

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325811989>

## Paleośrodowiskowe uwarunkowania powstawania kopalnych biocenoz i interpretacja procesów tafonomicznych w osadach górnego triasu Śląska

Chapter · June 2018

CITATIONS

0

READS

2

4 authors, including:



Karol Jewuła

Ikon Science Ltd

8 PUBLICATIONS 36 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geotravelling.rocks [View project](#)

## Paleośrodowiskowe uwarunkowania powstawania kopalnych biocenoz i interpretacja procesów tafonomicznych w osadach górnego triasu Śląska

Adam BODZIOCH<sup>1</sup>, Karol JEWUŁA<sup>2</sup>, Michał MATYSIK<sup>3</sup> & Joachim SZULC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Wydział Przyrodniczo-Techniczny Uniwersytetu Opolskiego, ul. Oleska 48, 45-052 Opole

<sup>2</sup>Instytut Nauk Geologicznych Polska Akademia Nauk, ul. Senacka 1, 31-002 Kraków

<sup>3</sup>Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków

### Wprowadzenie

W późnym triasie region Śląska znajdował się w marginalnej, południowo-wschodniej części basenu germańskiego. Basen ten graniczył na południu z wyniesieniem windelicko-czeskim oddzielającym go od Oceanu Tetydy (Perytetydy), na wschodzie z wyniesionym kratonem wschodnioeuropejskim, zaś na północy z tarczą skandynawską. Główne depocentrum stanowił rów śródpolski. Basen ten odziedziczył konfigurację strukturalną po środkowotriasowym basenie wapienia muszlowego (Szulc, 2000).

Odsłaniające się na Górnym Śląsku osady kajpru oraz retyku (chronostratygraficznie obejmujące ladin, karnik, norryk oraz retyk) są reprezentowane przez sukcesję iłowców/mułowców typu redbeds, z podrzędnym udziałem zlepieńców, piaskowców, dolomitów oraz wapieni słodkowodnych. W tych właśnie osadach typu redbeds znaleziono liczne nagromadzenia tafocenoz typu Fossilagerstätte z bogatą fauną tetrapodową i dicynodontową (Dzik et al. 2000, 2008; Dzik & Sulej, 2007). Ze względu na znaczenie odkryć paleontologicznych, bardzo istotne jest określenie ich wieku a także uwarunkowań paleośrodowiskowych, paleoekologicznych oraz warunków pogrzebania (por. dyskusję w Racki & Szulc, 2015). Póki co, istnieją różnice w poglądach na temat wieku czy genezy osadów kajpru i retyku, wynikające po części z braku dobrych odsłoneń oraz kompletnych profili wiertniczych ale także z aplikacji różnych metodologii badawczych (szkoła paleontologiczna vs. szkoła sedymentologiczna).

Cechą charakterystyczną osadów kajpru rejonu Górnego Śląska jest ich duża zmienność litofacyjna, wynikająca z tektonicznie kontrolowanego, funkcjonowania lokalnych centrów depozycyjnych, cechujących się zróżnicowanym tempem i charakterem sedymentacji, podkreślona licznymi nieciągłościami erozyjnymi czy też powierzchniami paleozwietrzelinowymi (paleoregolitami).

Zmienność paleotopografii, systemów sieci rzecznej a wreszcie dość drastyczne wahania paleoklimatyczne (od wybitnie suchego po bardzo wilgotny), bez wątpienia miały ogromny wpływ na ewolucję wielu grup organizmów oraz późniejszy stan zachowania ich w zapisie kopalnym. Trzeba jednak podkreślić, że pomimo mozaikowego rozkładu litofacji ogólny schemat litostratygraficzny triasu górnego Górnego Śląska, jest dość prosty i logiczny, gdyż jest pochodną przede wszystkim zmian klimatycznych, czyli *de facto* jest on podziałem klimatostratygraficznym.

Podział litostratygraficzny utworów górnego triasu basenu germańskiego ustanowiony został już w XIX wieku (Roemer, 1870) a jego zręby przetrwały do dziś. Po II wojnie światowej na obszarze Polski zaproponowano wiele wydzieleni litostratygraficznych dla górnego triasu, jednak ich korelacje z niemieckimi odpowiednikami oraz wydzieleniami chronostratygraficznymi pozostały wielce niepewne aż do dzisiaj (patrz Szulc et al., 2015a).

W ramach projektu badawczego „Ewolucja środowisk lądowych kajpru Górnego Śląska jako biotopów kręgowców” (N307 11703) zespół kierowany przez Grzegorza Rackiego, zredefiniował system litostratygraficzny dla Śląska oraz ko-

rzystając z nowoczesnych, multidyscyplinarnych metod badawczych, zweryfikował wiek poziomów kościonośnych obszaru górnośląskiego, odnosząc je do ich, lepiej datowanych, ekwiwalentów wiekowych z terenu Niemiec (Środoń et al., 2014; Racki & Szulc, 2015; Szulc et al., 2015a, b, 2017; Nawrocki et al., 2015; Fijałkowska-Mader et al., 2015; Koniczna et al., 2015).

### Stratygrafia kajpru i retyku Górnego Śląska

W porównaniu do Niżu Polskiego, miąższość osadów kajpru oraz retyku w południowowschodniej, brzeżnej części basenu germańskiego jest niewielka i rzadko przekracza 200 m. Sukcesja kajpru Górnego Śląska rozpoczyna się regresywną sekwencją tzw. dolnego kajpru iłowcowego (*Lettenkeuper*). Dolna część tej formacji, reprezentowana jest przez szare bądź ciemnoszare iłowce, mułowce i piaskowce z obfitą siecią roślinną, szczątkami ryb i inną fauną (np. *Myophoria* sp.). Szare utwory dolnego kajpru przechodzą stopniowo w pakiet pstrych iłowców i mułowców, miejscami z zachowanymi szczątkami roślin. Kajper iłowcowy reprezentuje osady środowisk lagunowych, marginalnomorskich, rzek anastomozujących oraz rozległych równin zalewowych formowanych w warunkach wilgotnego klimatu (Szulc, 2000; Feist-Burkhardt et al., 2008). Materiał klastyczny pochodził z niszczenia starszego lokalnego podłoża oraz z erozji tarczy skandynawskiej. Kierunek transportu był z północy ku południowi.

Marginalnomorsko-ładowa sedymentacja dolnego kajpru została przerwana krótkotrwałą transgresją morską z Tetydy (poprzez bramę śląsko-morawską) a zapisaną osadami tzw. dolomitu granicznego (*Grenzdolomit*). Są to głównie dolomity, wapienie z fauną morską oraz zapiaszczone łupki dolomityczne. Zasięg transgresji dolomitu granicznego był podobny do transgresji wapienia muszlowego, z tą różnicą, że dolomit graniczny powstał w płytkim zbiorniku o ograniczonej cyrkulacji.

Dolomit graniczny jest przykryty serią osadów, złożoną z pstrych, laminowanych mułowców oraz iłowców, margli dolomitycznych ze skupieniami szarego, grubokrystalicznego gipsu i/lub anhydrytu. Seria ta wydzielana jest jako dolna seria gipsowa (*Lower Gypsum Beds, Unterer Gipskeuper*; formacja chrzanowska). Podczas sedymentacji dolnych warstw gipsowych (karnik) miały miejsce stosunkowo silne ruchy tektoniczne związane z intensywnym ryftingiem na obszarze Morza Północnego i w północno-zachodnich Niemczech (Feist-Burkhardt et al., 2008). Osady dolnych warstw gipsowych reprezentują środowisko przybrzeżnej sebhyy.

Piaskowiec trzcinyowy (*Schilfsandstein*; formacja bolesławska) reprezentowany jest głównie przez fluwialne osady ilasto-piaszczyste, cienko lub grubowarstwowane, z licznymi szczątkami roślinnymi. Pojawienie się osadów rzecznych w tej części kajpru związane jest tektonicznym omdłodzeniem rzeźby terenu, jak i również zmianą klimatu na bardziej wilgotny (Szulc, 2007). Sedymentacja piaskowca trzcinyowego odpowiadałaby karnijskiemu zdarzeniu pluwialnemu (*Carnian Pluvial Event*) o dość niejasnej genezie (por. dyskusja w Tanner, 2018). Materiał klastyczny był

transportowany w środkowym karniku z ładu skandynawskiego na południe, w systemie rowów, w których rozwinięte były rzeki roztokowe i anastomozujące. System rzeczny przebiegał się przez masyw windelicko-bohemijski i docierał do północnej krawędzi Oceanu Tetydy, gdzie osady klastyczne, zasilały delty facji z Raibl i Lunz. Tak więc fację piaskowca trzcinowego można wiarygodnie korelować z osadami karniku alpejskiego (Köppen & Carter, 2000).

Piaskowiec trzcinowy na Górnym Śląsku, jest przykryty tzw. górną serią gipsową (górne warstwy gipsowe, górny kajper gipsowy, *Upper Gypsum Beds, Oberer Gipskeuper* – w nowej klasyfikacji litostratygraficznej triasu Górnego Śląska – *formacja grabowska; ogniwo mułowców i ewaporatów z Ozimka*). Serię tą tworzą mułowce oraz pstre, brązowe i wiśniowo- lub fioletowoczerwone iłowce. Lokalnie występują także drobne wkładki piaskowców i iłowców gruzłowatych o strukturze zlepieńcowej. Gniazda i żyłki gipsów są niewielkiej miąższości (do kilku centymetrów). Poziomy paleogleb występują w górnej części profilu. Cechą charakterystyczną jest również uboga fauna i flora wskazujące na restrykcyjne warunki paleosrodowiskowe. Osady górnej serii gipsowej reprezentują facje równi mułowej typu playa. Na podstawie danych palinologicznych seria gipsowa górna została wydatowana na późny karnik – wczesny noryk.

Ponad warstwami gipsowymi górnymi zalega seria bezewaporatowych, pstrych mułowców z licznymi horyzontami pedogenicznymi, z cienkimi wkładkami zwirowców. W literaturze niemieckiej utwory te należą do zespołu litofacji zwanej *Steinmergelkeuper (Arnstadt Fm.* w nowym podziale litostratygraficznym Niemiec – Beutler et al., 2005; Menning et al., 2011). W centralnej Polsce, gdzie miąższości tej facji są największe, litofacja *Steinmergelkeuper* jest wydzielona jako formacja grabowska i wielichowska sensu Bilan (1976) lub jako warstwy drawieńskie, warstwy jarkowskie oraz warstwy zbąszyńskie sensu Dadlez i Kopik (1972). Wedle nowej nomenklatury litostratygraficznej osady te są zaliczane do formacji grabowskiej, ogniwa marglistych mułowców i piaskowców z Patoki (Racki & Szulc, 2015).

Zarówno w niemieckiej jak i polskiej części basenu germańskiego kompleks facjalny „*Steinmergelkeuper*” jest wyraźnie trójdzielny. Dolna i górna część zbudowana jest z pstrych osadów (*redbeds*), często z rozwiniętymi horyzontami gleb *vertisol/calciisol* oraz wkładkami zwirowców, złożonych z przemytych nodul pedogenicznych (tzw. brekcja lisowska). Środkowa część tego interwału reprezentowana jest przez szare osady rzek roztokowych oraz meandrujących.

Reasumując, wszystkie śląskie znane nagromadzenia kości (tj. Krasiejów, Lipie, Poręba oraz Woźniki) występują w osadach kompleksu litofacji *Steinmergelkeuper*, której norycki wiek dokumentują palinomorfy z palinozoy *Clas-sopolis meyeriana IVb* (Fijałkowska-Mader et al., 2015).

W czasie noryku transport materiału klastycznego na Górnym Śląsku przebiegał z S na N. Badania izotopowe systemu Sm-Nd z osadów wskazują bowiem starą skorupę kontynentalną (strefa Saksoturynie oraz Tepla-Barandien) jako najbardziej prawdopodobne źródło detrytusów dla sukcesji środkowo kajprowej (Konieczna et al., 2015).

Wzdłuż uskoku lublinieckiego występują izolowane płyty wapienia słodkowodnego znanego pod nazwą wapienia woźnickiego, (obecnie wydzielanego jako ogniwo wapienia woźnickiego). Jego geneza związana jest z aktywnością wód hydrotermalnych, cyrkulujących wzdłuż lublinieckiego segmentu uskoku Kraków – Hamburg (Słowakiewicz, 2003; Szulc et al., 2006). To dowodzi, że uskoku Lublińca był aktywny także w późnym noryku.

Z danych wiertniczych wiemy, że w czasie późnego noryku – wczesnego retyku doszło do drastycznej pluwializacji klimatu, czego dowodzą klasty wapienia woźnickiego, włączone w aluwia, datowane palinologicznie na późny noryk-wczesny retyk (Szulc et al., 2006).

## Zagadnienia tafonomiczne

Rozbieżności poglądów na temat sposobu powstania nagromadzenia skamieniałości tworzących dolną warstwę kostną stały się przyczyną poszukiwania metod ich weryfikacji, niezależnych od uwzględnianych wcześniej przesłanek. W ogólności, na przesłankach paleontologicznych argumentowane jest nagromadzenie autochtoniczne, powstałe wskutek stopniowej akumulacji szczątków zwierząt żyjących i ginących w jeziorze istniejącym w miejscu ich obecnego nagromadzenia (np. Dzik & Sulej 2007, 2016), natomiast na przesłankach sedymentologicznych dowodzone jest nagromadzenie allochtoniczne, powstałe w wyniku depozycji spływu mułowego (np. Szulc, 2005; Szulc et al., 2017). Niezależne, dodatkowe przesłanki pochodzą z badań diagenety (Bodzioch & Kowal-Linka, 2012) oraz osteohistologii i ornamentacji kości skórných metopozaurów (Konietzko-Meier & Klein, 2013; Teschner et al., 2017; Antczak & Bodzioch, 2018).

Analiza petrograficzna i geochemiczna mineralnych wypełnień przestrzeni porowych w kościach metopozaurów, aetozaurów i fitozaurów wykazała, że wczesna diagenaza szczątków tych zwierząt przebiegała w różnych warunkach – od typowo „suchych” (na powierzchni gruntu) do typowo „wodnych” (w osadach dennych; Fig. 1). Współwystępowanie tak zachowanych kości na jednej powierzchni, często w niemal fizycznym kontakcie, w sposób oczywisty dokumentuje redepozycję – przynajmniej części z nich – oraz wymieszanie elementów szkieletowych pochodzących z różnych miejsc i – najprawdopodobniej – z różnego czasu (w skali ekologicznej).

Wspomniane, prowadzone aktualnie badania osteohistologii metopozaurów wykazują wyraźny dymorfizm rozwoju tkanki kości długich - wyróżnione zostały dwa typy histologiczne bez form przejściowych, takie same w kościach udowych (Konietzko-Meier & Klein, 2013) i ramieniowych (Teschner et al., 2017). Podobnie, udokumentowane zostały dwa odmienne wzory ornamentacji kości skórných (Antczak & Bodzioch, 2018). Obserwacje te mogą być interpretowane na wiele sposobów, jednak dotychczasowy stan wiedzy na temat metopozaurów z Krasiejowa wskazuje na wymieszanie ze sobą szczątki dwóch odrębnych populacji tych zwierząt. Z kolei, odmienne histotypy wykazują od-

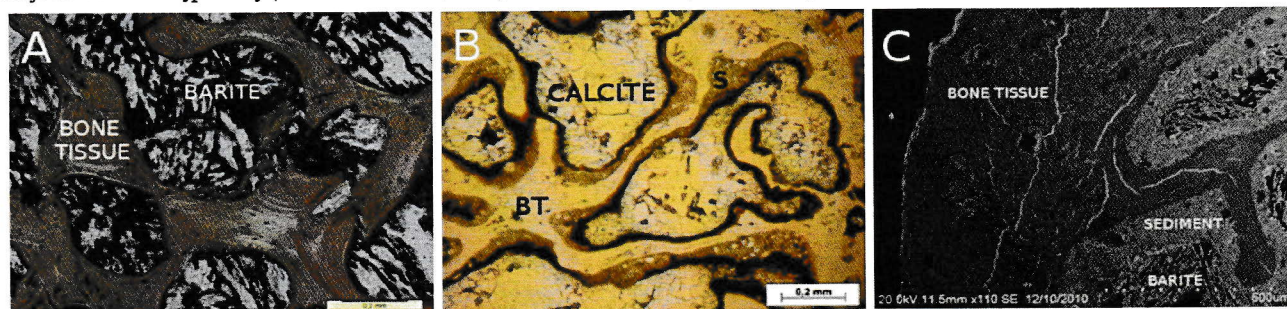


Fig. 1. Porównanie wypełnień mineralnych powstałych w różnych warunkach diagenety. A. Środowisko glebowe, suche; charakterystyczne spękania z odwodnienia i baryt jako jedyna generacja wypełnień (zębro aetozaura). B. Środowisko osadu dennego pod stałą pokrywą wody; charakterystyczna sekwencja wypełnień: osad – piryt (czarne obwódki) – kalcyt; BT – tkanka kostna (trzon kręgu metopozaura). C. Środowisko osadu dennego wysychającego w krótkim czasie; osad typowy dla środowiska wodnego i baryt typowy dla środowiska glebowego (zębro metopozaura).

mienne cechy środowisk diagenetycznych (Fig. 2), co sugeruje, że populacje te zamieszkiwały odmienne środowiska, a zatem szczątki przynajmniej jednej z nich znajdują się na wtórnym złożu.

Paradoksalnie, argumenty za autochtonicznym nagromadzeniem kości (wodny tryb życia metopozaurów i fitozaurów, warstewka małżów zachowanych w pozycji życiowej, obecność konchostraków, małżoraczków, ramienic, itd.) nie są sprzeczne z dokumentami ich niewątpliwej redepozycji. Przesłanki są prawdziwe, ale wyprowadzone wnioski nie muszą z nich wynikać. Zgodnie z obecną wiedzą, rozwój wydarzeń zapisanych w dolnym poziomie kostnym był następujący:

- akumulacja autochtonicznego osadu bagienego (dolna połowa profilu, szary il)
- akumulacja allochtonicznego osadu bogatego w kości (kolejne 30-40 cm, czerwony il)
- akumulacja autochtoniczna w efemerycznym rozlewisku:
  - kolonizacja osadu przez małże
  - wysychanie sadzawki:
    - śmierć zespołu małżowego
    - wytrącanie węglanu wapnia i barytu.

### Stop B1. Krasiejów

Nieczynne wyrobisko ilów cementowni Strzelce Opolskie, obecnie poligon badawczy Uniwersytetu Opolskiego

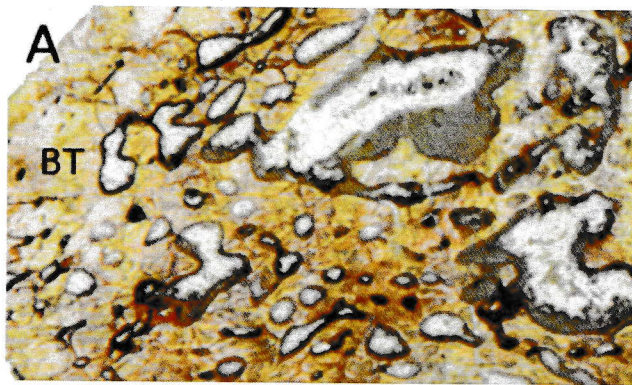
#### Zagadnienia:

Przejsięcie dolnej serii pstrej (*redbeds*) w serię szarą dolnego i środkowego noryku

System dystalnej równi aluwialnej z rozwiniętymi poziomami paleogleb typu vertisol. Przykład środowiska sedimentacyjnego typu gilgai o mikroreliefie kształtowanym procesami pedogenicznymi systemu vertisol.

#### Opis stanowiska

Przed zalaniem wyrobiska w Krasiejowie, kopalnia odkrywkowa była podzielona na trzy poziomy wydobywania. Najniższa część wyrobiska reprezentowana jest przez około 6 m kompleksu czerwonych oraz czerwono-szarych mułowców oraz zapiaszczonych mułowców (Fig. 3). Mułowce wykazują struktury prądowe (*ripplemarks*). W obrębie kompleksu można również wyróżnić cienkie, bezowe wkładki dobrze wysortowanego żwirowca złożonego z przepłukanych wadoidów (Fig. 3D). Miąższość ziarnitu jest zmienna, waha się średnio od 10 do 20 cm, zaś miejscami się wyklinowuje. Ziarna są szare, dobrze obtoczone, o średnicy od 1 mm do kilku milimetrów. Szkielet ziarnowy jest zwarty. Ziarnit jest słabo scementowany oraz rozsyplawy. Spagowa część jest ostra z widocznymi nierównościami będącymi rozmyciem erozyjnym. W obrębie ziarnitu generalnie brak widocznych struktur sedimentacyjnych choć miejscami można dostrzec słabo zaznaczające się warstwowanie przekątne.



Środkowy kompleks (o miąższości około 7-8 m) reprezentowany jest głównie przez masywne pstre ilowce/mułowce często przeławiczone mułowcami z wyraźnymi strukturami prądowymi (laminacja ripplemarkowa, bądź niskokątowa; Fig. 3C). W obrębie pakietu można również wyróżnić liczne pakiety regolitów (o miąższości od kilku centymetrów do 80 cm; Fig. 3E). Grubsze pakiety paleogleb wyróżniają się występowaniem kongrecji pedogenicznych o niewielkiej średnicy (do kilku milimetrów) oraz struktur lustrowych (*slickenside structures*; Figs 3F, 4B). Tuż nad pakietem paleogleb znajduje się ok 1 m warstwa kościonośna (tzw. dolny horyzont kościonośny). W obrębie pakietu znajdują się liczne fragmenty kości należące do *Metoposaurus*, *Paleorhinus*, *Cyclotosaurus*, *Stagonalepis*, *Polonosuchus* oraz *Silesaurus*. Znaleziono również bogaty zespół małżów z rodziny Unionites (Dzik et al., 2000), małżoraczków *Darwinula* i *Suchonella* (Olempska, 2004) oraz alg *Charophytes* (Zatoń et al., 2005). Fragmenty kości są zazwyczaj zdeintegrowane i w większości ułożone chaotycznie, choć większe fragmenty kości wykazują preferencje orientacji w ułożeniu (Fig. 3B). Górna część poziomu kościonośnego wykazuje istotny wpływ procesów wietrzeniowych.

Górna, ok 6 m część kompleksu krasiejowskiego reprezentowana jest przez masywne mułowce oraz laminowane i masywne ilowce z wkładkami piaszczowców oraz ziarnitów wadoidowych. W najwyższej części wyrobiska znajduje się kolejny poziom kościonośny.

#### Środowisko depozycji

Kontrowersyjna natura środowiska depozycji osadów górnego triasu może być przedstawiona na przykładzie Krasiejowa. Analizy paleośrodowiskowe w Krasiejowie były przeprowadzane przez wielu badaczy jednak wnioski bardzo często były różne, nierzadko wzajemnie się wykluczające. Pierwsze analizy paleośrodowiskowe przeprowadził Bilan (1975), który interpretował osady z Krasiejowa jako osady rzeczne oraz osady zbiornika brakicznego bądź mezohalinowego. Według Dzika et al. (2000), pozioma laminacja mułowców oraz obfite występowanie ramienic oraz małżów miałyby wskazywać na typowe jeziorne środowisko sedimentacji. Nagromadzenia kości znajdują się zaś miały w soczewce piaszczowcowej będącej elementem delty rzecznej. Badania sedimentologiczne Szulca (2005) wykluczają istnienie środowiska jeziornego i dowodzą stosunkowo szybkiej depozycji ze spływów powierzchniowych (*sheet floods*) oraz incydentalnych debris flows będących efektem deszczów nawalnych (Fig. 4C). Osady rzek roztokowych oraz anastomozujących zostały wyróżnione przez Gruszkę i Zielińskiego (2008). W odświeżeniu w Krasiejowie można zaobserwować liczne wkładki tzw. „brekcji lisowskiej” wskazującej na cykliczność katastrofalnych deszczów nawalnych i powodzi (Szulca, 2005; Jewuła et al., 2011; Bodzioch & Kowal-Linka 2012). W trakcie tych epizodów materiał był splukiwany i wielokrotnie redeponowany. Nawalne deszcze uruchamiały również spływy masowe w postaci spływów mułowych. W okresach po-

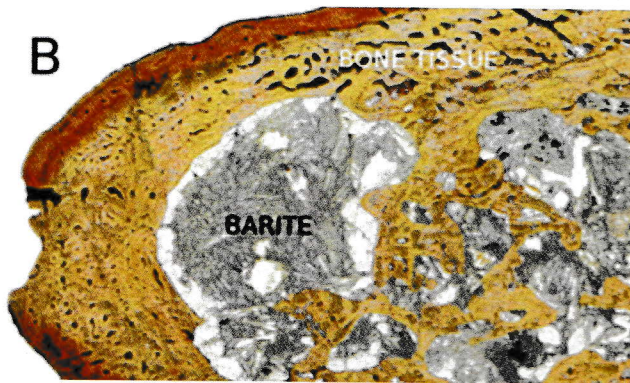


Fig. 2. Porównanie wypełnień mineralnych w jamach szpikowych kości ramieniowych metopozaurów (dzięki uprzejmości E. Teschner). A. Histotyp 2: diageniza w środowisku wodnym: osad (szary), piryty (czarny) i kalcyt (biały); BT - tkanka kostna; wysokość fotografii = 6 mm. B. Histotyp 1: diageniza w środowisku glebowym: niewielka ilość kalcytu (białe obwódki) i barytu; wysokość fotografii = 8 mm.

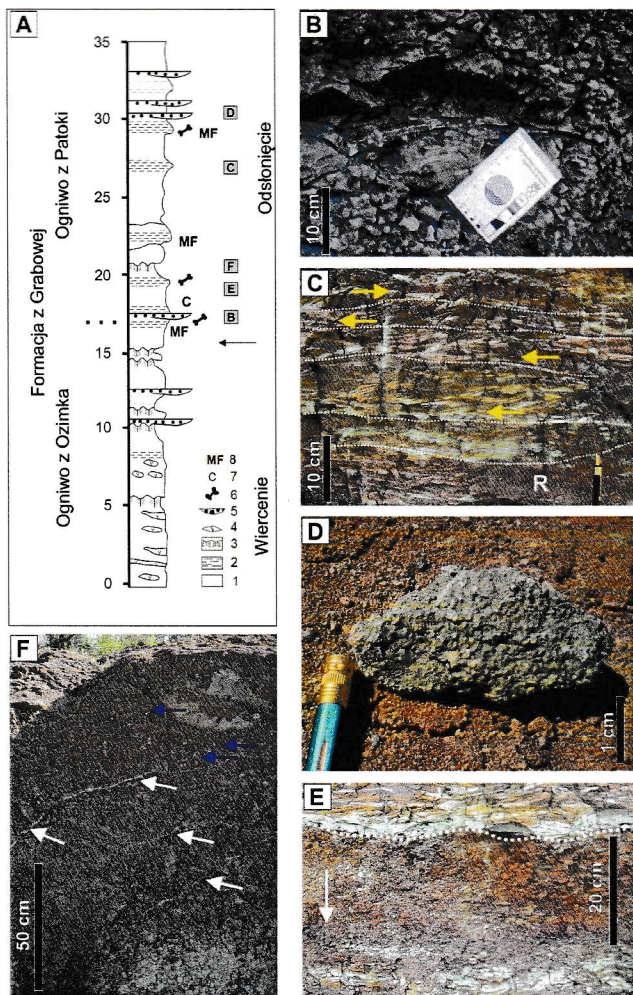


Fig. 3. Przykłady struktur sedimentacyjnych odsłaniających się w Krasiejowie. A. Profil wiercenia oraz odsłonięcia w Krasiejowie (z Szulc et al. 2015b), 1 – mułowce, 2 – iłowce, 3 – poziomy glebo-we, 4 – nodule gipsowe, 5 – wkładki brekcji lisowskiej, 6 – poziom kościonośny, 7 – poziom caliche, 8 – osady spływów mułowców. B. Fragment kości zawieszony w mułowcu (dolny poziom kościonośny). C. Przykład pakietu mułowców z wyraźną laminacją ripplemarkową oraz niskokątową. Strzałki pokazują dominujący kierunek zapadania zestawu, R – regolit. D. Fragment ziarnitu z nodułami pedogenicznymi (brekcja lisowska). E. Struktury pedogeniczne: warstwa regolitu, erozyjnie ściętego. Strzałka pokazuje słabo zaznaczające się pierwotne struktury sedimentacyjne, które uległy częściowej pedogenezie. F. Pakiet paleogleb typu vertisol. Strzałkami zaznaczono powierzchnie zlustrowania (slickensides). Nodule pedogeniczne zaznaczono niebieską strzałką.

między dużymi opadami deszczu (pora sucha) istniały warunki sprzyjające rozwojowi poziomów glebowych. Gleby oraz regolity reprezentowane są przez vertisole, czyli gleby charakterystyczne dla klimatu półsuchego (Szulc, 2005). Cienkie wkładki iłowców znajdujące się ponad poziomem kościonośnym z gyronitami zielenic oraz występowaniem palygorskitu wskazują na istnienie krótkotrwałych stałych zbiorników wodnych (sadzawek; Zatoń et al., 2005; Środoń et al., 2014).

### Gilgai w Krasiejowie

Cechy sedimentologiczne osadów widocznych w Krasiejowie jednoznacznie wskazują na dominację środowiska typu *gilgai microrelief*, charakterystycznego dla dzisiejszej Australii i Teksasu. Mikrorelief gilgai jest produktem naprzemiennego pęcznienia i kurczenia ilastych pokryw glebowych formowanych w warunkach klimatu półsuchego. Pęcznienie osadów ilastych powoduje deformacje polegające na powstaniu wielobocznych lub owalnych (w planie) grzbietów, najczęściej o wysokości kilkunastu–kilkudziesięciu centymetrów, obrzeżających depresje o średnicy kilku-

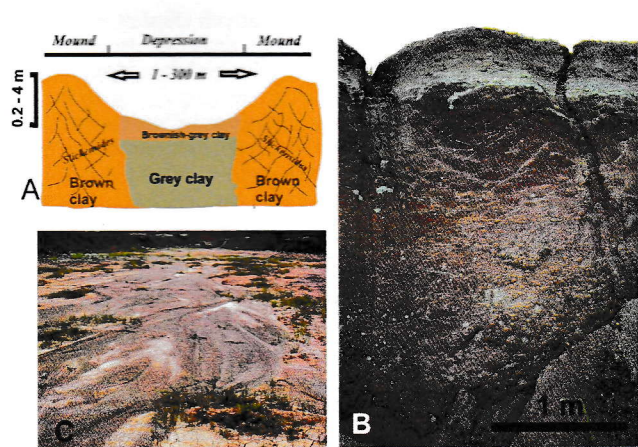


Fig. 4. Procesy fluwialne i glebowe typowe dla skał noryku Krasiejowa. A. Przekrój struktury gilgai, za Dixon, 2009, zmienione i uzupełnione. B. Przekrój przez pakiet paleogleby vertisol ze strukturami slickensides oraz szarym horyzontem aluwialnym złożonym z rozmytych wadoidów. C. Współczesna egzemplifikacja procesów efemerycznych spływów powierzchniowych (sheet floods) dominujących w noryku w basenie górnośląskim. Fotografię wykonano w wyrobisku w Krasiejowie, po ulewnych deszczach, latem 2004 r.

kilkuset metrów. Taki typ rzeźby (*patterned ground*, Dixon, 2009), cechuje się fraktalną organizacją, tak że w dużej skali (np. kilku kilometrów kwadratowych) sumaryczne wartości deniwelacji między grzbietami mogą sięgać nawet 3 m a średnica obniżen może sięgać nawet 300 m, tak jak się to obserwuje we współczesnych przykładach (Australia, SW USA; Fig. 4A). W porze wilgotnej obniżenia wypełnione są wodą tworząc okresowe zbiorniki wodne (sadzawki). Niektóre z większych sadzawek mogą przetrwać także porę suchą, dzięki czemu pełnią ważną rolę naturalnego wodopoju dla hodowli bydła w tych regionach.

Powszechne występowanie struktur *slickensides*, oraz innych cech gleb hydromorficznych (pstre barwy, nodule pedogeniczne, brak zachowanych struktur depozycyjnych np. warstwowania; Fig. 4B) pozwalają zrekonstruować paleośrodowisko Krasiejowa w noryku jako typowe dla reliefu gilgai. Model gilgai doskonale tłumaczy też dyskusowaną wyżej problematykę powstania tafocenozy z Krasiejowa.

### Stop B2. Lipie Śląskie, k. Lublińca

Nieczynne wyrobisko iłów cegielni w Lipiu Śląskim Zagadnienia:

System meandrującej bądź piaszczystej rzeki roztokowej rozwiniętej podczas środkowonoryckiego interwału pluwialnego.

### Opis stanowiska

W części spągowej wyrobiska odsłaniają się szare, szarzielone oraz żółtawe piaskowce drobno i średnioziarniste warstwowane rynnowo dużej skali. Można wyróżnić dwa dominujące typy litologiczne: piaskowce średnioziarniste, szarzielonkawe, z sieczką roślinną (Fig. 5B), bezstrukturalne, miejscami ze zaznaczającym się odwróconym uziarnieniem frakcjonalnym oraz w części spągowej jamkami wirowymi. Piaskowce te wyróżniają się w profilu z powodu silnego scementowania. Drugim wyróżnionym typem są piaskowce drobnoziarniste o wyraźnej lupkowatej oddzielności z nielicznymi wkładkami zwęglonej sieczki roślinnej oraz obecnością kongrecji węglanowych o średnicach sięgających do 40 cm (Fig. 5D). Piaskowce drobnoziarniste są warstwowane rynnowo i przekątnie dużej skali (Fig. 5C). Poszczególne zestawy są nałożone na siebie i miejscami się zazębiają. Szerokość kanałów wynosi około 6 m, zaś miąższość do 2 m. Często piaskowce te wykazują zaburzenia konwolutive. Piaskowce przechodzą wyżej w pakiet szarych

mułowców zapiaszczonych z widoczną laminacją riplemarkową oraz płaską niskokątową. Obocznie mułowce te przechodzą w ciemnoszare laminowane mułowce i iłowce z fragmentami zwęglonych pni drzew. Fragmenty roślinne, zachowane kości, jak i również конкреcje węglanowe przykryte są często drobnokrystalicznym pirytem. W obrębie tego pakietu można zaobserwować liczne koprolity. W obrębie mułowców występują również soczewki bezstrukturalnego drobnociarnistego piaskowca.

### Środowisko depozycji

Występujące piaskowce muskowitowe z rozproszoną materią organiczną, warstwowane przekątnie oraz rynnowo dużej skali, charakterystyczne są dla systemu rzek roztokowych bądź piaszczystego systemu rzek roztokowych. Piaskowce masywne reprezentują facje kanałowe, zaś przekątnie warstwowanie dużej skali, osady łach przykorytowych. Opuszczone koryta rzek/potoków były wypełniane materiałem drobnociarnistym (iłastym), w których osadzała się również materia organiczna. Rozkładająca się materia organiczna tworzyła lokalne warunki redukcyjne, na co wskazuje występowanie конкреcji pirytowych. Cienkie wkładki piaskowców w obrębie pakietów mułowcowych z laminacją płaską mogą być interpretowane jako osady glijów krewasowych. W profilu w Lipiu Śląskim widoczne są poziomy paleogleb powstałych w klimacie suchym. Charakteryzują się one pstrym zabarwieniem,

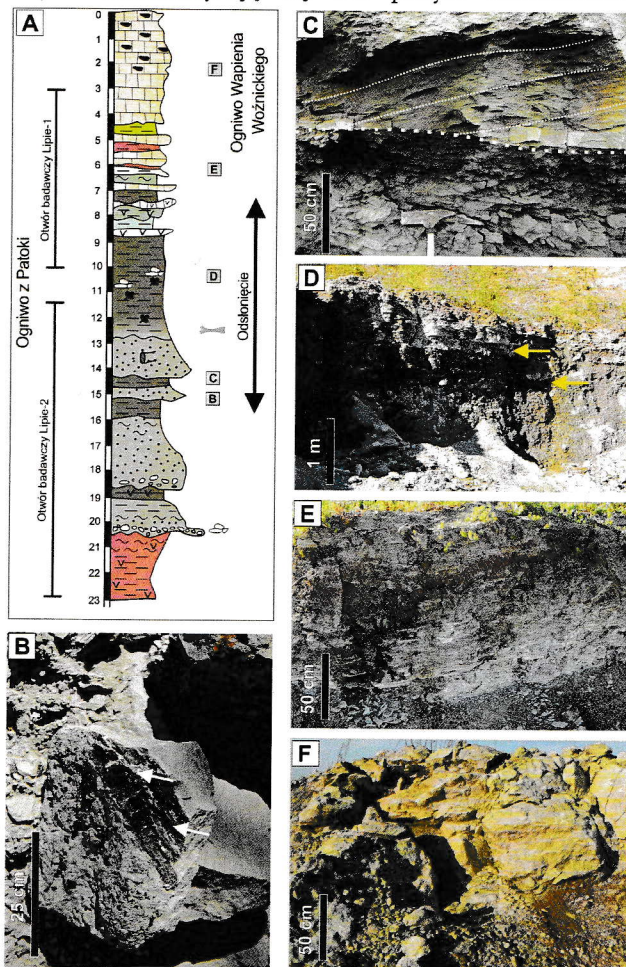


Fig 5. Przykłady struktur sedimentacyjnych odsłaniających się w Lipiu Śląskim. A. Profil wiercenia oraz odsłonięcia w Lipiu Śląskim (za Szulc et al., 2015). B. Zwęglone fragmenty roślin w piaskowcach facji kanałowych. C. Erozyjny kontakt piaskowców średnioziarnistym z przekątnym warstwowaniem z pakietem mułowców. D. Widok na serię mułowcową (osady starorzeczca) w środkowej części kamieniołomu. Strzałkami zaznaczono wyklonujące się ławice piaskowców drobnociarnistych (osady glijów krewasowych). E. Poziom regolitywy z górnej części odsłonięcia. F. Wychodnia wapienia woźnickiego (z Szulc et al., 2015).

znacznym zlustrowaniem oraz niewyraźnymi poziomami z rizoidami (Fig. 5E). Rozwój paleogleb wiązany jest z zahamowaniem erozji wywołanej arydyzacją klimatu. Pstre iłowce zastąpione są krenogenicznymi osadami węglanowymi ogniwa wapienia woźnickiego, obfitującego w pseudomorfozy ewaporatów (Szulc et al., 2006).

### Literatura

- Antczak, M. & Bodzioch, A., 2018. A description of Late Triassic isolated fish scales from Krasiejów, Poland. *Paleontological Research*, 22: 91–100.
- Bilan, W., 1975. Profil retyku w Krasiejowie koło Opola. *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia*, 1 (3): 13–19.
- Bilan, W., 1976. Stratygrafia górnego triasu wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Zeszyty Naukowe AGH*, 3: 4–76.
- Beutler, G., Dittrich, D., Dockter, J., Ernst, R., Etzold, A., Farrenschon, J., Freudenberger, W., Hauschke, N., Heunisch, C., Kelber, G., Knapp, G., Lutz, M., Nitsch, E., Oppermann, K., Schubert, J., Schulz, E., Schweizer, V., Seegis, D., Tessin, R. & Vath, U., 2005. *Keuper, Starigravie von Deutschland*. Courier Forschungsinst. Senckenberg; Frankfurt, 296 pp.
- Bodzioch, A. & Kowal-Linka, M., 2012. Unraveling the origin of the Late Triassic multitaxic bone accumulation at Krasiejów (S Poland) by diagenetic analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 346–347: 25–36.
- Dadlez, R. & Kopik, J., 1972. Problem retyku w zachodniej Polsce w świetle profilu wiercenia Książ Wielkopolski. *Kwartalnik Geologiczny*, 7: 131–158.
- Dixon, J. C., 2009. Aridic Soils, Patterned Ground, and Desert Pavements. In: Parsons, A.J. & Abrahams, A.D. (eds), *Geomorphology of Desert Environments*. Springer, pp. 101–122.
- Dzik, J. & Sulej, T., 2007. A review of the early late Triassic Krasiejów biota from Silesia, Poland. *Paleontologia Polonica*, 64: 3–27.
- Dzik, J. & Sulej, T., 2016. An early Late Triassic long-necked reptile with a bony pectoral shield and gracile appendages. *Acta Paleontologica Polonica*, 61: 805–823.
- Dzik, J., Sulej, T., Kaim, A. & Niedźwiedzki, R., 2000. Późnotriasowe cmentarzysko kręgowców lądowych w Krasiejowie na Śląskim Opolskim. *Przegląd Geologiczny*, 48: 226–235.
- Dzik, J., Sulej, T. & Niedźwiedzki, G., 2008. A dicynodont-theropod association in the latest Triassic of Poland. *Acta Paleontologica Polonica*, 53: 733–738.
- Feist-Burkhardt, S., Götz, A. E., Szulc, J., eds, 2008. *Triassic*. In: McCann, T. (ed.), *The Geology of Central Europe, vol. 2. Mesozoic and Cenozoic*. The Geological Society, pp. 749–821.
- Fijałkowska-Mader, A., Heunisch, C. & Szulc, J., 2015. Palynostratigraphy and palynofacies of the Upper Silesian Keuper. Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 637–661.
- Gruszka, B. & Zieliński, T., 2008. Evidence for a very low-energy fluvial system: a case study from the dinosaur-bearing Upper Triassic rocks of Southern Poland. *Geological Quarterly*, 52: 239–252.
- Jewuła, K., Szulc, J. & Heunisch, C., 2011. Palaeoenvironmental context of the vertebrate bearing deposits of the Upper Triassic (Norian) sediments from Lipie Śląskie (southern Poland). In: *Abstracts, 28th LAS Meeting of Sedimentology 2011, Zaragoza, Spain*.
- Konieczna, N., Belka, Z. & Dopierańska, J., 2015. Nd and Sr isotopic evidence for provenance of clastic material of the Upper Triassic rocks of Silesia, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 675–684.
- Konietzko-Meier, D., & Klein, N., 2013. Unique growth pattern of *Metoposaurus diagnosticus krasiejowensis* (Amphibia, Temnospondyli) from the Upper Triassic of Krasiejów, Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 370: 145–157.
- Köppen, A. & Carter, A., 2000. Constraints on provenance of the central European Triassic using detrital zircon fission

- track data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161: 193–204.
- Menning, M., et al., 2011. Beschlüsse der Deutschen Stratigraphischen Kommission 1991–2010 zu Perm und Trias von Mitteleuropa. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 162: 1–18.
- Nawrocki, J., Jewuła, K., Stachowska, A. & Szulc, J., 2015. Magnetic polarity of Upper Triassic sediments of the Germanic Basin in Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 663–674.
- Olempska, E., 2004. Late Triassic spinicaudatan crustaceans from SW Poland. *Acta Palaeontologica Polonica*, 49: 429–442.
- Racki, G. & Szulc, J., 2015. The bone-bearing Upper Triassic of Upper Silesia, southern Poland: integrated stratigraphy, facies and events – introductory remarks. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 553–555.
- Roemer, F., 1870. *Geologie von Oberschlesien*. Eine Erläuterung zu der im Auftrage des Königl. Preuss. Handels-Ministeriums von dem Verfasser bearbeiteten geologischen Karte von Oberschlesien in 12 Sektionen. Nischkowsky, Breslau, 587 pp.
- Słowakiewicz, M., 2003. Fluid inclusion data in calcite from the Upper Triassic hot-spring travertines in southern Poland. *Journal of Geochemical Exploration*, 78–79: 123–126.
- Szulc, J., 2000. Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Tethys Ocean. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 70: 1–48.
- Szulc, J., 2005. Sedimentary environments of the vertebrate-bearing Norian deposits from Krasiejów, Upper Silesia (Poland). *Hallesches Jahrb. Geowiss. Reihe B*, 19: 161–170.
- Szulc, J., 2007. Kajper. In: Szulc, J. & Becker, A. (eds), *International Workshop on the Triassic of southern Poland, Field-trip guide, September 3-8, 2007*. Polish Geological Society, Polish Geological Institute & Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Cracow, pp. 33–41.
- Szulc, J., Gradziński, M., Lewandowska, A. & Heunisch, C., 2006. The Upper Triassic crenogenic limestones in Upper Silesia (southern Poland) and their paleoenvironmental context. In: Alonso-Zarza, A. M. & Tanner, L. H. (eds), *Paleoenvironmental Record and Applications of Calcretes and Palustrine Carbonates*. Geological Society of America, Special Paper, 416: 133–151.
- Szulc, J. & Racki G., 2015a. The Grabowa Formation – the basic lithostratigraphic unit of the Keuper of Silesia. *Przełąd Geologiczny*, 63: 103–113.
- Szulc, J., Racki, G., Jewuła, K. & Środoń, J., 2015b. How many Upper Triassic bone-bearing levels are there in Upper Silesia (southern Poland)? A critical overview of stratigraphy and facies. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 587–626.
- Szulc, J., Racki, G. & Bodzioch, A., 2017. Comment on an early Late Triassic long-necked reptile with a bony pectoral shield and gracile appendages by Jerzy Dzik and Tomasz Sulej. *Acta Palaeontologica Polonica*, 62: 287–288.
- Szulc, J., Racki, G. & Jewuła, K., 2015. Key aspects of the stratigraphy of the Upper Silesian middle Keuper, southern Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85: 557–586.
- Środoń, J., Szulc, J., Anczkiewicz, A., Jewuła, K., Banaś, M. & Marynowski, L., 2014. Weathering, sedimentary, and diagenetic controls of mineral and geochemical characteristics of the vertebrate-bearing Silesian Keuper. *Clay Minerals*, 49: 569–594.
- Tanner, L. 2018. Climates of the Late Triassic: Perspectives, Proxies and Problems. In: Tanner, L. (ed.), *The Late Triassic World - Earth in a Time of Transition*. Topics in Geobiology. Springer, 805 pp.
- Teschner, E. M., Sander, P. M., Konietzko-Meier, D., 2017: Variability of growth pattern observed in *Metoposaurus krasiejowensis* humeri and its biological meaning. *J. Iber. Geol.*,
- Zatoń, M., Piechota, A. & Sienkiewicz, E., 2005. Late Triassic charophytes around bone-bearing bed at Krasiejów (SW Poland) palaeoecological and environmental remarks. *Acta Geologica Polonica*, 55: 283–293.