



„Rój” mioceńskich stożków krewasowych w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego, Polska środkowa – stan wiedzy

Lilianna Chomiak¹, Mariusz Działara², Jakub Klęsk³, Robert Wachocki², Marek Widera³



L. Chomiak



M. Działara



J. Klęsk



R. Wachocki



M. Widera

A “swarm” of Miocene crevasse splays in the Konin Lignite Basin, central Poland – state of knowledge. *Prz. Geol.*, 72: 215–224; doi: 10.7306/2024.9

Abstract. In the years 2015–2022, at least several relatively large lenses of inter-lignite sands were discovered and examined in lignite opencast mines near Konin in central Poland. They were interpreted as crevasse splays formed on the surface of Mid-Miocene mires (backswamps) during periodic floods. Due to the compaction of peat and the tectonic activity of the current lignite-rich deposit areas (grabens), the crevasse splays represent various genetic-facies types and subtypes. They may be single or numerous palaeoforms creating complexes of crevasse splays. Unfortunately, these inter-lignite sand bodies pose a significant obstacle to mining activities. Nevertheless, in relation to single fossil splays described in world literature, the abundance of such palaeoforms in the vicinity of Konin allows them to be jokingly called a “swarm” of Miocene crevasse splays.

Keywords: backswamp area, overbank deposition, sandy interbeds, Neogene of Poland

Jeszcze dekadę temu wydawało się, że nowe odsłonięcia osadów kopalnych stożków (glifów) krewasowych w Polsce są mało prawdopodobne. Wynikało to z faktu, że zarówno prace wiertnicze, jak i polskie górnictwo, w tym węgla kamiennego i brunatnego, od lat 80. XX w. przeżywało znaczący regres. Wcześniej takie osady również rozpoznawano bardzo rzadko w starszych niż kenozoiczne formacjach geologicznych, a jakość i dostępność odsłonień oraz materiał z wierceń nie zawsze były na tyle przekonujące, by zinterpretować je bez wątplenia jako osady stożków krewasowych.

W osadach górnego karbonu (westfal A) rozpoznano je na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) w cegielni *Brynów* w Katowicach (Brzycki i in., 1976). Utwory o podobnej genezie stwierdzono również na podstawie obserwacji rdzeni wiertniczych i danych otworowych zawartych w dokumentacjach złóż węgla kamiennego (np. Doktor, Gradziński, 1985; Gradziński i in., 2005; Kędzior, 2016). Kopalne stożki krewasowe są też znane z górnego karbonu (namur) Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego (DZW) zarówno z nielicznych odsłonień powierzchniowych, jak i wyrobisk podziemnych nieczynnych obecnie kopalń (Nemec, 1984). Młodsze przykłady

zostały opisane z odsłonięcia Sołtyków k. Skarżyska-Kamiennej, czyli w obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, gdzie zidentyfikowano dolnojurajskie osady stożków krewasowych (Pieńkowski, 2004). Natomiast na podstawie danych otworowych wyinterpretowano stożki krewasowe w miocenie węglonośnym Niziu Polskiego (np. Kasiński, 1986; Kramarska i in., 2015).

Przedstawione wyżej informacje wskazują, że wiedza o osadach polskich stożków (glifów) krewasowych w zapisie kopalnym, rozpoznanych do 2015 r., była dość uboga. Niewielkie, często trudno dostępne odsłonięcia (np. w kopalniach głębinowych), a przede wszystkim rdzenie i dane z kart otworów wiertniczych nie pozwalały na dokładne określenie lateralnej rozciągłości i właściwe wyróżnienie zmienności litofacji. O ile analizy sedymentologiczne badanych osadów były całkiem dobre, to interpretacja mechanizmów ich akumulacji i deformacji pozostawała słabo poznana.

Powyższą lukę w znacznym stopniu wypełniają wyniki badań z konińskich odkrywek węgla brunatnego mioceńskich stożków krewasowych, które sukcesywnie odkrywano w latach 2015–2022. Ich liczebność i zróżnicowanie genetyczno-facialne znacząco przewyższyły formy znane

¹ Starostwo Powiatowe w Poznaniu, ul. Jackowskiego 18, 60-509 Poznań; chomiak@amu.edu.pl; ORCID ID: 0000-0003-4932-2732

² Kopalnia Węgla Brunatnego Konin, al. 600-lecia 9, 62-540 Kleczew; dzialara.mariusz@kwbkonin.pl; robert.wachocki@vp.pl

³ Instytut Geologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Krygowskiego 12, 61-680 Poznań; jakub.klesk@amu.edu.pl; widera@amu.edu.pl; ORCID ID: M. Widera – 0000-0001-5092-2845, J. Klęsk – 0000-0001-7437-1232

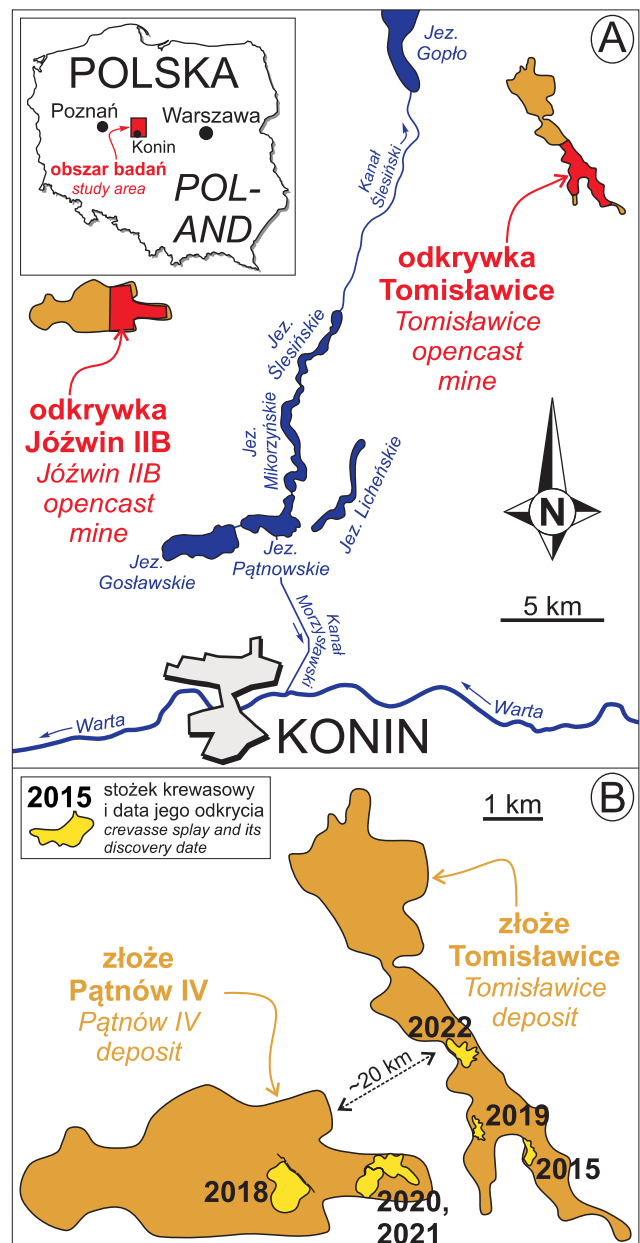
z polskiej literatury geologicznej. Dlatego podstawowym celem niniejszej, przeglądowej pracy jest przybliżenie historii odkryć kolejnych stożków krewasowych oraz określenie ich zasięgu lateralnego, a także krótka charakterystyka sedymentologiczna najbardziej typowych facji, w tym ich następstwa w profilu pionowym.

SZKIC GEOLOGICZNY

Odkrywki węgla brunatnego Tomisławice i Józwin IIB powstały odpowiednio na złożach *Tomisławice* i *Pątnów IV*, które znajdują się we wschodniej Wielkopolsce, w środkowej Polsce. Są one położone 20–35 km na N i NE od Konina (ryc. 1A). Od nazwy największego w tym regionie miasta pochodzi też nazwa Kopalni Węgla Brunatnego Konin – KWB Konin. Oba wymienione złoża wypełniają względnie płytkie paleoobniżenia o charakterze rowów tektonicznych, które są rozwinięte w stropie skał mezozoicznych. Obejmują one północne obszary elewacji konińskiej (Widera, 2022). Ta pozytywna paleoforma znajduje się w centralnej części segmentu mogileńsko-łódzkiego, będącego środkowym fragmentem synklinorium szczecińsko-miechowskiego (Żelaźniewicz i in., 2011).

Z punktu widzenia celów niniejszej pracy najważniejszym obiektem jest pokład węglowy, będący przedmiotem eksploatacji w obu wymienionych wyżej odkrywkach. To właśnie w jego obrębie znajdowały lub znajdują się obecnie badane litosomy piaszczyste. Szczegółowe informacje dotyczące cech budowy geologicznej obszaru badań są omówione w wielu pracach (np. Chomiak i in., 2019; Chomiak, 2020; Widera, 2020, 2021; Zieliński, Widera, 2020; Działara i in., 2022; Widera, Klęsk, 2023; Widera i in., 2024). W odkrywce Józwin IIB do 2023 r. był, a w odkrywce Tomisławice nadal jest wydobywany wyłącznie 1. środkowopolski pokład węgla brunatnego (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995; Słodkowska, Kasiński, 2016; Widera, 2021), zwany też pokładem konińskim (Sadowska, Giza, 1991). Pokład ten wraz z przerostami mineralnymi, w tym opisywanymi piaskami, jest zaliczany do ogniwa iłów szarych, które w podziale litostratigraficznym neogenu Niżu Polskiego stanowi dolny człon formacji poznańskiej (Piwocki, Ziemińska-Tworzydło, 1995). Miąższość tego pokładu rzadko przekracza 12–13 m, a średnio wynosi 6,6–6,9 m w obu złożach – odkrywki Józwin IIB i Tomisławice (Widera, 2021).

Wiek akumulacji 1. środkowopolskiego pokładu węgla brunatnego szacuje się na ok. 15,1–14,3 mln lat temu, czyli środkową część środkowego miocenu (Widera i in., 2021a, b). Pokład ten ma bogatą i aktualną dokumentację geochemiczną (Bechtel i in., 2019, 2020) i palinologiczną (Słodkowska, Widera, 2021, 2022; Worobiec i in., 2021, 2022). Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia (np. Słodkowska, Kasiński, 2016), że torfowisko, z którego powstał omawiany pokład, zaczęło się tworzyć u schyłku środkowomiocenijskiego optimum klimatycznego. Przeważająca część tego torfowiska powstała jednak po tym optimum. W tym czasie klimat był ciepły umiarkowany i wilgotny (średnioroczna temperatura = 15,7–20,5°C, średnioroczne opady = 1300–1500 mm), ale z coraz bardziej zaznaczającą się sezonowością oraz trendem ochładzającym i osuszającym. Skutkiem tych zjawisk atmosferycznych było to, że na powierzchni środkowomiocenijskich torfowisk okresowo dochodziło do powodzi i depozycji



Ryc. 1. Mapa lokalizacyjna: **A** – odkrywki Józwin IIB i Tomisławice; **B** – złoża węgla brunatnego *Pątnów IV* i *Tomisławice* z zaznaczoną lokalizacją badanych stożków krewasowych (wg Widery, Klęska, 2023)

Fig. 1. Location map: **A** – Józwin IIB and Tomisławice opencast mines; **B** – *Pątnów IV* and *Tomisławice* lignite deposits with marked location of the examined crevasse splays (after Widera, Klęsk, 2023)

piasków w formie badanych stożków krewasowych (np. Widera, 2016; Chomiak i in., 2019; Widera i in., 2021a, 2024; Widera, Klęsk, 2023).

MATERIAŁY I METODY

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy zostały oparte głównie na obserwacjach terenowych. W czasie archiwalnych prac kameralnych dokonano weryfikacji informacji zawartych w kartach otworów wiertniczych. Z kolei prace kartograficzne uwzględniały zarówno dane otworowe, jak i obserwacje dostępnych ścian kopalnianych. Wszystkie pozyskane w ten sposób informacje posłużyły m.in. do wykreślenia zasięgu, rozprzestrzenienia

badanych stożków i przygotowania profili sedymentologicznych. W efekcie pozwoliło to na przeprowadzenie głównie jakościowej, a częściowo także ilościowej, analizy sedymentologicznej.

Badania terenowe wykonano w latach 2015–2023 w czasie licznych wyjazdów do odkrywek Tomisławice i Józwin IIB. Wykonano wówczas kartowanie frontów roboczych, obejmujących ściany węglowe z przewarstwieniami klastyków (szkice wybranych profili oraz struktur sedymentacyjnych i deformacyjnych), pomiary kierunków paleotransportu, pobór próbek do badań laboratoryjnych oraz sporządzenie dokumentacji fotograficznej.

Kwerendzie poddano >250 kart otworów wiertniczych, które pozyskano z archiwum geologicznego KWB Konin w Kleczewie. W co najmniej kilkudziesięciu z nich, w obrębie eksploatowanego pokładu węglowego, zostały opisane osady piaszczyste. Oprócz informacji zawartych w dokumentacjach złożowych i dodatkach do nich, bardzo przydatne dla celów kartograficznych (np. w celu przygotowania map zasięgu stożków) okazały się niepublikowane materiały własne kopalni w postaci kilkudziesięciu otworów o głębokości od kilku do kilkudziesięciu metrów, wykonanych w ostatnich latach kolejno w odkrywkach Józwin IIB (Dziamara i in., 2022) i Tomisławice (Widera i in., 2024).

Wszystkie ciała piaszczyste odsłonięte w obrębie pokładu węgla brunatnego zostały poddane szczegółowej analizie sedymentologicznej. Objęła ona przede wszystkim identyfikację facji, wraz z określeniem tekstury osadów, potwierdzoną badaniami laboratoryjnymi (uziarnienia i zawartości materii organicznej), pomiary azymutu i kąta upadu warstw (dla facji Sp i SCp; tab. 1), a także przygotowanie profili sedymentologicznych. Genetyczno-facjalne typy (subaeralny i subakwalny) i podtypy (zdeformowany i niezdeformowany) stożków krewasowych wyróżniono za Widerą i in. (2023). W efekcie przeprowadzonych prac zinterpretowano wyróżnione facje i subsrodowiska sedymentacyjne oraz wyjaśniono mechanizmy deformacji badanych osadów.

Tab. 1. Kodyfikacja literowa facji piaszczystych zastosowana w tej pracy (wg Mialla, 1977; Ghibaudo, 1992; Widery i in., 2019; Widery, 2023)

Table 1. Letter codification of sandy facies applied in this paper (after Miall, 1977; Ghibaudo, 1992; Widera i in., 2019; Widera, 2023)

| Kod / Code | Tekstura / Texture |
|------------|---|
| G | żwir / gravel |
| S | piasek / sand |
| T | pył / silt |
| M | muł / mud |
| C | węgiel, węglisty / coal, carbonaceous |
| Kod / Code | Struktura / Structure |
| m | masywna / massive |
| h | laminacja (warstwowanie) poziome <i>horizontal lamination (stratification)</i> |
| p | płaskie warstwowanie przekątne <i>planar cross-stratification</i> |
| t | rynnowe warstwowanie przekątne <i>trough cross-stratification</i> |
| r | przekątna laminacja riplemarkowa <i>ripple cross-lamination</i> |
| d (fo, fr) | zdeformowana (sfaldowana, spękana) <i>deformed (folded, fractured)</i> |

W celu ujednoczenia i skrócenia opisu wyróżnionych facji użyto oryginalnego, anglojęzycznego zapisu kodowego Mialla (1977) z późniejszymi modyfikacjami dla tekstury pyłowej – T (Ghibaudo, 1992) i mułowej – M oraz struktury fałdowej i spękanej – fo i fr (tab. 1; Widera i in., 2019; Widera, 2023). Dodatkowo na wspomnianych profilach sedymentologicznych w obrębie frakcji piaszkowej wyróżniono i opisano skrótami literowymi następujące subfacje: S_f – piasek drobnoziarnisty (*fine-grained sand*), S_m – piasek średnioziarnisty (*medium-grained sand*) i S_c – piasek gruboziarnisty (*coarse-grained sand*). Natomiast na mapach zasięgu zaznaczono zinterpretowane (głównie na podstawie kształtu stożków i częściowo na podstawie pomiarów), prawdopodobne kierunki paleotransportu (tj. płynięcia wody – niebieskie strzałki), zaś zmierzone kierunki paleoprzepływu (wzdłuż szczegółowo badanych profili) zestawiono na diagramach rozetowych.

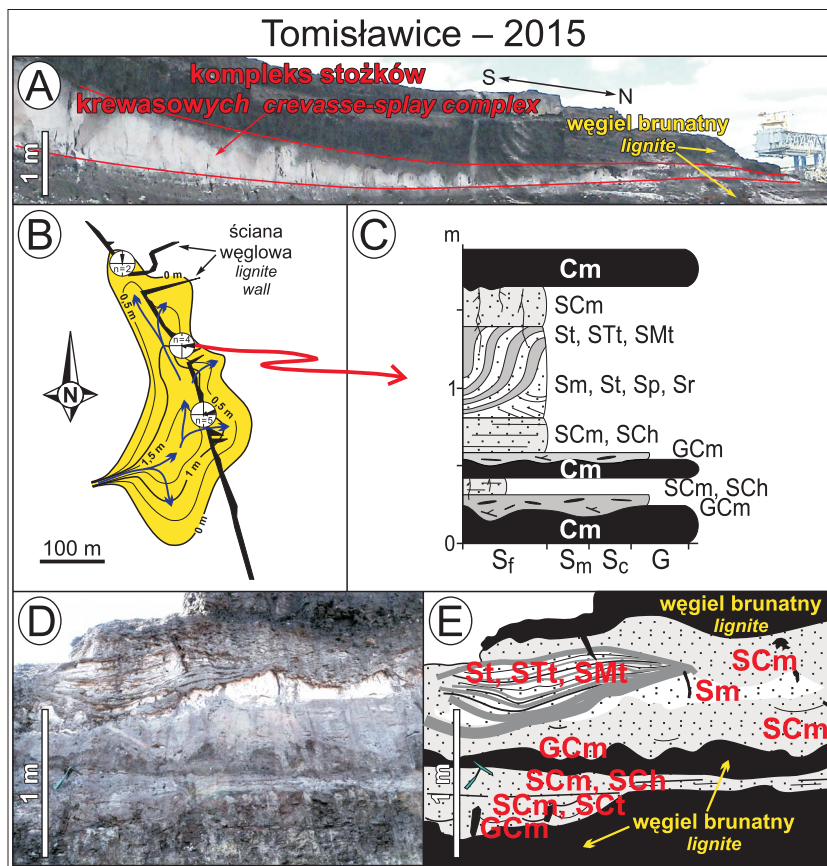
WYNIKI

Poniżej omówiono osady 12 stożków krewasowych, które występują pojedynczo lub w zespołach, tworząc kompleksy tych paleoform. Stwierdzono je w pięciu stanowiskach, których nazwy zawierają miejsce (odkrywkę) występowania i rok/lata ich odkrycia (ryc. 1B). Osady dostępne do bezpośrednich badań terenowych w odkrywkach Tomisławice i Józwin II scharakteryzowano w porządku chronologicznym ich odkrycia.

Tomisławice – 2015

Na początku 2015 r. w obrębie eksploatowanego pokładu węglowego w odkrywce Tomisławice zostało odsłonięte ciało piaszczyste o rozciągłości południkowej >300 m i miąższości do 1,4 m (ryc. 2A; Widera i in., 2017). Badania terenowe i analiza danych otworowych pozwoliły na interpretację paleosrodowiskową i wykreślenie zasięgu badanego ciała piaszczystego oraz doprecyzowanie jego maksymalnej miąższości. Okazało się, że jego długość wynosiła >500 m, a szerokość >250 m (ryc. 2B). Z kolei jego maksymalna grubość w odsłoniętej na wyższym poziomie nadkładowym, zachodniej części odkrywki sięgała 1,8 m (ryc. 2A; Widera, 2016; Chomiak, 2020).

W dominującej części omawiane piaski i piaski węgliste charakteryzowały się strukturą masywną. Jakielkolwiek warstwowania, poza fragmentem północnej ściany odsłonięcia, stwierdzono sporadycznie. W rzeczywistości opisywany litosom piaszczysty obejmował dwie ławice piaszczyste rozdzielone 20–30-centymetrową warstwą węgla brunatnego. Dobrze wykształcone, w odniesieniu do wspomnianych masywnych piasków i piasków węglistych, były wyłącznie masywne żwiry węgliste (facja GCm) oraz piaski, piaski pylaste i piaski mułowe warstwowane rynnowo (facje St, STt, SMt; ryc. 2C–E). Facja GCm cechowała się rozproszonym szkieletem zbudowanym z fragmentów uwęglonego drewna >1 cm, tj. ksylicy, oraz klastów piaszczystych o długości <10 cm spojonych masą korzeniową. Wypełnienie (matriks) stanowiły drobnoziarniste piaski węgliste. Z kolei zespół facji St, STt i SMt cechował się naprzemiennym ułożeniem poszczególnych facji (warstw), które zapadały generalnie w kierunku E pod kątem do 25° (ryc. 2C–E).



Ryc. 2. Stożek krewasowy Tomisławice – 2015: **A** – widok ogólny; **B** – zasięg stożka krewasowego; **C** – profil sedimentologiczny; **D** – widok typowych facji; **E** – szkic ryc. 2D. Objasnienia kodu facji znajdują się w tabeli 1

Fig. 2. Crevasse splay Tomisławice – 2015: **A** – broad view; **B** – extent of the crevasse splay; **C** – sedimentary log; **D** – close-up view of typical facies; **E** – sketch of Figure 2D. Explanations of facies codes are in Table 1

Facja GCm została zinterpretowana jako efekt erozji osadów wału przykorytowego, a następnie ich depozycji w najbardziej proksymalnych częściach obszaru pozakorytowego – doliny rzecznej objętej przez torfowisko. Obecność intraklastów piaszczystych z masą korzeniową, najprawdopodobniej porwaków darni, dowodzi dużej gęstości przepływu, krótkiej drogi transportu i nagłego „porzucenia” transportowanego osadu (*slurry flow deposits*; Carter, 1975). Natomiast zespół facji St, STt i Smt uznano za osady typowe dla kanału dystrybucyjnego, który znajdował się na powierzchni stożka krewasowego (*crevasse distributary channel*; Fielding, 1986). W tym przypadku naprzemienny układ warstw można interpretować jako duże i nagłe fluktuacje prędkości przepływu wody (zmiana wysortowania osadu; ryc. 2C–E) w czasie wypełniania wcześniej wyerodowanego kanału. Stożek krewasowy Tomisławice – 2015 w całości reprezentuje typ subaeralny i podtyp niezdeformowany (Widera i in., 2023).

Józwin IIB – 2018

W 2018 r. odkryto osady litosomu piaszczystego nazwanego jako Józwin IIB – 2018. W czasie prac sedimentologicznych i kartograficznych, mających na celu ustalenie przebiegu paleokoryta późnoneogeńskiej rzeki anastomozującej (Zieliński, Widera, 2020), zaistniała potrzeba badań na niższym poziomie węglowym. Zidentyfikowano litosom piaszczysty o rozciągłości południkowej

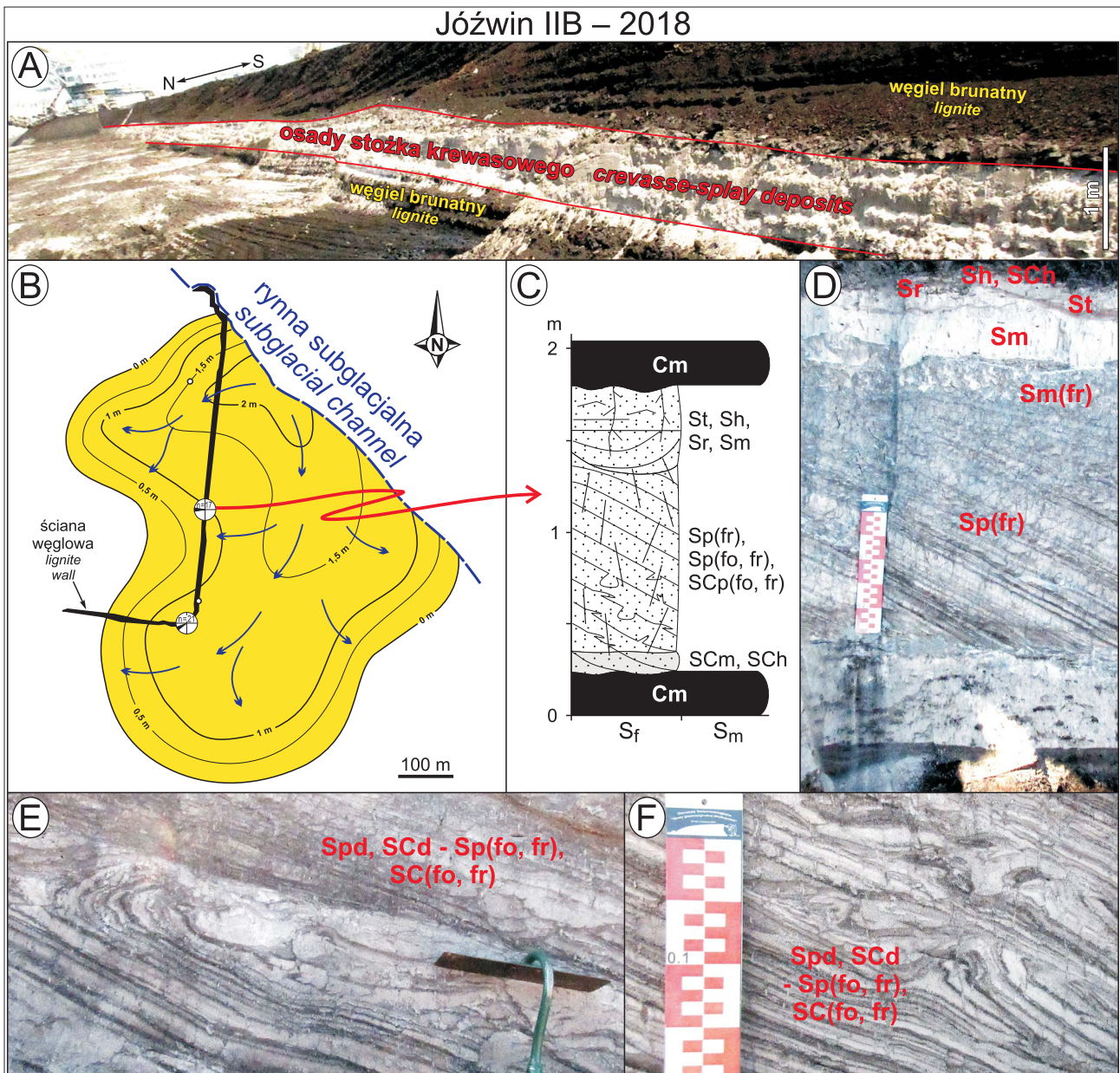
>550 m i miąższości ok. 1–2 m (ryc. 3A). Poza tym piaski stwierdzono w różnie zorientowanych ścianach węglowych i licznych rowach odwodnieniowych na dystansie kolejnych kilkuset metrów (Chomiak i in., 2019). Na podstawie danych terenowych i otworowych zrekonstruowano zasięg omawianego litosomu piaszczystego (ryc. 3B).

W przeciwieństwie do poprzedniego stożka (tj. Tomisławice – 2015), osady stożka Józwin IIB – 2018 były zdominowane przez piaski, podrzędnie piaski węgliste, warstwowane przekątnie płasko. Ich charakterystyczną cechą było gęste spękanie, a lokalnie w przyspągowych partiach litosomu piaszczystego także sfałdowanie – facje Sp(fr), Sp(fo, fr) i SCp(fo, fr) (ryc. 3C–F). Ten zespół facji występował na całej długości odsłonięć dostępnych do badań między majem a sierpniem 2018 r. W różnych częściach odkrywki warstwy piasków były nachylone pod kątem 15–25° w kierunkach od SW po W. Inne, podrzędnie występujące facje – St, Sr, Sm, Sh, SCm(d), Sh(d) i SCh(d) – chociaż przydatne dla celów interpretacyjnych, nie zostały uznane za reprezentatywne dla opisywanego stożka.

Większość wymienionych wyżej facji powstała w płytkim zbiorniku wodnym (jeziorze), występującym na powierzchni torfowiska. Zespół dominujących facji piaszczystych o warstwowaniu przekątnym płaskim (facje Sp i SCp) uznano za charakterystyczny dla czoła (skłonu) delty ze stromym frontem progradacyjnym, a pozostałe odpowiednio dla równi deltowej (facje St, Sr i Sm) i prodelty (facje Sh i SCh). Niewielkie rozmiary (<0,63 km²) i wyjątkowo dobrze wykształcone osady czoła delty uzasadniały interpretację tej paleoformy pozakorytowej jako mikrodelty krewasowej (np. Teisseyre, 1985; Michaelsen i in., 2000; Zieliński, 2014). Lokalnie występujące deformacje ciągłe (np. struktury obciążeniowe; ryc. 3E, F) zinterpretowano jako następstwo niewielkich wstrząsów sejsmicznych, które doprowadziły do częściowego upłynnienia dolnych partii litosomu piaszczystego. Natomiast nałożone na nie deformacje nieciągłe (spękania; ryc. 3C–F) określono jako brekcję tektoniczną. Jej powstanie przypisano procesom hydraulicznym (nagłemu wzrostowi ciśnienia porowego), będącym następstwem kolapsu osadów mikrodelty. Ruch wody ku górze powodował przerwanie ciągłości warstw piasku, co w następstwie doprowadziło do ich całkowitego spękania (Chomiak i in., 2019). Podsumowując, stożek krewasowy Józwin IIB – 2018 w dominującej części reprezentuje typ subakwalny i podtyp zdeformowany (Widera i in., 2023).

Tomisławice – 2019

W drugiej połowie 2019 r., wskutek działalności górniczej w odkrywce Tomisławice, został odsłonięty najmniej



Ryc. 3. Stożek krewasowy Józwin IIB – 2018: **A** – widok ogólny; **B** – zasięg stożka krewasowego; **C** – profil sedimentologiczny; **D–F** – widok typowych facji. Objasnienia kodu facji znajdują się w tabeli 1

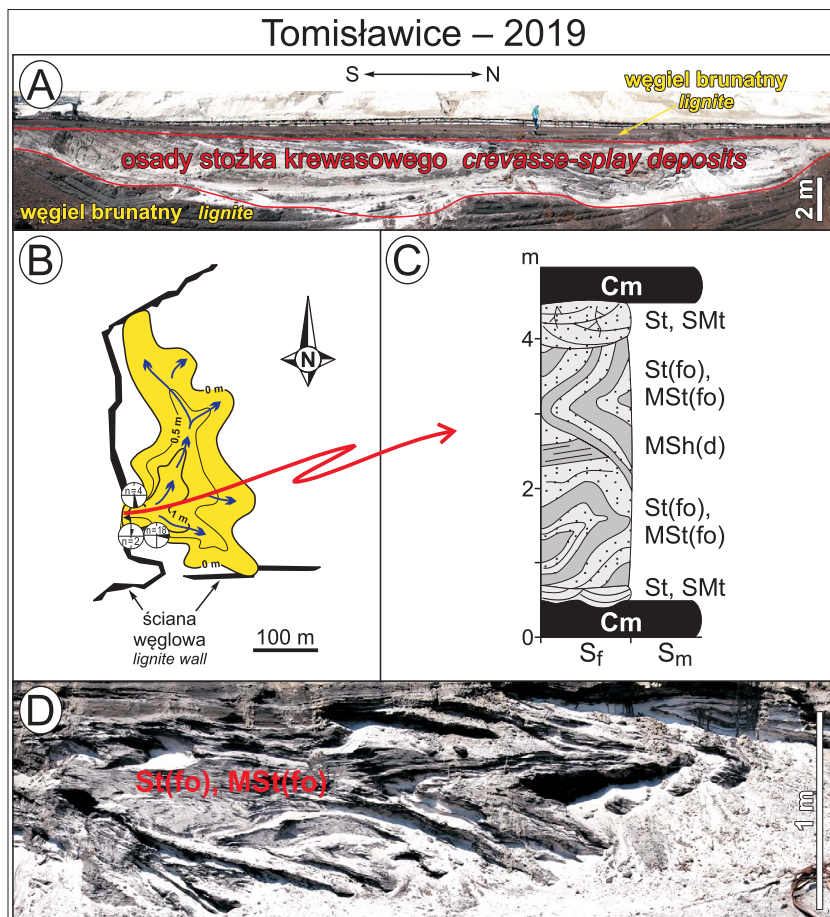
Fig. 3. Crevasse splay Józwin IIB – 2018: **A** – broad view; **B** – extent of the crevasse splay; **C** – sedimentary log; **D–F** – close-up view of typical facies. Explanations of facies codes are in Table 1

szy ze wszystkich (opisanych w tym artykule) znanych litosomów piaszczysto-mułowych, występujący w przystopowych partiach pokładu węgla brunatnego. Znajdował się on kilkaset metrów na NW od stożka Tomisławice – 2015, w „zachodniej nogawce” (nazywanej tak ze względu na kształt przez górników i geologów kopalnianych) złoża Tomisławice (patrz ryc. 1B). Długość wspomnianego ciała piaszczystego w intersekcji południkowej wynosiła ok. 65 m, a jej maksymalna grubość dochodziła do 4 m (ryc. 4A). Opisywane osady stanowiły najbardziej proksymalną część większej paleoformy, której przybliżone wymiary 500 × 250 m (ryc. 4B) określono na podstawie terenowych prac kartograficznych.

W spągu i w stropie północnej części opisywanego odsłonięcia stwierdzono piaski i piaski mułowe warstwowe rynnowo (facje St i SMt). Natomiast środkową, przeważającą część badanego profilu stanowiły występujące

naprzemiennie zdeformowane osady piaszczyste i mułowo-piaszczyste, które reprezentowane były przez następujące facje: St(fo), MSt(fo) i Mh(d) (ryc. 4C). Miąższość tych facji rzadko przekraczała 10 cm. Natomiast zdeformowane, sfałdowane zespoły wymienionych facji (fałdy leżące) łącznie osiągały grubość do 1–2 m (ryc. 4C, D). Powierzchnie osiowe wzmiankowanych fałd nachylone były w przeciwnych kierunkach, zbliżonych do południowego i północnego – ich średni azymut upadu wynosił odpowiednio 158° i 16° (patrz ryc. 4B).

Omawiane osady zostały zinterpretowane jako typowe dla najbardziej proksymalnej części stożka krewasowego znajdującej się u wylotu krewasy, tj. w strefie kontaktu wału przykorytowego i torfowiska (Widera, 2020). Natomiast deformacje fałdowe, unikatowe w osadach stożków krewasowych, uznano jako fałdy leżące typu A wg terminologii Allena i Banksa (1972), które są charakterystyczne



Ryc. 4. Stożek krewasowy Tomisławice – 2019: **A** – widok ogólny; **B** – zasięg stożka krewasowego; **C** – profil sedimentologiczny; **D** – widok typowych facji. Objasnienia kodu facji znajdują się w tabeli 1

Fig. 4. Crevasse splay Tomisławice – 2019: **A** – broad view; **B** – extent of the crevasse splay; **C** – sedimentary log; **D** – close-up view of typical facies. Explanations of facies codes are in Table 1

dla fałdów spływowych. Z kolei mechanizm powstania tych fałdów powiązано z kompaktacją niżejległego torfu, przekształconego później w węgiel brunatny. Zatem nasycone wodą piaski i muły, pierwotnie warstwowane przekątnie rynnowo, w wyniku kompaktacji torfu ulegały wychyleniu i sukcesywnemu fałdowaniu w następstwie podwodnego spływu. Najpierw powstawały fałdy stojące, następnie pochylone, a na koniec leżące (ryc. 4D). Jako jeden z mechanizmów inicjujących opisane spływy uznano wstrząsy sejsmiczne, których występowanie było możliwe na obszarach rowów tektonicznych aktywnych w środkowym miocenie (Widera, 2020).

Józwin IIB – 2020, 2021

W latach 2020 i 2021 w wyniku szybko postępujących robót górniczych w „zatoce wschodniej” odkrywki Józwin IIB pojawiły się kolejne odsłonięcia litosomów piaszczystych (patrz ryc. 1B). Najbardziej reprezentatywne odsłonięcia, chociaż trudno dostępne, występowały wzdłuż rowów odwodnieniowych i przy rzapiach, tj. zbiornikach wodnych utworzonych w spągu odkrywki u podstawy ściany eksploatacyjnej (ryc. 5A). Odkryto dwa litosomy piaszczyste, występujące w superpozycji w północnej części „zatoeki wschodniej”. Natomiast w jej południowej części, na podstawie danych otworowych, stwierdzono trzeci litosom

piaszczysty (ryc. 5B). Dlatego badania sedimentologiczne zostały wykonane wyłącznie dla dwóch pierwszych z wymienionych litosomów.

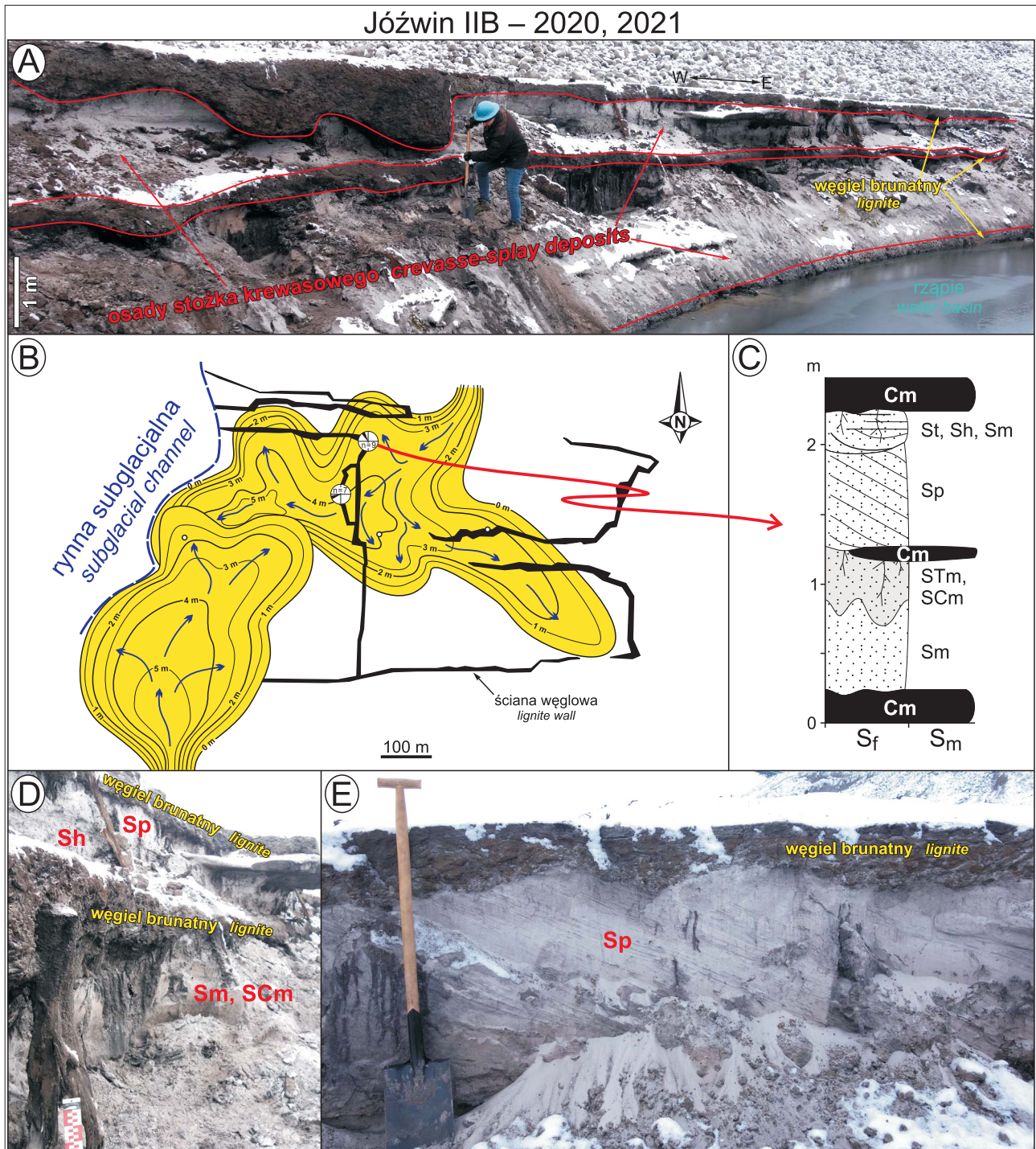
Osady obu litosomów piaszczystych (stożków krewasowych) łatwe były w interpretacji, gdyż były oddzielone od siebie warstwą węgla brunatnego o miąższości 20–60 cm (ryc. 5A, C, D). Osady piaszczyste dolnego stożka charakteryzowały się słabo czytelnymi strukturami sedimentacyjnymi z wyraźną dominacją struktury masywnej (facje Sm, S_{Cm} i STm). Z kolei wśród piasków górnego stożka przeważało warstwowanie przekątne płaskie (facja Sp), a lokalnie występowały także inne struktury (facje St, Sh i Sm). W przypadku facji Sp jej zasięg lateralny było można obserwować na dystansie od kilku do kilkudziesięciu metrów. Uśredniony azymut upadu lamin, stwierdzony w obrębie tej facji (Sp), mieścił się w przybliżeniu między W a NW, a kąty upadu lamin wynosiły 15–25° (ryc. 5E; Działara i in., 2022).

Dolny, pierwszy z opisanych stożków wstępnie uznano za stożek reprezentujący typ subaeralny i podtyp niezdeformowany. Niepewność interpretacji wynikała z powszechnego braku widocznych struktur sedimentacyjnych w osadach tego stożka. Natomiast górny stożek zaliczono do typu subakwalnego i podtypu niezdeformowanego (Widera i in., 2023). Przemawia za tym dość jednoznacznie dominacja facji Sp charakterystycznej dla frontu progradacyjnego niewielkiej delty jeziornej (Teisseyre, 1985; Michaelsen i in., 2000; Zieliński, 2014; Działara i in., 2022). Dlatego w tym przypadku można mówić o mikrodelcie krewasowej. Warto jeszcze zasygnalizować fakt, że opisywane trzy stożki, określane łącznie jako Józwin IIB – 2020, 2021, stanowiły poważne utrudnienie w eksploatacji węgla przez KWB Konin, co zostanie omówione w dalszej części tej pracy.

Tomisławice – 2022

W związku z likwidacją kolejnych odkrywek w KWB Konin wydawało się, że odkrycie nowych odsłoneń osadów kopalnych stożków krewasowych będzie mało prawdopodobne. Niemniej jednak w pierwszej połowie 2022 r., w północnej części odkrywki Tomisławice (patrz ryc. 1B), został odsłonięty kompleks pięciu stożków krewasowych (ryc. 6A). Ich osady były dostępne do badań w różnym czasie na dystansie 400–500 m. Natomiast dzięki danym otworowym, w tym pochodzącym z płytkich otworów wykonanych przez obsługę geologiczną KWB Konin, wykartowano zasięg opisywanego kompleksu, który wynosił w przybliżeniu 600 × 400 m, a jego maksymalna miąższość przekraczała 5 m (ryc. 6B).

Badane profile kompleksu stożków krewasowych osiągały sumaryczną wysokość do 4,3 m, a osady kolejnych stożków były rozdzielone warstwami węgla brunat-



Ryc. 5. Stożek krewasowy Józwin IIB – 2020, 2021: **A** – widok ogólny; **B** – zasięg stożka krewasowego; **C** – profil sedimentologiczny; **D, E** – widok typowych facji. Objaśnienia kodu facji znajdują się w tabeli 1

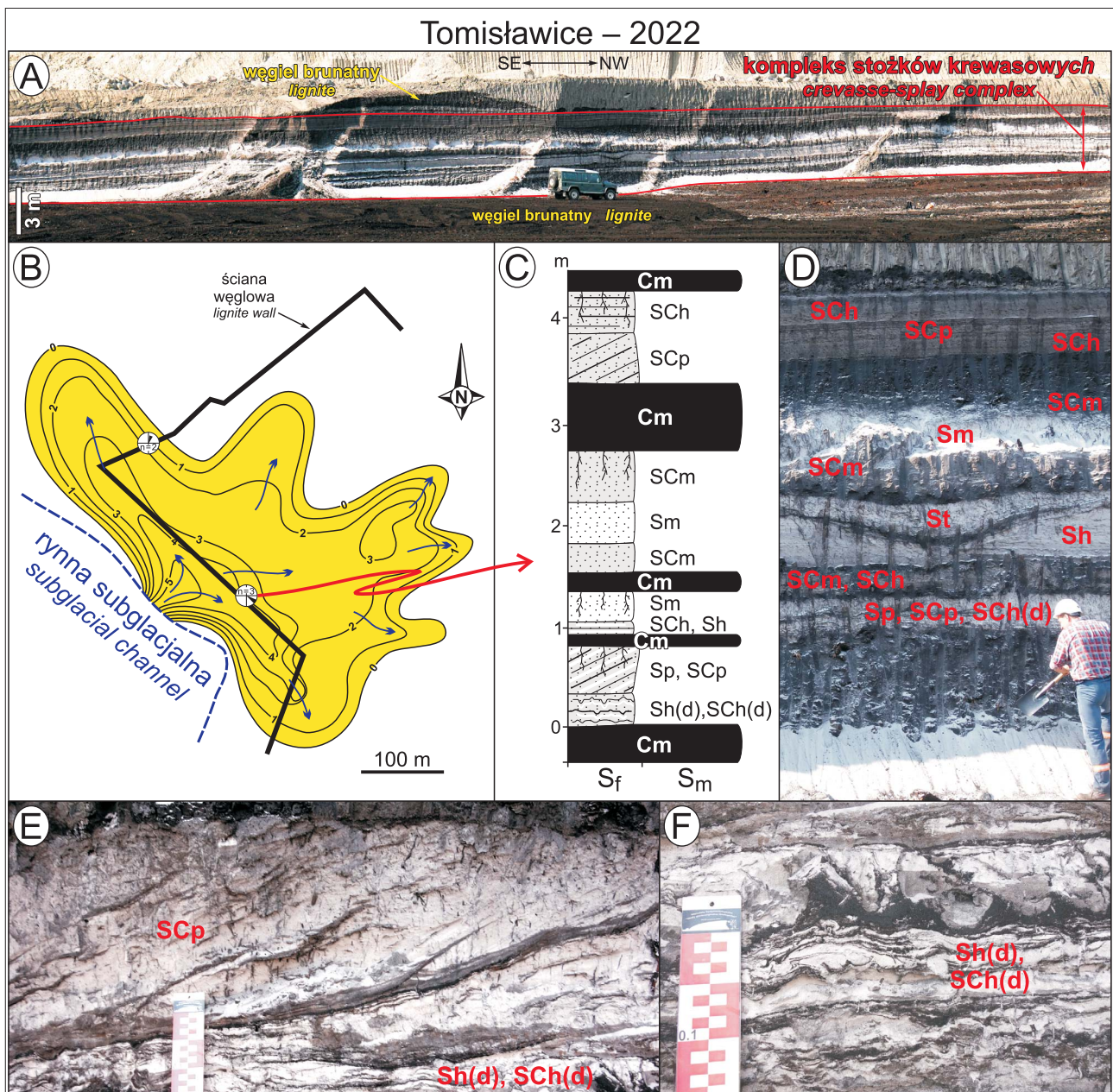
Fig. 5. Crevasse splay Józwin IIB – 2020, 2021: **A** – broad view; **B** – extent of the crevasse splay; **C** – sedimentary log; **D, E** – close-up view of typical facies. Explanations of facies codes are in Table 1

nego o łącznej miąższości wynoszącej 1,2 m (ryc. 6C, D). Opisywane osady krewasowe to głównie piaski i piaski węgliste o strukturze masywnej oraz warstwowane horyzontalnie i planarnie (facje Sm, SCm, Sch, Sp i SCp). Z kolei w spągowych partiach dolnego stożka (najniższa część kompleksu stożków) stwierdzono liczne deformacje – facje Sh(d) i SC(d) – poniżej facji SCp (ryc. 6C, E, F).

Szczegółową charakterystykę sedimentologiczną wymienionych wyżej facji zawarto w publikacjach Działary i in. (2023) oraz Widery i in. (2024). Trzeba jednak zwrócić

uwagę, że w omawianym profilu (4 stożki na ryc. 6C) najniższy i najwyższy stożek reprezentują typ subakwalny (mikrodelta krewasowa), z czego pierwszy podtyp zdeformowany, a drugi podtyp niezdeformowany. Z kolei osady pozostałych dwóch stożków powstały w środowisku subaeralnym i nie były zdeformowane (ryc. 6C).

Na podstawie wieku akumulacji przewarstwień węglowych (torfu), oszacowano pośrednio, że opisywany kompleks powstawał ok. 50 tys. lat (Widera i in., 2024). Podsumowując, należy stwierdzić, że tak dobrze wykształconego



Ryc. 6. Stożek krewasowy Tomisławice – 2022: **A** – widok ogólny; **B** – zasięg stożka krewasowego; **C** – profil sedimentologiczny; **D–F** – widok typowych facji. Objasnienia kodu facji znajdują się w tabeli 1

Fig. 6. Crevasse splay Tomisławice – 2022: **A** – broad view; **B** – extent of the crevasse splay; **C** – sedimentary log; **D–F** – close-up view of typical facies. Explanations of facies codes are in Table 1

i łatwo dostępnego do badań kompleksu stożków krewasowych, występujących w superpozycji, nie opisano jak dotąd ze światowych formacji węglonośnych.

DYSKUSJA

Pierwszą kwestą wymagającą dyskusji jest przebieg koryt, z których zasilane były opisane w tej pracy stożki krewasowe. Dotychczas w konińskich odkrywkach węgla brunatnego nie zostały niestety odsłonięte żadne osady korytowe rzek opływających środkowomiocenne torfowiska. Dlatego nie można rozstrzygnąć, jaki typ morfologiczny reprezentowały te rzeki, a także w którą stronę płynęły. Niemniej jednak, na podstawie drobnoziarnistości badanych osadów (piasek drobny, piasek pylasty, muł),

wolno przyjąć, że były to rzeki o niskiej energii przepływu, tj. anastomozujące lub meandrujące (Widera i in., 2021a, b). Z kolei liczba przerostów mineralnych (głównie piaszczystych, ale też ilastych o miąższości od kilku milimetrów do kilku metrów) w 1. środkowopolskim pokładzie węgla brunatnego wynosiła nawet kilkanaście. Przedzielone były one warstwami węgla brunatnego od grubości >5–10 cm, co dowodzi częstotliwości powodzi zdarzających się w odstępie co najmniej kilku tysięcy lat. Szacuje się bowiem, że 1 m węgla tego pokładu powstawał ok. 40 tys. lat (np. Chomiak, 2020; Widera i in., 2024).

Istotnym wydaje się także problem nazewnictwa form akumulacji rzecznej, powstałych z płytkich przepływów na obszarze pozakorytowym. Powstają one w czasie wezbrań powodziowych u wylotu krewas, czyli rozcięć erozyjnych

w wałach przykortowych. W polskiej literaturze przez lata dominował termin glik krewasowy (*crevasse splays*), który zaproponowali Gradziński i in. (1976) i ich współpracownicy, np. Brzyski i in. (1976). W kolejnych latach Kordowski (2007) nazywał glify krewasowe wstęgami piaszczystymi. Termin glik krewasowy, jak słusznie zauważył Zieliński (2014), jest niewłaściwy etymologicznie, gdyż glik oznacza wgłębienie, a dyskutowane stożki są formami pozytywnymi. Dlatego zaproponował nazwanie tych form stożkami krewasowymi. Natomiast termin wstęgi piaszczyste wydaje się być odpowiedni tylko dla określenia nielicznych stożków (gliców) krewasowych, które są silnie wydłużone i układają się w przybliżeniu równoległe do przebiegu koryta rzecznego. Scharakteryzowane w tej pracy paleoformy tego kryterium nie spełniają. Dlatego za właściwsze należy uznać nazywanie ich stożkami krewasowymi, a czasami również mikrodeltami krewasowymi (Zieliński, 2014).

Przed 2015 r. laminy lub kilkunastocentymetrowej grubości soczewy piasku, piasku pylastego lub pyłu były obserwowane w eksploatowanym przez KWB *Konin* pokładzie węglowym. Z kolei większej miąższości przewarstwienia piaszczyste w węglu były znane wyłącznie z danych otworowych. Trzeba jednak zauważyć, że zgodnie z praktyką dokumentowania złóż węgla brunatnego przewarstwienia mineralne (piasku, iłu) o grubości $>0,3$ m są traktowane jako nadkład (Widera, 2021). W efekcie kontury złoża często wyznaczano tak, aby miąższość węgla wynosiła >3 m, a przerostów mineralnych była $<0,3$ m. Dlatego nie spodziewano się, by bardziej miąższe warstwy piasku zostały odsłonięte w czasie działalności górniczej. Niemniej jednak wyczerpywanie się udostępnionych do wydobycia złóż w okolicach Konina spowodowało potrzebę ich bardziej racjonalnego zagospodarowania. Dzięki temu odsłonięte zostały, opisane w tej pracy, międzywęglowe litosomy piaszczyste o grubości $>1-4$ m (ryc. 2–6).

Część wspomnianych litosomów, zinterpretowanych jako osady stożków krewasowych, stanowiła czasami niewielkie, ale w wielu przypadkach znaczne utrudnienie w działalności górniczej KWB *Konin*. Nie stwarzała większego problemu sytuacja, w której przewarstwienia piaszczyste znajdowały się w przystropowych lub przyspągowych partiach eksploatowanego pokładu węgla brunatnego. Dlatego wydobywano tylko dolną (Tomisławice – 2015 i Tomisławice – 2019) albo górną ławę węglową (Józwin IIB – 2018). Natomiast występowanie rozległej i miąższej ($>0,3$ m) soczewy piasków w środkowej części pokładu rodziło poważne problemy. Obsługa geologiczna KWB *Konin* podejmowała różne działania, np. odwiercanie wspomnianych wyżej kilkudziesięciu dodatkowych otworów, jak miało to miejsce w przypadku rejonu rozpoznanych stożków Józwin IIB – 2020, 2021 (Dziamara i in., 2022) i Tomisławice – 2022 (Widera i in., 2024). Tylko w ostatnim przypadku wydobywano selektywnie węgle obu ław węglowych.

WNIOSKI

Prezentowany artykuł ma charakter przeglądowy, podsumowujący dotychczasowy stan wiedzy o stożkach krewasowych z miocenu Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. Uzyskane wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Odkrywki Tomisławice i Józwin IIB w środkowej Polsce, należące do KWB *Konin*, stały się od 2015 r. obiektami, gdzie badaniom poddano osady licznych stożków krewasowych. Liczba odsłoneń mioceńskich stożków krewasowych w okolicach Konina była większa niż liczba wszystkich odsłoneń osadów tych kopalnych form akumulacji pozakorytovej, reprezentujących różnowiekowe utwory rozpoznane dotąd w Polsce.

2. Badane stożki krewasowe wyróżniały się wśród światowych formacji węglonośnych, także niewęglowych, pod względem urozmaicenia genetyczno-facjalnego. Reprezentowały one typy subaeralny i subakwalny, a te z kolei podtypy niezdeformowany i zdeformowany. Stożki typu subaeralnego powstawały w wodzie płynącej, a typu subakwalnego w wodzie stojącej (w jeziorach) jako mikrodelt krewasowe. Część osadów tych obu typów została syn- i postsedymentacyjnie zdeformowana w wyniku wstrząsów sejsmicznych i/lub kompaktacji torfu.

3. Tak liczne występowanie pozakorytowych paleofom akumulacyjnych na niewielkim obszarze pozwala nazwać je, pół żartem, pół serio, „rojem” stożków krewasowych. Uzasadnia to fakt, że nie są znane z literatury światowej przykłady, gdzie nagromadzenie odsłoneń kopalnych stożków i ich zróżnicowanie genetyczno-facjalne byłoby tak duże.

Autorzy bardzo uprzejmie dziękują obu Recenzentom – anonimowemu i prof. A. Kędzirowi (PAN, Kraków) – za liczne uwagi i komentarze, które zostały uwzględnione w niniejszym artykule. Przedstawione wyżej wyniki badań zostaną zaprezentowane w formie referatowej i posterowej w czasie IV Polskiego Kongresu Geologicznego, w dniach 10–14 czerwca w Poznaniu.

LITERATURA

- ALLEN J.R.L., BANKS N.L. 1972 – An interpretation and analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding. *Sedimentology*, 19: 257–283.
- BECHTEL A., WIDERA M., LÜCKE A., GROB D., WOSZCZYK M. 2020 – Petrological and geochemical characteristics of xylites from the First Lusatian lignite seam (Konin Basin, Poland): implications for floral sources, decomposition and environmental conditions. *Org. Geochem.*, 147: 104052.
- BECHTEL A., WIDERA M., WOSZCZYK M. 2019 – Composition of lipids from the First Lusatian lignite seam of the Konin Basin (Poland): relationships with vegetation, climate and carbon cycling during the mid-Miocene Climatic Optimum. *Org. Geochem.*, 138: 103908.
- BRZYSKI B., GRADZIŃSKI R., KRZANOWSKA R. 1976 – Stożące pnie kalamitów w odsłonięciu cegielni Brynów i warunki ich pogrzebania. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 46: 159–182.
- CARTER R.M. 1975 – A discussion and classification of subaqueous mass-transport with particular application to grain-flow, slurry-flow and fluxoturbidites. *Earth Sci. Rev.*, 11: 145–177.
- CHOMIAK L. 2020 – Crevasse splays within a lignite seam at the Tomisławice opencast mine near Konin, central Poland: architecture, sedimentology and depositional model. *Geologos*, 26: 25–37.
- CHOMIAK L., MACIASZEK P., WACHOCKI R., WIDERA M., ZIELIŃSKI T. 2019 – Seismically-induced soft-sediment deformation in crevasse-splay microdelta deposits (Middle Miocene, central Poland). *Geol. Quart.*, 63: 163–178.
- DOKTOR M., GRADZIŃSKI R. 1985 – Środowisko depozycji aluwialnych utworów węglonośnych serii mułowcowej (górną karbon Zagłębia Górnośląskiego). *Studia Geol. Pol.*, 82: 5–67.
- DZIAMARA M., GLACOVÁ V., KLĘSK J., MARSCHALKO M., WACHOCKI R., WIDERA M. 2022 – Wpływ przerostów piaszczystych w węglu brunatnym na działalność górniczą – przykład ze złoża „Pątnów IV” (okolice Konina) w środkowej Polsce. *Prz. Geol.*, 70: 376–383.
- DZIAMARA M., KACZMAREK P., KLĘSK J., WACHOCKI R., WIDERA M. 2023 – Facies and statistical analyses of a crevasse-splay complex at the Tomisławice opencast lignite mine in central Poland. *Geologos*, 29: 173–181.

- FIELDING C.R. 1986 – Fluvial channel and overbank deposits from the Westphalian of the Durham coalfield, NE England. *Sedimentology*, 33: 119–140.
- GHIBAUDO G. 1992 – Subaqueous sediment gravity flow deposits: practical criteria for their field description and classification. *Sedimentology*, 39: 423–454.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M., KĘDZIOR A. 2005 – Sedymentacja osadów węglonośnej sukcesji Górnośląskiego Zagłębia Węglowego: kierunki badań i aktualny stan wiedzy. *Prz. Geol.*, 53: 734–741.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A., UNRUG R. 1976 – Sedymentologia. Wyd. Geol., Warszawa: 1–614.
- KASIŃSKI J.R. 1986 – Sedimentary models of small lignite deposits: examples from the Polish Neogene. *Prz. Geol.*, 34: 189–197.
- KĘDZIOR A. 2016 – Reconstruction of an early Pennsylvanian fluvial system based on geometry of sandstone bodies and coal seams: the Zabrze Beds of the Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 86: 437–472.
- KORDOWSKI J. 2007 – Morfologia, struktury sedymentacyjne, cechy uziarnienia i geneza wstęp piaszczystych równiny zalewowej doliny dolnej Wisły między Górkami i Szynchem. *Prz. Geol.*, 55: 785–794.
- KRAMARSKA R., KASIŃSKI J.R., CZAPOWSKI G., PIWOCKI M., SŁODKOWSKA B. 2015 – Referencyjny profil osadów neogenu pomorza wschodniego w Łęczycach koło Lęborka (północna Polska). *Biul. Państ. Inst. Geol.*, 461: 193–250.
- MIALL A.D. 1977 – A review of the braided-river depositional environment: *Earth-Sci. Rev.*, 13: 1–62.
- MICHAELSEN P., HENDERSON R.A., CROSDALE P.J., MIKKELSEN S.O. 2000 – Facies architecture and depositional dynamics of the Upper Permian Rangal coal measures, Bowen Basin, Australia. *J. Sediment. Res.*, 70: 879–895.
- NEMEC W. 1984 – Warstwy wałbrzyskie (dolny namur) w Zagłębiu Wałbrzyskim: analiza aluwialnej sedymentacji w basenie węglowym. *Geol. Sudetica*, 19: 7–73.
- PIENKOWSKI G. 2004 – Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurajskich utworów kontynentalnych. *Vol. Jurassica*, 2: 1–16.
- PIWOCKI M., ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M. 1995 – Litostratygrafia i poziomy spорово-pyłkowe neogenu na Niżu Polskim. *Prz. Geol.*, 43: 916–927.
- SADOWSKA A., GIŻA B. 1991 – Flora i wiek węgla brunatnego z Pątnowa. *Acta Palaeobot.*, 31: 201–214.
- SŁODKOWSKA B., KASIŃSKI J.R. 2016 – Paleogen i neogen – czas dynamicznych zmian klimatycznych. *Prz. Geol.*, 64: 15–25.
- SŁODKOWSKA B., WIDERA M. 2021 – Vegetation response to environmental changes based on palynological research on the Middle Miocene lignite at the Józwin IIB open-cast mine (Konin region, central Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 91: 149–166.
- SŁODKOWSKA B., WIDERA M. 2022 – Reconstruction of the sedimentary environment of phytogenic deposits in the Tomisławice open cast mine (Konin Region, central Poland). *Geol. Quart.*, 66: 34.
- TEISSEYRE A.K. 1985 – Recent overbank deposits of the Sudetic valleys, SW Poland. Part I: general environmental characteristics (with examples from the upper River Bóbr drainage basin). *Geol. Sudetica*, 20: 113–195.
- WIDERA M. 2016 – Depositional environments of overbank sedimentation in the lignite-bearing Grey Clays Member: New evidence from Middle Miocene deposits of central Poland. *Sediment. Geol.*, 335: 150–165.
- WIDERA M. 2020 – Slump folds within mid-Miocene crevasse-splay deposits: a unique example from the Tomisławice lignite opencast mine in central Poland. *Geol. Quart.*, 64: 711–722.
- WIDERA M. 2021 – Geologia polskich złóż węgla brunatnego. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 1–180.
- WIDERA M. 2022 – Zarys geologii okolic Poznania, Turku i Konina. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 1–97.
- WIDERA M. 2023 – O ujednoczeniu terminologii osadów drobnoziarnistych i zlodowaceń – zainicjowanie dyskusji. *Prz. Geol.*, 71: 461–465.
- WIDERA M., BECHTEL A., CHOMIAK L., MACIASZEK P., SŁODKOWSKA B., WACHOCKI R., WOROBIEC E., WOROBIEC G., ZIELIŃSKI T. 2021a – Palaeoenvironmental reconstruction of the Konin Basin (central Poland) during lignite accumulation linked to the Mid-Miocene Climate Optimum. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 568: 110307.
- WIDERA M., CHOMIAK L., GRADECKI D., WACHOCKI R. 2017 – Osady glifu krewasowego z miocenu Polski środkowej w okolicach Konina. *Prz. Geol.*, 65: 251–258.
- WIDERA M., CHOMIAK L., WACHOCKI R. 2023 – Distinct types of crevasse splays formed in the area of Middle Miocene mires, central Poland: Insights from geological mapping and facies analysis. *Sediment. Geol.*, 443: 106300.
- WIDERA M., CHOMIAK L., ZIELIŃSKI T. 2019 – Sedimentary facies, processes and paleochannel pattern of an anastomosing river system: an example from the Upper Neogene of Central Poland. *J. Sediment. Res.*, 89: 487–507.
- WIDERA M., DZIAMARA M., KLĘSK J., WACHOCKI R. 2024 – Four in one: a new crevasse-splay complex in the middle Miocene of central Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 94: 1–18.
- WIDERA M., KLĘSK J. 2023 – Miocenne środowiska rzeczne: tektonika i sedymentologia. [W:] Widera M., Hermanowski P. (red.), *Przewodnik Terenowych Warsztatów Sedymentologicznych – Sedymentologia i rozwój strukturalny osadów rzecznych i lodowcowych kenozoiku Polski środkowej*. Ślesin, 11–15 września 2023 r. *Inst. Geol. UAM, Poznań*: 20–28.
- WIDERA M., ZIELIŃSKI T., CHOMIAK L., MACIASZEK P., WACHOCKI R., BECHTEL A., SŁODKOWSKA B., WOROBIEC E., WOROBIEC G. 2021b – Tectonic-climatic interactions during changes of depositional environments in the Carpathian foreland: An example from the Neogene of central Poland. *Acta Geol. Pol.*, 71: 519–542.
- WOROBIEC E., WIDERA M., WOROBIEC G. 2022 – Palaeoenvironment of the middle Miocene wetlands at Drzewce, Konin region, central Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 92: 201–218.
- WOROBIEC E., WIDERA M., WOROBIEC G., KURDZIEL B. 2021 – Middle Miocene palynoflora from the Adamów lignite deposit, central Poland. *Palynology*, 45: 59–71.
- ZIELIŃSKI T. 2014 – Sedymentologia. Osady rzek i jezior. Wyd. Nauk. UAM, Poznań: 1–594.
- ZIELIŃSKI T., WIDERA M. 2020 – Anastomosing-to-meandering transitional river in sedimentary record: A case study from the Neogene of central Poland. *Sediment. Geol.*, 404: 105677.
- ŻELAŻNIEWICZ A., ALEKSANDROWSKI P., BUŁA Z., KARNKOWSKI P.H., KONON A., ŚLĄCZKA A., ŻABA J., ŻYTKO K. 2011 – Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław: 1–60.

Praca wpłynęła do redakcji 25.03.2024 r.
Akceptowano do druku 29.04.2024 r.