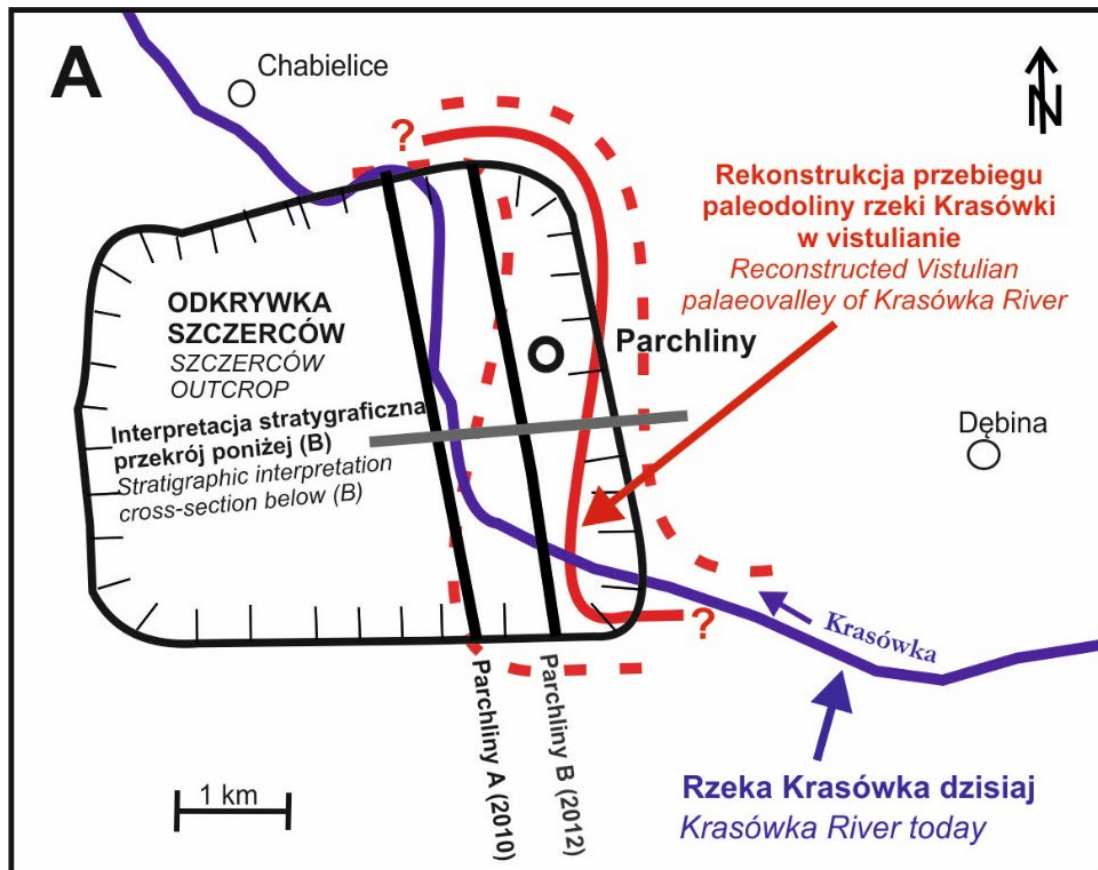
woju doliny Krasówki. Na podstawie uzyskanych wyników datowań ^{14}C oraz jednego oznaczenia palinologicznego można z pewną ostrożnością powiedzieć, że okres wypełniania doliny Krasówki na polu Szczerców jest starszy niż bliźniaczych dolin w pobliskim polu Bełchatów (Krzyszowski 1990, 1998; Krzyszowski i in. 1993; Kasse i in. 1998) i w całej Polsce Środkowej (Michczyńska i in. 2022; Dzieduszyńska i in. 2024).

Podsumowanie

Największe znaczenie miało zbadanie utworów jeziornych wypełniających dawne misy jezior ukształtowanych jeszcze na etapie zaniku lądolo-

du zlodowacenia odry w stadiale warty (MIS6). Okazało się, że zbiorniki te powstały jeszcze w MIS6a, a więc u schyłku okresu glacialnego, w pełni rozwinęły się w MIS5e, to jest podczas interglacjału eemskiego, trwały we wczesnym vistulianie (MIS5dbca) i prawdopodobnie we wczesnym i środkowym plenivistulianie (MIS4 i MIS3). Paleojeziora były częściowo wykorzystywane przez wody płynące i przez nie przekształcane. Tak było w przypadku rzeki Krasówki, której „dolina” jest zbyt duża w stosunku do zlewni.

Inne osady organogeniczne, najprawdopodobniej interglacialne, czekają na dalsze badania. Choć w osadach formacji Czyżów nie stwierdzono ciągłych poziomów osadów organicznych, to ba-



Rys. 10A. Stanowisko Parchliny A (2010).

Historia geomorfologiczna kopalnej doliny rzeki Krasówki wg Wacheckiej-Kotkowskiej i in. (2014) (patrz. rys. 10B)

A – hipotetyczna rekonstrukcja doliny rzeki Krasówki podczas vistulianu na polu Szczerców

Etapy rozwoju doliny:

- 1 – akumulacja osadów od późnoeemskich do wczesnovistuliańskich (≥ 45 tys. lat temu) miała miejsce w lokalnym obniżeniu krasowym,
- 2 – dolina rzeki Krasówki uformowała się na wschodzie i przesunęła się dalej na wschód, ale potem dwukrotnie zbliżyła się do obszaru badawczego z akumulacją przed 43 tys. lat BP – zalewając obszar osadami powodziowymi,
- 3 – rzeka po głębokim wcięciu (-20 m) około 40 tys. lat temu zaczęła zasypywać swoją dolinę przez akumulację, przemieszczając się na wschód i prawdopodobnie kurcząc się, ponieważ zdolność do powodzi rzeki znacząco zmalała od 33 tys. lat BP do 24 tys. lat BP,
- 4 – układ rzeczny odnowił się po 24 tys. lat BP i nadal następowało zasypanie doliny wraz z dostawą ze zboczy.

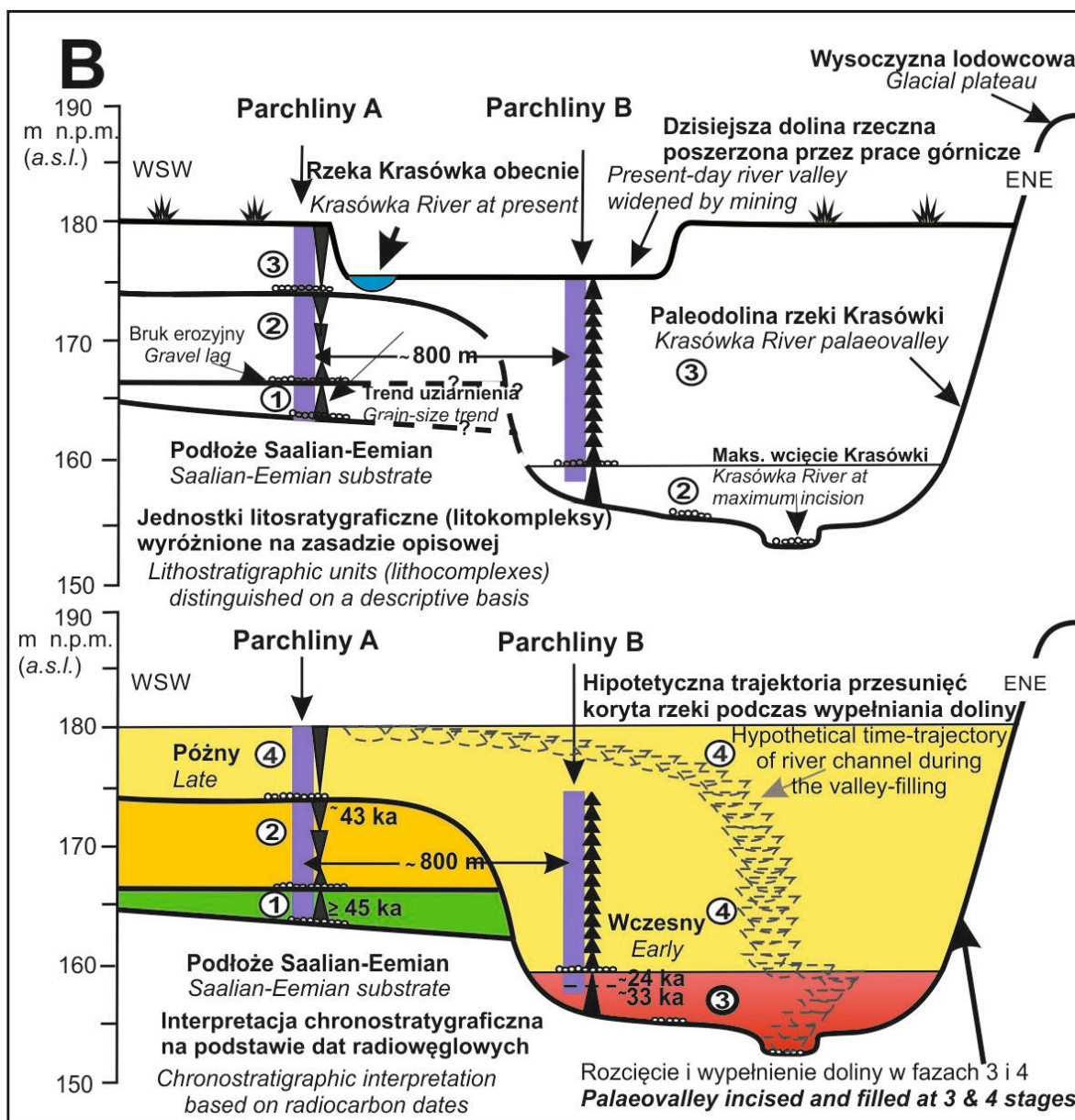
Parchliny A (2010) site.

Geomorphic history of the Krasówka River palaeovalley after Wachecka-Kotkowska *et al.* (2014) (see Fig. 10B)

- A – hypothetical reconstruction of the Vistulian palaeovalley of Krasówka River in the Szczerców mining field
 B – a west-east cross-section through the study area showing the descriptively distinguished lithocomplexes (upper diagram) and their chronostratigraphic interpretation based on ^{14}C dates

Stages of the development of the river valley:

- 1 – accumulation of the latest Eemian to Early Vistulian (≥ 45 ka) deposits occurred in a local carstic depression,
- 2 – the Krasówka River formed to the east and shifted farther eastwards, but then approached twice the study area with a net aggradation prior to 43 ka BP – flooding the area with overbank deposits;
- 3 – the river, after deep incision (-20 m) around 40 ka, begins to fill in its valley by aggradation while migrating eastwards and probably shrinking, as the river flooding capacity markedly declined from 33 to 24 ka BP,
- 4 – the river system rejuvenated after 24 ka BP and kept filling its valley by aggradation while flooding the valley flank and accumulation from the slope.



Rys. 10B. Stanowisko Parchliny B (2012)

B – przekrój z zachodu na wschód przez badany obszar przedstawiający opisowo wyróżnione litokompleksy (górny diagram) i ich interpretację chronostratygraficzną na podstawie dat ^{14}C

Parchliny B (2012) site

B – a west-east cross-section through the study area showing the descriptively distinguished lithocomplexes (upper diagram) and their chronostratigraphic interpretation based on ^{14}C dates

dania makroszczałków z dna kompleksu środkowopolskiego pozwoliły na wyznaczenie dolnej jego granicy. Badane osady piaszczyste zawierały makroszczałki pochodzące ze środowiska dna doliny. Na pobliskim polu Bełchatów odkryto je w górnej części dolnego poziomu strukturalnego, naruszonego w wyniku procesów tektonicznych.

Badania glin lodowcowych okazały się mieć mniejsze znaczenie w stratygraficznym porządkowaniu utworów plejstocenijskich tego obszaru. Położenie odkrywki Szczerców na zachód od wysa-

du solnego Dębina, w bliskim jego sąsiedztwie, powodowało – jak się wydaje – znaczne zaburzenie glin. Badane osady na polu Szczerców mogły zostać zdeformowane na skutek oddziaływania uskoku Chabielic (wypiętrzenie wapieni jurajskich), glacitektoniki oraz czynników halotektonicznych. Analizy paleogeograficzne osadów jeziornych ze schyłku MIS6a jednoznacznie definiują wiek najmłodszej gliny występującej w rejonie Szczercowa, mianowicie łączą ją z MIS6.

Autorzy artykułu kierują swoje podziękowania do Dyrekcji Oddziału KWB Bełchatów przy PGE GiEK S.A. za wyrażanie zgód na wjazdy na teren odkrywki Szczerców celem prowadzenia badań, a także Zbigniewowi Stobieckiemu, kierownikowi Działu Geologicznego wraz z zespołem za wszelką pomoc przy pracach w odkrywce.

Literatura

- AGH. 2024. Online: <https://regent2.uci.agh.edu.pl/~geozagrozenia/neotektonika/docs/F5.jpg> (data ostatniego dostępu: 24.05.2024).
- Allen P., Krzyszkowski D. 2008. Till base deformation and fabric variation in Lower Rogowiec (Wartanian, Younger Saalian) Till, Bełchatów outcrop, central Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 78: 19-35.
- Baraniecka M.D. 1975. Fazy tektoniczne w czwartorzędzie środkowej części Niżu Polskiego. W: Materiały Pierwszego Krajowego Sympozjum „Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce”. Listopad 1975, Warszawa.
- Czerwinka J.A. 1998. Litostratygrafia glin lodowcowych: uwagi metodyczne. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 385: 113-125.
- Czerwinka J.A., Krzyszkowski D. 1992. Till characteristics and stratigraphy in the Kleszczów Graben (Central Poland). *Quaternary Studies in Poland* 11: 43-64.
- Dobosz T. 2012. Badania mineralogiczno-petrograficzne osadów plejstocenijskich z odkrywki w Szczercowie dla potrzeb reambulacji, arkusz Szczerców (735) SMGP w skali 1: 50 000). Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 1-12.
- Dzieduszyńska D., Michczyńska D.J., Petera-Zganiacz J., Wachecka-Kotkoska L., Wieczorek D., Krzyszkowski D. 2023. Impacts of Large-Scale Climate Oscillations on Fluvial Sediments in Central Poland: Evidence from Geochronological Analysis. *Geochronometria* 50(1): 224-249.
DOI:10.2478/geochr-2023-0018
- Geoportal (Infrastruktura Informacji Przestrzennej). 2024. Online: geoportal.gov.pl (data ostatniego dostępu: 29.03.2024).
- Gotowała R., Hałaszcak A. 2002. The Late Alpine structural development of the Kleszczów Graben (Central Poland) as a result of reactivation of the pre-existing, regional dislocations. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series* 1: 137-150.
- Goździk J.S., Zieliński T. 1996. Sedimentology of the Weichselian deposits in the small valleys in Central Poland – examples from Bełchatów. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 373: 67-77.
- Goździk J., Kowalska K., Skórzak A. 2017. Kopalna dolina tunelowa Leśnej Niwy w odkrywce Szczerców. W: XXIV Konferencja Stratygrafia Plejstocenu Polski "Czwartorzęd pogranicza niżu i wyżyn w Polsce Środkowej". 4–8.09.2017, Wawrzkowizna k/Bełchatowa: 133-135.
- Gronkowska B., Kenig K., Rzechowski J. 1968. Petrografia glin zwałowych Podlasia i Mazowsza. Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa.
- Jończyk M.W., Kowalska K., Kucia A. 2017. Granica pliocen-plejstocen w zachodniej części Rowu Kleszczowa, ujawniona w nadkładzie złoża węgla brunatnego KWB Bełchatów – Pole Szczerców. W: XXIV Konferencja Stratygrafia Plejstocenu Polski "Czwartorzęd pogranicza niżu i wyżyn w Polsce Środkowej". 4–8.09.2017, Wawrzkowizna k/Bełchatowa: 125-126.
- Kasse C., Huijzer A.S., Krzyszkowski D., Bohncke S.J.P., Coope G.R., 1998. Weichselian Late Pleniglacial and Late-glacial depositional environments, Coleoptera and periglacial climatic records from central Poland (Bełchatów). *Journal of Quaternary Science* 13(5): 455-469.
DOI: 10.1002/(SICI)1099-1417(199809)13<455::AID-JQS398>3.0.CO;2-T.
- Król J., Hałaszcak A., Dobosz T. 2007. Dokumentowanie profili geologicznych z odsłoneń KWB Bełchatów i KWB Konin etap I (obejmujący część pilotażową). I Rejon KWB Bełchatów odkrywka Szczerców. Centralne Archiwum Geologiczne, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Krzyszkowski D. 1990. Middle and Late Weichselian stratigraphy and palaeoenvironments in central Poland. *Boreas* 19: 333-350.
- Krzyszkowski D. 1991. Saalian sediments of the Bełchatów outcrop, central Poland. *Boreas* 20: 29-46.
- Krzyszkowski D. 1992. Czwartorzęd Rowu Kleszczowa: litostratygrafia i tektonika. Zarys problematyki na podstawie obserwacji w odkrywce KWB „Bełchatów”. *Acta Uni-*

- versitatis Wratislaviensis 1252, *Studia Geograficzne* 54: 1-158.
- Krzyszowski D. 1998. Stratigraphy and sedimentology of Weichselian deposits at Folwark, Bełchatów outcrop, central Poland. *Quaternary Studies in Poland* 15: 3-26.
- Krzyszowski D. 2010. Stratygrafia, petrografia i paleografia glin lodowcowych w rejonie północno-zachodniego wybrzeża Polski. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 438: 51-92.
- Krzyszowski D., Balwierz Z., Pyszyński W. 1993. Aspects of Weichselian Middle Pleniglacial stratigraphy and vegetation of central Poland. *Geologie en Mijnbouw* 72: 131-142.
- Krzyszowski D., Wachecka-Kotkowska L., Wieczorek D., Stoiński A. 2015. Petrography of glacial tills in the Szczerców Outcrop Central Poland – problems of stratigraphic interpretation. *Studia Quaternaria* 32(2): 99-108. DOI:10.1515/squa-2015-0009.
- Krzyszowski D., Wieczorek D., Wachecka-Kotkowska L., Raczek J., Toucanne S. 2017. Stratygrafia glin w odkrywce Szczerców. W: XXIV Konferencja Stratygrafia Plejstocenu Polski "Czwartorzęd pogranicza niżu i wyżyn w Polsce Środkowej". 4-8.09.2017, Wawrzonowizna k/Bełchatowa: 127-132.
- Kuszell T., Iwanus D. 2012. Badania palinologiczne osadów mułkowo-ilastych pobranych ze ściany poziomu 1-go w Odkrywce Szczerców KWB Bełchatów – profil Parchliny. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław (praca niepublikowana): 1-8.
- Majecka A., Wachecka-Kotkowska L., Krzyszowski D., Malkiewicz M., Mirosław-Grabowska J., Niska M., Rzodkiewicz M., Myśkow E., Tomaszewska K., Wieczorek D., Raczek J. 2022. Environmental changes during the MIS 6a-MIS 5e transition: the Parchliny 2016 profile, central Poland. *Geological Quarterly* 66.
- Manikowska B. 1996. Dwucykliczność ewolucji środowiska peryglacialnego w Polsce środkowej podczas vistulianu. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 373: 97-106.
- Michczyńska D.J., Wieczorek D., Wachecka-Kotkowska L., Krzyszowski D. 2022. Oscylacje klimatyczne w zakresie 20 000–11 000 cal BP zapisane w utworach formacji Piaski i Szerokie w odkrywkach Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów: spojrzenie poprzez analizę dat radiowęglowych. *Acta Geographica Lodziensia* 112: 123-140. DOI:10.26485/AGL/2022/112/8
- Myśkow E., Krzyszowski D., Wachecka-Kotkowska L., Wieczorek D. 2016. Plant macrofossils from Czyżów Complex deposits of the Szczerców outcrop, central Poland. *Geology, Geophysics & Environment* 42(3): 325-336.
- Płóciennik M., Łukawska S., Janowska E., Krzyszowski D., Wieczorek D., Wachecka-Kotkowska L. 2023. A Chironomidae-based reconstruction of the Saalian-Eemian transition (MIS6a–MIS5e) in a palaeolake from the "Parchliny 2016" profile, central Poland. *Acta Geographica Lodziensia* 113: 115-127. DOI:10.26485/agl/2023/113/7
- Pyszyński W. 1991. Macroscopic remains of wood from alluvial deposits of the Czyżów Interstadial, Bełchatów outcrop, Central Poland. *Folia Quaternaria* 61/62: 223-228.
- Pyszyński W., Krzyszowski D. 2011. Makroskopowe szczątki roślinne z czwartorzędowych osadów odkrywki Bełchatów, środkowa Polska. *Przegląd Geologiczny* 59(12): 785-792.
- Sarnacka Z. 1970. Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczerców. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Sarnacka Z. 1971. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczerców. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Wachecka-Kotkowska L., Krzyszowski D., Król E., Klaczak K. 2014. Middle Weichselian Pleniglacial fluvial erosion and sedimentation in the Krasówka river valley, Szczerców field, Bełchatów open cast mine, central Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 84(4): 323-340.
- Wachecka-Kotkowska L., Krzyszowski D., Krzyżmińska, J., Drzewicki, W., Jędrysek M.O. 2017. Short-term changes in a Saalian glacial lake – The Parchliny C site, central Poland. *Catena* 157: 299-309. <https://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2017.05.004>.
- Wachecka-Kotkowska L., Krzyszowski D., Malkiewicz M., Mirosław-Grabowska J., Niska M., Krzyżmińska J., Myśkow E., Raczek J., Wieczorek D., Stoiński A., Rzodkiewicz M. 2018. An attempt to reconstruct the late Saalian to Plenivistulian (MIS6-MIS3) natural lake environment from the "Parchliny 2014" section, central Poland. *Quaternary International* 467: 5-15. DOI:10.1016/j.quaint.2016.06.013.

- Wachecka-Kotkowska L., Krzyszkowski D., Wieczorek D., Boswell S., Myśkow E. 2021. Lithopetrographic and geochemical features of the Saalian tills in the Szczerców outcrop (Poland) in various deformation settings. *Open Geosciences* 13: 1-15.
<https://doi.org/10.1515/geo-2020-0186>.
- Wieczorek D., Stoiński A. 2019. Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Szczerców (735) – reambulacja. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa (dokument elektroniczny).
- Wieczorek D., Stoiński A., Krzyszkowski D., Wachecka-Kotkowska L., Krzysińska J. 2015. The results of new studies of Quaternary sediments in the Kleszczów Graben, Szczerców Outcrop, Bełchatów Lignite Opencast Mine. *Landform Analysis* 29: 63-71.
DOI: 10.12657/landfana.029.008.
- Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczytko N., Ślaczka A., Żaba J., Żytko K. 2011. Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.

Summary

Geological investigations in the Szczerców Field (Fig. 1) have documented five levels of glacial till, fluvial interglacial deposits, a thicker ice-damaged series, lacustrine interglacial series and thicker cool-period fluvial deposits.

The glacial tills date from the Southern and Middle Polish Glaciations. Older tills are associated with the Nidanian and Sanian Glaciation (Sanian 1), and younger tills with the Odranian Glaciation with the Warta Stadial (Krzyszowski *et al.* 2015; Wieczorek *et al.* 2015; Wachecka-Kotkowska *et al.* 2021). Petrographic variability of gravels in the glacial tills, described in the form of O/K-K/W(L)-A/B and Dp/Wp(Lp) indices, shows an increasing degree of glaciectonic and tectonic disturbance of the tills as they approach the Dębina Salt Diapir and the Chabielice Fault. Some of the indicators are similar to those described in the Bełchatów Field, but some are different (e.g., in the case of the T2b till horizon) (Fig. 2; Tab. 1).

Up to 20–30 m thick ice-dammed deposits (grey silts and black clays) from the time of the Middle Polish Glaciations were found above the South Polish tills in the profile of the Parchliny C site (Wachecka-Kotkowska *et al.* 2017, 2021). These rhythmites were probably formed in the foreland of the ice sheet in the zone of the closed proglacial lake (Fig. 3).

Fossil lacustrine deposits were found on disturbed glacial till of the Middle Polish Glaciation in the axis of the Krasówka River valley (Parchliny 2012, 2014 and 2016 profiles) (Fig. 4, Fig. 5). Upon examination, they appeared to represent the declining part of the glaciation associated with MIS6, the Eemian interglacial (MIS5e), the Early Vistulian (MIS5dcba) and perhaps the Lower and Middle Plenivistulian (MIS4, MIS3) (Kuszell, Iwanuś 2012; Wachecka-Kotkowska *et al.* 2018; Majecka *et al.* 2022; Płóciennik *et al.* 2023). These palaeolakes were quite extensive, as they were formed within subglacial tunnel valleys and kettle holes. On the other hand, the fact that the Late Glacial of the Wartanian–Early Eemian

transition could be recorded is very important, as it directly defines the age of the subglacial till. The lacustrine sediments could be subjected to multi-proxy studies because of the presence of pollen and plant seeds and remains, fresh fauna (malacological remains), diatoms, Chironomidae and Cladocera communities. Geochemical indicators were also determined.

In the central part of the quarry, south of the Chabielice Fault, fluvial sands were found, most likely belonging to the Czyżów Formation (Holsteinian Interglacial) (Fig. 6). In these sands, wood fragments of Scots pine (*Pinus sylvestris*), poplar (*Populus sp.*), ash (*Fraxinus sp.*), maple (*Acer sp.*), limber (*Pinus cembra*) and other smaller plant remains were found (Myśkow *et al.* 2016).

Above the above-mentioned lacustrine deposits, there is a thicker, sandy fluvial series dating back at least to the Middle and Upper Plenivistulian (Wachecka-Kotkowska *et al.* 2014). It has been studied in detail in two profiles: Parchliny A and Parchliny B, located in the axis of the Krasówka River valley (Fig. 7, Fig. 8). The age reference of these sands is allowed by radiocarbon dates obtained from organic overburden in them (Wachecka-Kotkowska *et al.* 2014; Wieczorek, Stoiński 2019; Michczyńska *et al.* 2022). On the basis of the collected data and geomorphological analysis, it was possible to conclude that the small rivers Krasówka, Krasowa and Nieciecz created their large "valleys" using the assumptions of glacial forms, such as subglacial channels and the melting kettle holes, and transformed them (Wieczorek, Stoiński 2019).

Geological research in the Szczerców open-cast mine allows us to reconstruct the palaeo-environmental conditions of different parts of the Pleistocene, during the last several hundred thousand years. About 400 samples collected in the years 2014, 2017–23 will be studied in a series of further profiles. Several of these may prove to be interglacial.