

## Osady glifu krewasowego z miocenu Polski środkowej w okolicach Konina

Marek Widera<sup>1</sup>, Lilianna Chomiak<sup>1</sup>, Dariusz Gradecki<sup>2,3</sup>, Robert Wachocki<sup>2</sup>



M. Widera



L. Chomiak



D. Gradecki



R. Wachocki

**Crevasse splay deposits from the Miocene of central Poland near Konin.** *Prz. Geol.*, 65: 251–258.

*Abstract.* The paper presents results of a study of crevasse splay deposits from the Miocene of central Poland near Konin. These mineral deposits occur within the 1<sup>st</sup> Middle-Polish lignite seam of Middle Miocene age, which is exploited from the Tomisławice lignite opencast mine. They consist of fine-grained sands with an admixture of plant detritus at the top and bottom layers, where the muddy-sandy clasts are present. The investigated crevasse splay deposits are predomi-

nantly massive or horizontally stratified, and they occasionally reveal small- to large-scale (planar, trough and ripple) cross-stratification. Thus, they are interpreted as representing dense gravity flows, sheet flows, and channelized flows of variable energy. The crevasse splay was formed subaerially during sudden flood conditions on the floodplain covered by a low-lying mire with predominant herbaceous vegetation. The description of the crevasse splay deposits from the Miocene of central Poland can be helpful in better understanding the sedimentation conditions of relatively thick lignite seams.

**Keywords:** crevasse splay, fluvial environment, 1<sup>st</sup> Middle-Polish lignite seam, Miocene of central Poland, Konin region

Badania terenowe przeprowadzono w odkrywce Tomisławice, która jest jedną z trzech obecnie funkcjonujących w PAK KWB Konin S.A. (ryc. 1A). Jest to najmłodsza odkrywka węgla brunatnego, dwunasta w historii tej kopalni, a jednocześnie jedyna nowo otwarta w Europie po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej. W odkrywce Tomisławice jest eksploatowany węgiel brunatny ze złoża o tej samej nazwie, gdzie rozpoznanie geologiczne przeprowadzono w latach 1998–1999 (Kozula, 1999). Natomiast pierwsze tony węgla brunatnego ze złoża „Tomisławice” wydobyto 20 września 2011 r. (Wachocki, 2013).

Po trzech latach eksploatacji na zachodniej ścianie odkrywki zostały odsłonięte fragmenty osadów piaszczysto-mułowych w pokładzie węgla brunatnego. W wyniku przemieszczania się frontów eksploatacyjnych w kierunku NNW na początku 2015 r. ukazał się prawie cały profil badanych osadów w trzech wymiarach. Jak dotąd jest to najlepsze i jedyne w polskich odkrywkach węgla brunatnego odsłonięcie osadów interpretowanych jako typowe dla glifu krewasowego, dlatego zasługuje na udokumentowanie i badania, których wstępne wyniki przedstawiono w tym artykule.

Glif krewasowy reprezentuje subsrodowisko sedymentacyjne w środowisku generalnie fluwialnym. Należy on do dość powszechnie występujących form rzeźby terenu w dolinach rzek meandrujących i anastomozujących (m.in. Allen, 1965; Smith i in., 1989; Makaske, 2001). Powstaje we wstępnej fazie powodzi, kiedy woda nie mieści się w korycie rzeki. W wyniku przzerwania wału brzegowego, najczęściej zlokalizowanego wzdłuż wklęsłych brzegów rzeki, woda przedostaje się na równię zalewową. W ten sposób powstaje rozcięcie wału brzegowego, czyli krewasa, u wylotu którego są deponowane piaski i muły w formie

stożka, tj. glifu krewasowego (np. Gradziński i in., 1986; Zieliński, 2014).

Powszechnie używana polska nazwa glifu krewasowego to odpowiednik anglojęzycznej nazwy *crevasse splay* (Gradziński i in., 1986). Niemniej jednak niektórzy polscy geomorfolodzy i sedymentolodzy proponują inne tłumaczenie tego terminu, ich zdaniem bardziej odpowiedniego, z których najpopularniejsze są dwa, tj. „wstęga piaszczysta” (Kordowski, 2007; Kordowski i in., 2014) oraz „stożek krewasowy” (Zieliński, 2014).

Głównym celem prezentowanych badań jest wstępna charakterystyka sedymentologiczna osadów mineralnych występujących w pokładzie węgla brunatnego w odkrywce Tomisławice (ryc. 1). Pozwoli to na lepsze poznanie cech teksturalnych i strukturalnych tych osadów oraz mechanizmów ich sedymentacji. Poza tym uzyskane wyniki badań, oprócz walorów poznawczych, mogą być także przydatne na etapie dokumentacji innych złóż i ich przyszłej eksploatacji, np. poprzez lepsze okonturowanie przemysłowych zasobów węgla brunatnego. Natomiast celem drugorzędym tej pracy jest zainicjowanie dyskusji na temat warunków sedymentacji (tzn. osadzania się materii roślinnej w miejscu jej występowania) torfów, z których następnie powstał węgiel brunatny.

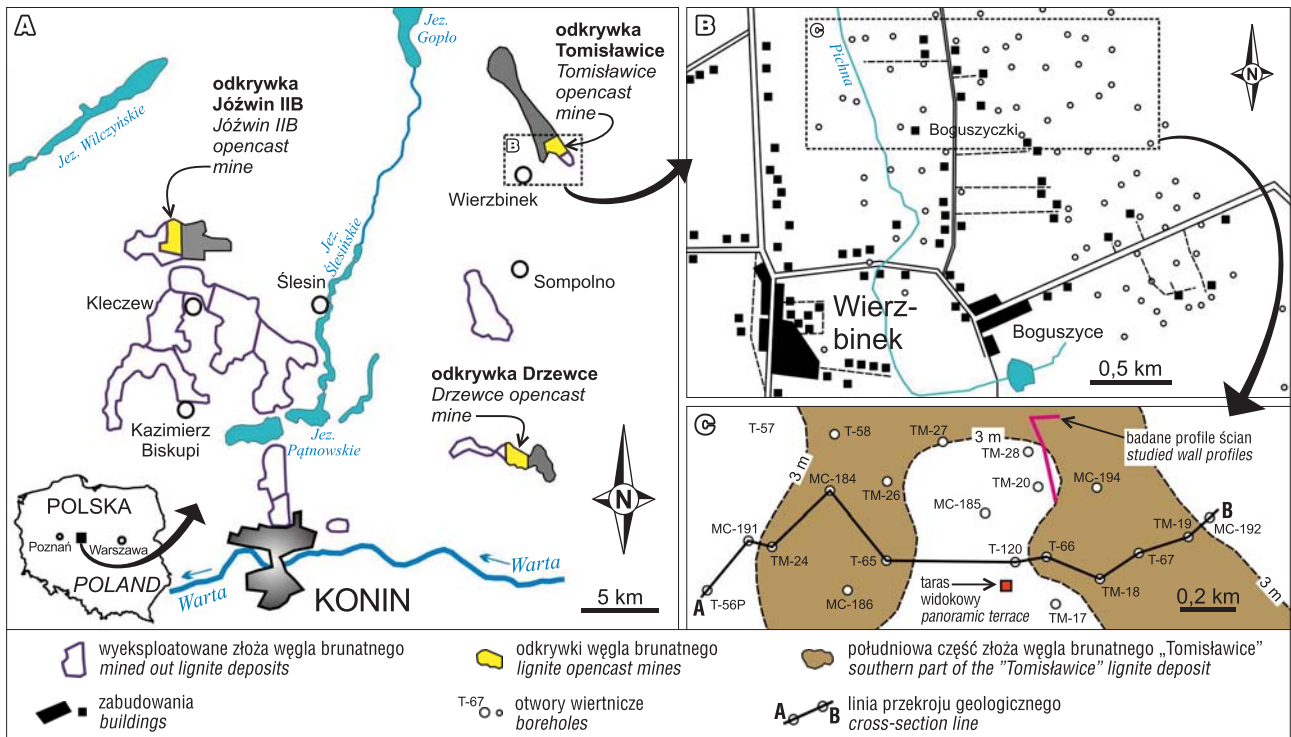
### ZARYS GEOLOGII OBSZARU BADAŃ

Złoże węgla brunatnego „Tomisławice” jest zlokalizowane w obniżeniu stropu mezozoiku. Jego tektoniczny charakter jest wyraźny tylko w niektórych partiach złoża (ryc. 2). Wyraża się to m.in. w kilku-, kilkunastometrowych zrzutach zarówno stropu mezozoiku, jak również stropu paleogenu wzdłuż przypuszczalnych uskoku, np. między otworami

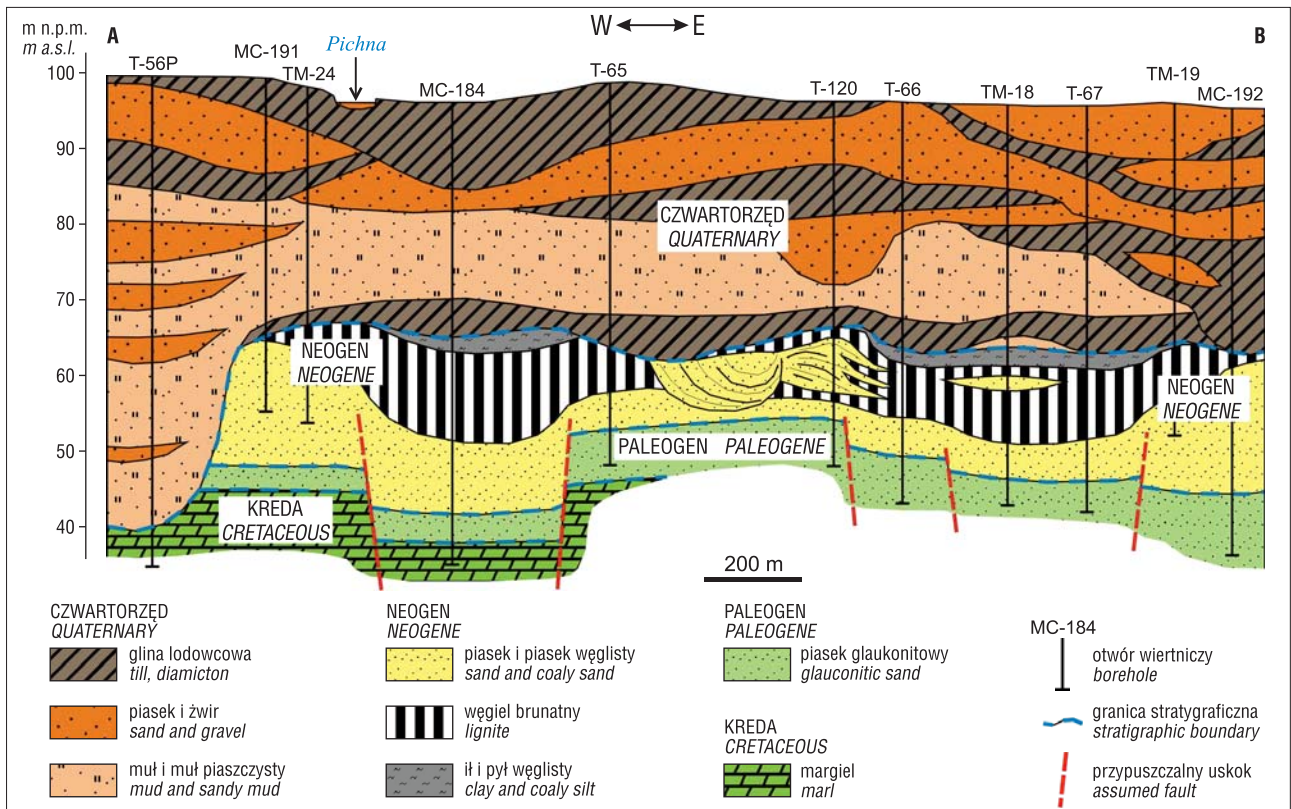
<sup>1</sup> Instytut Geologii UAM, ul. B. Krygowskiego 12, 61-680 Poznań; widera@amu.edu.pl.

<sup>2</sup> PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Konin Spółka Akcyjna, ul. 600-lecia 9, 62-540 Kleczew.

<sup>3</sup> PAK Kopalnia Węgla Brunatnego Adamów Spółka Akcyjna, ul. Warena 23, 62-700 Turek.



**Ryc. 1.** Mapa lokalizacyjna: **A** – złoża i odkrywki węgla brunatnego należące do KWB Konin; **B, C** – południowa część złoża „Tomisławice” z lokalizacją badanych profili ścian i linii przekroju geologicznego pokazanego na rycinie 2  
**Fig. 1.** Location map: **A** – deposits and opencast mines of the Konin Lignite Mine; **B, C** – southern part of the “Tomisławice” lignite deposit with location of the examined wall profiles and a cross-section line shown in Figure 2



**Ryc. 2.** Przekrój geologiczny przez południową część złoża węgla brunatnego „Tomisławice”; lokalizacja na rycinie 1C  
**Fig. 2.** Cross-section through the southern part of the “Tomisławice” lignite deposit; for location see Figure 1

TM-24 i MC-184 oraz MC-184 i T-65. Z kolei współkształtność obu wymienionych wyżej paleopowierzchni oraz spągu pokładu węgla brunatnego dowodzi tektoniki synsedymenacyjnej podczas sedimentacji torfu (ryc. 2).

Obszar badań znajduje się we wschodniej części niecki mogileńsko-lódzkiej, przy granicy z antyklinorium śródpolskim, na północno-wschodnim skrzydle tzw. antykliny Gopła. Podłoże mezozoiczne w otoczeniu złoża „Tomisławice”

wice” jest zbudowane z margli górnokredowych kampanu (Dadlez i in., 2000).

W obniżeniach stropu mezozoiku, na marglach lub ich zwietrzelinach, zalegają morskie osady paleogeńskie. Są one reprezentowane głównie przez drobnoziarniste piaski kwarcowe z glaukonitem o barwie szarozielonkawej (Kozula, 1999; Wachocki, 2013). Poprzez analogię do pobliskich złóż okolic Konina, np. Lubstów lub Drzewce, przyjęto ich wczesnooligocenijski wiek (Widera, 2007; Widera & Kita, 2007).

Neogen w strefie złoża „Tomisławice” rozpoczyna się ciągłą warstwą, do kilkunastu metrów mięszką, piasków podwęglowych formacji koźmińskiej (dawniej zwanej warstwami/formacją adamowską), które często są wzbogacone w detrytus roślinny. Zalicza się je od dolnego po środkowy miocen. Wyżej zalegają osady formacji poznańskiej, która dzieli się na ogniwo iłów szarych (ogniwo środkowopolskie) i ogniwo wielkopolskie (Piwocki & Ziemińska-Tworzydło, 1995; Kasiński i in., 2002). Na obszarze badań ogniwo iłów szarych to przede wszystkim pierwszy środkowopolski pokład węgla brunatnego o średniej grubości 6,5 m, którego wiek określa się na środkowy miocen (Sadowska & Giza, 1991; Ważyńska, 1998). Jest on litostratygraficznym odpowiednikiem pokładu „Henryk” z Dolnego Śląska i Ziemi Lubuskiej (Dybor & Sadowska, 1986). W stropie pokładu węglowego w postaci reliktovej zalegają ropy i pyły węgliste, tzw. ropy szare (ryc. 2). One także są zaliczane do ogniwa iłów szarych (Piwocki & Ziemińska-Tworzydło, 1995). W poddanej badaniom najbardziej południowej części odkrywki Tomisławice nie stwierdzono osadów ogniwa wielkopolskiego. Natomiast zostały one odsłonięte w najbardziej północnych częściach tej odkrywki w połowie 2015 r. Osady te są wykształcone w postaci różnokolorowych iłów, pyłów i mułów z soczewkami piaszczystymi, czyli podobnie jak w innych odkrywkach PAK KWB Konin S.A. (Widera, 2012a, 2013).

Profil kenozoiku w otoczeniu złoża „Tomisławice” kończy ciągła warstwa osadów czwartorzędowych o miąższości 35–60 m (ryc. 2). Składają się one w zbliżonych proporcjach z następujących typów litologicznych osadów glaciogenicznych: glin lodowcowych, piasków i żwirów fluwioglacjalnych oraz mułów fluwioglacjalno-zastoiskowych. Warto w tym miejscu zauważyć, że znaczna część osadów neogeńskich, w tym pokładu węglowego, została zniszczona przez procesy egzarycyjne i erozyjne w plejstocenie (Kozula, 1999; Wachocki, 2013). Dowodzi tego zaleganie glin lodowcowych wprost na węglu brunatnym, np. w otworach TM-24, T-65 i T-120, oraz występowanie rynien subglacjalnych w otoczeniu otworów T-56P i MC-192 (ryc. 2).

## MATERIAŁ I METODY

Wyniki przedstawione w tej pracy są oparte głównie na badaniach terenowych, które przeprowadzono w odkrywce węgla brunatnego Tomisławice, należącej do PAK KWB Konin S.A. (ryc. 1A). Zasadnicza część prac została wykonana w terenie w maju i czerwcu 2015 r. Szczegółowym obserwacjom poddano najniższy poziom odkrywki o wysokości 3–6 m i długości ok. 350 m w kierunku SSE–NNW i ok. 100 m w kierunku WSW–ENE. Odsłaniały się tam głównie węgle brunatne oraz występujące w nich osady mineralne wykształcone w formie soczewy o maksymalnej

**Tab. 1.** Kod litofacyjny użyty w tej pracy (wg Mialla, 1977; nieznacznie zmodyfikowany)

**Table 1.** Lithofacies code used in this paper (after Miall, 1977; slightly modified)

Kod / Code	Tekstura / Texture
S	piasek / sand
SC	piasek węglisty / coaly (carbonaceous) sand
TS	muł piaszczysty / sandy mud
TC	muł węglisty / coaly (carbonaceous) mud
FC	ił i pył węglisty / coaly (carbonaceous) clay and silt
<b>Kod / Code</b>	
<b>Struktura / Structure</b>	
m	masywny / massive
h	liaminacja horyzontalna / horizontal lamination
t	warstwowanie przekątne rynnowe trough cross-stratification
p	warstwowanie przekątne planarne planar cross-stratification
r	liaminacja riplemarkowa / ripple cross-lamination

miąższości do 1,4 m i lateralnym rozprzestrzenieniu przekraczającym 330 m, które zinterpretowano w tej pracy jako osady gliku krewasowego. Podczas prac archiwalnych kwerendzie poddano karty 21 otworów wiertniczych zlokalizowanych w południowej części złoża „Tomisławice” (ryc. 1B, C).

Na podstawie obserwacji terenowych przeprowadzono analizę facjalną głównie osadów mineralnych. Ich cechy teksturalne i strukturalne opisano za pomocą kodu litofacyjnego (tab. 1; Miall, 1977). Następnie odtworzono środowisko sedymentacji osadów klastycznych. Dane z 11 otworów wiertniczych posłużyły do skonstruowania przekroju geologicznego przez południową część złoża, w tym przez odkrywkę Tomisławice (ryc. 1C, 2). Ponadto ich weryfikacja miała na celu identyfikację przerostów mineralnych wśród pokładu węgla brunatnego i zlokalizowanie innych glików krewasowych. Wreszcie informacje zawarte w kartach otworów wiertniczych miały pozwolić na wyznaczenie przebiegu głównego koryta rzecznoego, wzdłuż którego zakoli formowały się w miocenie glikie krewasowe.

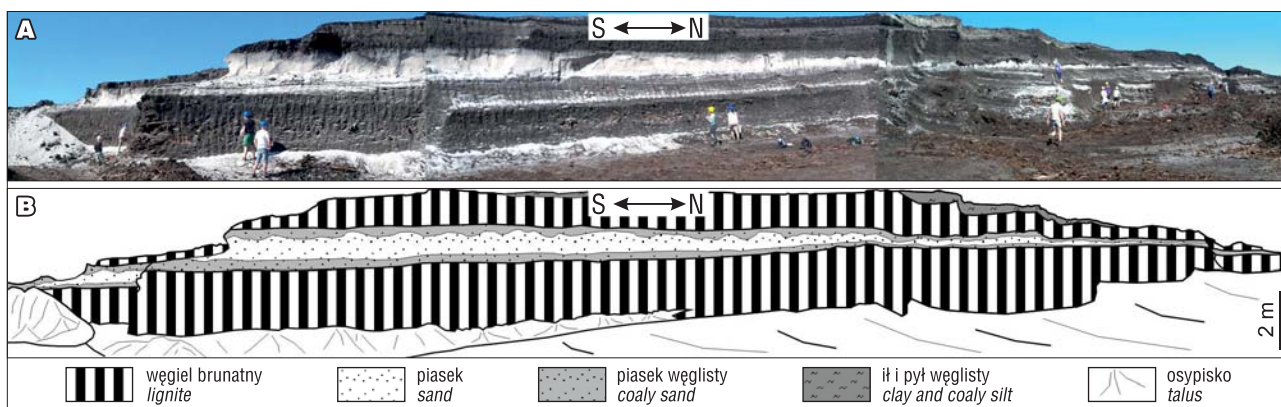
## WYNIKI BADAŃ

### Profil osadów

Badane osady mineralne, zwłaszcza ich środkowa część o barwie białej, wyraźnie kontrastują z węglami brunatnymi o barwie czarnej (ryc. 3). Bardzo dobre odsłonięcie i łatwa dostępność pozwoliły na przyjrzenie się im z bliska oraz na ich charakterystykę teksturalno-strukturalną. Najogólniej, makroskopowo osady mineralne można podzielić na trzy człony, które występują na prawie całej długości odsłonięcia: dolny – piaski i muły z organiką, środkowy – piaski bez organiki i górny – piaski z organiką (ryc. 3).

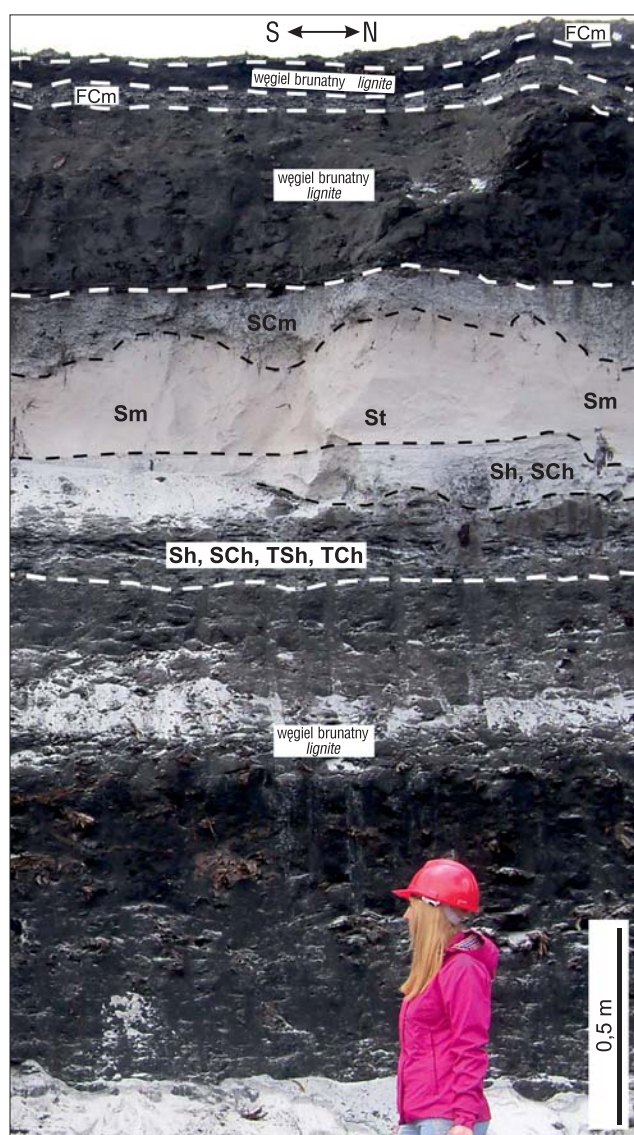
Najbardziej mięszki profil litologiczny osadów na najniższym poziomie eksploatacyjnym stwierdzono w południowej części ściany o orientacji S–N (ryc. 1C, 3). W spągu odsłonięcia występuje dolna ława węgla brunatnego o miąższości do 3 m (ryc. 4).

Ponad węglem (dolna ława) zalegają badane osady mineralne, które w intersekcji zbliżonej do S–N mają gru-



Ryc. 3. Ogólny widok południowej części badanego odsłonięcia: A – osady glifu krewasowego w obrębie 1. środkowopolskiego pokładu węgla brunatnego w odkrywcze Tomisławice; B – szkic ukazujący szczegóły przedstawione na rycinie 3A

Fig. 3. General view of the southern part of the outcrop under study: A – the crevasse splay deposits within the 1<sup>st</sup> Middle-Polish lignite seam in the Tomisławice opencast mine; B – line drawing showing details presented in Figure 3A



Ryc. 4. Profil litologiczny badanego odsłonięcia; objaśnienia kodu litofacjalnego w tabeli 1

Fig. 4. Lithological profile of the examined outcrop; see Table 1 for explanations of the lithofacies code

←

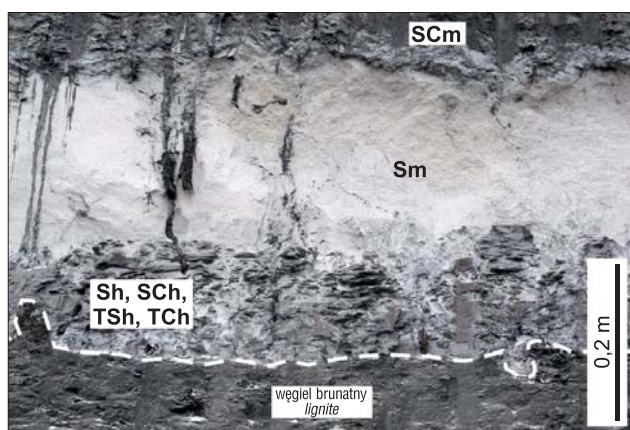
Dolny człon osadów klastycznych jest dwudzielny. Najniżej występują horyzontalnie warstwowane piaski i muły węgliste (litofacje: Sh, SCh, TSh i TCh), zaś wyżej zalegają dwie litofacje, tj. Sh i SCh. Środkowy człon obejmuje piaski masywne, czyli litofację Sm. Natomiast w pozostałych częściach odsłonięcia, poniżej Sm, zalegają masywne piaski węgliste – SCm. Inne litofacje występują, a raczej są możliwe do makroskopowego wyróżnienia, sporadycznie. Z kolei górny człon reprezentują wyłącznie masywne piaski węgliste – SCm (ryc. 4).

Powyżej osadów mineralnych, będących przedmiotem prezentowanych badań, ponownie występuje warstwa węgla (górna ława) o miąższości 1–1,5 m, w której przystropowych partiach pojawiają się soczewki ilów i pyłów węglistych o lateralnej rozciągłości do kilkunastu metrów i grubości do 0,1 m – litofacja FCm. Profil kończy ta sama litofacja, tj. FCm, ale o znacznie większym rozprzestrzenianiu i miąższości (por. ryc. 2–4).

Szczegóły wykształcenia kolejnych litofacji przedstawiono na fotografiach i szkicach (ryc. 5–7). Zespół litofacji piaszczysto-mułowych (Sh, SCh, TSh i TCh), ma miąższość do 0,3 m i zalega wprost na stropie dolnej ławy węgla brunatnego, często w jego obniżeniach. Kontakt z niżej zalegającymi węglami brunatnymi jest sedimentacyjny. Omawiany zespół składa się z ułożonych w przybliżeniu poziomo klastów mułowo-piaszczystych, będących często klastami paleogleb, w piaskach drobnoziarnistych. W spągowych partiach zawartość klastów jest większa i są one bardziej bezładnie lub pseudohoryzontalnie ułożone oraz większa jest zawartość detrytus roślinnego w piaskach. Natomiast w górę profilu klasty wykazują bardziej horyzontalne ułożenie. Ponadto zwiększa się udział piasku, w którym z kolei zmniejsza się zawartość detrytus roślinnego, tzw. sieczki węglowej (ryc. 5).

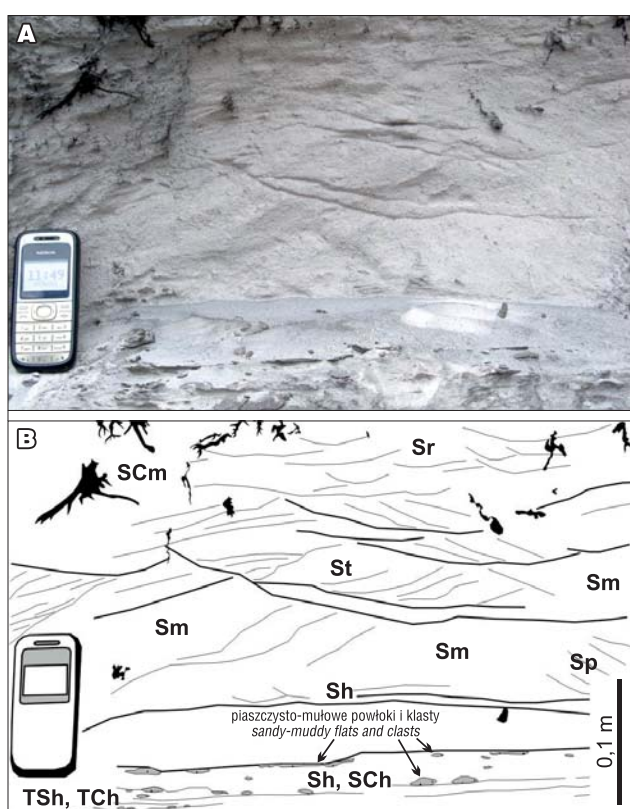
Na całej rozciągłości odsłonięcia litofacje mułowo-piaszczyste są przykryte piaskami warstwowanymi horyzontalnie. W obrębie piasków w niektórych miejscach wy-

bość 0,0–1,4 m i rozciągłość ok. 330 m. Natomiast w intersekcji w przybliżeniu o kierunku W–E, ich miąższość zmniejsza się od 0,5 m do 0 m, zaś lateralna rozciągłość nie przekracza 80 m. Warto zauważyć, że strop tych osadów jest niemal poziomy, zaś ich spąg jest wyraźnie lekko wklęsły (por. ryc. 3).



Ryc. 5. Szczegóły dolnego i środkowego członu osadów glifu krewasowego; objaśnienia kodu litofacjalnego w tabeli 1

Fig. 5. Details of the lower and middle segments of the crevasse splay deposits; see Table 1 for explanations of the lithofacies code

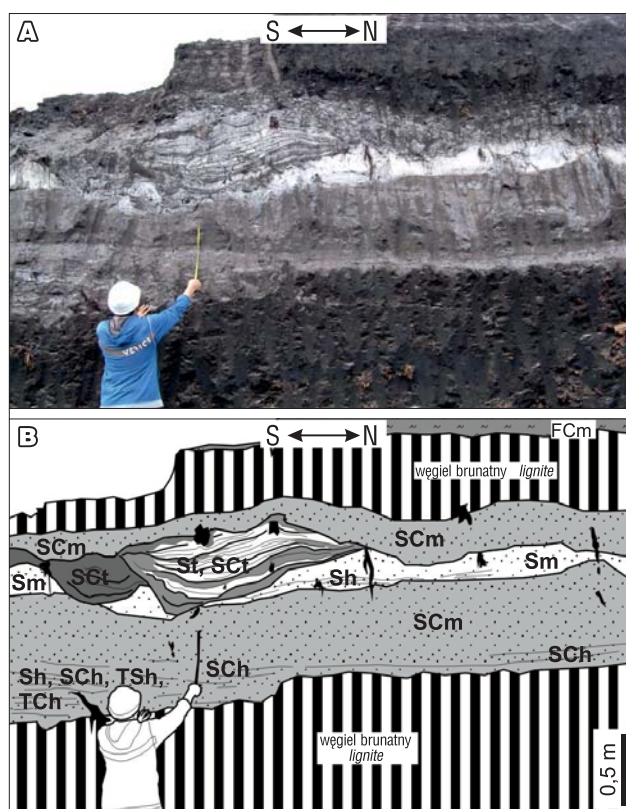


Ryc. 6. Struktury sedimentacyjne wśród osadów glifu krewasowego: A – fotografia struktur sedimentacyjnych, B – szkic struktur sedimentacyjnych przedstawionych na fotografii A; objaśnienia kodu litofacjalnego w tabeli 1

Fig. 6. Sedimentary structures in the crevasse splay deposits: A – photograph of sedimentary structures, B – sketch of sedimentary structures presented on photograph A; see Table 1 for explanations of the lithofacies code

stępują smugi i laminy wzbogacone w detrytus roślinny, dlatego wyróżniono dwie litofacje, tj. Sh i SCh. Ich łączna miąższość dochodzi do 0,1–0,2 m (por. ryc. 4–7).

Środkowy człon badanej sekwencji osadowej, jak już wspomniano, to w dominującej części piaski masywne – Sm, a także masywne piaski węgliste – SCm (por. ryc. 4–7). Niemniej jednak wśród tych monostrukturalnych osadów udało się udokumentować kilka typów warstwowań przekątnych, takich jak: rynnowych, planarnych i riple-



Ryc. 7. Dobrze wykształcony kanał rozprowadzający w obrębie osadów glifu krewasowego: A – fotografia osadów i struktur sedimentacyjnych, B – szkic osadów i struktur sedimentacyjnych przedstawionych na fotografii A; objaśnienia kodu litofacjalnego w tabeli 1

Fig. 7. Well-developed distributary channel within the crevasse splay deposits: A – photograph of deposits and sedimentary structures, B – sketch of deposits and sedimentary structures presented on photograph A; see Table 1 for explanations of the lithofacies code

markowych. Miąższość wymienionych litofacji, tj. St, Sp i Sr, nie przekracza 0,1 m, a maksymalna miąższość tego zespołu sięga 0,3 m (ryc. 6).

W jednym tylko miejscu stwierdzono warstwowania przekątne rynnowe w dużej skali. Są to piaski i piaski węgliste wypełniające kanały erozyjne (ryc. 7). Szczególnie dobrze jest wykształcone warstwowanie w większym z nich, w którym na przemian zalegają piaski i piaski węgliste – litofacje St i SCt. Grubość wypełnienia przekracza 0,6 m, a jego szerokość wynosi 2 m. Drugi, mniejszy z kanałów jest wypełniony piaskami węglistymi z laminaми piaszczystymi. Dlatego również w tym przypadku warstwowanie przekątne rynnowe w dużej skali jest bardzo czytelne (ryc. 7).

### Interpretacja

Zespół litofacji Sh, SCh, TSh i TCh (ryc. 4–7; tab. 1), rozpoczynający w wielu miejscach sekwencję osadów mineralnych w węglach brunatnych, reprezentuje inicjalną fazę depozycji na równi zalewowej. Klasty mułowo-piaszczyste i piaszczysto-mułowe, najczęściej z fragmentami korzonków roślinności zielnej, pochodzą najprawdopodobniej z rozmycia wału brzegowego i/lub proksymalnych części równi zalewowej. Natomiast obecność sieczki wę-

glowej w piaskach to efekt erozji warstw lub lamin bardziej uwęglonych torfów, które występują w tych samych, czyli proksymalnych częściach doliny rzecznej. Zachowanie wspomnianych klastów wśród piasków świadczy zarówno o dużej gęstości przepływu, jak i o bardzo krótkiej drodze transportu. W tym przypadku można nawet mówić o warunkach spływu lub przepływu przeciążonego osadem o charakterze brekcji (*slurry flow deposits*). Ten typ osadu może powstawać w miejscach, gdzie wspomniane spływy zachodzą na względnie stromych stokach, reprezentujących rozmaite środowiska sedymentacyjne, takie jak: fluwialne, limniczne, glacialimniczne, głębokomorskie i przybrzeżnomorskie (np. Carter, 1975; Gruszka & Zieliński, 1996; Lowe & Guy, 2000; Gębica & Sokołowski, 2001; Widera & Kita, 2007; Widera, 2016a).

W górę profilu osady gradacyjnie przechodzą w litofacje Sh i SCh, w których zmniejsza się zawartość frakcji mułowej i detrytusu roślinnego (por. ryc. 4–7). Ten zespół litofacji powstał, kiedy z głównego koryta rzecznego wydobywało się najwięcej wody, która płynęła ciągłą warstwą po całej powierzchni depozycyjnej. Należy w tym przypadku mówić o warunkach górnego płaskiego dna i przepływie nadkrytycznym (np. Gradziński i in., 1986; Zieliński, 2014).

Litofacja jasnych piasków masywnych – Sm, dominuje w środkowych partiach osadów mineralnych (ryc. 4–5). Ich powszechna masywność nie wynika jednak z charakteru transportu, ale jest skutkiem bardzo dobrego wysortowania i braku domieszek części organicznych, np. sieczki węglowej. Makroskopowo nie stwierdzono w nich pionowej gradacji wielkości ziaren. Niemniej jednak udokumentowane w omawianych osadach słabo czytelne warstwowania przekątne (litofacje: St, Sp i Sr) są wystarczającym dowodem na przepływ podkrytyczny, w którym subfrakcja piasków drobnoziarnistych jest deponowana w formie niewielkich form dna i koryta. Najczęściej są to małe megariplemarki, przechodzące w kierunku dystalnym gliku krewasowego w różnego typu riplemarki (np. Allen, 1965; Bristow i in., 1999).

Najwyższy człon omawianej sekwencji osadowej jest bardzo podobny teksturalnie i strukturalnie do wyżej opisanych osadów członu środkowego. Są to masywne piaski drobnoziarniste, jednak ze znaczną zawartością substancji organicznej, stąd litofacja SCm (por. ryc. 4, 5, 7 i tab. 1). Organika występuje w tej warstwie przede wszystkim w postaci drobnych korzonków roślinności zielonej, które są w pozycji wzrostu. Dlatego brak jakichkolwiek warstwowań należy uznać za efekt zbioturbowania pierwotnej struktury osadu (van Loon, 2009). Poza tym spągowa powierzchnia tej litofacji jest nierówna, pokrywa się z głębokością występowania korzonków i rozwiniętych wokół nich mineralno-organicznymi agregatami glebowymi. Niekiedy tworzą one wyraźne, zbliżone do horyzontalnie ułożonych, warstewki o grubości 0,05–0,1 m, które mogą być zapisem wysoko położonego zwierciadła wód gruntowych (ryc. 5). Potwierdza to zarówno słabe wykształcenie systemu korzeniowego roślinności torfotwórczej, jak i charakter petrograficzny wyżej zalegającego detrytowego węgla brunatnego. Litotyp ten powstaje m.in. w strefie przybrzeżnej niewielkich jezior i/lub na obszarze, gdzie wody gruntowe występują blisko powierzchni torfowiska (np.

Teichmüller, 1958, 1989; Markič & Sachsenhofer, 1997; Widera, 2012b, 2016b).

Litofacje St i SCt wykształcone w dużej skali reprezentują części gliku krewasowego, gdzie była skoncentrowana wysoka energia przepływu (ryc. 7). Najpierw doszło do erozji i wcięcia na głębokość kilku decymetrów, a następnie do wypełnienia kanału osadami piaszczystymi i piaszczysto-węglistymi w warunkach spadku energii przepływu. W tym przypadku można mówić o kanale prowadzącym na powierzchni gliku krewasowego (np. Allen, 1965; Zieliński, 2014). Natomiast nie udało się rozstrzygnąć, ze względu na daleko posuniętą bioturbację, czy przynajmniej część osadów zalegających w najbliższym sąsiedztwie tego kanału reprezentuje jego wał brzegowy, czy też kanał ten nie był otoczony takim wałem (ryc. 7).

## DYSKUSJA

Badania holocenicznych glików krewasowych i ich osadów są intensywnie prowadzone zarówno za granicą (np. Smith i in., 1989; Bristow i in., 1999; Pérez-Arlucea & Smith, 1999; Farrell, 2001; Stouthamer & Berendsen, 2001), jak i w Polsce (np. Zwoliński, 1985; Gębica & Sokołowski, 2001; Kordowski, 2007; Kordowski i in., 2014). W tym przypadku są wykonywane badania od geomorfologicznych po sedymentologiczne osadów, które najczęściej zalegają na powierzchni terenu. W sprzyjających warunkach badacze mogą nawet obserwować rozwój glików krewasowych w czasie współczesnych powodzi.

W literaturze światowej, poświęconej głównie formacjom węglonośnym, opisano dotychczas bardzo dużo osadów, które przypisano glikom krewasowym (np. Horne i in., 1978; McCabe, 1984; Davies-Vollum & Kraus, 2001; Davies-Vollum i in., 2012). Polscy badacze również opisali osady, które zinterpretowali jako charakterystyczne dla glików krewasowych z karbonu węglonośnego Górnego Śląska (np. Gradziński i in., 1995, 2005; Kędzior, 2001; Doktor, 2007). Na podstawie danych z wierceń także w obrębie miocenu węglonośnego wyróżniono osady, które przypisano glikom krewasowym (Kasiński, 1986; Kramarska i in., 2015).

W polskiej literaturze geologicznej autorzy tej pracy znaleźli tylko dwa przykłady charakterystyki sedymentologicznej osadów kopalnych glików krewasowych, które wykonano na podstawie bezpośrednich obserwacji w odsłonięciach (Brzyski i in., 1976; Pieńkowski, 2004). W pierwszym przypadku jest to stanowisko cegielnia Brynów w Katowicach. Piaskowcowo-mułowcowe osady westfalu A, z dużym nagromadzeniem ośródek pni kalamitów w pozycji wzrostu, zostały zinterpretowane jako typowe dla gliku krewasowego, który powstał w kilku cyklach depozycyjnych (Brzyski i in., 1976). Natomiast w drugim – jest to znane, unikatowe wręcz stanowisko paleontologiczne w rezerwacie geologicznej „Gagaty Sołtykowskie” k. Skarżyska Kamiennej. Występujące wśród dolnojurskich osadów mułowcowo-pyłowcowych soczewkowe litosomy piaskowcowe zostały przez Pieńkowskiego (2004) zinterpretowane jako osady glików krewasowych. Dlatego odsłonięcie z odkrywki Tomisławice jest trzecim w Polsce i pierwszym w miocenu węglonośnego stanowiskiem, gdzie osady gliku krewasowego są bardzo dobrze wykształcone (Widera, 2016b).

Przedyskutowania wymaga kształt litosomu piaszczy-  
stego reprezentującego glikf krewasowy w intersekcji S–N,  
czyli prostopadłej do głównego kierunku transportu. Pra-  
wie wszystkie współczesne i większość kopalnych form  
ma pokrój soczewy o płaskiej powierzchni spągowej i wy-  
pukłej stropowej. W opisywanym w tej pracy przypadku  
sytuacja przedstawia się odmiennie, tzn. strop jest prawie  
poziomy, a spąg wklęsły ku górze (por. ryc. 3). Przyczyną  
wymienionych różnic jest litologia osadów występujących  
na równi zalewowej, na której były deponowane osady  
mineralne. W przypadku glikfu krewasowego z odkrywki  
Tomisławice wkraczał on na obszar torfowiska. Pod cięż-  
żarem osadów mineralnych doszło do kompaktacji/konsoli-  
dacji filtracyjnej torfu w wyniku wyparcia wody (Wiłun,  
1987; Widera, 2002). Dlatego w miejscu, gdzie znajduje  
się najgrubsza warstwa osadów (do 1,4 m) ich spąg uległ  
względnie największemu ugięciu (por. ryc. 3).

Przebadane w odkrywce Tomisławice osady południo-  
wej części glikfu krewasowego reprezentują megacykl se-  
dymentacyjny, który składa się z dwóch cykli. Pierwszy –  
obejmuje dolny i środkowy człon sekwencji osadowej,  
kolejno zespoły litofacji: Sh, SCh, TSh i TCh; Sh i SCh;  
Sm (St, Sp i Sr). Drugi cykl obejmuje tylko górny człon  
badanych osadów, które zawierają osady kanału rozpro-  
wadzającego (litofacje St i SCT) oraz wyżej zalegające piaski  
(litofacja SCm). Można więc stwierdzić, że w warunkach  
zmieniającej się, ale wysokiej energii przepływu, depozy-  
cja zachodziła w kanałach lub na całej powierzchni glikfu  
krewasowego. Ponadto forma ta powstała w warunkach  
subaeralnych, ponieważ brak jest jakichkolwiek dowodów  
na istnienie tzw. mikrodelat krewasowych w postaci stromo-  
nachylonych frontów progradacyjnych (np. Zwoliński, 1985;  
Bristow i in., 1999; Gębica & Sokołowski, 2001; Zieliński,  
2014). Zatem osady mineralne glikfu krewasowego sedy-  
mentowały na „suchej” powierzchni torfowiska. Pośrednio  
wskazuje to na nagłe, katastrofalne wezbranie wód w głów-  
nym korycie rzeki, przerwanie wału brzegowego, a nastep-  
nie rozlanie się wód powodziowych na obszarze równi  
zalewowej, w tym przypadku na powierzchni torfowiska.

Pozostaje rozważenie typu torfowiska i typu rzeki, któ-  
ra je opływała. Kwestie te zostaną tutaj wyłącznie zasyg-  
nalizowane, ponieważ wymagają one dalszych, bardziej  
szczegółowych badań. Niemniej jednak stwierdzono, że  
przebadany glikf krewasowy powstał na powierzchni tor-  
fowiska niskiego, z wysoko położonym poziomem wód  
gruntowych i porośniętym głównie przez roślinność zielną.  
Wskazuje na to m.in. obecność węgla brunatnego detryto-  
wego w spągu (np. Teichmüller, 1958, 1989; Markič &  
Sachsenhofer, 1997; Widera, 2012b, 2016b), a także brak  
pni roślinności krzewiastej i drzewiastej w wyżej zale-  
gających osadach mineralnych glikfu krewasowego.

Z ogólnej liczby 21 otworów, przeanalizowanych na  
potrzeby tej pracy, tylko w trzech z nich stwierdzono osady  
mineralne wśród węgla brunatnych, tj. TM-18, T-120  
i TM-26. W pierwszym z nich (TM-18) nawiercono osady  
sąsiedniego, innego glikfu krewasowego niż ten, który opi-  
sano powyżej. Osady nawiercone w drugim otworze (T-120)  
zinterpretowano jako reprezentujące wał korytowy, zaś  
osady ilaste z trzeciego (TM-26) być może są zapisem  
sedymentacji w niewielkim jeziorze występującym na po-  
wierzchni torfowiska (por. ryc. 1–2). Sporadycznie roz-  
mieszczone otwory wiertnicze, w stosunku do szerokości

głównego koryta rzecznej i wielkości glikfów krewasowych,  
oraz plejstocenska erozja wód subglacjalnych skutkują-  
ją tym, że nie udało się prześledzić przebiegu i układu koryt  
tej rzeki. Ponadto jak dotychczas nie zostały odsłonięte jej  
osady korytowe. Dlatego ciągle nie ma wystarczających  
dowodów na meandrujący lub anastomozujący charakter  
rzeki, na której obszarze pozakorytowym funkcjonowało  
w środkowym miocenie względnie grube torfowisko.  
Okresowo, podczas katastrofalnych wezbrań powodzi-  
owych, na jego powierzchni powstawały jednak glikfy kre-  
wasowe, z których jeden opisano w tej pracy.

## WNIOSKI

1. W odkrywce Tomisławice, należącej do PAK KWB  
Konin S.A., stwierdzono osady mineralne, które uznano za  
typowe dla glikfu krewasowego. Występują one wśród węgla  
brunatnych pierwszego środkowopolskiego pokładu wę-  
glowego. Osady te mają pokrój soczewy o przypuszczalnej  
długości ponad 400 m i grubości do 1,4 m w intersekcji  
S–N. Ich powierzchnia stropowa zalega prawie horyzon-  
talnie, a spągowa jest lekko wklęsła ku górze, co uznano za  
postsedymentacyjny efekt kompaktacji niżej zalegających  
torfów/węgla brunatnych.

2. Osady glikfu krewasowego z odkrywki Tomisławice  
w dominującej części reprezentują bardzo dobrze wysorto-  
wane piaski drobnoziarniste, z podwyższoną zawartością  
materii organicznej w częściach spągowych i stropowych.  
Ponadto w ich najniższych partiach występują klasty mu-  
łowo-piaszczyste z organiką. Osady te cechują się warstwo-  
waniem horyzontalnym lub strukturą masywną, a niekiedy  
także warstwowaniami przekątnymi w małej skali: rynno-  
wymi, przekątnymi i riplemarkowymi.

3. W wyniku wstępnej analizy facjalnej zinterpretowano  
badane osady jako powstałe w różnych warunkach prze-  
pływu. Są to kolejno: osady gęstego spływu grawitacyjne-  
go – piaski z klastami mułowo-piaszczystymi z organiką  
(*slurry flow deposits*) (litofacje: Sh, SCh, TSh i TCh); osa-  
dy typowe dla zalewów warstwowych, górnego płaskiego  
dna i przepływu nadkrytycznego (litofacje: Sh i SCh);  
osady przepływu podkrytycznego i charakterystyczne dla  
mega- i riplemarków (Sp, St, i Sr); osady wypełniające  
kanał rozprzewadający (St i SCT).

4. Wyniki badań pozwalają stwierdzić, że glikf krewaso-  
wy powstał w wyniku nagłego wezbrania powodziowego.  
Osady mineralne były deponowane na równi zalewowej  
zajętej przez torfowisko niskie w warunkach subaeralnych.  
Niestety zebrany dotychczas materiał faktograficzny, tj.  
dane z otworów wiertniczych i obserwacje terenowe, nie  
pozwolił na ustalenie przebiegu głównego koryta rzeki  
oraz jej meandrującego bądź anastomozującego typu.

5. Pierwsze odkrycie osadów glikfu krewasowego w  
miocenie węglonośnym środkowej Polski, w opinii auto-  
rów, pomoże lepiej zrozumieć warunki paleośrodowisko-  
we sedymentacji torfów, z których następnie powstały węgle  
brunatne.

Autorzy bardzo serdecznie dziękują anonimowym recen-  
zom oraz Panu prof. A. Gąsiewiczowi, Redaktorowi Naczelnemu  
Przeglądu Geologicznego, za merytoryczną ocenę naszej pracy  
oraz pomoc edytorską. Praca została sfinansowana z dotacji sta-  
tutowej Instytutu Geologii UAM w Poznaniu przy logistycznym  
wspieraniu PAK KWB Konin S.A. w Kleczewie.

## LITERATURA

- ALLEN J.R.L. 1965 – A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, 5: 89–191.
- BRISTOW C.S., SKELLY R.L. & ETHRIDGE F.G. 1999 – Crevasse splays from the rapidly aggrading, sand-bed, braided Niobrara River, Nebraska: Effect of base-level rise. *Sedimentology*, 46: 1029–1047.
- BRZYSKI B., GRADZIŃSKI R. & KRZANOWSKA R. 1976 – Stożące pnie kalamitów w odślonięciu cegielni Brynów i warunki ich pogrzebienia. *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, 64: 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.
- DADLEZ R., MAREK S. & POKORSKI J. 2000 – Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku 1 : 1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DAVIES-VOLLUM K.S. & KRAUS M.J. 2001 – A relationship between alluvial backswamps and avulsion cycles: an example from the Willwood Formation of the Bighorn Basin, Wyoming. *Sediment. Geol.*, 140: 235–245.
- DAVIES-VOLLUM K.S., GUION P.D., SATTERFIELD D.A. & SUTHREN R.J. 2012 – Lacustrine delta deposits and their effects on coal mining in a surface mine in Derbyshire, England. *Inter. J. Coal Geol.*, 102: 52–74.
- DOKTOR M. 2007 – Conditions of accumulation and sedimentary architecture of the upper Westphalian Cracow Sandstone Series (Upper Silesia Coal Basin, Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 77: 219–268.
- DYJOR S. & SADOWSKA A. 1986 – Próba korelacji wydzielen stratygraficznych i litostratygraficznych trzeciorzędu zachodniej części Nizy Polskiego i śląskiej części Paratetydy w nawiązaniu do projektu IGCP nr 25. *Prz. Geol.*, 34 (7): 380–386.
- FARRELL K.M. 2001 – Geomorphology, facies architecture, and high-resolution, non-marine sequence stratigraphy in avulsion deposits, Cumberland Marshes, Saskatchewan. *Sediment. Geol.*, 139: 93–150.
- GĘBICA P. & SOKOŁOWSKI T. 2001 – Sedimentological interpretation of crevasse splays formed during the extreme 1997 flood in the upper Vistula river valley (South Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 71: 53–62.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M. & KĘDZIOR A. 2005 – Sedymentacja osadów węglonośnej sukcesji Górnośląskiego Zagłębia Węglowego: kierunki badań i aktualny stan wiedzy. *Prz. Geol.*, 53 (9): 734–741.
- GRADZIŃSKI R., DOKTOR M. & SŁOMKA T. 1995 – Depositional environments of the coal-bearing Cracow Sandstone Series (upper Westphalian), Upper Silesia, Poland. *Stud. Geol. Pol.*, 108: 149–170.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A. & UNRUG R. 1986 – Zarys sedymentologii. *Wyd. Geol.*, Warszawa: 1–628.
- GRUSZKA B. & ZIELIŃSKI T. 1996 – Gravity flow origin of glaciolacustrine sediments in a tectonically active basin. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 66: 59–81.
- HORNE J.C., FERM J.C., CARUCCIO F.T. & BAGANZ B.P. 1978 – Depositional models in coal exploration and mine planning in Appalachian region. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 62: 2379–2411.
- KASIŃSKI J.R. 1986 – Sedimentary models of small lignite deposits: examples from the Polish Neogene. *Prz. Geol.*, 34 (4): 189–197.
- KASIŃSKI J.R., CZAPOWSKI G. & GAŚIEWICZ A. 2002 – Marine-influenced and continental settings of the Poznań Clay Formation (Upper Neogene, Central and SW Poland). *Northern European Cenozoic Stratigraphy; Proc. 8<sup>th</sup> Biann. Meet. RCNNS/RCNPS*, 163–184.
- KĘDZIOR A. 2001 – Identification of fluvial-channel tracts based on thickness analysis: Zabrze Beds (Namurian B) in the Main Anticline and Bytom-Dąbrowa Trough of Upper Silesia Coal Basin, Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 71: 21–34.
- KORDOWSKI J. 2007 – Morfologia, struktury sedymentacyjne i geneza wstęg piaszczystych równiny zalewowej dolnej Wisły między Górkami i Szynchem. *Prz. Geol.*, 55 (9): 785–794.
- KORDOWSKI J., GAMRAT W., GIERSEWSKI P., KUBIAK-WÓJCIKA K., SZMAŃDA J.B., TYSZKOWSKI S. & SOLARCZYK A. 2014 – Zapis procesów sedymentacji fluwialnej i biogenicznej w osadach dna Doliny Dolnej Wisły. *Landform Analysis*, 25: 77–93.
- KOZULA R. 1999 – Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego „Tomisławice” w kategorii C1 i C2, Część I – tekst. *Przed. Geol. PROXIMA*, Wrocław.
- 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. Państw. Inst. Geol.*, 461: 193–250.
- LOWE D.R. & GUY M. 2000 – Slurry flow deposits in the Brittonia Formation (lower Cretaceous) North Sea: a new perspective on the turbidity current and debris flow problem. *Sedimentology*, 47: 31–70.
- MAKASKE B. 2001 – Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Sci. Rev.*, 53: 149–196.
- MARKIĆ M. & SACHSENHOFER R.F. 1997 – Petrographic composition and depositional environments of the Pliocene Velenje lignite seam (Slovenia). *Inter. J. Coal Geol.*, 33: 229–254.
- MCCABE P.J. 1984 – Depositional models of coal and coal-bearing strata. [W:] Rahmani R.A. & Flores R.M. (red.), *Sedimentology of coal and coal-bearing sequences*. *Int. Ass. Sediment., Spec. Publ.*, 7: 13–42.
- MIALL A.D. 1977 – A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*, 13: 1–62.
- PÉREZ-ARLUCEA M. & SMITH N.D. 1999 – Depositional patterns following the 1870s avulsion of the Saskatchewan River (Cumberland Marshes, Saskatchewan, Canada). *J. Sediment. Res.*, 69: 62–73.
- PIENKOWSKI G. 2004 – Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurskich utworów kontynentalnych. *Vol. Jurassica*, 2 (1): 1–16.
- PIWOCKI M. & ZIEMBIŃSKA-TWORZYDŁO M. 1995 – Litostratygrafia i poziomy sporo-pyłkowe neogenu na Niziu Polskim. *Prz. Geol.*, 43 (11): 916–927.
- SADOWSKA A. & GIŻA B. 1991 – Flora i wiek węgla brunatnego z Państwa. *Acta Palaeobot.*, 31 (1–2): 201–214.
- SMITH N.D., CROSS T.A., DUFFICY J.P. & CLOUGH S.R. 1989 – Anatomy of an avulsion. *Sedimentology*, 36: 1–23.
- STOUTHAMER E. & BERENDSEN H.J.A. 2001 – Avulsion frequency, avulsion duration, and interavulsion period of Holocene channel belts in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. *J. Sediment. Res.*, 71: 589–598.
- TEICHMÜLLER M. 1958 – Rekonstruktion verschiedener Moortypen des Hauptflözes der niederrheinischen Braunkohle. *Fortschrift in der Geologie von Rheinland und Westfalen*, 2: 599–612.
- TEICHMÜLLER M. 1989 – The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. *Inter. J. Coal Geol.*, 12: 1–87.
- VAN LOON A.J. 2009 – Soft-sediment deformation structures in siliclastic sediments: an overview. *Geologos*, 15: 3–55.
- WACHOCKI R. 2013 – Geologia obszaru złoża węgla brunatnego Tomisławice. *Pr. magister. Arch. Inst. Geol. UAM, Poznań*: 1–85.
- WAŻYŃSKA H. (red.) 1998 – Palynology and palaeogeography of the Neogene in Polish Lowlands. *Prace PIG*, 160: 1–41.
- WIDERA M. 2002 – Próba wyznaczenia współczynnika konsolidacji torfów dla pokładów węgla brunatnego. *Prz. Geol.*, 50 (1): 42–48.
- WIDERA M. 2007 – Litostratygrafia i paleotektonika kenozoiku podplejstoceniowego Wielkopolski. *Seria Geologia*, 18, *Wyd. Nauk. UAM, Poznań*: 1–224.
- WIDERA M. 2012a – Fluwialna geneza ogniwa wielkopolskiego na podstawie danych z obszaru środkowej Polski. *Górn. Odkrywk.*, 53 (1–2): 109–118.
- WIDERA M. 2012b – Macroscopic lithotype characterisation of the 1<sup>st</sup> Middle-Polish (1<sup>st</sup> Lusatian) Lignite Seam in the Miocene of central Poland. *Geologos*, 18 (1): 1–11.
- WIDERA M. 2013 – Sand- and mud-filled fluvial palaeochannels in the Wielkopolska Member of the Neogene Poznań Formation, central Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 83: 19–28.
- WIDERA M. 2016a – 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. 2016b – An overview of lithotype associations forming the exploited lignite seams in Poland. *Geologos*, 22 (3): 213–225.
- WIDERA M. & KITA A. 2007 – Paleogene marginal marine sedimentation in central-western Poland. *Geol. Quart.*, 51 (1): 79–90.
- WILUN Z. 1987 – Zarys geotechniki. *Wyd. Komun. i Łączn.*, Warszawa: 1–723.
- ZIELIŃSKI T. 2014 – Sedymentologia. Osady rzek i jezior. *Wyd. Nauk. UAM, Poznań*: 1–594.
- ZWOLIŃSKI Z. 1985 – Sedymentacja osadów przyrostu pionowego na terasie zalewowej Parsęty. *Bad. Fiz. Pol. Zach.*, 35 (A): 205–238.

Praca wpłynęła do redakcji 2.11.2015 r.  
Akceptowano do druku 3.02.2016 r.