

TROPY DINOZAUROW Z WCESNOJURAJSKIEGO EKOSYSTEMU Z SOŁTYKOWA W GÓRACH ŚWIĘTOKRZYSKICH

DINOSAUR TRACKS FROM THE EARLY JURASSIC ECOSYSTEM OF SOŁTYKÓW, HOLY CROSS MOUNTAINS

GRZEGORZ NIEDŹWIEDZKI^{1, 2}

Abstrakt. W artykule została przedstawiona rekonstrukcja wczesnojurajskiego zespołu dinozaurów (sprzed około 200 milionów lat) na podstawie danych paleoichnologicznych (skamieniałości śladowych – tropów dinozaurów). W latach 1997–2009 autor zebrał ze stanowiska w Sołtykowie materiał badawczy liczący kilkadziesiąt okazów, wykonał również szereg dokumentacji fotograficznych oraz replik gipsowych (odlewów) z okazów pozostawionych w terenie. Ten materiał to tropy dinozaurów drapieżnych – teropodów oraz roślinożernych zauropodomorfów i wczesnych dinozaurów ptasiomiednicznych. Artykuł zawiera również charakterystykę środowiska abiotycznego oraz innych znalezisk paleontologicznych i paleoichnologicznych (skamieniałości śladowe bezkręgowców). Odślonięcie Sołtyków reprezentuje unikatowy zapis wczesnojurajskiego ekosystemu lądowego, związanego z rozwojem rzeki anastomozująco-meandrującej oraz przyległych do niej obszarów równi zalewowej. Stanowisko to dostarcza danych paleoichnologicznych użytecznych do określenia różnorodności biologicznej, stanu ewolucyjnego i biologii wczesnych dinozaurów oraz innych ówczesnych kręgowców lądowych (gadów ssakokształtnych wczesnych ssaków, lepidozaurów, pterozaurów i wczesnych krokodylomorfów).

Słowa kluczowe: tropy dinozaurów, hetang, wczesna jura, Góry Świętokrzyskie.

Abstract. This paper presents reconstruction of the Early Jurassic dinosaurs assemblage (about 200 million years old) based on paleoichnological data (trace fossils – tracks of dinosaurs). In 1997–2009, the author collected paleontological material counting several tens of specimens from the Sołtyków clay-pit and made photographic documentation in the site, as well as replica plaster (casts) from specimens left in the field. This material contains predatory dinosaur tracks and tracks of herbivorous sauropodomorphs and early ornithischia. This publication also includes description of the abiotic environment and other paleontological finds (e.g., insects, bivalves fossils) and paleoichnological finds (invertebrate trace fossils). The Early Jurassic deposits from Sołtyków represent a unique record of an ecosystem of in-land environment connected with the development of an anastomosing-meandering river and adjacent flood plains. This locality provides paleoichnological data valuable for determining biodiversity, evolutionary position and biology of the early dinosaurs and other terrestrial vertebrates (mammal-like reptiles, early mammals, lepidosaurs, pterosaurs and early crocodylomorphs).

Key words: dinosaur tracks, Hettangian, Early Jurassic, Holy Cross Mountains.

¹ Zakład Paleobiologii i Ewolucji, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, ul. S. Banacha 2, 02-097 Warszawa; e-mail:gniedzwiadki@biol.uw.edu.pl

² Zakład Paleontologii Kręgowców, Instytut Paleobiologii, Polska Akademia Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa; e-mail: gniedz@twarda.pan.pl

WSTĘP

Stanowisko paleontologiczno-geologiczne Sołtyków (rezerwat „Gagaty Sołtykowskie”) jest położone w centralnej części północnego mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (fig. 1), na terenie nadleśnictwa Stąporków (gmina Stąporków, powiat Skarżysko-Kamienna, województwo świętokrzyskie), około 25 km na północ od Kielc. Lokalizacja ta jest też czasami określana w literaturze geologicznej i paleontologicznej jako Odrowąż, od nazwy pobliskiej wsi o korzeniach historycznych, sięgających XII w (miejscowość położona około 1,5 km na południowy zachód od stanowiska). Jednak obecnie najczęściej używaną w literaturze nazwą dla tej lokalizacji jest Sołtyków. Nazwa ta pochodzi od osady położonej na południowy wschód od stanowiska.

Sołtyków to niewielka osada z przystankiem linii kolejowej z początku XX wieku pomiędzy Skarżyskiem-Kamienną na wschodzie, a Końskimi na zachodzie. Miejscowość ta jest znana z funkcjonującej do dzisiaj (z kilkuletnimi przerwami) cegielni, której wyrobiskiem eksploatacyjnym była niegdyś również odkrywkowa kopalnia (tzw. glinianka leśna), stanowiąca obecnie teren rezerwatu geologicznego „Gagaty Sołtykowskie”.

Materiał skalny eksploatowany w kopalni był transportowany do cegielni torami, których nasypy ziemne można obserwować w lesie w pobliżu stanowiska oraz przy drodze leśnej w kierunku cegielni. Wydobyte osadów ilastych do produkcji cegieł było prowadzone również w innych miejscach w rejonie Sołtykowa.

Przedmiotem eksploatacji w kopalni był il kaolinowy, o wysokiej wartości technologicznej. W celu dotarcia do złoża były prowadzone prace odsłaniające kopalnię (zdejmowanie

nadkładu piaskowcowo-mułowcowego i jego składowanie). Efektem tego zabiegu są hałdy poeksploatacyjne położone w rejonie wyrobiska.

Z odsłonięcia pobierano również piaskowiec, który wykorzystywano lokalnie w celach budowlanych (budynki cegielni, stacji kolejowej, budynki gospodarcze we wsi Sołtyków).

Pierwotny plan zagospodarowania wyrobiska w Sołtykowie obejmował budowę na jego terenie wysypiska odpadów komunalnych dla miasta Skarżysko-Kamienna oraz składowiska odpadów przemysłowych. W dnie kopalni znajdują się takie skały jak iłowce i mułowce ilaste, które stanowią doskonały ekran izolujący przepływ wody, co stwarzało dogodne warunki hydrologiczne dla ulokowania tu wysypiska.

Szczęśliwie, na wniosek Państwowego Instytutu Geologicznego w roku 1997 Minister Środowiska utworzył rezerwat „Gagaty Sołtykowskie”. Rezerwat powstał na miejscu wyrobiska kilkadziesiąt lat po ustaniu prac eksploatacyjnych (patrz Wróblewski, 2000). Nazwa rezerwatu pochodzi od występujących w nim tzw. gagatów (w języku angielskim te formy mineralne określane są jako *jet*). Gagat jest smolisto-czarną odmianą węgla brunatnego, impregnowaną substancją organiczną, o charakterystycznym przełamie muszlowym, mający zastosowanie w jubilerstwie (definicja za: Ryka i Maliszewska (1991)). Gagat był nielegalnie eksploatowany w Sołtykowie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku. Zastosowanie wydobywanego gagatu było różne. Sprzedawany był on jako surowiec jubilerski (tzw. odmiany szkliste), a gorszy „gatunkowo” w istocie węgiel brunatny, był używany jako opał w piecach w gospodarstwach domowych.

HISTORIA BADAŃ W STANOWISKU

Pierwsze wzmianki na temat geologii i paleontologii stanowiska w Sołtykowie można odnaleźć w opracowaniu palinologicznym Marcinkiewicz (1957) oraz w opracowaniu zdjęcia geologicznego arkusza Końskie i Przysucha wykonanego przez Krajewskiego (1958).

Marcinkiewicz (1957) zidentyfikowała w osadach liasowych z odsłonięcia w Odrowążu megaspory *Lycostrobis scotti* Nathorst 1908 (= *Nathorstisporites hopliticus* Jung 1958). Krajewski (1958) dokonał wstępnych obserwacji geologicznych i tak opisuje zaobserwowane w tej lokalizacji (odkrywka cegielni w Sołtykowie) osady: „(...) na czerwonych i zielono zabarwionych ilach kajpru leżą oliwkowe, mułkowate łupki. Zawierają one widocznie domieszkę syderytu, bo przy wietrzeniu barwią się na różowo i dają limonityczne skorupy. W ich obrębie występują sferosyderyty do 0,3 m miąższości i 0,5 m średnicy (...). Nad nimi leżą mułki zielonawe z obfitym detrytusem skrzypów i 15 cm warstwą średnioziarnistego piaskowca, gęsto podziurawionego zwę-

glonymi korzonkami. Utwory te przykrywa 2 m warstwa czarnych, węglistych ilów ceramicznych. Szare mułkowate łupki, wietrzejące żółtawo, występują też w wyższych seriach retyku, gdzie przeławicają je drobnoziarniste często płytkowate piaskowce. Ogólnie ku górze ilość piaskowców wzrasta a niektóre ich warstwy osiagają kilka metrów miąższości. Obfity detrytus łodyg skrzypów i częste ślady po korzonkach są ich stałą cechą.”.

Opis ten ogólnie odpowiada obecnie obserwowanej w odsłonięciu sytuacji geologicznej. Jest on jednak bardzo uproszczony (cele kartograficzne) i pozbawiony interpretacji sedymentologicznej.

Prace badawcze związane z rozpoznaniem geologicznym (kartografią geologiczną) były prowadzone w Sołtykowie w latach sześćdziesiątych przez W. Karaszewskiego (*vide* Karaszewski, 1960, 1962). Problematyką geologiczną i paleontologiczną osadów z Sołtykowa zajmował się również J. Kopik (*vide* Karaszewski, Kopik, 1970). W latach siedem-

dziesiątych, osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych G. Pieńkowski, wykonał nowoczesną analizę sedymentologiczną stanowiska, wykorzystując również profile otworów wiertniczych z terenu i okolic odsłonięcia. Na podstawie regionalnej analizy stratygraficzno-sekwencyjnej ustalił wiek odsłonięcia na wczesny hetang (*vide* Pieńkowski, 1980, 1983, 1991, 1998, 2004a, b; Pieńkowski, Gierliński, 1987).

W Sołtykowie zostały przeprowadzone szczegółowe badania palinologiczne (*vide* Ziaja, 1989, 1991, 1992, 2004, 2006) oraz badania paleobotaniczne (Reymanówna, 1987, 1991a, b, 1992; Reymanówna i in., 1987; Wcisło-Luranc, 1987, 1991a; 1992a; Ziaja, Wcisło-Luranc, 1998, 1999; Barbacka i in., 2006, 2007, 2010).

Popov (1996) oraz Węgierek i Zherikhin (1997) opisali występującą w osadach z Sołtykowa paleontofaunę. Wiele uwagi poświęcono występującym w Sołtykowie skamieniałościom śladowym kręgowców (*vide* Gierliński 1991, 1994; Gierliński, Niedźwiedzki, 2002; Gierliński, Pieńkowski, 1999; Gierliński, Sawicki, 1998; Gierliński i in., 2001, 2004; G. Niedźwiedzki, D. Niedźwiedzki, 2001, 2004; Niedźwiedzki, 2006; Pieńkowski, Gierliński, 1987). W skałach tego odsłonięcia występują liczne ślady dinozaurów drapieżnych (Theropoda) oraz zauropodomorfów (Sauropodomorpha). Opisane były również ślady wczesnych dinozaurów ptasiomiednicznych (Ornithischia), ślady gadów ssakokształtnych (cynodontów), wczesnych ssaków, lepidozau-

rów, pterozaurów oraz ślady krokodylomorfów i pterozaurów. Bardzo liczne są też znaleziska ichtnofauny bezkręgowcowej, która charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem (Pieńkowski, 1985, 2004a, b; Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2006, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009).

W ostatnich latach stanowisko w Sołtykowie dostarczyło również unikatowych znalezisk kostnych dinozaurów. W niższej części profilu zostały znalezione izolowane elementy szkieletowe: kręgi, kość miednicy, kawałki kości długich oraz zęb, należące prawdopodobnie do dinozaura drapieżnego.

Interesujące są również inne pozostałości po dinozaurach odkryte w tym stanowisku geologicznym. Pieńkowski (1998, 1999) opisał z Sołtykowa struktury związane z jajami dinozaurów (*etiam* Sabath i in., 1999). W osadach jeziornych udało się również znaleźć koprolity dinozaurów (skamieniałe odchody) i prawdopodobnie gastrolity (kamienie żołądkowe).

Na etapie opracowania naukowego znajdują się skamieniałości konchostraków, szczątki dinozaurów oraz nowe znaleziska tropów i struktur pojajowych dinozaurów. Na szczególną uwagę zasługuje znalezisko konchostraków (oznaczone przez H. Kozura na podstawie fotografii) z gatunku *Bulbilimnadia killianorum* Kozur, Weems et Lucas, 2010, potwierdzającego wczesnohetandzki wiek odsłonięcia (H. Kozur – inf. ustna, 2009).

METODY I MATERIAŁ BADAWCZY

Prezentowany w artykule materiał badawczy został udokumentowany i częściowo zebrany w latach 1997–2009 z terenu objętego ochroną prawną oraz z obszaru hałd poeksploatacyjnych. Okazy te zostały włączone do kolekcji tematycznych w jednostkach muzealnych (patrz niżej). W skład zgromadzonego materiału badawczego wchodzi: skamieniałości śladowe kręgowców – głównie tropy dinozaurów (kilkadziesiąt okazów), ale również szczątki kostne kręgowców (kilka okazów łusek i fragmentów kości). W trakcie badań udało się znaleźć liczne skamieniałości śladowe zwierząt bezkręgowych oraz skamieniałości roślin, małżów, małżoraczków i konchostraków (łącznie kilkaset okazów). Część analizowanych w tej pracy materiałów została zebra-

na przez innych badaczy i pochodzi z kolekcji naukowych lub muzealnych z instytutów badawczych i jednostek muzealnych. Materiał prezentowany w tym artykule został zdeponowany w kolekcjach Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie, Oddziału Świętokrzyskiego w Kielcach oraz w Muzeum Przyrody i Techniki w Starachowicach. Kilka z prezentowanych w niniejszym artykule okazów znajduje się w kolekcjach prywatnych bądź w zbiorach tymczasowych (okazy z Nadleśnictwa w Stąporkowie). Kilkanaście okazów ilustrowanych na fotografiach uległo zniszczeniu w wyniku dewastacji i nielegalnej działalności poszukiwaczy gagatu.

TŁO PALEOGEOGRAFICZNE I PALEOŚRODOWISKOWE STANOWISKA SOŁTYKÓW

Dane paleogeograficzne uzyskane dzięki badaniom geofizyków wskazują, że pozycja Europy w okresie wczesnej jury znajdowała się pomiędzy 20 a 45 równoleżnikiem północnym (Golonka i in., 1996; Scotese, 2002; Golonka, 2004). Pozycja obecnego obszaru Polski, a zatem ekosystemu z Sołtykowa, znajdowała się najprawdopodobniej między 30 a 40 równoleżnikiem, na zachodnim brzegu wielkiego łądu Laurazji

(*vide* Chandler i in., 1992; Golonka i in., 1996). W czasie wczesnego hetangu stanowisko Sołtyków znajdowało się około 600–700 km od brzegu epikontynentalnego morza Europy Zachodniej (fig. 1), w południowo-wschodniej części basenu sedymentacyjnego określonego mianem bruzdy środkowopolskiej (*vide* Pieńkowski, 2004a, b). Struktura ta kształtowała rozwój środowisk depozycyjnych w obrębie tzw. pol-

skiej części basenu sedimentacyjnego wczesnej jury (*vide* Pieńkowski, 2004a).

Dla tego okresu istnieje również kilka schematów paleoklimatologicznych, które są bardzo ściśle powiązane z aspektami paleogeograficznymi i paleoekologicznymi (*vide* Chandler i in., 1992; *etiam* Sellwood, Valdes, 2006; Barrón i in., 2006; Bonis i in., 2009). Istniejące opinie, co do warunków klimatycznych panujących w okresie najwcześniejszej jury (czyli w hetangu) na naszej planecie są rozbieżne. Chandler i inni (1992) oraz McElwain i inni (1999) sugerują, że był to okres globalnego ocieplenia. Z drugiej strony Hallam (1985), Hubbard i Boutler (2000) przytaczają argumenty za chłodnym epizodem na granicy trias–jura. Obecnie coraz częściej przyjmuje się, że był to okres znacznego ocieplenia klimatu, związanego z aktywnością wulkaniczną na prze-

łomie triasu i jury, ale z częstymi fluktuacjami klimatycznymi (Pieńkowski i in., 2012, w druku). W tym czasie powstały wielkie formacje bazaltowe, tzw. centralnej atlantyckiej prowincji magmatycznej (z ang. *CAMP*). Zagadnienia paleoekologiczne związane z aspektami paleoklimatycznymi i biotycznymi są szeroko opisywane i komentowane w licznych pracach zamieszczonych w specjalnym tematycznym tomie *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, pod redakcją Hesselbo, McRoberts i Pálfy (2007). Interesujących danych na ten temat dostarczają również najnowsze prace związane z rekonstrukcją chronologii zdarzeń abiotycznych i biotycznych w rejonie granicy triasu i jury (*vide* Lindström, Erlström, 2006; Marynowski, Simoneit, 2009; Götz i in., 2009; Pieńkowski i in., 2012, w druku).

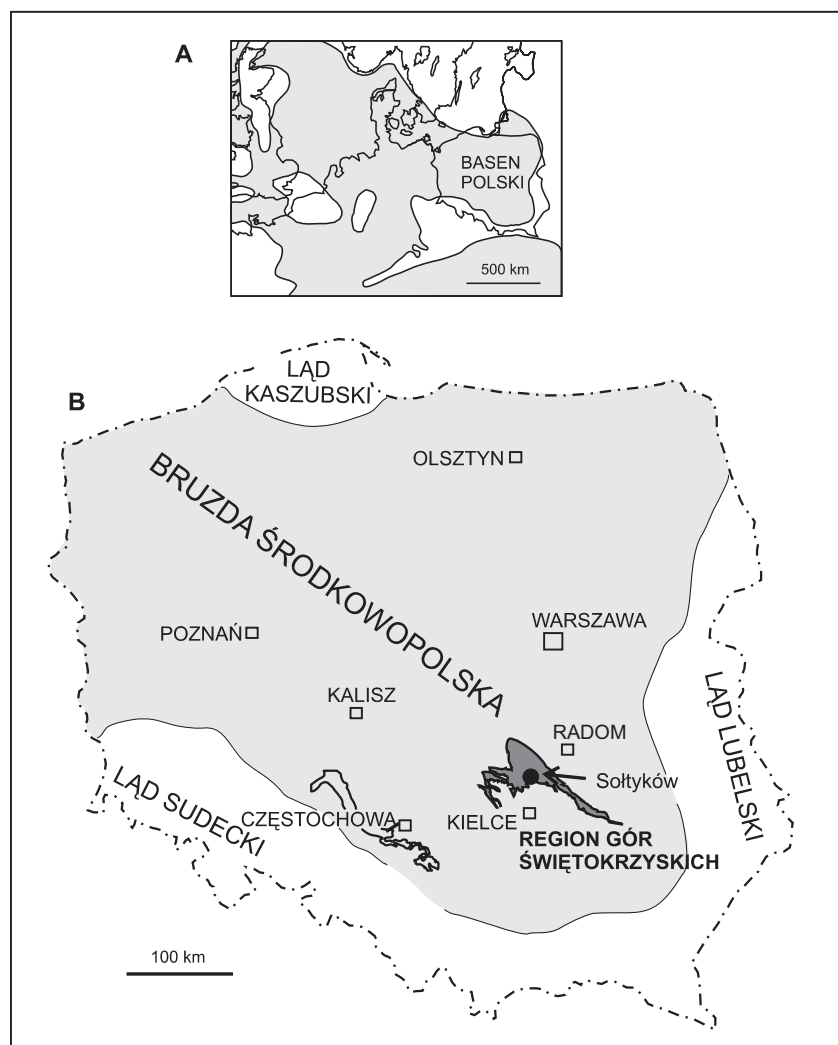


Fig. 1. Lokalizacja stanowiska w Sołtykowie na tle zasięgu kontynentalnych utworów najniższego hetangu w Europie (A) i w Polsce (B), (według Pieńkowskiego, 2004a, uproszczone)

Location of the Sołtyków site on the background of the extent of continental deposits of the lowermost Hettangian in Europe (A) and Poland (B), (after Pieńkowski, 2004a, simplified)

Znaleziska paleobotaniczne z Sołtykowa (makroszczałki roślin paprotnikowych oraz nagonasiennych) wykazują, że wówczas na obszarze Gór Świętokrzyskich panowały zmien-

ne warunki środowiskowe, co związane było ze nagłymi zmianami klimatycznymi lub istnieniem pory suchej lub deszczowej (*vide* Gierliński i in., 2004).

PROFIL GEOLOGICZNY SOŁTYKOWA I JEGO POZYCJA W PROFILU JURY DOLNEJ W GÓRACH ŚWIĘTOKRZYSKICH

Odsłaniające się w Sołtykowie kontynentalne utwory mułowcowo-piaszczyste reprezentują dolną część formacji zagajskiej, uznawaną za początek I sekwencji depozycyjnej (parasekwencja Ia) utworów jurajskich w Polsce (Pieńkowski, 1983, 1991, 1997, 2004a, b; Pieńkowski, Gierliński, 1987; Gierliński, Pieńkowski, 1999). Pełen profil utworów dolnojurskich w Sołtykowie został rozpoznany płytkim wierceniem (por. Pieńkowski, 1980; Pieńkowski, Gierliński, 1987; Pieńkowski, 2004a, b), w odsłonięciu jest widoczny fragment tego profilu (*fig. 2*). Występowanie wśród zidentyfikowanej kopalnej flory takich gatunków jak *Hirmeriella muensteri* (Schenk) Jung i *Phlebopteris angustiloba* (Presl) Hirmer (*vide* Wcisło-Luranc, 1991), a także miospor *Ara-trisporites minimus* Schultz (*vide* Ziaja, 1991, 2006) potwierdza wczesnojurski wiek tych osadów w przedziale hetang-wczesny synemur.

Jak wspomniano, dokładny wiek formacji określany na wczesny hetang (parasekwencja I a, najstarsza w obrębie sekwencji I) został określony na podstawie analizy stratygraficzno-sekwencyjnej (Pieńkowski, 1991, 2004a, b) oraz nowych znalezisk paleontologicznych, istotnych dla biostratygrafii osadów kontynentalnych (znaleziska konchostraków z rodzaju *Bulbilimnadia*, H. Kozur – inf. ustna, 2009).

KRÓTKI RYS GEOLOGICZNO-SEDYMENTOLOGICZNY

Analizy sedymentologiczne profilu z Sołtykowa obejmowały szereg obserwacji wykonanych w terenie, w odsłonięciach o czytelnym zapisie zmienności cech litologicznych oraz ich dystrybucji horyzontalnej (Pieńkowski, 1980, 1983, 1991, 2004a, b). Ze względu na ograniczenia wynikające z dostępności określonych partii profilu szczególną uwagę poświęcono do tej pory osadom rzeczonym z wyższej części profilu.

Profil widoczny w Sołtykowie można podzielić na trzy części. Część dolna obejmuje osady glików krewasowych z miejscowym zapisem zbiorników efemerycznych (heterolitów piaskowcowo-mułowcowych ze szczelinami z wysychania). Część środkowa obejmuje osady równi zalewowej oraz osady powstałe w jeziorze i na obszarach podmokłych (np. na bagnach i mokradłach). Najwyższa część profilu to osady związane z kanałami rzeczonymi, glikami krewasowymi oraz nasypami brzegowymi (*vide* Pieńkowski, 2004b). W skróconym opisie sedymentologicznym załączonym do

tej publikacji korzystano z danych przedstawionych w Gierliński i inni (2004), Pieńkowski (2004a, b), Pieńkowski i Niedźwiedzki (2009) oraz nowych obserwacji terenowych.

SYSTEMY DEPOZYCYJNE

W Sołtykowie odsłaniają się różnorodne osady środowisk korytowych i pozakorytowych rzeki o warkoczowym (anastomozującym) układzie koryt o wysokiej krętości. Szczegółową interpretację genezy tych osadów przedstawił Pieńkowski (2004a, b). Duży udział w tym profilu utworów pozakorytowych sugeruje z jednej strony na szybką subsydencję kompensowaną sedymentacją, z drugiej na niewielką oboczną migrację koryt, co nie doprowadziło do dominacji typowych utworów korytowych w tym profilu. Zapis lokalnie występującej bocznej migracji koryt jest związany z wielkoskalowymi powierzchniami nachylonymi pod małym kątem prostopadle do kierunków migracji form dennych i innych prądowych struktur sedymentacyjnych, gdzie warstwowania oddają lokalny kierunek przepływu prądu. W odsłonięciu obserwować można również interesujące kontakty erozyjne osadów korytowych z osadami równi zalewowej. Są one najlepiej widoczne na świeżych progach erozyjnych w ścianie zlokalizowanej w centralnej części odsłonięcia. Kluczowym czynnikiem wiodącym do zmiany przebiegu koryt miały procesy awulsji (przerzucania koryta w nowe miejsce na równi zalewowej w czasie stanu powodziowego rzeki), udokumentowane rozwojem glików krewasowych w spągu nowego koryta rzecznego.

Utwory równi zalewowej (podmokłej ze śladami efemerycznych zbiorników z okresowymi jeziorami, które są wykształcone jako bogate w substancję węglistą mułowce i iłowce, podrzędnie mułowce-piaszczyste oraz węgle) zawierają właśnie liczne soczewkowe litosomy, związane z glikami krewasowymi. Litosomy te mają niekiedy gradacyjne, a nieco częściej erozyjne spągi (odpowiednio typy krewas I i II według podziału Farrela, 2001; *vide* Pieńkowski, 2004a, b). W przypadku, gdy w spągach glików krewasowych występują gradacyjne utwory mułowcowo-piaszczyste mamy do czynienia ze stopniową progradacją koryta rzecznego na nowe miejsce na równi zalewowej. Takie cechy wskazują na warkoczowy (anastomozujący) charakter rzeki (Farrel, 2001; Pieńkowski, 2004a, b). Z drugiej strony, w odsłonięciu rejestruje się również kanały glików krewasowych

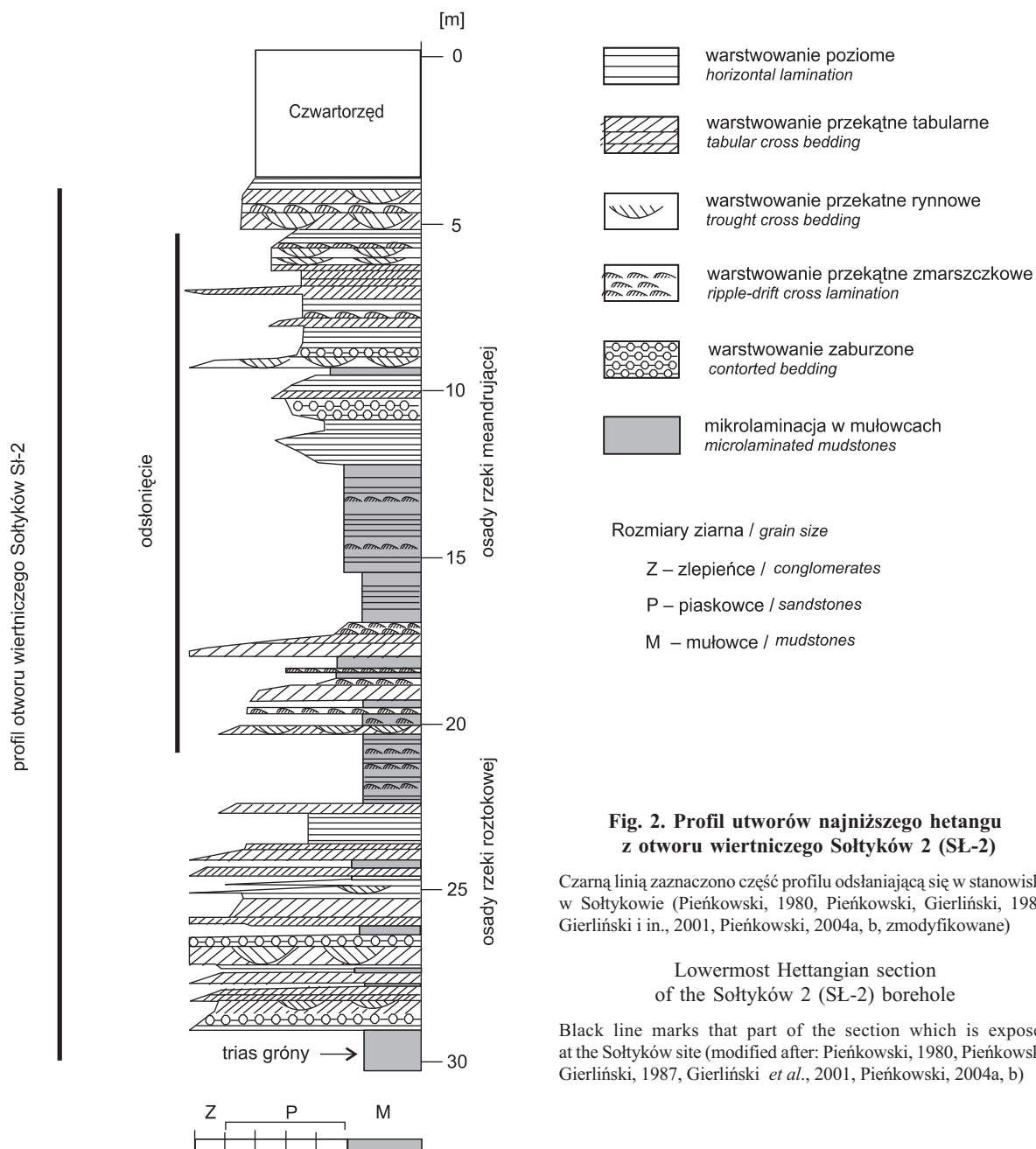


Fig. 2. Profil utworów najniższego hetangu z otworu wiertniczego Sołtyków 2 (SŁ-2)

Czarną linią zaznaczono część profilu odsłaniającą się w stanowisku w Sołtykowie (Pieńkowski, 1980, Pieńkowski, Gierliński, 1987, Gierliński i in., 2001, Pieńkowski, 2004a, b, zmodyfikowane)

Lowermost Hettangian section
of the Sołtyków 2 (SŁ-2) borehole

Black line marks that part of the section which is exposed at the Sołtyków site (modified after: Pieńkowski, 1980, Pieńkowski, Gierliński, 1987, Gierliński *et al.*, 2001, Pieńkowski, 2004a, b)

(czyli struktury proksymalne wachlarza gliku) o erozyjnych spągach, co wraz ze wspomnianą obecnością efektów bocznej migracji koryt rzecznych w postaci wielkoskalowych nachylonych powierzchni (i związanych z nimi warstwowań skośnych) wskazuje na kręty, meandrujący charakter tych koryt, przynajmniej w początkowym stadium ich rozwoju (Pieńkowski, 2004a, b). Należy podkreślić, że ogólnie anastomozująco/awulsyjny charakter przemieszczania się koryt rzecznych po wczesnojurajskiej równi aluwialnej w Sołtykowie nie wyklucza obocznej migracji koryt, zwłaszcza przy ich wysokiej krętości (Aslan, Autin, 1999). Warkoczowy (anastomozujący) układ koryt rzecznych w dawnym ekosystemie w Sołtykowie połączony ze znacznym tempem subsydencji (obniżania) tego obszaru we wczesnej jurze (patrz

Brański, 2002, 2006) tłumaczy, dlaczego była możliwa akumulacja znacznej miąższości pozakorytowych utworów jeziorno-bagiennych. Obszar północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich znajdował się w południowo-wschodniej części wczesnojurajskiego basenu polskiego (fig. 1). Obejmuje on zachodnią część jednostki radomsko-łysogórskiej, a zasadniczy element paleostrukuralny stanowił segment świętokrzyski, tzw. bruzdy śródpolskiej, na którą we wczesnej jurze oddziaływały zarówno procesy tektoniczne, jak i eustatyczne (*vide* Pieńkowski, 1991, 2004a, b; Brański, 2002).

Powyższy opis dotyczy tylko odsłoniętego fragmentu profilu, ponieważ jego najniższa część (około 3 metrów miąższości), poznana na podstawie profilu otworu wiertni-

czego (Pieńkowski, 1980, 2004a, b), wykazuje nieco inne cechy – żółtopomarańczowe barwy, przewagę utworów grubookruchowych (gruboziarniste piaskowce oraz zlepieńce), nieliczne i nie w pełni rozwinięte poziomy glebowe z niewielką ilością rizoidów, szczątki napławionej flory, występujące wyłącznie w postaci utlenionej. W rdzeniu tym zaznacza się również wyraźnie występowanie licznych cykli prostych z erozyjnymi spągami, wielkoskalowego warstwowania przekątnego i bardzo niewielki udział pozakorytowych utworów mułowcowych. Cechy te wskazują na środowisko rzeki roztokowej i bardziej suchy klimat, tak więc w najniższej części profilu Sołtykowa, w najwcześniejszym hetangu lub nawet w późnym retyku (późnym triasie), zaznaczyła się na obszarze Gór Świętokrzyskich zmiana klimatu na wilgotniejszy. W profilu przejawia się ona jako zmiana charakteru środowiska rzeczno-roztokowego na awulsyjny/anastomozujący o wysokiej krętości koryt, związany z wysokim poziomem wód gruntowych (Pieńkowski, 2004a, b).

Wśród osadów jeziornych można obserwować rozciągnięte na znacznym obszarze dwa poziomy pedogeniczne (glebowe), które wyraźnie zaznaczyły się w mułowcowo-iłastym zapisie sedimentologicznym, ponieważ wykazują znaczny stopień zliżyfikowania osadu, z którego są zbudowane. W osadach tych występują masowe nagromadzenia korzeni roślin z zachowaną substancją węglistą oraz korzenie w formie rizokongregacji sferolitowych lub sydereytowych. Można również rozpoznać w nich liczne bioturbacje zwierząt bezkręgowych oraz szczątki makroflory.

W niższej części profilu występują również osady efemerycznych zbiorników, które rozwijały się prawdopodobnie na obszarze równi zalewowej. Są to osady piaskowcowo-mułowcowe z przewarstwieniami ilastymi. W osadach tych występują również struktury deformacyjne w formie szczelin z wysychania, lecz są one sporadycznie znajdowanym elementem w osadach w Sołtykowie. Częściej występują tzw. szczeliny dehydratacyjno-kompakcyjne, bardzo przypominające szczeliny z wysychania. Są to jednak struktury postdepozycyjne, które powstały wewnątrz osadu już po jego depozycji i wstępnej diagenecie.

W obrębie osadów glifów krewasowych w wyższej części odsłonięcia występują interesujące wielozestawy ławic piaskowca, które wskazują na periodyczne dostawy materiału detrytycznego do budowy wachlarza glifu krewasowego (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009). Być może jest to zapis kolejnych fal powodziowych opuszczających koryto rzeczne i wpływających na „cykliczną” sedimentację w obrębie glifów krewasowych. Z taką cykliczną sedimentacją ściśle wiążą się nory *Ptychoplasma conica* (Pieńkowski, Uchman, 2009) pozostawione przez małże, a także ślady ucieczki i tanatocenozy tych małżów.

W niższej części odsłonięcia występują również zagadkowe półkoliste, galeryjne struktury zbudowane z osadów piaskowcowych i mułowcowych, które przepelnione są strukturami wtórnymi w formie sferolitów kulistych. Oglądając te struktury ma się wrażenie, że są to formy budowlne z zachowaną pierwotną morfologią (czyli nie są to formy powstające

w wyniku erozji osadu). Te koliste i galeryjne struktury mogą być związane z aktywnością zwierząt kręgowych np. bytujących na tym obszarze dinozaurów, których liczne ślady występują nieopodal powierzchni z enigmatycznymi strukturami. Mogą reprezentować na przykład struktury gniazdowe (patrz Pieńkowski, 1998, 2004b), zdegradowane ślady dużych zauropodów lub wygrzebane w piasku i mule zagłębienia służące do odpoczynku lub kąpieli błotnych?

FORMACJA ZAGAJSKA

Utwory formacji zagajskiej opracowano zarówno na podstawie odsłoneń, jak i profili otworów wiertniczych (Pieńkowski, 1983, 1997, 2004a, b). Pozwoliło to na wykorzystanie wzajemnie uzupełniających się danych: pionowych sekwencji z profili otworów wiertniczych i obserwacji z odsłoneń. Klastyczne (silikoklastyczne) osady formacji zagajskiej zawierają piaskowce, mułowce, w mniejszej ilości ilowce i zlepieńce. W osadach tej formacji występują również przeławiczenia węgla oraz sydereytów. Nazwa formacji pochodzi od przysiółka Zagaje koło Gromadzie (rejon Ostrowca Świętokrzyskiego), gdzie występują naturalne wychodnie tego typu osadów i jako formalną nazwę litostratygraficzną wprowadził ją Pieńkowski (2004a), przyjmując wcześniejsze nieformalne nazewnictwo Karaszewskiego (1960, 1962). Dawniej formację zagajską określano mianem serii zagajskiej (warstw zagajskich) lub warstw węglowo-rudnych (vide Karaszewski, Kopik, 1970). Lokalizacją typową tej formacji jest profil otworu wiertniczego Miłków-Szewna na głębokości 69,0–123,0 m (położone w niedużej odległości od wsi Zagaje). Hipostratotypami formacji są: otwór wiertniczy Huta OP-1 (na głębokości 32,5–190,0 m); odsłonięcie w Sołtykowie; dolne odsłonięcie w Gromadzie (tzw. Gromadzie A lub Gromadzie dolne). Maksymalna odnotowana miąższość formacji to 157,5 m (otwór wiertniczy Huta OP-1). Rdzenie z otworów geologicznych Miłków-Szewna oraz Huta OP-1 są przechowywane w Archiwum Rdzeni Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.

Dolną granicą formacji jest powierzchnia erozyjna wykształcona na osadach górnotriasowych, głównie wieku norzyckiego, choć miejscami (Parszów) mogły się zachować utwory retyckie (tzw. „szare warstwy parszowskie”; vide Karaszewski, 1962). W regionie świętokrzyskim osady późnego triasu są reprezentowane przez utwory kontynentalne, zabarwione (czerwone, zielono-brunatne i pstre) z facji tzw. kajpru. Charakter erozyjny dolnej granicy sugeruje hiatus stratygraficzny (lukę sedimentacyjną) związany z granicą sekwencji (Pieńkowski, 2004a). Potwierdzają to wstępne wyniki analiz paleobotanicznych (palinologicznych) oraz porównania o charakterze litostratygraficznym z innymi regionami w Polsce (vide Fijałkowska-Mader, 1998; Pieńkowski, 2004a i cytowane tam prace). Dokładne określenie luki sedimentacyjnej oraz stratygraficznej będzie możliwe po szczegółowych analizach wykonanych na bazie już istniejących wierceń oraz na podstawie nowych danych. W Państ-

wowym Instytucie Geologiczny – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie opracowywany jest rdzeń otworu wiertniczego zawierający osady pogranicza triasu i jury (około 200 metrów miąższości), pochodzący z Niekłania (Pieńkowski, Brański – inf. ustna, 2010). Wyniki analiz tego rdzenia pozwolą wyjaśnić wielkość luki stratygraficznej pomiędzy formacją zagajską a osadami kajpru w centrum depozycyjnym świętokrzyskiego segmentu bruzdy śródpolskiej. Dane z tego profilu mogą być bardzo istotnym elementem w rekonstrukcji zdarzeń sedymentacyjnych na granicy triasu i jury w regionie świętokrzyskim. Ważnych danych do rozwiązania tego problemu mogą również dostarczyć dane z osadów na granicy trias/jura odsłaniających się w rejonie Gromadziec.

Górna granica formacji zagajskiej to jednocześnie powierzchnia transgresji, która reprezentuje kontakt węglonowych mułowców z osadami heterolitycznymi i piaskowcowymi płytkiego zbiornika brakicznego lub lagunowego, reprezentowanymi przez formację skłobską (Pieńkowski, 1980, 1983, 2004a).

Utwory formacji zagajskiej zawierają wyłącznie faunę słodkowodną: małże, konchostraki (*Bulbilimnadia kilianorum*), małżoraczki (*Darwinula* sp.) oraz skamieniałości pluskwiaków i chrząszczy wodnych (Karaszewski, Kopik, 1970; Pieńkowski, 1983, 2004a, b; Węgierek, Zherekhin, 1997).

Z osadów tej formacji z różnych stanowisk pochodzą również znaleziska bogatego zespołu ichnoskamieniałości zwierząt: tropy kręgowców oraz liczne i zróżnicowane skamieniałości śladowe bezkręgowców (*vide* Gierliński i in., 2004; Pieńkowski, 2004b; Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2006, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009). W rejonie przedborskim do formacji zagajskiej przypisano niekiedy, również skamieniałości otwornic (Karaszewski, 1962). Jednak znalezisko to wiąże się ewidentnie z formacją skłobską (Pieńkowski, 1983, 2004a), co wynika z precyzyjnego określenia granicy formacji zagajskiej i skłobskiej (Pieńkowski, 1980, 2004a).

Rozprzestrzenienie formacji zagajskiej jest duże i obejmuje praktycznie cały epikontynentalny basen Polski z wyjątkiem regionu mazurskiego i częstochowskiego (*vide* Pieńkowski 2004a). Wiekowymi i środowiskowymi ekwiwalentami formacji zagajskiej w innych częściach Europy są: dolna część formacji Höganäs ze Skanii (południowa Szwecja) – ogniwo Bjöv oraz dolna część ogniwa Helsinborg (warstwy Boserup); ogniwo Munkrup z Bornholmu; formacja Gassum z Danii. Należy pamiętać, że na Pomorzu wiekowo ta litoformacja obejmuje też utwory późnoretyckie, a w części regionu wielkopolskiego, na Podlasiu i Mazurach może sięgać wiekowo synemuru (Pieńkowski, 2004a), co wynika z zachowania utworów późnego retyku lub kontynuacji poza centrum bruzdy śródpolskiej sedymentacji kontynentalnej (rzecznej i jeziorno-bagiennego) w czasie geologicznym.

Osady formacji zagajskiej to głównie osady piaskowcowe pochodzenia fluwialnego. W regionie świętokrzyskim oraz w Polsce centralnej lokalnie spotykamy też w obrębie

tej litoformacji osady mułowcowe i ilaste z poziomami pedogenicznymi i warstwami węgla, które są pochodzenia jeziorno-bagiennego. Osady te wyróżnione zostały przez Pieńkowskiego (2004a) jako ogniwo mułowców z Huty.

POZYCJA LITOSTRATYGRAFICZNA I BIOSTRATYGRAFICZNA ODSŁONIĘCIA W SOŁTYKOWIE

Pozycja litostratygraficzna profilu z odsłonięcia Sołtyków jest dobrze poznana (*vide* Pieńkowski, 2004a, b). Dzięki licznym otworom wiertniczym wykonanym na północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich wiadomo, że osady tego typu występują w najniższej części profilu jury dolnej wyłącznie w tym regionie. Istotny był również fakt przewiercenia pod osadami w omawianym stanowisku (otwór wiertniczy Sołtyków-2) czerwonych osadów kajpru, które są dobrym poziomem korelacyjnym dolnej granicy tej litoformacji w skali całego regionu świętokrzyskiego. Miejscami, pod osadami formacji zagajskiej (np. Parszów) mogą jednak występować szare osady retyckie (patrz wyżej), jednak wtedy powinny one zostać także zaliczone do formacji zagajskiej, tak jak zasugerowano to na Pomorzu (Pieńkowski, 2004a).

Zagadnienia związane z biostratygrafią osadów z Sołtykowa nie zostały dotychczas do końca wyczerpane. Pod kątem biostratygraficznym zostały opracowane z tej lokalizacji palinomorfy (mikrospory i pyłki) oraz wstępnie makroszczałki roślin (*vide* Ziaja, 2006; Barbacka i in., 2006, 2007, 2010). Wykonane na podstawie tych danych interpretacje wiekowe nie są jednak precyzyjne (wskazują na przedział hetang–wczesny synemur), co nie wynika z małej rozdzielczości zastosowanych metod, a raczej z problemów właściwej korelacji już uzyskanych danych z profilami „stratotypowymi” oraz określenia prawdziwej rangi stratygraficznej i korelacyjnej zidentyfikowanych taksonów. W osadach jeziornych występują liczne megaspory, które również mogą być pomocne w badaniach stratygraficznych.

W Sołtykowie występują również inne skamieniałości, które mogą okazać się bardzo pomocne do precyzyjnego określenia wieku osadów. Są to małżoraczki (Ostracoda) i konchostraki (Conchostraca), których skamieniałości znane są już z tej lokalizacji od dawna (*vide* Karaszewski, Kopik, 1970). Ostatnio (*vide* Kozur, Weems, 2005, 2010) wzrasta zainteresowanie zastosowaniem biostratygraficznym skamieniałości tych grup organizmów, które mogą mieć bardzo istotne znaczenie korelacyjne o zasięgu kontynentalnym i międzykontynentalnym. Fauna konchostraków i małżoraczek z Sołtykowa jest obecnie tematem badań biostratygraficznych. Z wstępnych ustaleń wynika, że w faunie tej występują dwa gatunki konchostraków (z rodzaju *Bulbilimnadia* i prawdopodobnie *Euestheria*) oraz prawdopodobnie dwa gatunki małżoraczek (z rodzaju *Darwinula*).

Podsumowując informacje o biostratygrafii osadów z Sołtykowa należy podkreślić, że występująca w odsłonięciu kopalna makroflora zawiera takie gatunki jak *Hirmeriella muensteri* (Schenk) Jung i *Phleboteris angustiloba* (Presl) Hirmer (vide Wcisło-Luranc, 1991; Barbacka i in., 2006), a mikroflora zawiera miospory *Aratrisporites minimus* Schultz (Ziaja, 1991, 2006) i megaspory *Lycostrobus scotti* Nathorst (= *Nathorstisporites hopliticus* Jung), (Marcinkiewicz, 1957), co wskazuje na wczesnojurajski wiek tych osadów w przedziale hetang–wczesny synemur. Wiek litostratygraficzny formacji zagajskiej (parasekwencja Ia, najstarsza w obrębie sekwencji depozycyjnej I) został określony na podstawie analizy stratygrafii sekwencyjnej na najniższy hetang (Pieńkowski, 1991, 2004a). Skamieniałości konchostraków w pełni potwierdzają ten wiek (H. Kozur – inf. ustna, 2009).

BIOFACJE

Ze względu na dystrybucje określonego typu szczątków organicznych (skamieniałości strukturalnych oraz detrytusu organicznego) można w profilu w Sołtykowie wyróżnić następujące biofacje:

1. Biofacja koryta rzecznoego – zawierająca skamieniałości małżów oraz napławione szczątki roślin o dużych rozmiarach (łodygi i pnie dużych roślin). Szczątki roślin w tej biofacji często są pozbawione materii organicznej (substancji węglistej, czyli węgla organicznego), posiadają natomiast dobrze zachowane piaskowcowe odlewy łodyg.

2. Biofacja glifu krewasowego – z nielicznymi śladami korzeni roślin oraz szczątkami roślin napławionych o bardzo zmiennych rozmiarach (głównie detrytusu organicznego, ale również fragmentów drewna). Osady te zawierają również fragmenty skorupki małżów oraz szczątki kręgowców (kości, łuski ryb).

3. Biofacja zbiornika efemerycznego – ze szczątkami roślin, głównie skrzypów oraz skamieniałościami owadów, małżoraczków i konchostraków.

4. Biofacja pedogeniczna (glebowa) – ze szczątkami korzeni roślin z zachowaną materią organiczną oraz kłaczy i łodyg w pozycji przyżyciowej.

5. Biofacja równi zalewowej – ze śladami licznych korzeni roślin i makroszczątkami roślin, oraz szczątkami łodyg roślin zachowanymi w pozycji przyżyciowej.

6. Biofacja jeziorno-bagienna – z nielicznymi skamieniałościami małżów, dużą ilością materii organicznej w formie detrytusu roślinnego oraz warstewkami węgla i licznymi stanowiskami miospor i megaspor.

ZAPIS PALEOICHOFAKALNY

Zapis paleoichnofakalny obejmuje zespoły skamieniałości śladowych w odniesieniu do środowiska w którym powstały. Wyróżnić można cztery paleoichnofacje oraz kilka subichnofacji związanych z pojawianiem się specyficznych warunków w środowisku rzecznoym lub jeziornym (np. wysychanie, fale powodziowe). W Sołtykowie rozpoznano kilkadziesiąt ichnotaksonów, w tym formy nowe dotychczas nieopisywane w literaturze paleoichnologicznej (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2006, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009). Analiza skamieniałości śladowych obejmowała ślady zwierząt bezkręgowych i kręgowych (krokodylomorfów, jaszczurkomorfów, gadów ssakokształtnych, prassaków oraz dinozaurów; vide Gierliński i in., 2001, 2004). Do analizy paleoichnofakalnej można również włączyć wstępnie zaprezentowane w tej pracy stanowiska koprolitów (skamieniałych odchodów), nor (ich wypełnień) oraz struktur gniazdowych i pojąjowych kręgowców (vide Pieńkowski, 1998, 1999; Sabath i in., 1999).

Problemem rozpoznania ichnofacji w profilu Sołtykowa zajęli się Gierliński i in. (2004), Pieńkowski i Niedźwiedzki (2006, 2009) oraz Pieńkowski i Uchman (2009). Autorzy wskazali obecność kilku ichnofacji w profilu oraz wyróżnili szereg typów etologicznych skamieniałości śladowych.

Analizując dystrybucje określonego typu skamieniałości śladowych zwierząt (vide Kim i in., 2002; Hasiotis, 2004) można obecnie wyróżnić w Sołtykowie cztery zespoły (ichnofacje) związane z różnymi środowiskami depozycji, a co za tym idzie odmiennym zespołem organizmów:

1. Ichnofację jeziorną, która jest określaną w literaturze ichnologicznej terminem *Mermia*. Zawiera skamieniałości śladowe zwierząt ze środowiska jeziornego i głębszych zbiorników wodnych (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009), a także ślady pływających dinozaurów (Gierliński i in., 2004).

2. Ichnofację terenów podmokłych zbiorników efemerycznych, glifów krewasowych i wałów brzegowych o zmiennym poziomie wód gruntowych, opisywaną pod terminem *Scoyenia*. W jej obrębie można rozpoznać skamieniałości śladowe zwierząt wodnych, a także lądowych (tropy kręgowców) oraz okresowo przebywających w środowisku wodnym (np. larwy owadów, małże) (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009).

3. Ichnofację z okresowo podmokłej równi zalewowej zawierającą liczne tropy kręgowców i nieliczne ślady bezkręgowców (vide Gierliński i in., 2004).

4. Ichnofację glebową (*Coprinisphaera*) z licznymi norami różnorodnych bezkręgowców (w tym skorupiaków) i strukturami gniazdowymi owadów (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009).

ZNALEZISKA PALEONTOLOGICZNE

W zapisie paleontologicznym, reprezentowanym przez tzw. skamieniałości strukturalne (czy inaczej skamieniałości właściwe), w Sołtykowie zostały rozpoznane następujące grupy organizmów: rośliny – liczne palinomorfy (mio-, megaspory i pyłki) oraz makroszczałki roślin paprotnikowych i nagonasiennych, a także korzenie roślin w strukturach glebowych; zwierzęta – małże, małżoraczki, konchostraki, owady, ryby kostnoszkieletowe, gady (dinozaury). Znaczna część tego materiału została zebrana w trakcie poszukiwań w tym stanowisku tropów dinozaurów. Znaleźiska paleobotaniczne związane są z pracami badaczy z Instytutu Botaniki Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. W opisie prezentowanym poniżej korzystano również z danych opublikowanych przez innych badaczy (*vide* Gierliński i in., 2004).

SZCZĄTKI MAKROFLORY, PALINOMORFY I KOPALNE GLEBY

Szczątki roślin (makroszczałki) z Sołtykowa były tematem kilkunastu opracowań (Reymanówna, 1987, 1991a, b, 1992, 1993; Reymanówna i in., 1987; Wcisło-Luraniec, 1987, 1991a, b; 1992a, b; Ziaja, Wcisło-Luraniec, 1998, 1999; Barbacka i in., 2006, 2007, 2010). Uznaje się, że flora z tej lokalizacji reprezentuje raczej zły stan zachowania i stanowi trudny obiekt badań paleobotanicznych. Znane są jednak poziomy litologiczne, w których szczątki roślin zachowane są dość dobrze, co ma istotne znaczenie dla szczegółowych opisów paleobotanicznych, włączając badania mikrostruktury kutikuli. Do najczęściej spotykanych szczątków w tej lokalizacji należą: odlewy (ośródk) łodyg i pni roślin nagonasiennych oraz szczątki roślin skrzypowych. Dość liczne są tu również izolowane i pofragmentowane liście roślin nagonasiennych (liście rośliny z rodzaju *Hirmeriella*) oraz roślin benetytowych (liście *Pterophyllum*). Flora ze stanowiska w Sołtykowie zawiera 15 gatunki roślin kopalnych rozpoznanych na podstawie materiału liściowego oraz 4 gatunki opisane na podstawie organów rozmnażania. We florze występują następujące grupy taksonomiczne: Sphenophyta, Pteridophyta, Pteridospermophyta, Bennettiales, Coniferophyta, Ginkgophyta, Cycadophyta. Flora ta jest typową dla jury dolnej Europy i należy do poziomu biostratygraficznego *Thaumatopteris* (Barbacka i in., 2006, 2010). Występowała ona w strefie wokół równoleżnika 50 stopni szerokości geograficznej północnej. Rośliny tego poziomu występują w Europie: w Niemczech, Francji, Wielkiej Brytanii (Walii), Szwecji i Austrii. Stanowiska z największą liczbą taksonów znane są ze wschodniej Grenlandii.

W okresie sedymentacji osadów w Sołtykowie około 200 milionów lat temu, na obszarze Gór Świętokrzyskich rozciągał się bujny las złożony głównie z sześciometrowych iglaków z rodzaju *Hirmeriella* (Reymanówna, 1991). Pospo-

lite w Sołtykowie paprocie kopalne z rodziny Dipteridaceae (rodzaj *Thaumatopteris*) występują obecnie w regionie indo-malajskim, a te z Matoniaceae (rodzaj *Phlebopteris*) w południowo-wschodniej Azji, Indonezji, na Borneo, Sumatrze, w Papui-Nowej Gwinei. W innych stanowiskach dolnojurajskich w Górach Świętokrzyskich (Gromadzice, Podszkodzie, Szewna, Jędrzejowice, Chmielów, Dąbie) występuje także flora poziomu biostratygraficznego *Thaumatopteris*, lecz o nieco odmiennej kompozycji taksonomicznej, co związane jest z wczesnojurajską ewolucją roślin i ówczesnymi zmianami paleoklimatycznymi.

Dystrybucja szczątków roślinnych w profilu w Sołtykowie jest dość równomierna, ale ze względu na charakter występowania określonych typów szczątków w niektórych częściach profilu można podzielić go na dwie części. Część dolna zawiera dobrze zachowaną florę liściową oraz liczne szczątki skrzypów. Część górna, oddzielona od dolnej osadami jeziornymi ze słabym zapisem makroflory, zawiera liczne szczątki drewna i źle zachowaną florę liściową.

W Sołtykowie występują bardzo liczne skamieniałości roślin skrzypowych (Sphenophyta). Stanowią one około 20% znaleźisk szczątków roślin (Barbacka i in., 2010). Najprawdopodobniej występują tu skamieniałości dwóch lub trzech gatunków roślin skrzypowych. Barbacka i inni (2010) opisują z tej lokalizacji *Neocalamites lehmannianus* (Goepfert) Weber, 1968 oraz diafragmy. Ciekawą formą zachowania się kopalnych skrzypów z Sołtykowa są ośródk ich łodyg o średnicy dochodzącej do około 10 cm. Musiały być to zatem formy o znacznych rozmiarach, być może nawet wysokości około 2 metrów. W Sołtykowie zostały również znalezione szczątki roślin widłakowych (Barbacka i in., 2010) opisane pod nazwą *Odrolepis liassica* Barbacka et Ziaja, 2010.

Skamieniałości paproci są znajdowane w osadach ilastych oraz mułowcach. Są to zazwyczaj małe i izolowane fragmenty liści, jedynie sporadycznie większe części liścia. Występujące w Sołtykowie szczątki roślin z grupy Pteridophyta to: *Todites princeps* (Presl) Gothan 1914 (Osmundaceae); *Phlebopteris angustiloba* (Presl) Hirmer et Hörhammer 1936 (Matoniaceae); *Goepfertella microloba* (Shenk) Oishi et Yamasita 1936 (Dipteridaceae); *Thaumatopteris brauniana* Popp 1863 (Dipteridaceae). Ilość znalezionych w tej lokalizacji skamieniałości paproci sugeruje, że grupa ta stanowiła również istotny element wczesnojurajskiego ekosystemu sołtykowskiego.

Ciekawą grupą roślin nasiennych występującą w zapisie kopalnym w Sołtykowie są paprocie nasienne – Pteridospermophyta (= Lyginopteridophyta). Jest grupa wymarłych roślin nasiennych o liściach pierzastych, które przypominają kształtem liście dzisiejszych paproci. W okresie triasowym i jurajskim flora tego typu stanowiła już swego rodzaju relik z paleozoicznej przeszłości, ponieważ ustępowała szybko ewoluującej grupie nowych roślin – nagonasiennych, głów-

nie z grupy Coniferophyta i Ginkgophyta. W Sołtykowie udało się stwierdzić obecność jednego taksonu Pteridospermophyta: *Pachypteris lanceolata* Brongniart 1828. Szczątki tych roślin należą jednak do nielicznych znalezisk.

Kolejną interesującą grupą kopalnych roślin z Sołtykowa są benetyty Bennettitopsida (= Cycadeoidopsida). Jest to klasa roślin kopalnych (wymarłych), należących do typu (gromady) nagonasiennych. Żyły one w erze mezozoicznej od triasu do połowy kredy. Benetyty czasem są uważane przez paleobotaników za oddzielny typ (gromadę) – Bennettitophyta. Przypominały żyjące obecnie sagowce. Przypuszcza się, że były one jednym z głównych źródeł pożywienia mezozoicznych zwierząt. Występujące w Sołtykowie szczątki roślin z grupy Bennettitales to: *Otozamites brevifolius* Braun in Muenster 1843 oraz *Pterophyllum alinae* Barbacka 2010. Szczątki benetytów są częstym znaleziskiem w osadach wczesnojurajskich w Sołtykowie.

Podobne do benetytów są sagowce. Również szczątki tej grupy roślin zostały znalezione w odsłonięciu w Sołtykowie. Sagowcowe (Cycadopsida) to klasa roślin należąca również do typu (gromady) nasiennych. Intensywny rozwój sagowców nastąpił we wczesnej i środkowej jurze, gdy były jednymi z najpospolitszych roślin lądowych. We wczesnej kredzie grupa ta dość szybko podupadła i począwszy od późnej kredy do dziś jest grupą reliktową. Przedstawicielem Cycadophyta we florze kopalnej Sołtykowa jest *Paracycas minuta* Barbacka 2010. We florze tej występują również szczątki przypuszczalnych gniotowych *Piroconites kuespertii* Gothan 1914.

Drugą co do liczebności grupą w zapisie kopalnym roślin w Sołtykowie (Barbacka i in., 2010) są słabo poznane pod względem anatomii i pokroju wymarłe rośliny nagonasienne, reprezentowane przez takie gatunki jak: *Hirmeriella muensteri* (Schenk) Jung 1968; *Swedenborgia* sp.; *Podozamites* cf. *schenkii* Heer 1876; *Podozamites* sp. Pozycja systematyczna tych roślin jest ciągle tematem dyskusji w gronie paleobotaników. W Sołtykowie występują w osadach koryt rzecznych i glifów krewasowych nagromadzenia liści rodzaju *Hirmeriella* i *Podozamites* sugerujące, że rośliny te stanowiły istotny element sołtykowskiego ekosystemu, choć mogły porastać nieco wyższe tereny, położone w pewnej odległości od równi zalewowej Sołtykowa.

Ostatnią grupą roślin kopalnych z Sołtykowa znaną z makroszczątków są miłorzębowe (Ginkgophyta). Są to również rośliny należące do typu (gromady) nagonasiennych. W obrębie tej klasy wyróżnia się tylko jeden żyjący gatunek – miłorząb dwukłapowy (*Ginkgo biloba*). Szczątki kopalne miłorzębowych znane są od permu, ale szczyt rozwoju grupa ta osiągnęła w mezozoiku. We florze kopalnej z Sołtykowa zostały rozpoznane owocostany Ginkgophyta, opisane jako *Schmeissneria microstachys* (Presl) Kirchner et van Konijnenburg-Van Cittert 1994 (dawniej opisywane jako *Stachyopitys preslii* Schenk).

Znalezione w Sołtykowie makroszczątki pozwoliły na odtworzenie prawdopodobnego wyglądu trzech wczesnojurajskich zbiorowisk roślinnych (Wcisło-Luranc, 1991).

Pierwsze z nich to zbiorowisko leśne, składające się z drzew *Hirmeriella muensteri*. Z rośliny tej zachowały się zarówno gałązki, jak również drewno, owocnie męskie i żeńskie (Reymanówna, 1992). Warstwę krzewów tworzyły w nim rośliny z liśćmi *Podozamites*. Duże fragmenty gałązek *Hirmeriella muensteri* oraz nieuszkodzone liście *Podozamites* świadczą o transporcie na niedużą odległość lub o braku transportu tych szczątków. Drugie zbiorowisko składało się z neokalamitów i skrzypów, które są zachowane w postaci mniejszych i większych fragmentów pędów. Rosły one na podmokłym terenie na obszarze równi zalewowej lub w marginalnej strefie zbiornika jeziorowego. Trzecie zbiorowisko tworzyły paprocie, które rosły prawdopodobnie wzdłuż brzegów rzeki, ponieważ są zachowane w postaci drobnych fragmentów, co wskazuje na długi transport ich szczątków.

Badania palinologiczne osadów wczesnojurajskich z Sołtykowa są prowadzone od lat pięćdziesiątych XX wieku (Marcinkiewicz, 1957). Ze stanowiska w Sołtykowie zostały oznaczone *Nathorstisporites hopliticus* Jung (= megaspóra *Lycostrobus scotti* Nathorst), które są uważane za wskaźnikowe dla hetangu i wczesnego synemuru (vide Marcinkiewicz, 1957; Marcinkiewicz i in., 1960). Kompleksowe badania palinologiczne tej lokalizacji wykonała Ziaja (2006) (etiama Icha-Ziaja, 1987; Reymanówna i in., 1987; Ziaja, 1989, 1991, 1992, 2001, 2004). Badaczka ta rozpoznała 63 taksony palinologiczne (palinomorfy) w 9 analizowanych próbkach osadu z profilu odsłoniętego w Sołtykowie. W palinozespole z Sołtykowa dominują ziarna pyłku *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper, zarodniki *Atratisporites minimus* Schulz, podobne do mikrospor *Lycostrobus scotti* Nathorst, oraz zarodniki *Concavisporites* i *Cyathidites*, uważane za spory paproci. Opisany z Sołtykowa zespół palinomorf jest bardzo zbliżony do składu poziomu biostratygraficznego *Concavisporites–Duplexisporites–Atratisporites minimus* (= lias $\alpha 1$ i 2), oznaczonego z Frankonii w Niemczech (Achilles, 1981). Achilles (1981) uważa, że poziomowi temu odpowiadają: (1) Poziom *Pinuspollenites–Trachysporites* w północno-zachodnich Niemczech i na obszarze południowej Skandynawii (Lund, 1977); (2) Poziom *Heliosporites* w Wielkiej Brytanii (Orbell, 1973); (3) Faza 5 w północnej Francji i południowym Luxemburgu (Schuurman, 1977) oraz w Alpach w Austrii i południowych Niemczech (Schuurman, 1979); (4) Podpoziom FG w Kendelbachgraben w Austrii (Morbey, 1975). Podane wyżej podobieństwo wskazuje, że wiek osadów w Sołtykowie odpowiada starszej wczesnej jurze i obejmuje najprawdopodobniej hetang (Ziaja, 2006).

W Sołtykowie zostały stwierdzone megaspory z rodzaju *Nathorstisporites*. Jako pierwsza rozpoznała je Marcinkiewicz (1957), określając ich przynależność do *Nathorstisporites hopliticus* Jung. Megaspory (lub makrospory) są to duże haploidalne zarodniki, powstające w wyniku mejozy u paprotników różnozardnikowych oraz roślin załączkowych. Palinomorfy te dobrze zachowują się w stanie kopalnym, a ich zapis sięga dewonu w środkowym paleozoiku, kiedy to pojawiły się zróżnicowane rośliny paprotnikowe. Megaspory

w omawianym odsłonięciu występują najprawdopodobniej tylko w osadach mułowcowych lub ilastych i należą do nielicznych obiektów w materiale palinomaceratu. Że zachowane palinomorfy *Nathorstisporites hopliticus* autorowi udało się znaleźć w dwóch próbkach szarych osadów ilastych z odsłonięcia w Sołtykowie natomiast nie udało się stwierdzić innych taksonów megaspor.

W Sołtykowie zostało rozpoznanych przez Ziaję (2006) 36 taksonów palinologicznych miospor. Jest to więc dość zróżnicowana grupa palinomorf w tym zespole mikroflorystycznym. Miospory (lub inaczej mikrospory) to małe zarodniki, z których rozwijają się gametofity męskie (produkujące plemniki, ewentualnie komórki plemnikowe). Występują u niektórych widłakowych i paproci. Ziaja (2006, *vide tab. 3*) na podstawie danych literaturowych i własnych obserwacji przedstawia interpretację pochodzenia określonych miospor.

Lista stwierdzonych taksonów (Ziaja, 2006) obejmuje: cf. *Cyathidites australis* Couper, 1953, *Cyathidites minor* Couper, 1953, *Cyathidites* sp., *Concavisporites toralis* (Leschik, 1955) Nilsson, 1958, cf. *Deltoidospora* sp., *Plicifera delicata* (Bloch, 1953) Bloch, 1966, *Calamospora tener* (Leschik, 1955) Mädlar, 1964, *Rogalskaisporites cicatricosus* (Rogalska, 1954) Danzė-Corsin et Laveine, 1963, *Todisporites minor* Couper, 1958, cf. *Todisporites* sp., *Cibotiumspora jurienensis* (Balme, 1957) Filatoff, 1975, *Auritulinasporites tricalavis* Nilsson, 1958, *Auritulinasporites* sp., *Conbaculatisporites mesozoicus* Klaus, 1960, *Apiculatisporites ovalis* (Nilsson, 1958) Morris, 1965, *Foraminisporis jurassicus* Schulz, 1967, *Uvaesporites argenteaeformis* (Bolchovitina, 1953) Schulz, 1967, cf. *Uvaesporites* sp., *Leptolepidites* sp., *Osmundacidites* sp., *Acanthotriletes varius* (Nilsson, 1958) Schuurman, 1977, *Lycopodiacidites rugulatus* (Couper, 1958) Schulz, 1967, *Lycopodiumsporites cerniidites* (Ross, 1949) Delcourt et Sprumont, 1955, *Lycopodiumsporites semimuris* Danzė-Corsin et Laveine, 1963, *Lycopodiumsporites* sp.; *Contignisporites problematicus* (Couper, 1958) Dörring, 1965, *Matonisporites* sp. 1, *Matonisporites* sp. 2, cf. *Lycospora salebrosacea* (Maljavkina, 1949) Schulz, 1967, *Neochomotriletes triangularis* (Bolchovitina, 1956) Reinhardt, 1961, *Cingutriletes* sp., *Foveotriletes* sp., cf. *Latosporites* sp., *Marattisporites* sp. 1, *Marattisporites* sp. 2, *Aratri-sporites minimus* Schulz, 1967.

W Sołtykowie rozpoznano 27 taksonów pyłków roślin nagonasiennych (Ziaja, 2006). Jest to więc zespół bardzo bogaty w palinomorfy pyłkowe. Pyłek (lub ziarna pyłku) to męskie elementy rozrodcze, występujące u roślin, wytwarzane w komorach pyłkowych z tkanki archeosporalnej. Lista stwierdzonych taksonów (Ziaja, 2006) obejmuje: *Classopollis torosu* (Reissinger, 1950) Couper, 1958, cf. *Classopollis torosu* (Reissinger, 1950) Couper, 1958 – tetrazy; *Ephedripites tortuosus* Mädlar, 1964; *Monosulcites subgranulosus* Couper, 1958; *Monosulcites minimus* Cookson, 1947 ex Couper, 1953, *Chasmatosporites aperatus* (Rogalska, 1954) Nilsson, 1958, *Chasmatosporites* cf. *elegant* Nilsson, 1958, *Chasmatosporites hians* Nilsson, 1958; *Chasmatosporites major* (Nilsson, 1958) Połock et Jansonius, 1969, *Chasmatosporites* cf. *rimatus* Nilsson, 1958, *Perinopollenites elatoides* Couper, 1958, *Spheripollenites psilatus* Couper, 1958, *Spheripollenites subgranulatus* Couper, 1958, *Spheripollenites* sp., *Alisporites* cf. *diaphanous* (Pautsch, 1958) Lund, 1977, cf. *Alisporites microsaccus* (Couper, 1958) Pocock, 1962, *Alisporites robustus* Nilsson, 1958, *Alisporites* cf. *robustus* Nilsson, 1958, *Alisporites thomasii* (Couper, 1958) Nilsson, 1958, *Vitreisporites pallidus* (Reissinger, 1950) Nilsson, 1958, *Pitysporites minimus* (Couper, 1958) Ziaja, 2006, cf. *Pitysporites minimus* (Couper, 1958) Ziaja, 2006, *Platysaccus nitidus* Pautsch, 1971, ?*Pinuspollenites labdacus* var. *atcuatus* Danzė-Corsin et Laveine, 1963, cf. *Inaperturopollenites* sp., cf. *Araucariacites australis* Cookson, 1947 ex Couper, 1953, cf. *Araucariacites* sp.

Z litofacjami utworów aluwialnych w Sołtykowie (takimi, jak: utwory korytowe, wały brzegowe, glify krewasowe i pozakorytowe utwory jeziorno-bagienne) są związane charakterystyczne typy paleogleb – poziomy pedogeniczne z korzeniami roślin. Ogólnie można wyróżnić za Arndorffem (1993) dwa podstawowe typy paleogleb: *podzol* i *gleysol*. Oba te typy udało się rozpoznać w profilu w Sołtykowie (*vide* Gierliński i in., 2004; Pieńkowski, 2004b). W glebach występujących w Sołtykowie można rozróżnić trzy typy zachowania korzeni roślin, takie jak:

1. Pierwotne struktury korzeniowe z zachowaną materią organiczną – substancją węglistą.
2. Ryzoidy (rizolity) sydereytowe.
3. Odlewy piaskowcowe – ośródkki, powstałe na bazie pustki po korzeniu roślinnym.

Najczęściej spotykane formy, wymienione jako pierwsze, są elementem charakterystycznym dla osadów równi zalewowej oraz osadów bagiennych i jeziornych.

Paleogleba typu *podzol* (typ gleby zbliżonej do bielicy) – związana z mułowcowo-piaszczystymi utworami glifów krewasowych (wraz z zalewami pokrywowymi), wałów brzegowych i stropowych partii utworów korytowych – charakteryzuje się jaśniejszą barwą z wyraźnymi rdzawymi poziomami, związanymi z procesami wypłukiwania i wtórnego koncentrowania się związków żelaza, dłuższymi strukturami korzeniowymi często wypełnionymi osadem. Jeśli nie występują zbyt gęste bioturbacje (najczęściej skamieniałości śladowe pozostawione przez stawonogi, w mniejszym stopniu pierścienice), stosunkowo czytelne są pierwotne struktury sedymentacyjne. Warstwa węglista w stropie paleogleby jest wyraźnie wyodrębniona. Taki profil glebowy zawiera osady lepiej utlenione, co było związane z lepszym drenażem i niższym położeniem zwierciadła wód gruntowych.

Paleogleba typu *gleysol* (gleba typu glejowego) – związana z ciemnymi, ilasto-mułowcowymi osadami jeziorno-bagiennymi – charakteryzuje się ciemnoszarą barwą, krótszymi korzeniami roślin z zachowaną substancją węglistą. Warstwa węglista w stropie gleby słabiej wyróżnia się w profilu glebowym, który charakteryzuje się większym wymieszaniem składników organicznych i mineralnych. Taki profil glebowy zawiera osady utworzone w środowisku redukcyjnym, stale nawodnionym, gdzie zwierciadło wody gruntowej było

położone tuż pod powierzchnią gleby lub wręcz nad nią (gleby podtopione, obszary szuwarowe). Bioturbacje są tu spordyczne – przeciwnie niż w paleoglebach typu *podzol*.

Korzenie roślin można zaliczać zarówno do roślinnych skamieniałości właściwych (Pieńkowski, 1985), jak i roślinnych skamieniałości śladowych (Sarjeant, 1975). Jest to rozróżnienie w znacznej mierze o charakterze formalnym, bez większego znaczenia dla interpretacji samych form korzeniowych, opisywanych w niniejszej pracy.

W odslonięciu w Sołtykowie zaobserwowano kilka poziomów z licznym występowaniem śladów korzeni roślin (Pieńkowski, 1998, 2004b; Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009). Korzeniom roślin towarzyszą często masowe nagromadzenia kongrecji syderytowych (przeważnie drobnych sferulitów), wypełniających niekiedy całą strukturę korzeniową. Wstępne rozpoznanie sugeruje występowanie co najmniej czterech ichnomorfotypów struktur korzeniowych. Kryteria ich wyróżniania są związane z takimi cechami, jak: długość, szerokość oraz stopień rozgałęzienia izolowanych korzeni. Pod uwagę było brane również zagęszczenie oraz rozmieszczenie powierzchniowe korzeni. Wymienione cechy należy wiązać ze specyficznym typem roślinności, która porastała określone środowisko (Cannon, 1911), a co za tym idzie, typem paleogleby.

W mułowcach pochodzących z obszarów równi zalewowej (środowiska jeziorno-bagiennego) zidentyfikowano grube ślady przypominające kłacza (długość 10 cm, średnica około 5 cm, liczne boczne rozgałęzienia) oraz korzenie o systemie wiązkowym. Grube kłacza często występują w pozycji poziomej na znacznej przestrzeni (jest to trudne do bezpośredniej obserwacji w terenie). Zaobserwowano, że współwystępują one z pionowymi elementami odlewów łądyg o średnicy około 5–8 cm. Wskazuje to na ich pochodzenie od skrzypowców (*Equisetales*), których liczne szczątki występują w odslonięciu (*Neocalamites* sp.). Korzenie o systemie wiązkowym są bardzo trudne do identyfikacji. Pochodzą zapewne od paproci lub roślin widłakowych. Część z nich jest prawdopodobnie również związana ze skrzypowcami.

W mułowcach występują również cienkie (o grubości około 3–6 mm), rzadko rozgałęziające się długie (do 10 cm) ślady korzeni, które przypominają system korzeniowy typu palowego.

W ichnoformach tego typu trudno jednak wyróżnić korzeń główny. Wydaje się więc, że jest to ubogo reprezentowany system typu wiązkowego. Masowe nagromadzenie korzeni roślin w osadach równi zalewowej wskazuje na częste powstawanie w tym środowisku poziomów pedogenicznych gleb kopalnych typu *gleysol*, a więc gleb silnie nawodnionych. Były to strefy bujnie porośnięte roślinnością, paprociami, widłakami oraz roślinami skrzypowymi. Te ostatnie zapewne dominowały w krajobrazie równi zalewowej, dzięki dużej wysokości, a także zdolności rozwoju w środowisku podtopionym (typu szuwarowego). Z takimi środowiskami typu szuwarowego są związane korzenie roślin występujące

w rdzawych pyłowcowych przeławiczeniach w obrębie ciemnych iłowców pochodzenia jeziorno-bagiennego. Są dwa takie przeławiczenia o znacznej rozciągłości lateralnej, jedno z nich rozciąga się na długości około 30 m. Występują w nich gęste korzenie roślin wraz z licznymi małymi kongrecjami żelazistymi (sferolitami). Przeławiczenia te ze słabo zachowanym poziomymi warstwowaniami są interpretowane jako dystalne glyfy krewasowe typu 2 (typu *sheet flood*) o charakterze mini-delt jeziornych lub osady wyjątkowo dużych powodzi (Pieńkowski, 2004b). Nagromadzenie związków żelaza (pierwotnie zapewne syderytu) jest związane z podniesieniem się poziomu wody gruntowej, co umożliwiło wytrącanie żelaza w warunkach lekko redukcyjnych. Prawdopodobnie ich powstanie jest również związane z systemami korzeniowymi roślin wodnych.

W drobnoziarnistych osadach strefy korytowej znalezione korzenie roślin są bardzo nieliczne. Dotychczas zidentyfikowano w odslonięciu dwie problematyczne ichnoformy, które wskazują na ich pochodzenie od systemu korzeniowego typu wiązkowego. Liczne ichnoformy korzeni zostały zidentyfikowane w osadach glyfów krewasowych. Zachowane są zazwyczaj w formie piaskowcowych odlewów (widocznych na dolnych powierzchniach ławic piaskowców), bądź przecinają warstwę piaskowcową w formie pustki z niewielką ilością substancji węglistej. Rozmiary odlewów są bardzo różne. Zostały znalezione ichnoformy o średnicy dochodzącej do 6 cm. Na powierzchni płyt piaskowców można obserwować sposób rozmieszczenia odlewów korzeni. Występują zazwyczaj w formie rozproszonej. Kilkakrotnie udało się zidentyfikować niewielkie ich skupiska.

Istnieją ściśle zależności między morfologią korzeni oraz osadem, w którym roślina rośnie. Wiele gatunków wykazuje wyraźną specjalizację korzeni związaną z ich przystosowaniem do ograniczonej ilości wody lub wzrostu korzeni w warunkach wodnych. Zróżnicowanie korzeni związane jest również ze strukturą osadu oraz jego zasobnością w substancje mineralne. Szczegółowe analizy tego typu ichnoform roślinnych może mieć duże znaczenie dla określania warunków powstawania osadów (Cannon, 1911).

Korzeniom roślin towarzyszą odlewy łądyg roślin występujące w osadach glyfów krewasowych oraz równi zalewowych. Ślady tego typu zostały znalezione w pozycji przyziłowej. Średnice łądyg mieszczą się w przedziale 2–10 cm. Na podstawie zachowanych cech pierwotnej budowy powierzchni łądyg (zachowane są ślady węzłów i powierzchni międzywęzli), zostały rozpoznane formy roślinne odpowiedzialne za ich powstanie. Większość znalezionych odlewów należy do przedstawicieli roślin skrzypowych (*Sphenophytina*). Ich puste łądygi nadziemne były dogodnymi elementami dla powstania odlewów. Identyfikację tę potwierdzają liczne uwęglone makroszczątki skrzypów znane z terenu odslonięcia. Na podstawie odlewów o największych średnicach można przypuszczać, że rośliny skrzypowe porastające równie zalewowe mogły osiągać wysokość 3–4 m.

SZCZĄTKI OWADÓW (INSECTA)

Skamieniałości owadów występują w najniższej części odsłonięcia w osadach zbiorników efemerycznych, związanych z wachlarzem glifu krewasowego. Rozpoznano dwa poziomy z występowaniem szczątków owadów. Opis owadów z Sołtykowa przedstawili Popov (1996) oraz Węgierek i Zherikhin (1997). W opracowaniach tych brak jednak informacji na temat dystrybucji ich szczątków w profilu Sołtykowa. Popov (1996) opisał ze stanowiska w Sołtykowie szczątki pluskwiaka różnoskrzydłego. Węgierek i Zherikhin (1997) zebrali z tego stanowiska 54 okazy szczątków owadów, głównie chrząszczy, ale również szczątki karaczanów. W trakcie poszukiwań w odsłonięciu autor artykułu znalazł kilkanaście okazów szczątków chrząszczy oraz problematyczne szczątki karaczanów.

Pluskwiaki różnoskrzydłe (Heteroptera) są w tradycyjnej klasyfikacji określane jako podrząd, który liczy kilkadziesiąt tysięcy gatunków współczesnych oraz kopalnych, z nadzwyczaj różnorodną budową i biologią. Ze względu na środowisko życia wyróżnia się wśród pluskwiaków ekologiczną grupę pluskwiaków wodnych. W Sołtykowie występuje nowy gatunek z rzędu Heteroptera – *Odrowasicoris polonius* Popov, 1996. Prawdopodobnie były to formy wodne.

Węgierek i Zherikhin (1997) znaleźli w Sołtykowie dwa okazy szczątków karaczanów, które opisali jako ?*Blattulidae* oraz *Blattodea* indet. W trakcie prac w Sołtykowie autor artykułu znalazł dwa okazy należące prawdopodobnie do pozostałości karaczanów. Karaczany, inaczej hełmce (*Blattodea*, *Blattoptera*) to rząd owadów liczący ponad 3500 gatunków. Prowadzą ukryty tryb życia (kryptyczny), przeważnie nocny, są wszystkożerne.

Skamieniałości chrząszczy (Coleoptera) są znacznie liczniej reprezentowane w paleoentomofaunie z Sołtykowa, niż opisane wyżej pluskwiaki i karaczany. Węgierek i Zherikhin (1997) znaleźli w omawianym odsłonięciu około 50 okazów szczątków tej grupy owadów i zidentyfikowali następujące taksony: *Notocupes* sp. (*Cupedidae*), ?*Schizophoridae* indet., ?*Caraboidea* indet., *Memptus* sp. (*Hydradephaga incertae sedis*); *Hydrobiites* sp. (?*Hydrophilidae*), ?*Polysitum* sp. (*Polyphaga incertae sedis*), ?*Artematopodites* spp. oraz kilkadziesiąt szczątków nieokreślonych.

MAŁŻORACZKI I KONCHOSTRAKI (OSTRACODA I CONCHOSTRACA)

Skamieniałości małżoraczek i konchostraków współwystępują ze sobą w osadach jezioro-bagiennych. Obie grupy stanowią nieliczne skamieniałości w osadach w Sołtykowie. Ich występowanie jest zawężone do osadów zbiornika jeziornego oraz zbiorników efemerycznych związanych z subsrodowiskami glifu krewasowego (płytkami zbiornikami wodnymi). Stwierdzono również występowanie horyzontów z małymi nagromadzeniami szczątków małżoraczek,

co prawdopodobnie jest związane z ekologią tych bezkręgowców. Skamieniałości konchostraków występują pojedynczo, co może sugerować ich epizodyczne występowanie w sołtykowskich zbiornikach wodnych.

Małżoraczki (Ostracoda) to drobne skorupiaki (Crustacea) o długości ciała około 2–3 mm, choć znane są formy dochodzące nawet do 2,5 cm długości. Pancerz małżoraczek często jest pokryty inkrustacjami, mającymi znaczenie przy identyfikacji gatunków. Małżoraczki odżywiają się detrytusem, szczątkami roślinnymi i zwierzęcymi, glonami (np. okrzemkami). Często są to formy filtrujące, niektóre są również formami drapieżnymi. W odsłonięciu w Sołtykowie obecność skamieniałości małżoraczek jako pierwsi stwierdzili Karaszewski i Kopik (1970). Znalezione dotychczas w tej lokalizacji małżoraczki są reprezentowane przez rodzaj *Darwinula*, takson bardzo powszechny w kontynentalnych osadach górnego triasu i jury dolnej w Europie.

Skamieniałości konchostraków w osadach w Sołtykowie są bardzo nieliczne. Autorowi artykułu dotychczas udało się znaleźć jedynie kilka okazów tych stawonogów. Wszystkie pochodzą z osadów ilastych, związanych z sedymentacją w zbiorniku efemerycznym, który istniał w obrębie wachlarza glifu krewasowego oraz w zbiorniku jeziornym. Stan zachowania okazów uniemożliwia ich precyzyjną identyfikację. Pierwotna materia organiczna uległa uwęgleniu, co uniemożliwia poznanie szczegółów budowy karapaksu i określenie charakteru mikrostruktury powierzchni.

Konchostraki, rząd *Conchostraca* Sars, 1867, są drobnymi skorupiakami (*Entomostraca*), wchodzącymi w skład podgromady *Phyllopora* Preuss, 1951, czyli liścionogów (= *Branchiopoda* Latreille, 1817). Niekiedy wyróżniane w randze podrzędu są włączane wraz z *Cladocera* do rzędu *Diplostraca* Gerstaecker 1866–1897 (= *Onychura* Ericsson, 1934), czyli dwupancerzowców (*vide* Ruppert, Barnes, 1994). Przez geologów grupa ta jest opisywana również pod nazwą *esterie*.

Środowiskiem życia tych skorupiaków są niewielkie słodkowodne zbiorniki śródlądowe: jeziora, stawy oraz małe zbiorniki na bagnach (Ruppert, Barnes, 1994). Wiele gatunków zamieszkuje zbiorniki wodne okresowo wysychające (jeziora i stawy zasilane okresowo) oraz zbiorniki krótkotrwałe (kałuże powstałe w wyniku roztopów śniegu, opadów atmosferycznych, wylewów rzek). Skamieniałości konchostraków zostały zidentyfikowane w Sołtykowie w kilku ławicach mułowcowo-ilastych, w obrębie najniższej części z dolnej sekwencji depozycyjnej, związanej z osadami glifów krewasowych. Dwa źle zachowane okazy udało się znaleźć w osadach z środkowej części profilu o sedymentacji jezioro-bagiennych. Okazy wybierano z kilkukilogramowych próbek mułowców pobranych w odsłonięciu. Umożliwiło to przejrzanie wszystkich powierzchni sedymentacyjnych, ale ograniczyło wnioski paleoekologiczne, dotyczące liczebności obecnych w poszczególnych poziomach z wystąpieniem pancerzyków. Metoda ta jest czasochłonna, ale efektywna w badaniach wietrzących skał dostępnych w odsłonięciach.

Oznaczenie zebranych okazów (H. Kozur – inf. ustna, 2009) wykazało obecność w utworach formacji zagajskiej w Sołtykowie prawdopodobnie dwóch taksonów *Conchostroma*: *Euestheria* sp.; *Bulbilimnadia kilianorum* Kozur, Weems et Lucas 2010. Gatunki te są charakterystycznym elementem we wczesnojurskich zespołach fauny muszloraczków (*vide* Kozur, Weems, 2005, 2010).

MAŁŻE (BIVALVIA)

Skamieniałości małżów występują w osadach ilasto-mułowcowych, związanych ze środowiskiem jeziorno-bagiennym oraz w osadach piaskowcowych, powstałych w korytach rzecznych oraz glicach krewasowych. Pozwala to wyróżnić dwa odmienne stany zachowania ich skamieniałości. Z osadów jeziorno-bagiennych zostały zebrane okazy zniekształcone w wyniku procesu kompaktacji i zachowane w formie częściowo uwęglonej. W osadach piaskowcowych zostały znalezione ośrodki wewnętrzne i zewnętrzne, dzięki czemu możliwe są badania budowy elementów zewnętrznych i wewnętrznych muszli. W Sołtykowie nie udało się dotychczas znaleźć skamieniałości małżów z zachowaną pierwotną substancją mienerało-organiczną.

W osadach liasto-mułowcowych zostały rozpoznane dwa morfotypy małżów, różniące się rozmiarami i kształtem. Pierwszy morfotyp ma owalny (elipsoidalny) kształt i następujące wymiary: wysokość muszli 10–15 mm, długość muszli 13–17 mm. Formy te nie mają dobrze widocznego wierzchołka muszli, a spłaszczenie uniemożliwia ocenę krzywizny muszli. Drugi morfotyp ma również kształt owalny, lecz jest jednak nieco bardziej wydłużony i ma większe rozmiary: wysokość muszli 30–45 mm; długość muszli 50–70 mm. Formy te mają dobrze widoczny wierzchołek oraz wyraźnie zaznaczoną bruzdę zawiasu (*ligamentum*). Oba morfotypy są znajdowane w tych samych litologicznie osadach oraz w tych samych warstwach. Najprawdopodobniej skamieniałości te reprezentują dwa gatunki słodkowodnych małżów, które razem współwystępowały w boga-

tym w materię organiczną zbiorniku jeziorno-bagiennym. Stan zachowania tych skamieniałości uniemożliwia ich dokładne rozpoznanie taksonomiczne, ale zapewne są to formy z rodziny Unionidae.

W osadach piaskowcowych zostały znalezione cztery morfotypy małżów, różniące się rozmiarami oraz budową i kształtem muszli. Skamieniałości małżów w tych osadach (w postaci ośródek) są zachowane w formie nieznieształconej lub nieco tylko zmienionej przez procesy kompaktacji i diagenety. Najmniejsze morfotypy mają kulisty kształt i następujące wymiary: wysokość muszli 11–25 mm; długość muszli 13–30 mm (*vide* Pieńkowski 2004a, tabl. 1; fig. 1). Są to formy ze słabo zaznaczonym wierzchołkiem muszli oraz słabo zaznaczonym *ligamentum* i delikatnie wykształconymi bruzdami przyrostowymi na muszli. Najprawdopodobniej jest to forma zbliżona lub taka sama do formy stwierdzonej z osadów jeziorno-bagiennych. Drugi morfotyp stanowią małże o rozmiarach: wysokość muszli 20–30 mm; długość muszli 30–45 mm. Mają one dobrze zaznaczony wierzchołek, wyraźne *ligamentum*, słabo widoczne linie przyrostowe, znaczną grubość muszli oraz dobrze zaznaczone bruzdy na powierzchni muszli (element morfologii powierzchni muszli). Trzeci morfotyp ma muszlę mocno wydłużoną, z doskonale widocznym i stosunkowo masywnym *ligamentum* w stosunku do rozmiaru muszli. Długość muszli u tych form dochodzi do 60 mm, przy wysokości 10–15 mm. Ostatni rozpoznany morfotyp jest reprezentowany przez małża o dużych rozmiarach: wysokość muszli 45–65 mm; długość muszli 55–85 mm. Forma ta jest znajdowana w całości jedynie sporadycznie, zazwyczaj można odnaleźć tylko jej fragmenty. Stan zachowania tych skamieniałości uniemożliwia ich dokładne rozpoznanie taksonomiczne, ale zapewne są to formy z rodziny Unionidae.

W osadach ilasto-mułowcowo-piaskowcowych w Sołtykowie występują co najmniej cztery morfotypy muszli małżów, które prawdopodobnie należy wiązać z czterema niezależnymi gatunkami tych mięczaków. Małże te zasiedlały koryta rzeczne oraz zbiorniki jeziorno-bagienne i różniły się rozmiarami i morfologią muszli, co zapewne jest związane z przystosowaniami do określonego środowiska życia.

SKAMIENIAŁOŚCI ŚLADOWE BEZKRĘGOWCÓW

Skamieniałości śladowe bezkręgowców występują we wszystkich częściach analizowanego profilu (we wszystkich typach genetycznych osadów). Ich duże nagromadzenia znajdują się w osadach gliców krewasowych oraz w poziomach pedogenicznych i osadach wałów brzegowych (Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009). W trakcie obserwacji w odsłonięciu autor zebrał i udokumentował fotograficznie kilkaset okazów tego typu skamieniałości. Można je podzielić na cztery kategorie genetyczne:

1. Struktury pochodzenia małżowego.
2. Struktury związane z aktywnością biologiczną stawonogów i innych bezkręgowców na powierzchni osadu – struktury horyzontalne oraz nory stawonogów.
3. Struktury na powierzchniach łądy, liściach i w drewnie.
4. Struktury związane z aktywnością pierścienic glebowych oraz innych bezkręgowców glebowych, a także larw i form dorosłych owadów.

W Sołtykowie występują następujące ichnoformy związane z aktywnością życiową małżów na powierzchni oraz wewnątrz

osadu: ślady postępu, jamki mieszkalne reprezentujące ichnorodzaj *Lockeia* James, 1879; ślady poruszania się po dnie, odpowiadające ichnorodzajowi *Imbrichnus* Hallam, 1970 oraz szereg innych struktur związanych z penetracją osadu oraz poruszaniem się po dnie, a tak, a także struktury o niejasnej pozycji w ichnotaksonomi (parataksonomi ichnologicznej): cf. *Conostichnus* isp., cf. *Scalichnus* isp. Pieńkowski, Niedźwiedzki (2009), a także charakterystyczne linijne ciągi *Ptychoplasma conica* (Pieńkowski, Uchman, 2009).

Współczesne Unionoidea zasiedlają rzeki, tworzą często skupiska wielogatunkowe, z dominacją jednego z gatunków (vide Piechocki, 1969). W środowiskach jeziornych Unionoidea gromadzą się w litoralu na niewielkiej głębokości (0,25–5,5 m) i zwykle nie tworzą zwartych skupień (Widuto, Kompowski, 1968; Lewandowski, Stańczykowska, 1975).

W odsłonięciu znalezione zostały również jamki z zachowanymi *in situ* piaskowcowymi ośrodkami po małżach. Małże zostały prawdopodobnie pogrzebane w pozycji przyżywej przez osady powodziowe o dużej miąższości, spod których nie mogły się wydostać (Pieńkowski, Uchman, 2009).

Ichnorodzaj *Lockeia* i *Ptychoplasma* często występuje masowo w zagęszczeniu przekraczającym sto śladów na jeden metr kwadratowy powierzchni. Masowe nagromadzenie osobników obserwuje się u współczesnych małży Unionoidea w populacjach zamieszkujących rzeki oraz w populacjach żyjących w jeziorach w okresie rozrodu. Zjawisko to jest związane również z gromadzeniem się osobników w warunkach dogodnych do odżywiania się (w rzekach jest to układ prądu wody i odpowiednie podłoże) i rozmnażania (Piechocki, 1969; Piechocki, Dyduch-Falniowska, 1993). W środowisku rzeczonym w ławicach małże ustawiają się równolegle do prądu, co znajduje potwierdzenie także w materiale kopalnym z Sołtykowa (np. *Ptychoplasma conica* Pieńkowski, Uchman, 2009). *Lockeia* współwystępuje często ze śladami korzeni roślin oraz ichnorodzajem *Imbrichnus*. Ślady *Lockeia* zostały zidentyfikowane w osadach korytowych, glifów krewasowych, równi zalewowej oraz mułowcach środowiska jeziornego. Ślady *Lockeia* najczęściej są znajdowane w postaci hyporeliefu na spągowych, erozyjnych powierzchniach kanałów glifów krewasowych, co wynika z czynników tafonomicznych – szybkie przykrycie jamek przez osad dostarczany gwałtownie warunkowało znacznie większą szansę zachowania się tych struktur w zapisie kopalnym. W przypadku współwystępowania tych śladów wraz z korzeniami roślin, występowanie *Lockeia* jest związane najczęściej z paleoglebami typu *gleysol*, a więc glebami permanentnie podtopionymi, o charakterze szuwarowym. Ichnorodzaj *Lockeia* należy do licznych skamieniałości śladowych, występujących w odsłonięciu w Sołtykowie. Nazwa *Lockeia* dotyczy jedynie form izolowanych, pojedynczych. Jednak najczęstszym zjawiskiem w Sołtyko-

wie jest linijne ułożenie jamek małżowych, zgodnie z kierunkiem paleoprądów. Tak ułożone jamki pomałżowe określono nazwą *Ptychoplasma conica*, a szczegółową analizę ichnologiczną i behawioralną twórców tych śladów przedstawili Pieńkowski i Uchman (2009). Poszczególne jamki postojowe w ciągu *Ptychoplasma* prawdopodobnie odpowiadają cykлом dobowym.

ŚLADY STAWONOGÓW

W osadach związanych ze strefą korytową oraz glifami krewasowymi (paleogleby natlenione wyłącznie typu *podzol*, współwystępujące korzenie roślin są utlenione i wypełnione osadem) zostały znalezione nierozgałęziające się, poziome lub minimalnie ukośnie nachylone jamki o długości 4–6 cm i średnicy około 5–10 mm, często z widocznym meniskowym wypełnieniem osadem i poprzeczną lub ukośną ornamentacją. Czasami nakładają się na siebie na różnych poziomach. Struktury te często występują w skupiskach liczących po kilkanaście okazów. Tego typu ichnoskamieniałości należy prawdopodobnie wiązać z działalnością chrząszczy lub podobnej ekologicznie entomofauny (Ratcliffe, Fagerstrom, 1980). Podobne formy opisują i ilustrują Hasiotis i Bown (1992), Hasiotis i Demko (1996) z górnourajskich osadów formacji Morrison (Kolorado) w USA. Z grona twórców tego typu struktur nie można wykluczyć również skorupiaków (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009 i cytowane tam prace). Skamieniałości chrząszczy występują we wczesnojurajskim zespole entomofauny opisanej z Sołtykowa (Węgierek, Zherikhin, 1997). W Sołtykowie zostały również znalezione nory ukierunkowane w osadzie pionowo lub poziomo, o długości dochodzącej do 20 cm i średnicy około 5 cm. Na powierzchni odlewu nory (w okazy zorientowanym poziomo) zachowały się różnych rozmiarów ślady zadrapań odnóży (vide Hasiotis, Mitchell, 1993). Podobne ichnoskamieniałości ilustrują Hasiotis i Demko (1996) z lądowych górnourajskich osadów formacji Morrison (Salt Wash Member).

ŚLADY PIERŚCIENIC I ZWIERZĄT *INCERTAE SEDIS*

Ślady pozostawione prawdopodobnie przez pierścienice są poziome i owalne w przekroju, proste lub lekko zakrzywione. Nielicznie występują struktury z pojedynczymi rozgałęzieniami. Osad wypełniający ślady jest taki sam lub zbliżony (możliwe nieco grubsze ziarno) do osadu otaczającego.

Dotychczas znaleziono kilka okazów tego typu w górnej części odsłonięcia w osadach glifów krewasowych. W Sołtykowie występują również owalne w przekroju, nierozgałęziające się ślady powierzchniowe lub nachylone do powierzchni uławiczenia pod różnym kątem, gładkie, czasami wypełnione osadem wyraźnie różniącym się od otaczającego. Ich średnica waha się w granicach 4–12 mm. W Sołtykowie zostały również znalezione ślady poziome o kształcie sinusoidalnym. Struktury tego typu mogą być pozostawione przez nicienie lub larwy stawonogów.

ŚLADY NA SZCZĄTKACH ROŚLIN

Na szczątkach roślin z odsłonięcia w Sołtykowie zaobserwowano występowanie systemów wąskich, s-kształtnych i nieregularnych kanalików, regularnych i nieregularnych rozetek oraz obszarów wyciętych (mechaniczne usuniętych fragmentów tkanki roślinnej). Są one widoczne na powierzchniach łodyg roślin skrzypowych oraz nagonasiennych, które porastały strefę równi zalewowej lub pochodzą z obszaru lądowego (suchego) i zostały przetransportowane do środowisk rzecznych w czasie powodzi lub opadów deszczu. Możliwy był również transport grawitacyjny po stoku wału brzegowego oraz opad oderwanych od rośliny macierzystej elementów i ich depozycja w strefie okołokorytovej i korytovej. Zostały również znalezione ślady o charakterze drażeń regularnych na łodygach, należących prawdopodobnie do roślin nagonasiennych. Rozpoznane struktury są dowodem drażenia powierzchni łodyg roślin (makrofitów wyrzucanych oraz roślin porastających środowiska wilgotne) przez żerujące owady, larwy owadów oraz ślimaki. Struktury takie (formy rozetowe) powstawać mogą również w warunkach podwodnych w wyniku działalności glonów (współcześnie w wodach słodkich występują glony drażące, np. *Foreliella perforans*).

ŚLADY DRAŻENIA W DREWNI

Fragmety pni oraz dużych gałęzi występują powszechnie w osadach korytowych i pozakorytowych (glif krewasowy) w Sołtykowie. W osadach korytowych zostały znalezione fragmenty drewna roślin nagonasiennych ze śladami nieregularnych drażeń. Prawdopodobnie są to ślady zwierząt-drewnotoczy ze środowisk lądowych (np. larw owadów) lub wodnych (np. małżów, larw owadów, skorupiaków). Struktury drażenia w drewnie wykonane prawdopodobnie przez larwy owadów ilustrują Bromley i Asgaard (1991). Ślady drażenia należą do częstych znalezisk w szczątkach

drewna w Sołtykowie. Przepuszczalnie znaczna ich część powstała w warunkach lądowych w wyniku żerowania larw chrząszczy w rozkładającym się drewnie. Kilka rozpoznanych form można wiązać ze śladami działalności Hymenoptera (*Xylonicchnus* isp., *Linckichnus terebrans* Schlirf, 2006).

ORGANICZNE STRUKTURY TYPU UCIECZKOWEGO

Ślady ucieczkowe są bardzo powszechnym elementem w zespole ichnoskamieniałości z Sołtykowa. Można wyróżnić dwie grupy tego typu struktur. Pierwszą grupę stanowią struktury dużych rozmiarów, pochodzące prawdopodobnie od małżów lub od innych dużych zwierząt bentonicznych (np. skorupiaków). Grupę drugą tworzą struktury małych rozmiarów, które zapewne są związane z działalnością życiową drobnych bezkręgowców bentonicznych i peryfitonicznych, takich jak larwy owadów i drobne mięczaki (Chamberlain, 1975). Ślady ucieczkowe występują w dużych nagromadzeniach w osadach środowisk aktywnych okresowo lub stale, czyli glifów krewasowych oraz stref korytowych. Powstawały w wyniku nagłego zasypywania materiałem detrytycznym organizmów żyjących na powierzchni dna – epibentosu lub penetrującymi osady denne – inbentosu. Czynnikiem powodującym powstawanie wszystkich śladów ucieczki w Sołtykowie były powodzie i związane z nimi (dokładniej z fazą opadania fali powodziowej) okresy gwałtownej depozycji osadu. Wspomniane wcześniej dodatkowe struktury na zakończeniach jamek mieszkalnych mogą wiązać się z fazą erozji powodziowej (pierwszy, najgwałtowniejszy etap powodzi), któremu towarzyszyło początkowe zagrzebywanie się małży głębiej w osad (unikanie zniszczenia przez czynniki dynamiczne). Ślady tej erozji są widoczne wokół górnych obrzeży jamek mieszkalnych. Natychmiast po kulminacji fali powodziowej następowała gwałtowna akumulacja osadów powodziowych (inundytów), co wymuszało odwrotną reakcję zasypanych małży – ruch ku górze (wtedy tworzyły się ślady *Scalichnus* isp.). Przemieszczanie się zwierząt ku górze mogło nastąpić dopiero po ustąpieniu powodzi i ustaniu gwałtownej sedymentacji. Nadkład osadów naniesionych przez powódź mógł być znaczny i wydobyć się na powierzchnię wiązało się z dużym wydatkiem energii. Niekiedy w spągowych częściach jamek mieszkalnych znajduje się skamieniałości małży, które wskazują na minimalny ruch zwierzęcia ku górze lub wręcz brak takiego ruchu. Z zachowań współczesnych małży wynika, że zwierzęta te precyzyjnie wyczuwają ciężar osadu, który je przykrył i kiedy ciężar ten przekracza pewną wartość graniczną, w ogóle rezygnują z prób wydobywania się na powierzchnię (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2009; Pieńkowski, Uchman, 2009).

SKAMIENIAŁOŚCI ŚLADOWE MAŁYCH KRĘGOWCÓW

Tropy małych kręgowców należą do nielicznych znalezisk paleoichnologicznych z profilu w Sołtykowie. Występują głównie w osadach gliców krewasowych w dolnej części odsłonięcia. Kilka okazów udało się również zebrać z osadów gliców krewasowych wyższej części profilu związanego bezpośrednio z osadami korytowymi. Ich relatywna rzadkość może być związana z czynnikami sedymentologicznymi osadów występujących w Sołtykowie. Znalezione dotychczas ślady reprezentują zróżnicowaną grupę morfologiczną (9 ichnomorfotypów). Zostały pozostawione przez wczesne krokodylomorfy, lepidozaury, zwierzęta jaszczurkowskie, pterozaurowe oraz gady ssakokształtne (cynodonty) i wczesne ssaki. Tropy małych zwierząt z Sołtykowa są obecnie obiektem szczegółowych badań.

ŚLADY KROKODYLOMORFÓW

W Sołtykowie występują trzy ichnomorfotypy związane z krokodylomorfami. Ich cechą charakterystyczną jest brak odcisku piątego palca w śladzie kończyny tylnej (*pes*), co jest związane z jego redukcją w trakcie filogenezy u tej grupy gadów.

Znalezione ichnomorfotypy można opisać jako: *Batrachopus* isp., cf. *Malutitetrapodiscus* isp. oraz inne o niejasnej pozycji ichnotaksonomicznej. Ślady te są znane z osadów dolnojurajskich z Ameryki Północnej oraz z Afryki Południowej (vide Lockley i in., 2004). Ichnorodzą *Batrachopus* jest najczęściej notowanym śladem małego kręgowca w osadach odsłoniętych w Sołtykowie (zebrano i zaobserwowano kilkanaście okazów reprezentujących ten ichnomorfotyp). Rozmiary tych śladów są niewielkie, mają długość 1,5–3,0 cm. Ślady tego typu zostały prawdopodobnie pozostawione przez małych rozmiarów lądowe krokodylomorfy, które być może przypominały formy z rodzaju *Protosuchus* z wczesnej jury Ameryki Północnej (USA i Kanada) oraz Afryki Południowej i Antarktydy (vide Lockley, Hunt, 1995; Lockley, Meyer, 2000).

Ichnoforma cf. *Malutitetrapodiscus* isp. jest reprezentowana w materiale z Sołtykowa przez dwa okazy. Zwierzę które pozostawiło tego typu ślady było znacznie większych rozmiarów od twórcy śladów *Batrachopus*. Rozmiarami mogło być zbliżone do *Protosuchus richardsoni* z dolnojurajskich osadów z Arizony w USA.

ŚLADY LEPIDOZAUROW

Ślady lepidozaurów (czyli zwierząt o pokroju jaszczurki) są bardzo sporadycznym znaleziskiem w osadach jury dolnej w Sołtykowie. Dotychczas udało się znaleźć tylko trzy okazy śladów związane z takimi gadami (ślady tylnych kończyn

– *pes*). Wszystkie znalezione okazy można opisać jako ichnotakson Rhynchosauroidae indet. Są to ślady pięciopalcowe o długości około 4–6 cm, znacznie dłuższe niż szersze, z palcem piątym wyraźnie odseparowanym od grupy I–IV. Zwierzęta, które je pozostawiły, miały długość około 50–100 cm i przypominały zapewne wyglądem dzisiejsze jaszczurki. Ślady z ichnorodziny Rhynchosauroidae stanowią istotny element w zespołach ichnologicznych w osadach triasowych. W osadach jurajskich ich zróżnicowanie oraz częstość znacznie maleje. Znane są wyłącznie z osadów jury dolnej i środkowej (Lockley, Hunt, 1995; Lockley, Meyer, 2000). Znaleziska z Sołtykowa są więc ważnym uzupełnieniem informacji o stratygraficznej i środowiskowej dystrybucji tego morfotypu.

ŚLADY PTEROZAUROW

Ślady pterozaurów są reprezentowane w zapisie kopalnym w Sołtykowie jedynie przez dwa okazy, które wykazują typową dla tego typu śladów morfologię. Są to trójpalczaste, izometryczne ślady kończyn przednich (*manus*). Tropy pterozaurów powstawały w trakcie lokomocji zwierzęcia po lądzie z użyciem kończyn przednich (skrzydeł). Powstawał wówczas charakterystyczny odcisk *manus*, który jest związany z trzema niezredukowanymi palcami wystającymi ponad krawędź skrzydła (vide Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2005).

Ślady pterozaurów z Sołtykowa mają długość 2,0–3,0 cm. Osobniki które je pozostawiły miały rozpiętość skrzydeł około 30–40 cm. Ślady te są unikatowym zapisem obecności pterozaurów we wczesnojurajskim ekosystemie lądowym zdominowanym przez dinozaury.

ŚLADY GADÓW SSAKOKSZTAŁTNYCH I WCZESNYCH SSAKÓW

Ślady gadów ssakokształtnych (najprawdopodobniej cynodontów) i prassaków są dość często znajdowane w odsłonięciu w Sołtykowie. Stanowią ciekawą grupę ichnoskamieniałości kręgowców, która ma bardzo istotne znaczenie dla zrozumienia różnorodności faunistycznej we wczesnej jurze (vide Leonardi, 1994; Sarjeant, 2000).

W Sołtykowie występują cztery ichnomorfotypy śladów cynodontów i prassaków. Są to ślady o różnych rozmiarach. Największe z nich osiągają długość 7 cm i szerokość 15 cm, a najmniejsze zaledwie długość 0,5 cm. Zgodnie z obowiązującymi standardami ichnotaksonomicznymi (vide Leonardi, 1994; Sarjeant, 2000) w Sołtykowie można wyróżnić następujące ichnorodzaje: *Ameghinichnus*, *Brasilichnium*,

cf. *Therapsipus* (etiam Gierliński i in., 2004). Ciekawostką jest to, że ostatni z wymienionych ichnotaksonów jest znany z osadów triasowych. Znaleździśko *Therapsipus* – podobnych tropów w osadach dolnojurajskich stanowi pewnego rodzaju potwierdzenie zjawiska ewolucyjnej konwergencji morfologicznej (przystosowawczej) w kończynach kręgowców.

Ślady gadów ssakokształtnych i prassaków występują licznie w osadach glifów krewasowych, a dokładniej w osadach zbiorników efemerycznych rozwijających się na tych obszarach po okresie powodziowym. Często tropom tych zwierząt towarzyszą ślady małżów, które mogły być przy-

niesione z koryta rzecznoego do tych osadów w trakcie przewrzenia wału brzegowego. Być może taka zaskakująca asocjacja jest związana z penetracją płytkich zbiorników wodnych przez zwierzęta, które poszukiwały pożywienia – małży i innych bezkręgowców.

Zwierzęta, które pozostawiły opisywane powyżej tropy miały długość od około 10 cm do około 1,5 metra. W odsłonięciu w Sołtykowie występują również zagadkowe kopalne nory, które być może należy wiązać z gadami ssakokształtnymi i prassakami (vide Miller i in., 2001).

ŚLADY DINOZAUROW

Pierwszy trop dinozaura został znaleziony w Sołtykowie w 1979 roku i został opisany przez Pieńkowskiego i Gierlińskiego (1987), jako ślady dinozaura ptasiomiednicznego. Później znaleździśko to zreinterpretowano jako ślad teropoda ze śródstopiem (Gierliński, 1994).

Ślady dinozaurów, głównie ślady drapieżników (fig. 3) występują głównie w osadach glifów krewasowych (gdzie występowały warunki najkorzystniejsze dla ich zachowania), ale rozpoznano je również w osadach korytowych oraz mułowcach i piaskowcach mułowcowych z osadów jezioro-bagiennych. Można przyjąć, że występują dwa poziomy ze śladami. Pierwszy poziom jest związany z osadami glifów krewasowych, które występują w dolnej części odsłonięcia.

Drugi poziom ich występowania to osady korytowe, okołokorytowe oraz glifu krewasowego w najwyższej części odsłonięcia. W dolnej części odsłonięcia rozpoznano poziom z masowym nagromadzeniem tropów dinozaurów (vide Gierliński, Pieńkowski, 1999; Gierliński i in., 2004).

W Sołtykowie zostały rozpoznane ślady teropodów z ichnorodzajów *Stenonyx*, *Grallator*, *Anchisauripus*, *Kayentapus*, *Eubrontes*, cf. *Megalosauripus*; ślady dinozaurów ptasiomiednicznych z ichnorodzaju *Anomoepus*, *Delatorrichnus*, ślady zauropodomorfów *Parabrontopodus*, cf. *Otozoum*, cf. *Tetrasauropus* (Gierliński i in., 2004, 2005). Zespół śladów dinozaurów z tej lokalizacji należy więc do bardzo zróżnicowanego (Gierliński i in., 2004).

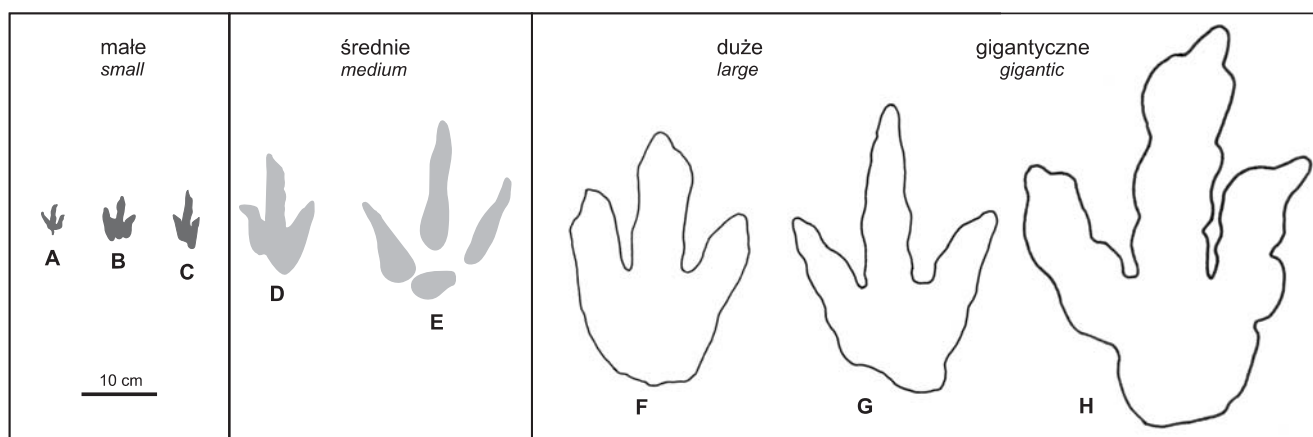


Fig. 3. Trzy grupy rozmiarów śladów teropodów (Theropoda) z jury dolnej Polski

A – *Plesiornis pilulatus* Hitchcock, 1858; B – *Stenonyx* isp.; C – *Grallator* isp.; D – *Anchisauripus* isp.; E – *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); F – *Eubrontes* isp.; G – *Kayentapus minor* (Lull, 1953); H – wielki ślad z Sołtykowa (Niedźwiedzki, 2006)

Three size classes of theropod (Tetrapoda) tracks from the Lower Jurassic of Poland

A – *Plesiornis pilulatus* Hitchcock, 1858; B – *Stenonyx* isp.; C – *Grallator* isp.; D – *Anchisauripus* isp.; E – *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); F – *Eubrontes* isp.; G – *Kayentapus minor* (Lull, 1953); H – gigantic track from Sołtyków (after Niedźwiedzki, 2006)

ŚLADY MAŁYCH ROZMIARÓW TEROPODÓW

Występujące w Sołtykowie tropy małych teropodów (fig. 4, 5) reprezentowane są przez dwa ichnorodzaje: *Stenonyx* Hitchcock, 1865 małe formy *Kayentapus* Welles, 1971 oraz *Grallator* Hitchcock, 1858. Ślady z ichnorodzaju *Stenonyx* wynoszą 5–6 cm, są trójpalczaste i mają charakterystyczną morfologię, która zbliża je trochę do morfotypów związanych ze śladami dinozaurów ptasiomiednicznych. Ze względu na proporcje długości palców zalicza się te ichniformy to tropów teropodów. Okazy z Sołtykowa różnią się od klasycznego *Stenonyx* szerokim rozstawem proksymalnych poduszek palcowych (vide Gierliński i in., 2004). W Sołtykowie udało się dotychczas znaleźć trzy okazy reprezentujące ten ichnorodzaj.

Ślady małych drapieżnych dinozaurów z ichnorodzaju *Grallator* cechują się większą różnorodnością morfologiczną (vide Olsen i in., 1998). W Sołtykowie rozpoznano dwa morfotypy z tego ichnorodzaju, różniące się rozmiarami i kształtem. Pierwszy omawiany ichnomorfotyp jest reprezentowany przez tropy małych rozmiarów o długości 5–7 cm i charakteryzuje się niewielką szerokością śladu w stosunku do jego długości. Drugi morfotyp ma znacznie większą długość, bo 12–15 cm, oraz większą szerokość w stosunku do długości.

Trzy odmienne morfotypy śladów małych teropodów sugerują, że mamy w Sołtykowie paleoichnologiczny zapis trzech gatunków niewielkich drapieżników zbliżonych zapewne wyglądem do ceratozaura – celofyza. Występują również ślady *Kajentapus* pozostawione przez osobniki małych rozmiarów.

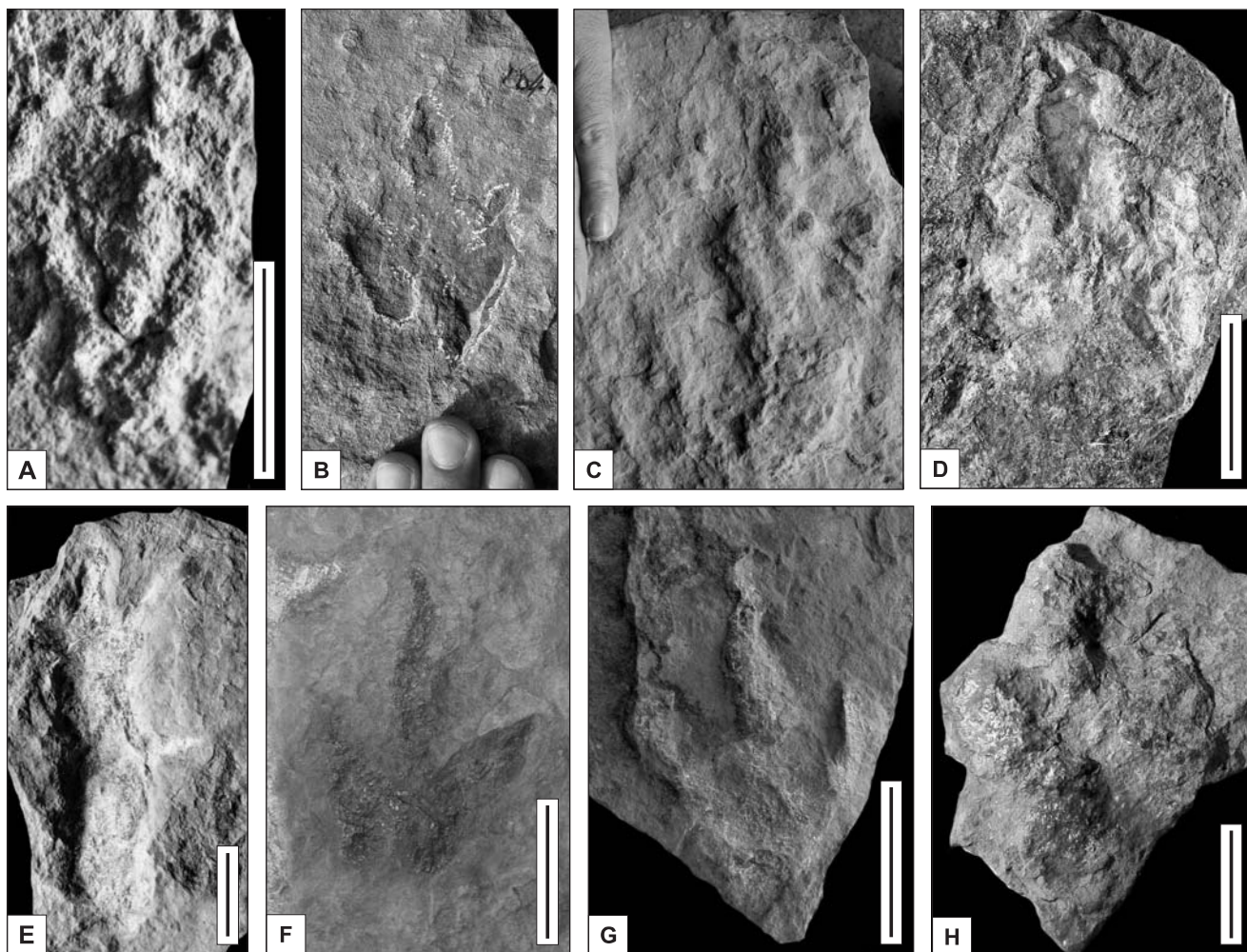


Fig. 4. Ślady małych rozmiarów teropodów (Theropoda) rozpoznane w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A – mały *Grallator* isp.; B–H – duży *Grallator* isp.; E – okaz z odciskiem śródstopia; skala – 5 cm

Tracks of small theropods (Theropoda) identified in Hettangian deposits at Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A – small *Grallator* isp.; B–H – large *Grallator* isp.; E – specimen with a metatarsal track; scale bar – 5 cm

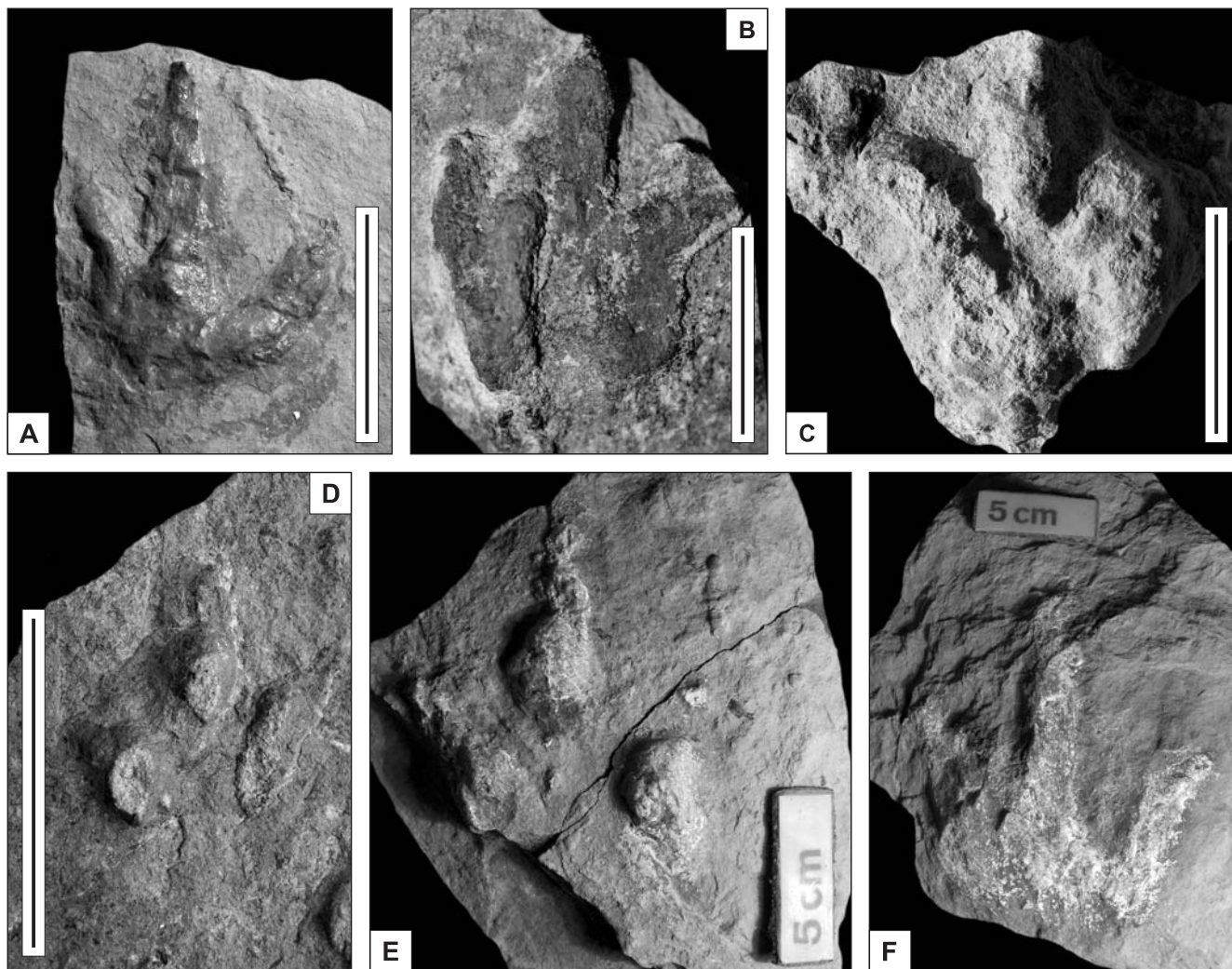


Fig. 5. Ślady małych rozmiarów teropodów (Theropoda) rozpoznane w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A – mały *Kayentapus* isp.; B–C – *Stenonyx* isp., D–F – Theropoda indet., ślady pozostawione przez osobniki juwenilne; skala – 5 cm

Tracks of small theropods (Theropoda) identified in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A – small *Kayentapus* isp.; B–C – *Stenonyx* isp.; D–F – Theropoda indet., tracks of juvenile individuals; scale bar – 5 cm

ŚLADY ŚREDNICH TEROPODÓW

Ślady średnich rozmiarów teropodów (fig. 6) są reprezentowane w Sołtykowie przez dwa ichnorodzaje: *Anchisauripus* Lull, 1904 oraz *Kayentapus* Welles, 1971 (vide Gierliński i in., 2004). Ślady *Anchisauripus* są bardzo powszechnym elementem w ichnocenozach dinozaurów we wczesnej jurze (vide Olsen i in., 1998; Lockley, Meyer, 2000). W Sołtykowie ślady tego typu są sporadycznym znalezi-

kiem na tle innych znalezisk tropów. Tropy *Anchisauripus* mają długość około 15–20 cm i niewielką szerokość w stosunku do długości śladu. Ślady *Kayentapus* o średnich rozmiarach, czyli o długości 20–25 cm, są bardzo częstym znaleziskiem w Sołtykowie. Prawdopodobnie są to ślady osobników młodocianych wielkich form z ichnorodzaju *Kayentapus* (vide rozdział *Ślady dużych teropodów*).

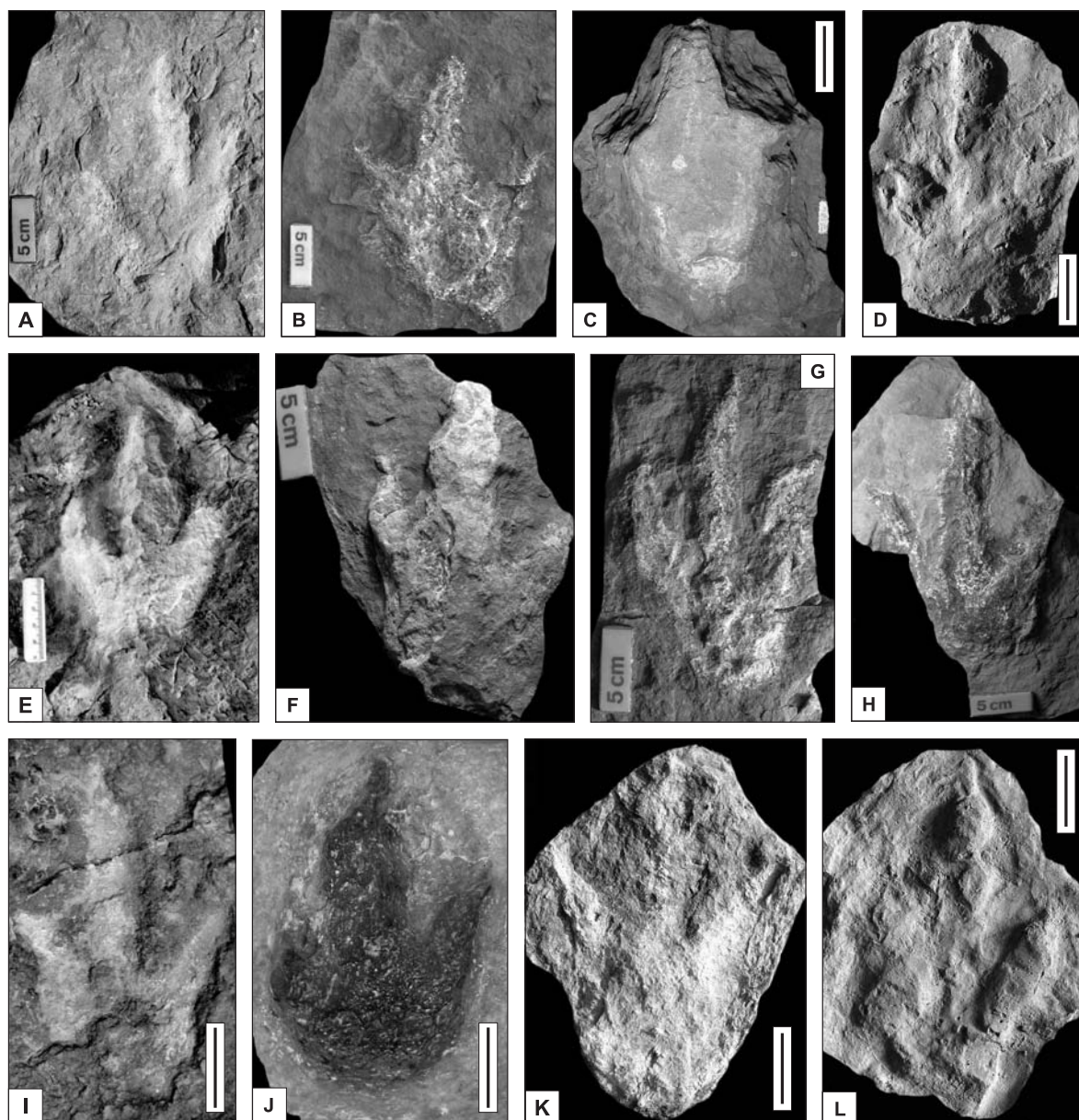


Fig. 6. Ślady średnich rozmiarów teropodów (Theropoda) rozpoznane w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A, B, D–H, J, K – *Anchisauripus* isp.; C, I, L – cf. *Anchisauripus* isp.; skala – 5 cm

Tracks of small theropods (Theropoda) identified in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A, B, D–H, J, K – *Anchisauripus* isp.; C, I, L – cf. *Anchisauripus* isp.; scale bar – 5 cm

ŚLADY DUŻYCH TEROPODÓW

W Sołtykowie występują dwa ichnorodzaje tropów związanych z dużymi teropodami: *Kayentapus* Welles, 1971 oraz *Eubrontes* Hitchcock, 1845 (fig. 7–12).

Duże ślady *Kayentapus* to najpospolitsze ślady dinozaurów, które występują w tym odsłonięciu (Gierliński i in.,

2004, 2005). Obok nich zostały znalezione również szlaki tropów oraz ślady z odciskiem śródstopia z tego ichnorodzaju (G. Niedźwiedzki, D. Niedźwiedzki, 2001). Tropy *Kayentapus* charakteryzują się szerokim kątem pomiędzy osiami palców zewnętrznych (około 75–90°) oraz cienkimi palcami

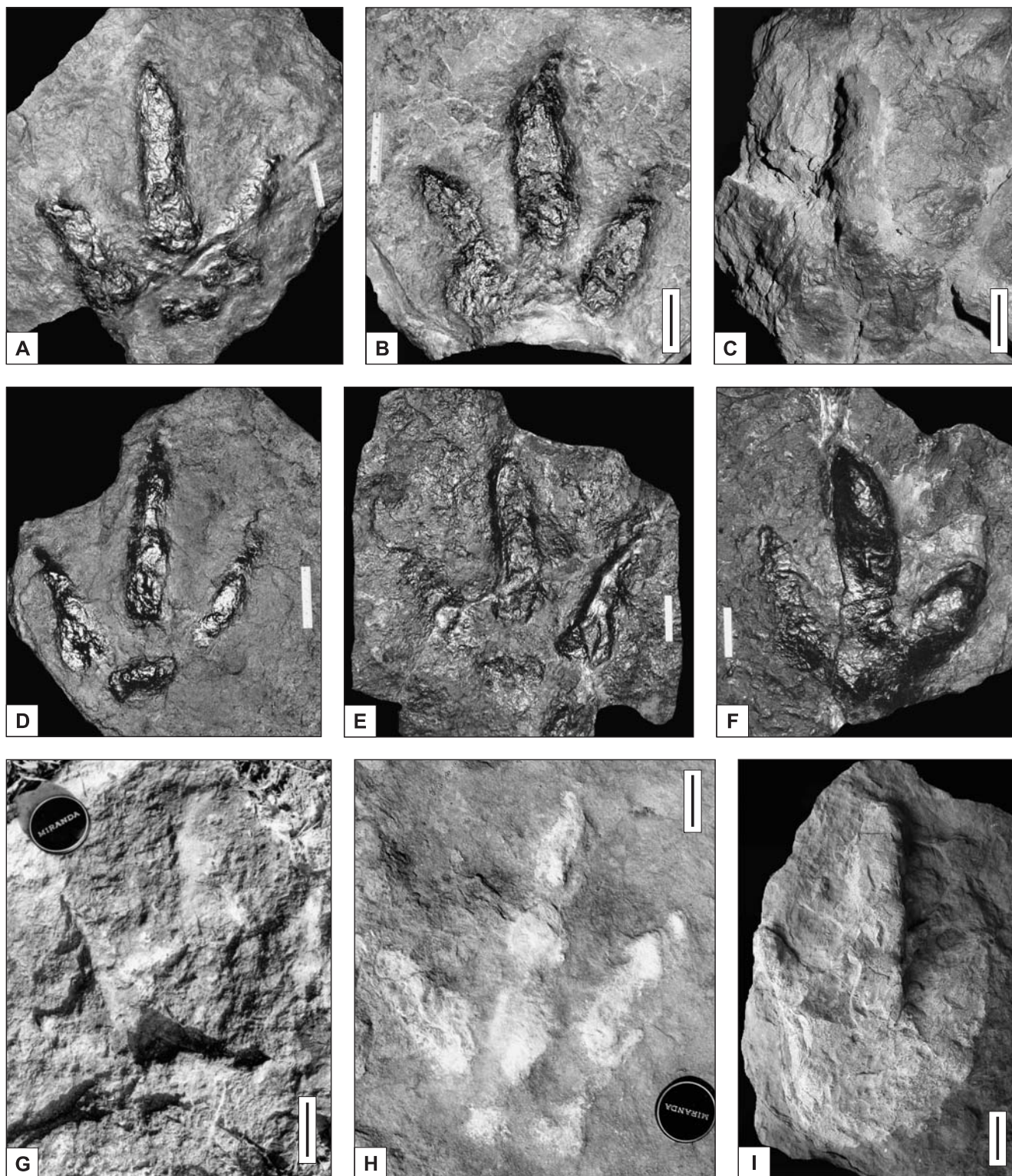


Fig. 7. Ślady dużych teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–H – ichtnogatunek *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); I – *Kayentapus* isp.; skala – 5 cm

Tracks of large theropods (Theropoda) found in Hettangian deposits at Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–H – ichnospecies *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); I – *Kayentapus* isp., scale bar – 5 cm

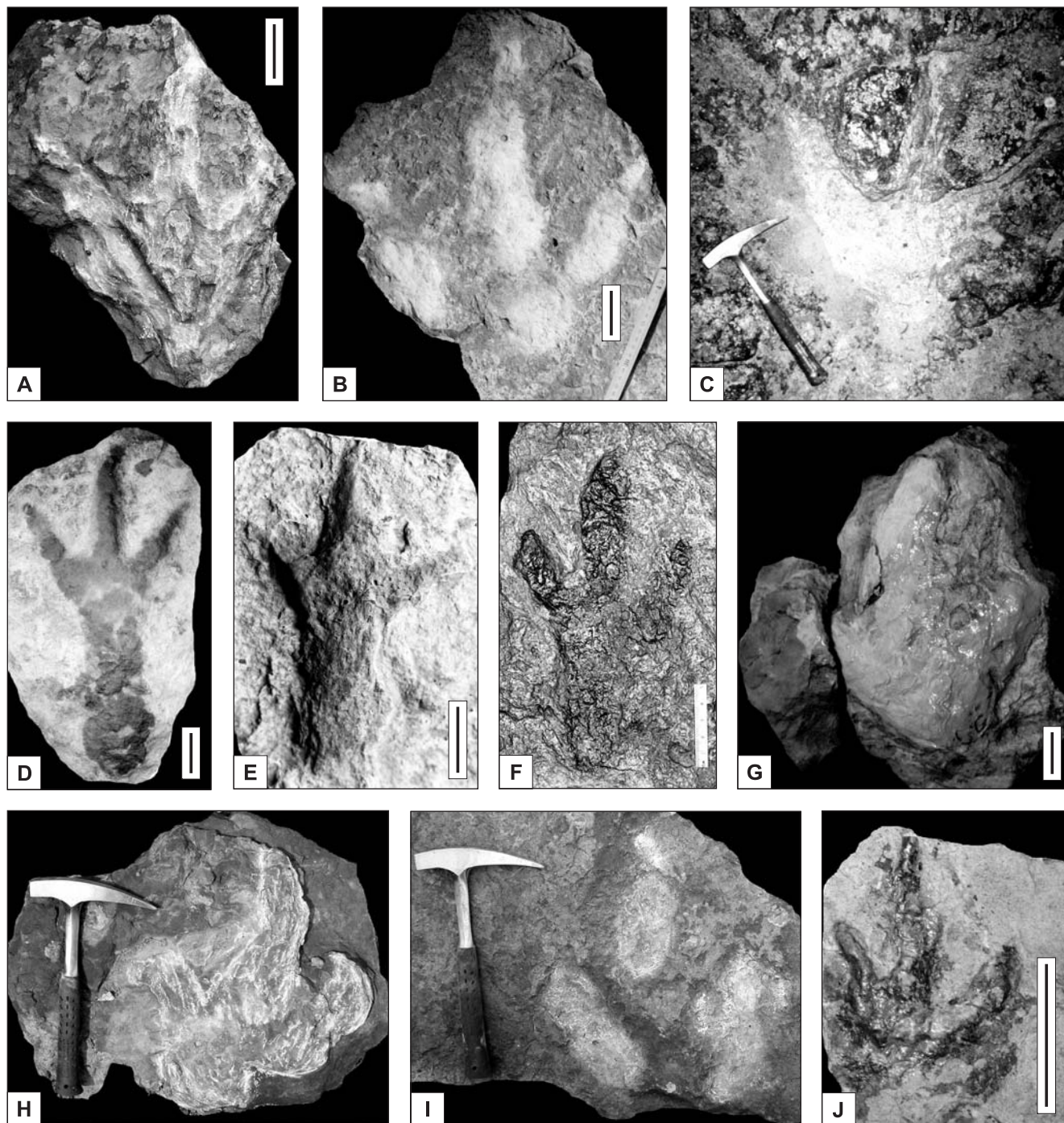


Fig. 8. Ślady teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Soltykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–E – ichnogatunek *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); F–J – cf. *Kayentapus* isp.; skala – 5 cm; okazy oznaczone jako D, E, F zawierają odcisk śródstopia

Tracks of theropods (Theropoda) found in the Hettangian deposits of Soltyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–E – ichnospecies *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); F–J – cf. *Kayentapus* isp.; scale bar – 5 cm; specimens denoted as D, E and F include a metatarsal impression

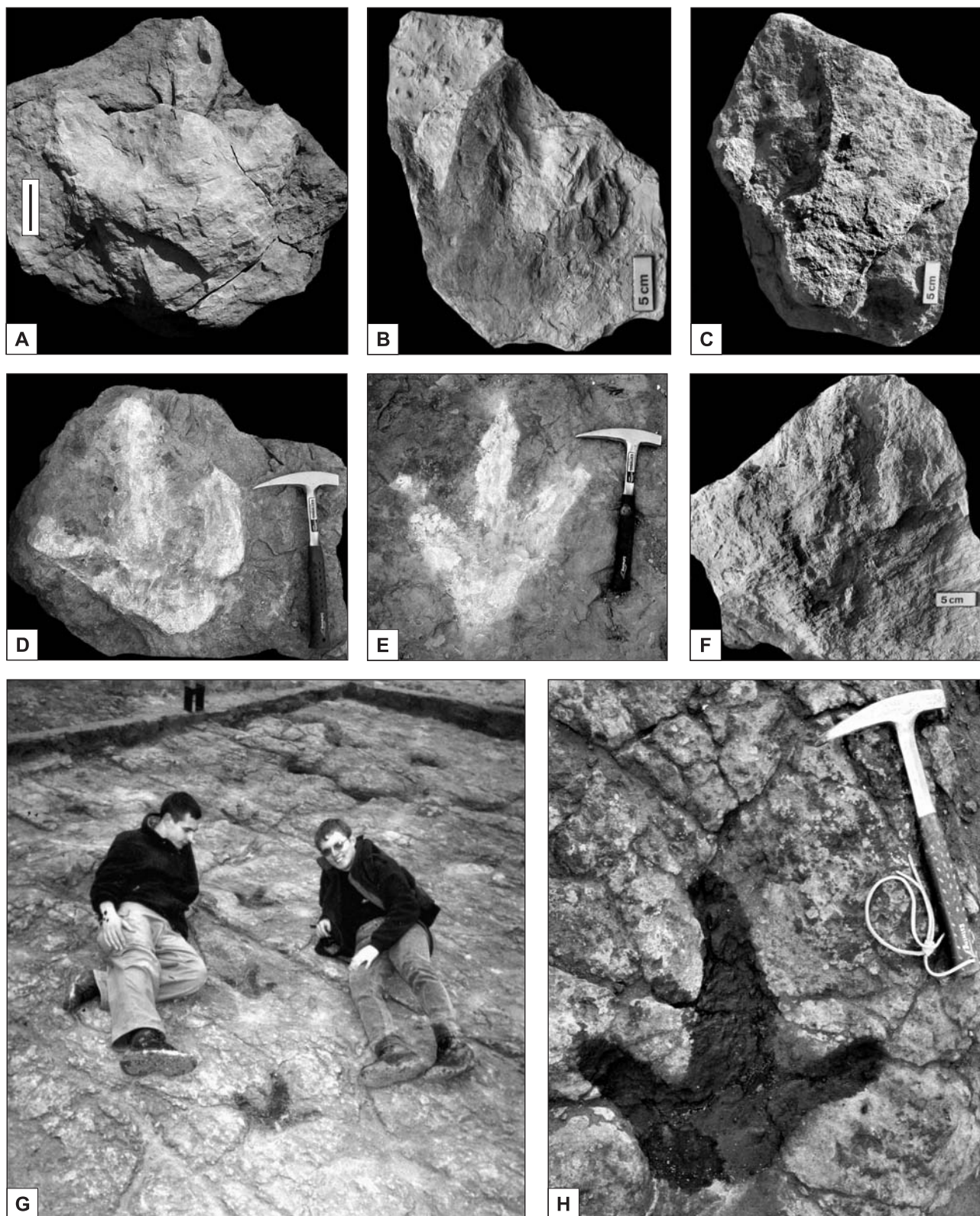


Fig. 9. Ślady dużych teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie

A–F – *Kayentapus* isp.; G, H – *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); na figurze G jest widoczna ścieżka tropów (A–F – fot. G. Niedźwiedzki; G – fot. F. Pieczonka; H – fot. G. Gierliński)

Footprints of large theropod dinosaurs discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków

A–F – *Kayentapus* isp.; G, H – *Kayentapus soltykovensis* (Gierliński, 1991); on the Figure G trackway of *Kayentapus soltykovensis* are visible (A–F – photo G. Niedźwiedzki; G – photo F. Pieczonka; H – photo G. Gierliński)

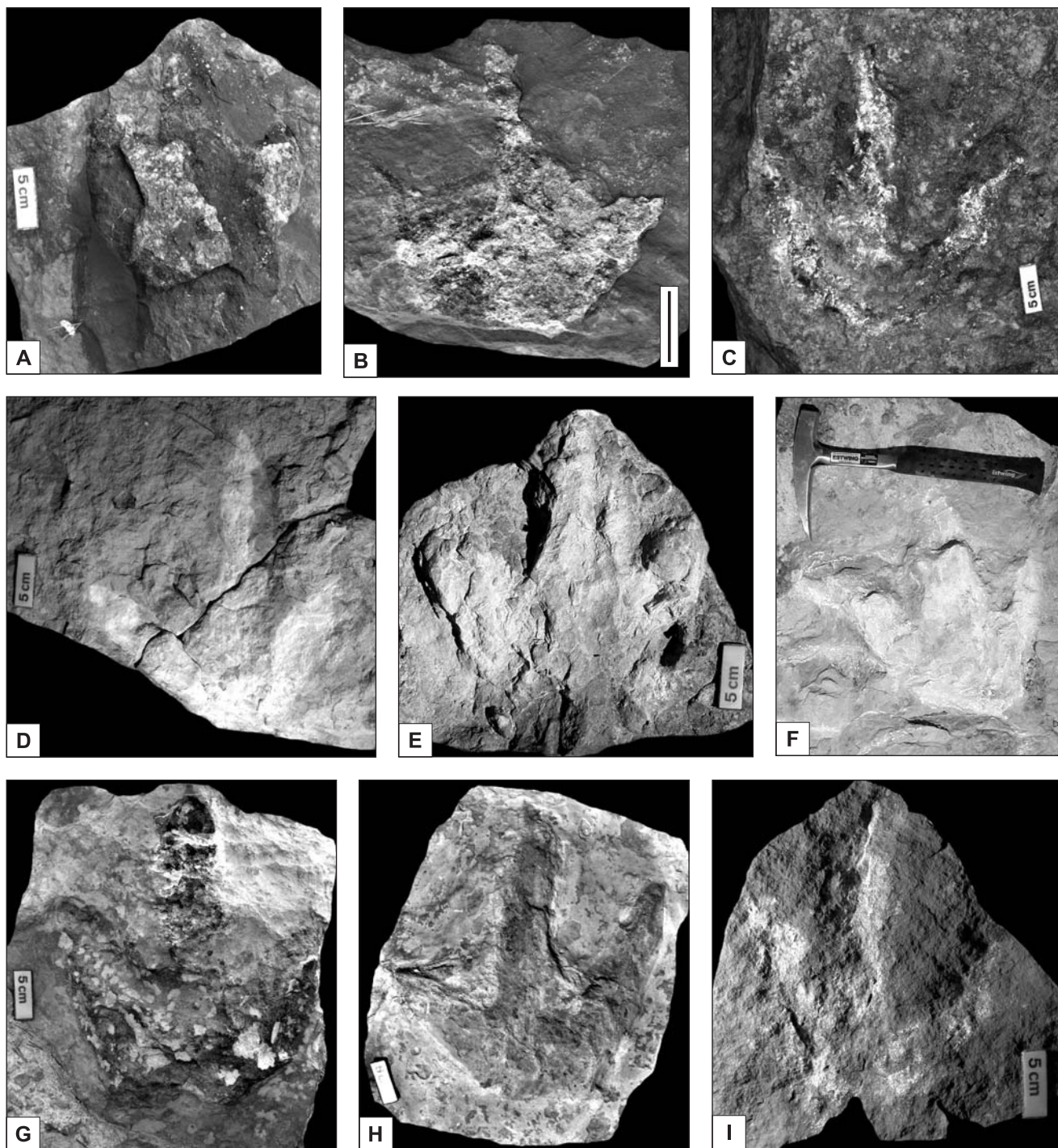


Fig. 10. cf. *Kayentapus* isp. znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–I – ślady średnich i dużych teropodów; skala – 5 cm

cf. *Kayentapus* isp. discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–I – footprints of medium- and large-sized theropod dinosaurs; scale bar – 5 cm

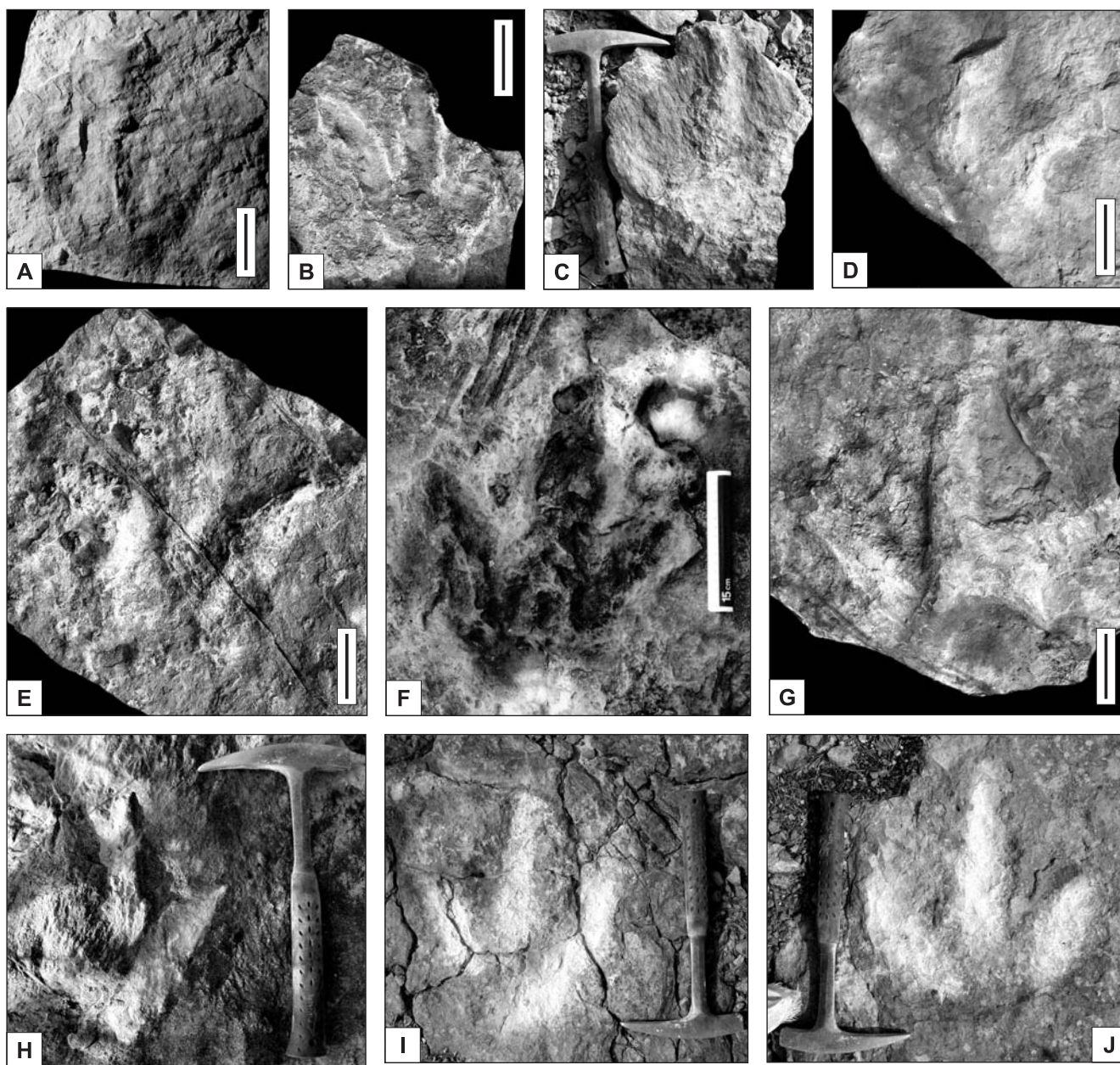


Fig. 11. cf. *Kayentapus* isp. znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–J – ślady średnich i dużych teropodów; skala – 5 cm

cf. *Kayentapus* isp. discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–J – footprints of medium- and large-sized theropod dinosaurs; scale bar – 5 cm

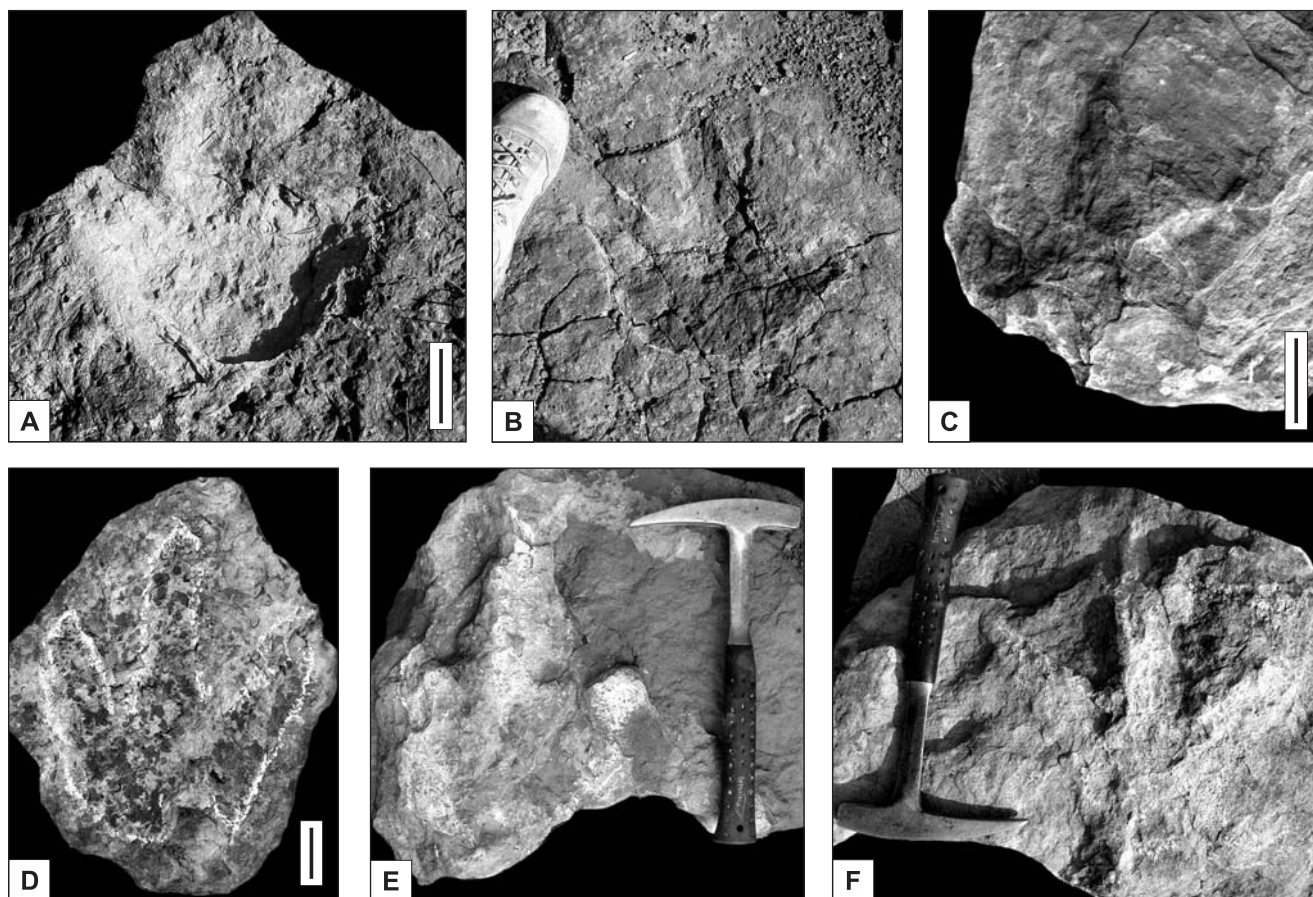


Fig. 12. cf. *Kayentapus* isp. znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–F – ślady średnich i dużych teropodów; skala – 5 cm

cf. *Kayentapus* isp. discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–F – footprints of medium- and large-sized theropod dinosaurs; scale bar – 5 cm

z zatartymi granicami poduszek palcowych. W Sołtykowie występują prawdopodobnie dwa morfotypy śladów *Kayentapus* (Gierliński i in., 2004) o rozmiarach 30–45 cm.

Ślady z ichnorodzaju *Eubrontes* należą do sporadycznych znalezisk w Sołtykowie. Dotychczas znaleziono kilka

okazów z tego ichnorodzaju. Jest to dość zagadkowe, ponieważ ichnorodzaj *Eubrontes* jest jednym z najpospolitszych tropów w osadach dolnojurajskich na świecie (vide Olsen i in., 1998).

ŚLADY GIGANTYCZNYCH TEROPODÓW

Tropy wielkich teropodów należą do jednych z najciekawszych znalezisk paleoichnologicznych z osadów dolnojurajskich w Sołtykowie (fig. 13–15). W sierpniu 1999 roku, w trakcie penetracji hałdy poeksploatacyjnej w Sołtykowie znaleziono pierwszy w Polsce okaz bardzo dużego śladu, który został pozostawiony przez teropoda – dinozaura drapieżnego (Niedźwiedzki, 2000, 2006; Gierliński i in., 2001, 2004; Niedźwiedzki i in., 2005). Znaleziony ślad ma 54 cm długości i reprezentuje nietypową dla wczesnojurajskich

ichnotaksonów morfologię i rozmiary. Było to zarazem drugie na świecie znalezisko tak wielkiego śladu teropoda w osadach dolnojurajskich. Dodatkowa wartość znaleziska polega na tym, że okaz został odkryty w osadach najniższej jury dolnej (w dolnym hetangu; patrz wyżej; *etiam* Pieńkowski, 1983, 1991, 2004). Wielkie ślady teropodów były znane dotychczas badaczom z osadów wyższej części jury dolnej (formacja Kayenta w Arizonie, ?synemur–plienbach: vide Lockley, Hunt, 1995; Lucas i in., 2005) z Ameryki Północ-

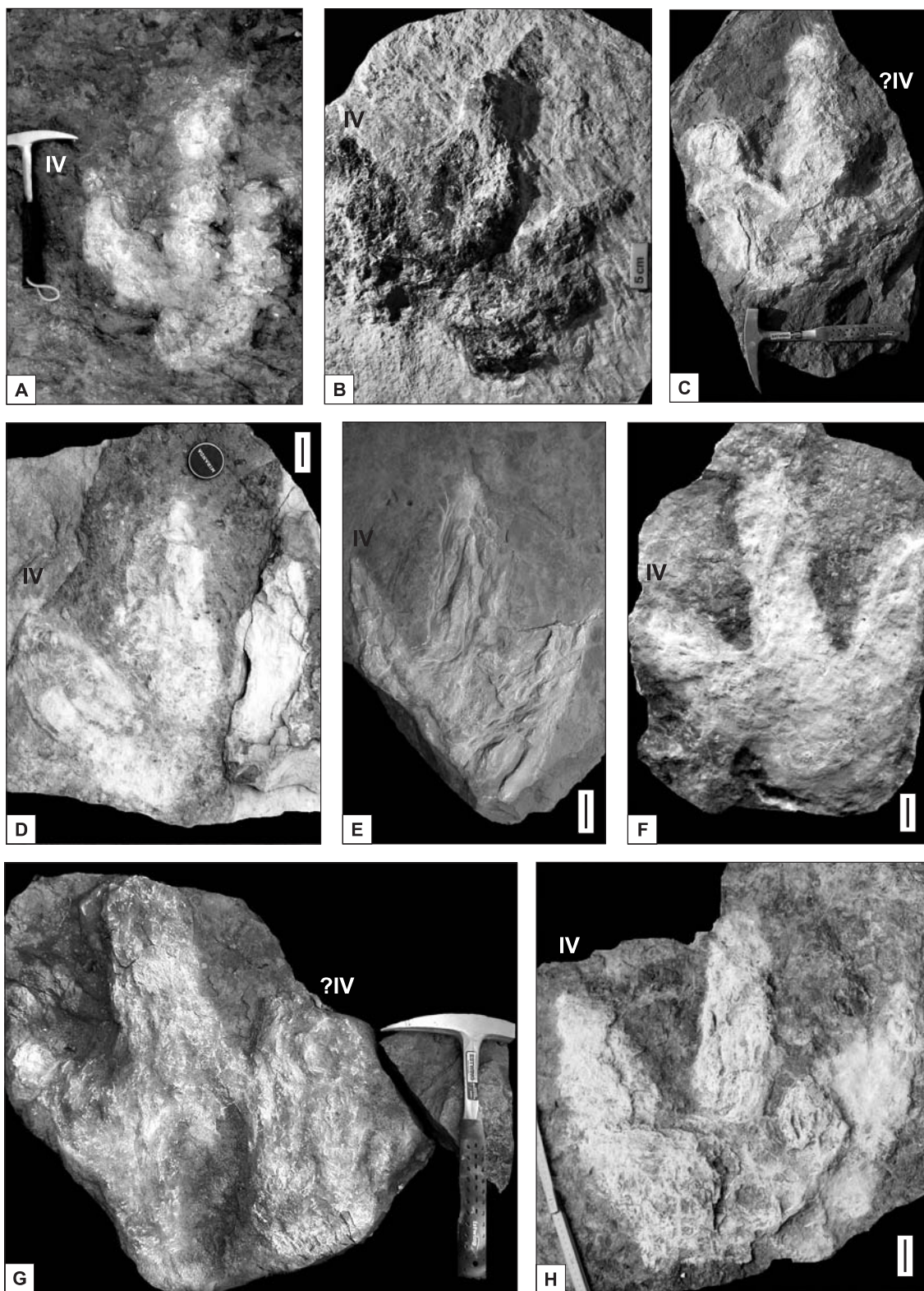


Fig. 13. cf. *Megalosauripus* isp. Ślady wielkich teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–C – ślady z zachowanymi odciskami poduszek palcowych; D, E, G, H – częściowo zachowane ślady; F – ślad z dobrze zachowanym odciskiem poduszki śródstopowej; IV – odcisk czwartego palca

cf. *Megalosauripus* isp. Footprints of the gigantic theropod dinosaur discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (fot. G. Niedźwiedzki)

A–C – footprints with impressions of digital pads; D, E, G, H – partially preserved footprints; F – footprint with well preserved imprint of metatarsal pad; IV – imprint of the digit four

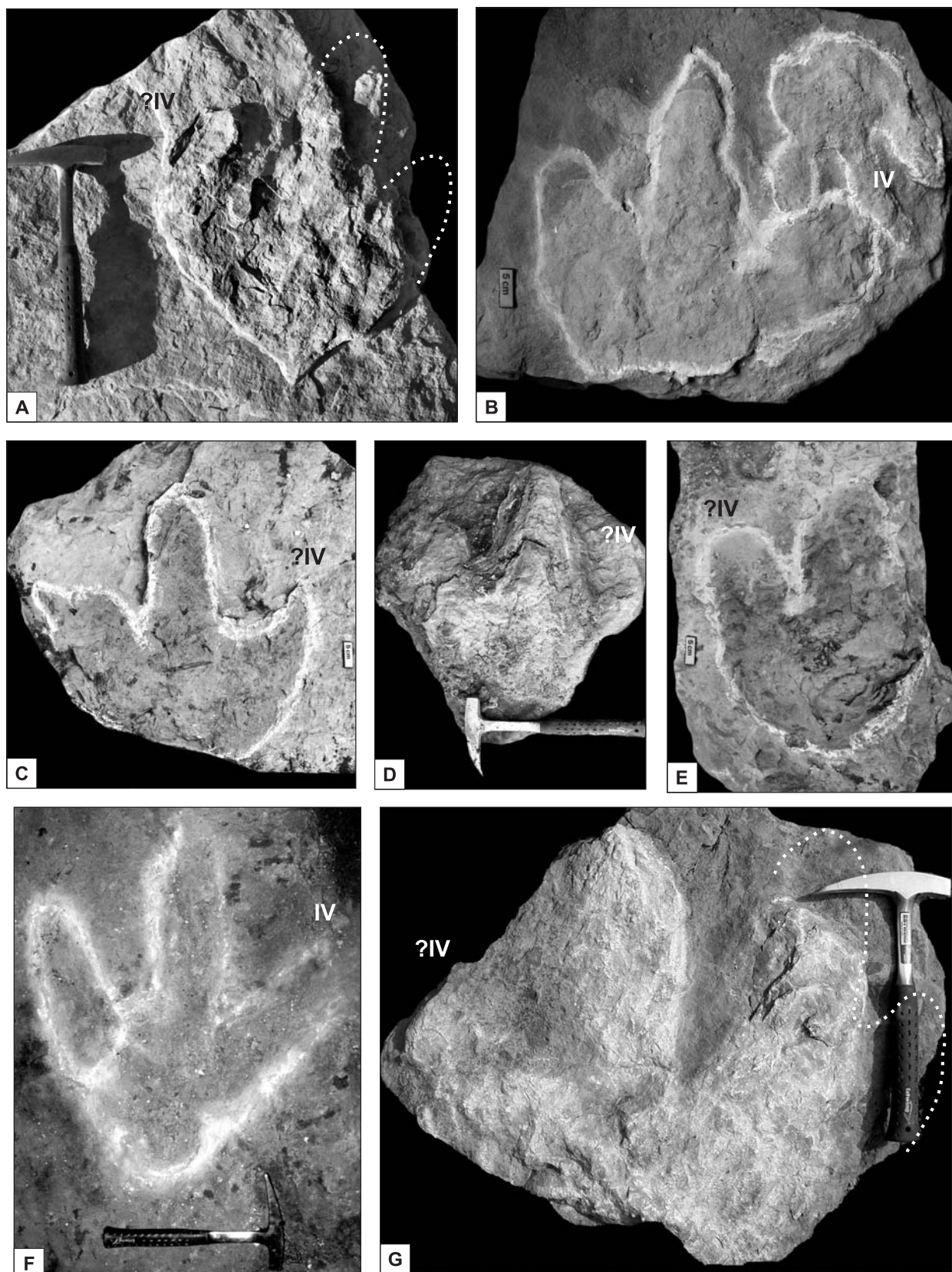


Fig. 14. Ślady wielkich teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–E, G – częściowo zachowane ślady; F – ślad z dobrze zachowanym odciskiem poduszki metatarsalnej; IV – odcisk czwartego palca

Footprints of the gigantic theropod dinosaurs discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–E, G – partially preserved footprints; F – footprint with well preserved imprint of metatarsal pad; IV – imprint of the digit four

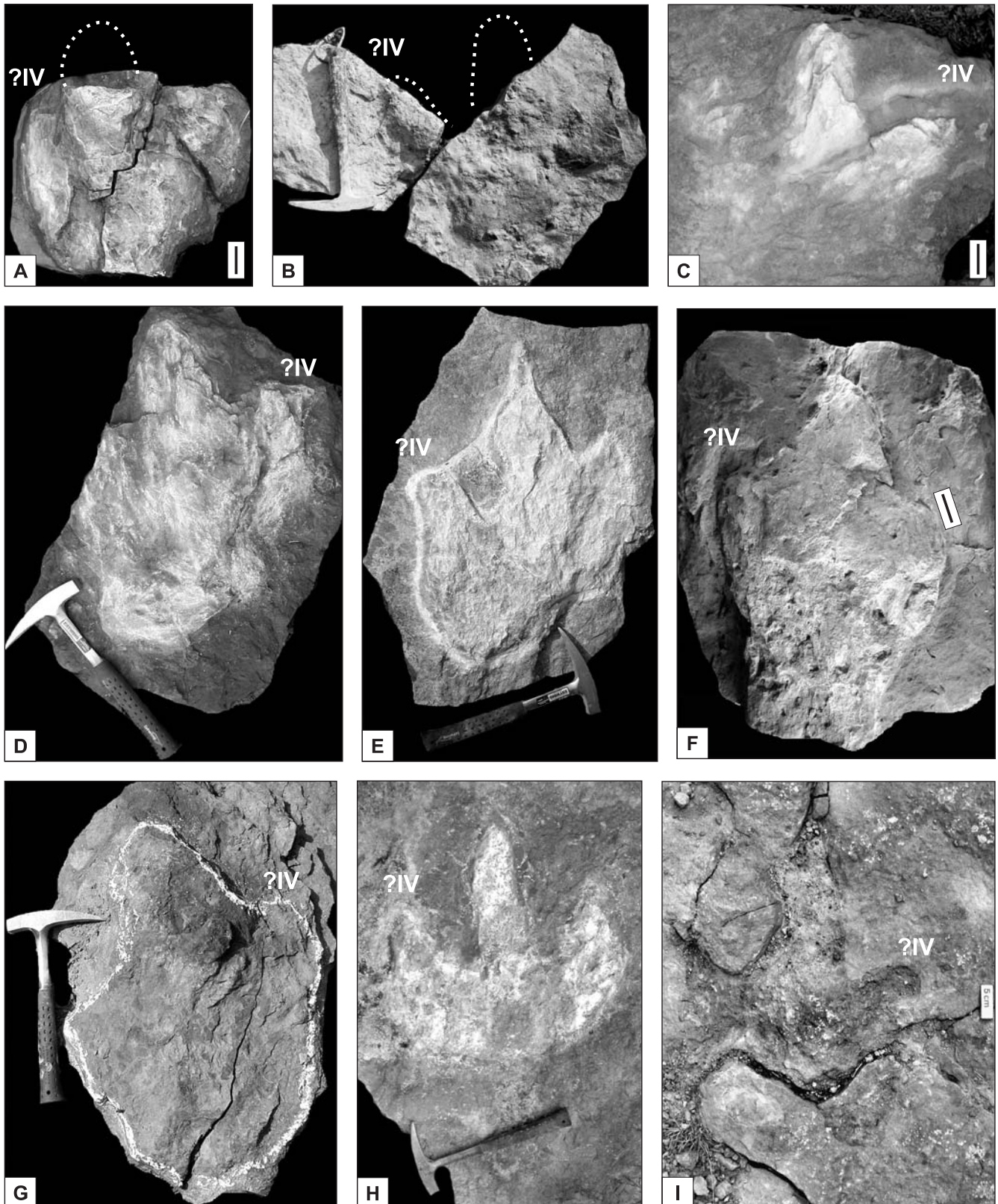


Fig. 15. Ślady wielkich teropodów (Theropoda) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedźki)

A, B, D, E, G – częściowo zachowane ślady; C – ślad pozostawiony w płytkim zbiorniku wodnym; F – ślad z zachowanym odciskiem śródstopia; H, I – ślady bez odcisku poduszki metatarsalnej; IV – odcisk czwartego palca

Footprints of the gigantic theropod dinosaur discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedźki)

A, B, D, E, G – partially preserved footprints; C – footprint left by dinosaur in the shallow pond; F – footprint with matatarsal impression; H, I – footprints without metatarsal pad impression; IV – imprint of the digit four

nej (Morales, Bulkley, 1996), a bogatszy zapis śladów teropodów o długości przekraczającej 40 cm jest znany dopiero z osadów środkowo- i górnourajskich (Lockley, Hunt, 1995; Lockley, Meyer, 2000; Clark in., 2004; Day i in., 2004).

Niedługo po odkryciu okaz ten został zabezpieczony *in situ* (został pokryty na rok gipsowo-papierową płytą ochronną), a następnie w roku 2000 wydobyty i przetransportowany do Muzeum Geologicznego Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie (okaz Muz. PIG 1661.II.1). Gipsowe repliki tego okazu są przechowywane w Muzeum Geologicznym Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego Oddziału Świętokrzyskiego w Kielcach (okaz Muz. PIG OS-221/1) oraz Muzeum Przyrody i Techniki w Starachowicach (okaz MPT.P/145).

Znalezisko to było już przedmiotem trzech opracowań. Niedźwiedzki (2000) zasugerował przynależność wielkiego śladu do wczesnourajskiego ichnorodzaju *Eubrontes* Hitchcock, 1845. Gierliński i inni (2001), ze względu na jego specyficzną morfologię, nawiązali w opisie tego śladu do ichnotaksonu późnourajskiego (*Megalosauripus sensu* Lockley i in., 1996, 1998) wiążanego z allozauroidami. Podobną interpretację przedstawili Gierliński i inni (2004).

W trakcie badań prowadzonych w Sołtykowie w latach 2001–2006 zostały znalezione kolejne okazy wielkich śladów teropodów (vide Niedźwiedzki i in., 2005; Niedźwiedzki, 2006). Znaleziska te stały się podstawą dyskusji i kolejnej interpretacji paleoichnologicznej oraz pozwoliły na opis zmienności i dokładną definicję tego ichnotaksonu. Ślady dużych teropodów zostały rozpoznane również w osadach wczesnourajskich odsłoniętych w rejonie Gromadzic (stanowisko Gromadzice A i B koło Ostrowca Świętokrzyskiego, tzw. Gromadzice dolne i górne – vide Gierliński, Pieńkowski, 1999).

Wielkie ślady teropodów zostały rozpoznane w Sołtykowie na kilku powierzchniach grubych warstw piaskowcowych odsłoniętych w wyrobisku oraz na izolowanych blokach zgromadzonych na hałdach oraz na płytach nieznacznie przemieszczonych z miejsca wydobywania. Dotychczas udało się znaleźć 24 okazy wielkich śladów o rozmiarach od 45 do 65 cm długości. Sześć z nich zostało wydobytych i zabezpieczonych. Znalezione ślady są zachowane głównie w formie naturalnych odlewów, ale zostały znalezione również tzw. tropy właściwe (ślady utrwalone w formie odcisków) oraz źle zachowane okazy, które mogą reprezentować tzw. podtropy (vide Milán, Bromley, 2006). W obrębie śladów zachowanych jako naturalne odlewy można wyróżnić cztery kategorie związane z głębokością pograżenia kończyny w osad oraz pierwotnym zniszczeniem erozyjnym śladu:

1. Ślady płytkie (w śladzie są widoczne odciski pazurów i granice poduszek palcowych).

2. Ślady płytkie, wtórnie zniszczone przez wodę opadającą lub pozostawione w warunkach podwodnych lub na macie mikrobialnej (na powierzchni śladu są widoczne wa-

łeczki i bruzdy deformacyjne, często granice śladu są zatarte lub zniekształcone).

3. Ślady głębokie (w śladach widoczne są słabo zaznaczone odciski poduszek palcowych, często widoczna jest fuzyja odcisków poduszek palcowych, może występować wyraźnie zaznaczony odcisk poduszki śródstopowej – wszystkie wymienione elementy śladu są często zniekształcone).

4. Ślady bardzo głębokie (ślady w formie dużych struktur deformacyjnych, często przypominają wielkie pograży, kształt śladu jest często silnie zniekształcony, ślad może zawierać odcisk części śródstopowej kończyny). Ślady z czwartej wymienionej kategorii ukazują stan zachowania bardzo podobny do znanego z tropów teropodów opisanych pod nazwą *Eutynichnium lusitanicum* Nopsca, 1923 z późnej jury Portugalii (vide Lockley i in., 1998). Pełną dokumentację fotograficzną i numeryczną dotychczas znalezionych w Sołtykowie śladów bardzo dużych teropodów będzie zawierać opracowanie monograficzne. Śladom gigantycznych teropodów w stanowisku w Sołtykowie towarzyszą ślady nieco mniejszych teropodów (również o pokaźnych rozmiarach, jak na wczesną jurę), reprezentujące ichnorodzaje *Eubrontes* i *Kayentapus* (vide Gierliński i in., 2004, 2005). Ślady te osiągają rozmiary 25–45 cm długości.

Wiele ze znalezionych okazów jest mocno zniszczonych i niekompletnych. W trakcie eksploatacji złóż w kopalni w Sołtykowie (w latach 60. i 70. XX wieku) nie prowadzono monitoringu paleontologicznego i żadnych prac zabezpieczających znaleziska skamieniałości. Wiele cennych i unikatowych okazów zostało zniszczonych, zapewne przez nielegalne poszukiwania i wydobywanie gagatu, które były prowadzone w latach 80. i na początku lat 90. (szybiki poszukiwawcze przebiegały poziomo piaskowców z tropami). Do obecnych czasów zachowało się jedynie kilkanaście wychodni skalnych o powierzchniach od kilku do kilkudziesięciu metrów kwadratowych z potencjalnym zapisem paleoichnologicznym śladów wielkich teropodów.

Wielkie ślady teropodów z Sołtykowa są obecnie szczegółowo analizowane w celu określenia ich przynależności ichnotaksonomicznej. Wstępna propozycja zakłada opisanie ich pod nazwą cf. *Eubrontes* sp., która nawiązuje do dobrze znanego wczesnourajskiego ichnorodzaju *Eubrontes* Hitchcock, 1845. Okazy te wykazują też duże podobieństwo do innych ichnorodzajów łączonych z wielkimi teropodami, takimi jak *Megalosauripus* isp. (późna jura–wczesna kreda), czy *Irenosauripus* sp. (wczesna kreda).

Wielkie ślady znalezione w osadach fluwialnych w Sołtykowie i Gromadzicach to unikalny zapis obecności bardzo dużych teropodów już na samym początku okresu jurajskiego. Ponieważ dane geologiczne, paleobotaniczne i palinologiczne potwierdzają hetandzki wiek osadów z Sołtykowa (vide Gierliński i in., 2004; Pieńkowski, 1983, 1991, 2004). Wystąpienie tak wielkich teropodów we wczesnourajskich ekosystemach należy zapewne łączyć z początkiem ewolucyjnej radiacji dinozaurów (Olsen i in., 2002a, b; Lucas i in.,

2005a). Olsen i inni (2002a) zasugerowali, że zjawisko to było poprzedzone masowym wymieraniem w ekosystemach lądowych na przełomie triasu i jury. W zapisie paleoichnologicznym z późnotriasowych i wczesnojurajskich osadów z Newark Supergroup badacze rozpoznali wyraźną ichnofaunistyczną wymianę w pobliżu granicy triasu i jury (*etiam* Olsen i in., 2002b), wyrażoną nagłym zanikiem części ichnotaksonów „triasowych” oraz wystąpieniem nowych i dominacją ichnotaksonów wiązanych z dinozaurami. Wymianie tej towarzyszy interesujące, ale dotychczas słabo poznane zjawisko powiększenia rozmiarów ciała wśród drapieżnych dinozaurów (określone na podstawie rozmiarów śladów), co autorzy wytłumaczyli jako efekt wyzwolenia konkurencyjnego teropodów po masowym wymieraniu. Podobny zapis paleoichnologiczny (związany z wymianą ichnofauny i wystąpieniem śladów dużych teropodów) znany jest z osadów pogranicza triasu i jury z Wyżyny Kolorado (*vide* Lockley i in., 2004; Lucas i in., 2005a).

Z osadów dolnojurajskich znane są również ślady dużych zauropodomorfów (Avanzini i in., 1997; Gierliński i in., 2004; Pieńkowski i in., 2009). Zapewne te duże roślinożerne formy były ofiarami ataków wielkich teropodów. Być może pojawienie się tak dużych roślinożerców we wczesnojurajskich ekosystemach zaindukowało powstawanie dużych drapieżników, a zatem, pojawienie się wielkich teropodów we wczesnej jurze można również wytłumaczyć zależnościami koewolucyjnymi (ewolucyjnymi zależnościami pomiędzy drapieżnikiem i ofiarą). Prawdziwy charakter tego zjawiska będzie można wytłumaczyć po bardzo dokładnych analizach zmian w zespołach ichnofaunistycznych na granicy triasu i jury oraz po dokładnym określeniu rzeczywistego tempa tych zmian. Pierwsze próby takiej analizy przedstawił Olsen i inni (2002a), sugerując pojawienie się dużych teropodów (tropów z ichnorodzaju *Eubrontes*) już 10000 lat po faunistycznej wymianie na postulowanej granicy triasu i jury w profilach Newark Supergroup. Przedstawiona przez Olsena i inni (2002a) analiza i interpretacja danych jest jed-

nak mocno uproszczona i niepełna, co wykazali Thulborn (2003), Lucas (2004) oraz Lucas i inni (2005b). Być może rozpoznane przez Olsena i inni (2002a) zjawisko jest prawdziwe lecz ma charakter lokalny.

W przypadku Sołtykowa mamy do czynienia z zapisem obecności śladów teropodów o znacznie większych rozmiarach od tych znanych z wczesnojurajskich osadów z Newark Supergroup (*vide* Olsen i in., 1998, 2002a; Gierliński i in., 2001, 2004; Niedźwiedzki i in., 2005). Należy w tym miejscu dodać, że w Sołtykowie został rozpoznany zespół ichnofaunistyczny mniejszych kręgowców bardzo podobny do opisanego z wczesnojurajskich (hetandzkich) osadów Newark Supergroup. Zespoły te są prawdopodobnie równowiekowe, ale wykazują pewne różnice w składzie, związane zapewne z czynnikami biogeograficznymi. Interesujące może być to, że zjawisko opisane przez Olsena i innych (2002a) jest wyraźniej zaznaczone w zapisie paleoichnologicznym w europejskich profilach z przełomu triasu i jury. Zapewne jest również bardziej złożone niż w Ameryce Północnej, na co wskazują pewne różnice, widoczne w zespołach ichnofaunistycznych późnego triasu i wczesnej jury między Ameryką Północną a Europą (*vide* Gierliński, 1991; Lockley, Hunt, 1995; Lockley, Meyer, 2000; Gierliński i in., 2004; Piubelli i in., 2005).

Dilofozaury (*Dilophosaurus wetherilli*) osiągały długość 5 m, a ich ślady mają rozmiar 30–40 cm. Szczątki tych teropodów są znane z Ameryki Północnej (USA) oraz z Azji (Chiny). Powszechnie dilofozaur ten jest uważany za jednego z największych wczesnojurajskich teropodów. Znane są jednak wczesnojurajskie drapieżne dinozaury znacznie większe od dilofozaura (*vide* w Niedźwiedzki i in., 2005), które mogą pretendować do roli sprawców gigantycznych tropów. Rozpoznanie wielkich śladów teropodów we wczesnojurajskich osadach w Górach Świętokrzyskich zasługuje na uwagę, ponieważ są to tropy wczesnojurajskiego dinozaura – prawdopodobnie wczesnego tetanura o 8–10 metrowej długości, czyli dwukrotnie większej od dilofozaura.

ŚLADY ZAUIPODOMORFÓW

Większość znalezisk śladów zauropodomorfów w Sołtykowie (fig. 16–18) pochodzi z powierzchni z tropami w dolnej części odsłonięcia, która została zabezpieczona i udostępniona zwiedzającym jako zadaszony obiekt chroniony. Powierzchnia ta ma około 100 m² i zawiera dwie równoległe ścieżki dużych zauropodomorfów oraz cztery równoległe szlaki tropów mniejszych form z tej samej grupy (Gierliński, Sawicki, 1998; Gierliński, Pieńkowski, 1999; Gierliński i in., 2004). Rozpoznane na tej powierzchni szlaki charakteryzują się wąskim rozstawem między śladami kończyn tylnych *sensu* Farlow (1992), co określa ich przynależność do ichnorodzaju *Parabrontopodus* Lockley, Farlow et Meyer,

1994 (*vide* Lockley i in., 1994). Długość tych śladów waha się w przedziale 20–45 cm. Dokładniejsza rewizja wcześniejszego materiału (*vide* Pieńkowski i in., 2009) wskazuje na ciekawe cechy wcześniej opisanych śladów zauropodomorfów: z jednej strony są to cechy prymitywne (np. pięciopalczasty *manus*), a z drugiej strony w szlaku tropów dorosłych osobników pojawia się cecha zaawansowana w śladach *pes* (silnie odcisnięta tylna oraz wewnętrzna część *pes*, co wskazuje na grawipodalną sylwetkę twórców tropów i całkowitą pionizację kończyn). Grawipodalna sylwetka jest typowa dla zauropodów (*vide* Pieńkowski i in., 2009 i cytowane tam prace).

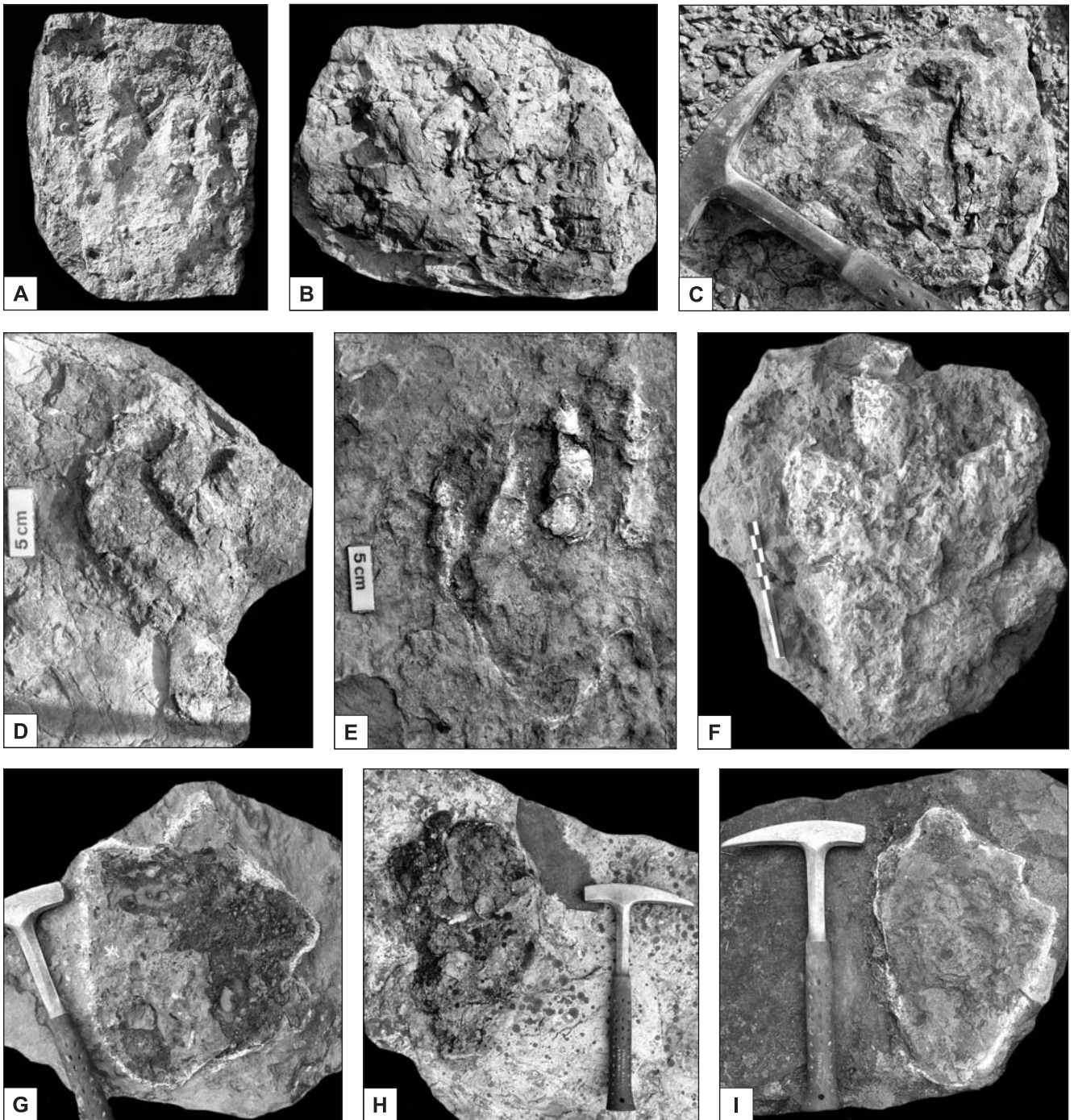


Fig. 16. Ślady zauropodomorfów (Sauropodomorpha) znalezione w osadach hetangu w Soltykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–F – cf. *Otozoum* isp.; G – cf. *Tetrasauropus* isp.; H, I – cf. *Parabrontopodus* isp.

Tracks of sauropodomorph dinosaurs discovered in the Hettangian deposits of Soltyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–F – cf. *Otozoum* isp.; G – cf. *Tetrasauropus* isp.; H, I – cf. *Parabrontopodus* isp.

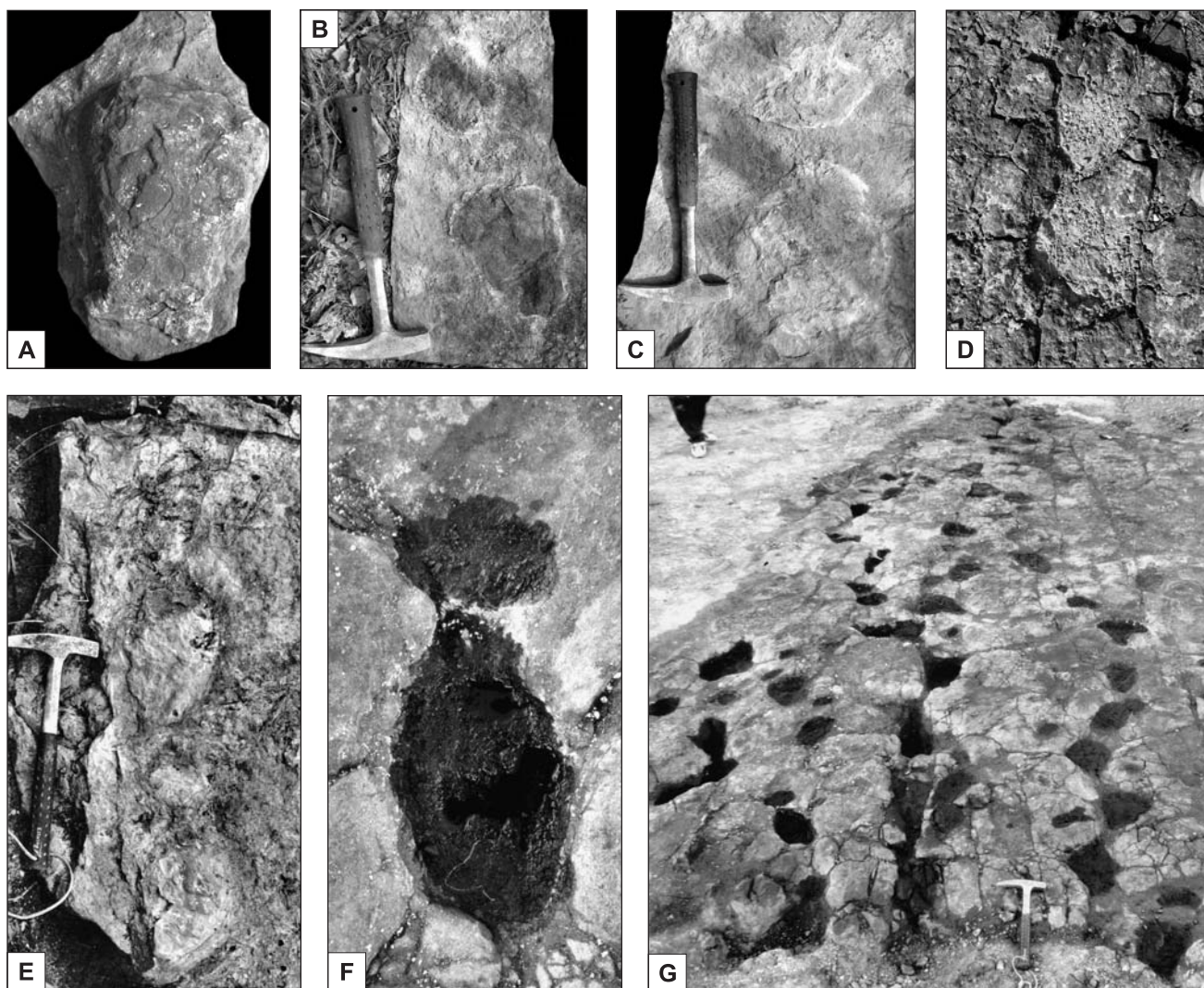


Fig. 17. Ślady zauropodomorfów (Sauropodomorpha) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie

A–F – małe ślady *Parabrontopodus* isp.; G – powierzchnia ze ścieżkami dużych i małych śladów *Parabrontopodus* isp.; A–D – fot. G. Niedźwiedzki, F, G – fot. G. Gierliński

Tracks of sauropodomorph dinosaurs discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków

A–F – small-sized tracks of *Parabrontopodus* isp.; G – surface with tracways of small and large-sized tracks of *Parabrontopodus* isp.; A–D – photo G. Niedźwiedzki; F, G – photo G. Gierliński

Oprócz śladów *Parabrontopodus* w Sołtykowie znaleziono ślady zauropodomorfów o nieco innej budowie stopy. Związane są z nimi dwa morfotypy: cf. *Tetrasauropus* isp. oraz cf. *Otozoum* isp. Są to ślady znacznie mniej liczne w ichnozespolu w Sołtykowie, a ich wyraźna odmienność

morfologiczna sugeruje, że są to tropy zauropodomorfów, które miały niezupełnie skrócone palce w stopach. Prawdopodobnie są to ślady wczesnojurajskich prozauropodów (Rainforth, 2003). Współwystępowanie tropów zauropodów i prozauropodów w stanowisku w Sołtykowie jest

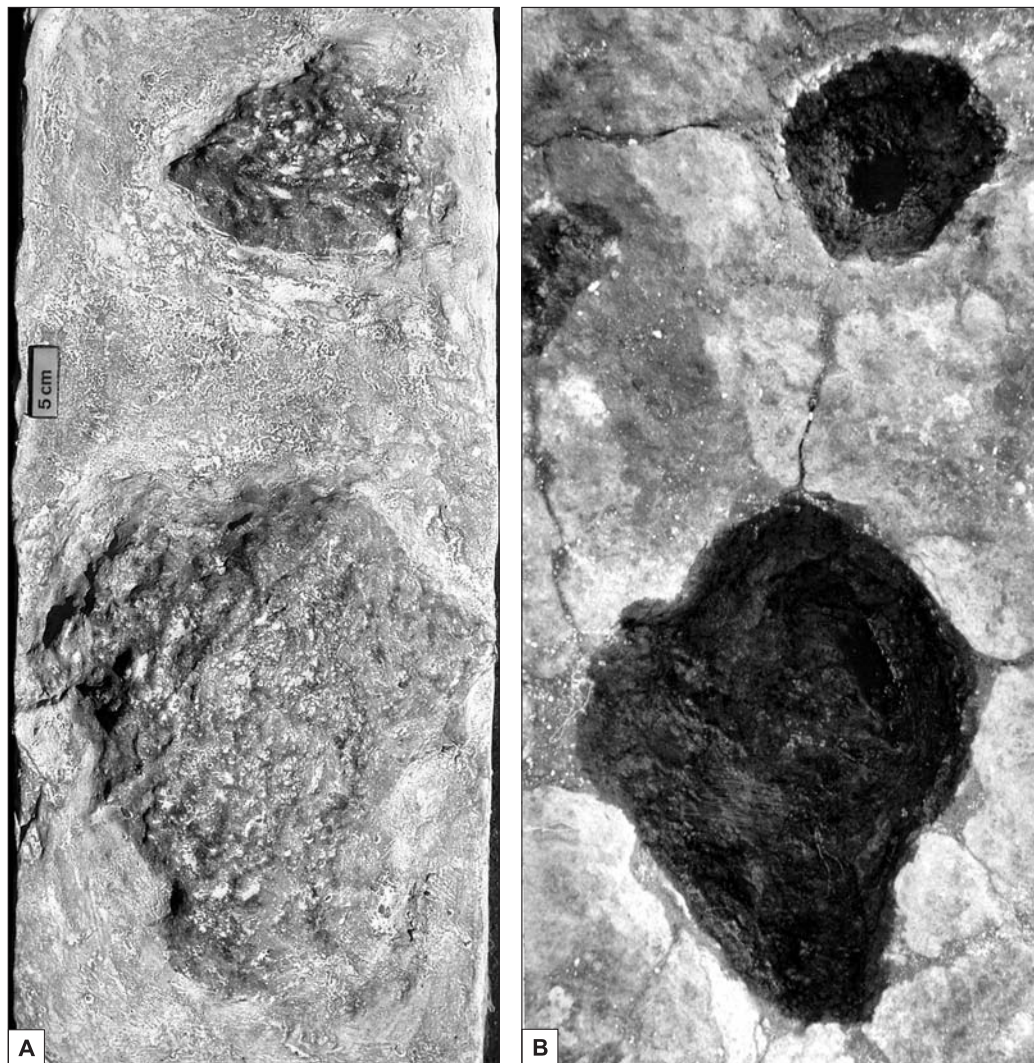


Fig. 18. Ślady zauropodomorfów (*Sauropodomorpha*) znalezione w osadach hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A, B – duży ślad *Parabrontopodus* isp.

Tracks of sauropodomorph dinosaurs discovered in the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A, B – large sized tracks of *Parabrontopodus* isp.

szczególnie ciekawe, ponieważ stanowi świadectwo przejściowego charakteru fauny dinozaurów w najwcześniejszym hetangu. Zaawansowane cechy typowych zauropodów były prawdopodobnie związane z ich globalnymi migracjami,

a Sołtyków stanowi wczesny punkt na mapie tych wędrówek, prowadzących z Afryki, poprzez zachodnie wybrzeże Tetydy, Polskę, Rumunię, aż do Chin (Pieńkowski i in., 2009).

ŚLADY DINOZAUROW PTASIOMIEDNICZNYCH

Ślady dinozaurów ptasiomiednicznych (*Ornithischia*) (fig. 19, 20) należą do sporadycznych znalezisk w Sołtykowie. Pierwszy znaleziony okaz (vide Gierliński, Pieńkowski, 1999) wykazuje podobieństwo do śladów z ichnorodzaju *Anomoepus*

Hitchcock, 1848. W trakcie prowadzonych w odsłonięciu w latach 2002–2006 poszukiwań zostały znalezione nowe okazy, które uzupełniają obraz zróżnicowania śladów dinozaurów ptasiomiednicznych z tej lokalizacji. W nowym materiale udało

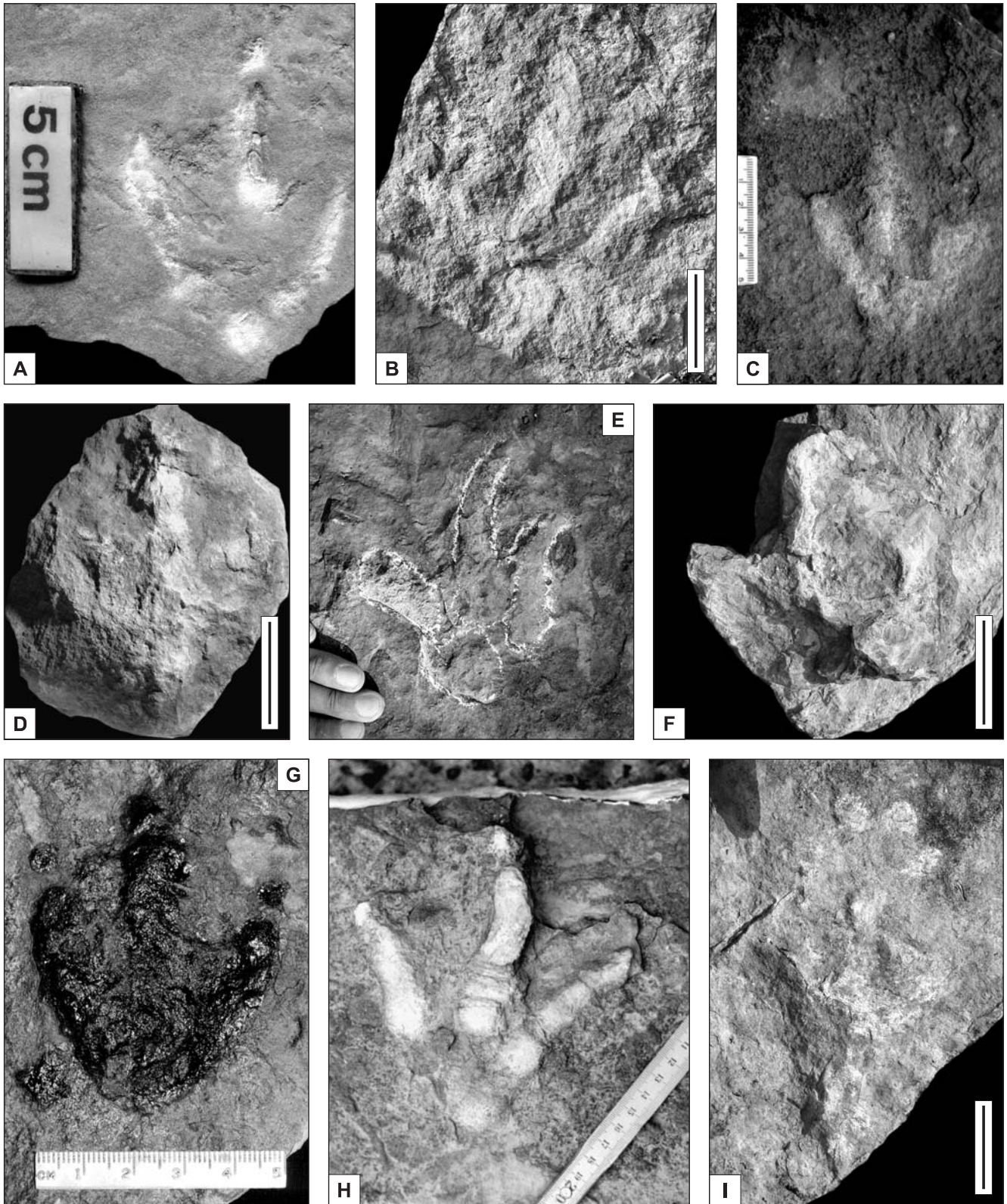


Fig. 19. Ślady dinozaurów ptasiomiedniczych (Ornithischia) z osadów hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A–E – cf. *Anomoepus* isp.; F–I – *Anomoepus* isp.; skala – 5 cm

Tracks of early ornithischia dinosaurs from the Hettangian deposits of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A–E – cf. *Anomoepus* isp.; F–I – *Anomoepus* isp.; scale bar – 5 cm

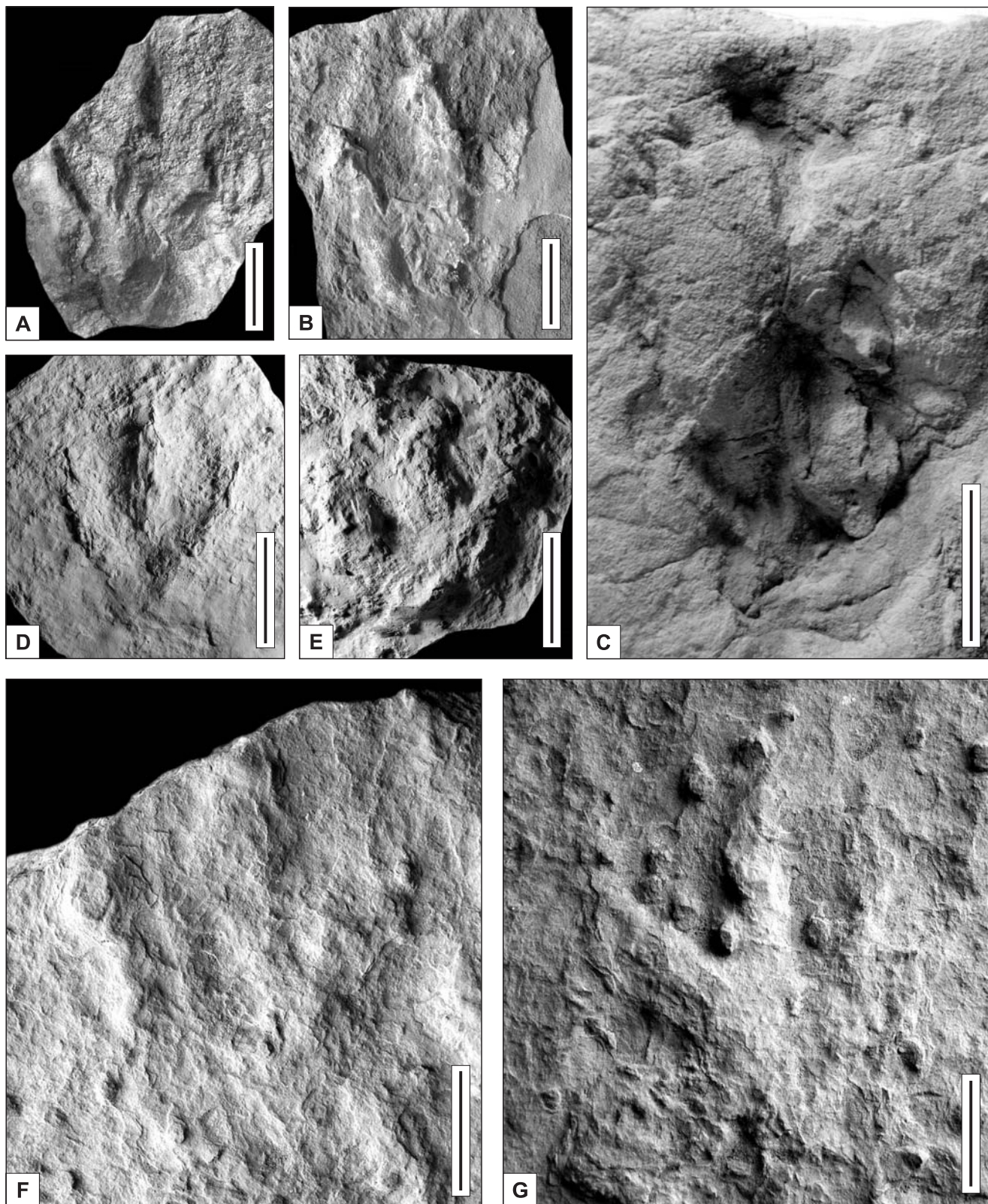


Fig. 20. Ślady dinozaurów ptasiomiedniczych (Ornithischia) z osadów hetangu w Sołtykowie (fot. G. Niedźwiedzki)

A – cf. *Anomoepus* isp.; B, C – cf. *Delatorrichnus* isp.; D–G – *Anomoepus* isp.; skala – 5 cm

Tracks of early ornithischia dinosaurs from the Hettangian of Sołtyków (photo G. Niedźwiedzki)

A – cf. *Anomoepus* isp.; B, C – cf. *Delatorrichnus* isp.; D–G – *Anomoepus* isp.; scale bar – 5 cm

się rozpoznać ślady małych i średnich przedstawicieli z ichnorodzaju *Anomoepus* oraz tropy z ichnorodzaju *Delatorrichnus* Casamiquela, 1964 (vide Casamiquela, 1964; Gierliński i in., 2004).

Ślady *Anomoepus* są trójpalczaste, ich długość wynosi 5–15 cm. Reprezentują one dwa wyraźne odrębne morfotypy, z których pierwszy jest reprezentowany przez tropy małych rozmiarów o długości 5–7 cm, ze śladami grubych palców i często z zachowanymi śladami pazurków, natomiast drugi jest większy – ma około 12–15 cm. Cechą charakterystyczną tych tropów są wąskie i długie palce, często z zachowanymi odciskami poduszek palcowych oraz szeroki kąt pomiędzy osiami palców zewnętrznych (około 70°). Ślady *Anomoepus* są reprezentowane głównie przez odciski kończyn tylnych (*pes*), które powstawały w trakcie dwunożnej lokomocji. Z tego stanowiska są też znane ślady *pes* z zachowanym w asocjacji odciskiem kończyny przedniej (*manus*), które sugerują, że ich twórcy poruszali się na czterech

kończynach. Jest to zgodne z rekonstrukcjami biomechanicznymi wczesnych dinozaurów ptasiomiednicznych (Weishampel i in., 2004).

W Sołtykowie zostały również stwierdzone ślady z ichnorodzaju *Delatorrichnus* (vide Gierliński i in., 2004). Udało się znaleźć w tej lokalizacji dwa okazy reprezentujące ten morfotyp. Są to ślady trójpalczaste o długości 5–7 cm, niewielkim kącie między palcami zewnętrznymi oraz odciskiem niewielkiego *manus*. Ślady te przypominają ichnorodzaj *Atreipus* z osadów górnego triasu z Ameryki Północnej i Europy (vide Olsen, Baird, 1986).

W Sołtykowie stwierdzono trzy ichnomorfotypy śladów wczesnych dinozaurów ptasiomiednicznych: dwa ichnoformy z rodzaju *Anomoepus* oraz jedną ichnoformę z rodzaju *Delatorrichnus*. Prawdopodobnie można wiązać te ślady z trzema gatunkami zwierząt, których wygląd był zbliżony do przedstawicieli z rodzaju *Scutelosaurus* i *Scelidosaurus* (vide Weishampel i in., 2004).

ŚLADY JUWENILNYCH DINOZAUROW

W Sołtykowie znalezione zostały trzy okazy tropów, które można prawdopodobnie wiązać z młodocianymi osobnikami dinozaurów. Ślady te mają 2–3 cm długości i cechują się słabym wyodrębnieniem odcisków poduszek palcowych. W tropach tych zachowane są ślady po pazurkach, które stanowią około 1/3 długości palca. Tropy te są ciekawym uzu-

pełnieniem ichonasocjacji kręgowców z Sołtykowa. W lokalizacji tej zostały znalezione przypuszczalne struktury pojąkowe i gniazda dinozaurów (vide Pieńkowski, 1998), co potencjalnie pozwala interpretować te małe tropy jako ślady pozostawione przez „dinozaurze pisklaki”. Tropy małych dinozaurów są obecnie obiektem szczegółowych badań.

ŚLADY DINOZAUROW PŁYNĄCYCH I BRODZĄCYCH W WODZIE

Ślady pozostawione przez pływające dinozaury (fig. 21) należą do bardzo ciekawych i ważnych znalezisk paleoichnologicznych z Sołtykowa (Gierliński i in., 2004). Pozostawione zostały przez zwierzęta, które pływały i odbijały się (lub zahaczały tylko pazurami) od dna. Tego typu ślady dostarczają informacji o samej umiejętności oraz o sposobie pływania dinozaurów. Ze znalezisk z Sołtykowa wynika, że dinozaury potrafiły pływać wyrzucając w tył jednocześnie obydwie tylnie kończyny. Jest to dość nietypowy sposób pływania u kręgowców, a szczególnie u zwierząt dwunożnych. Podobne ślady

zostały znalezione w osadach jury w USA i Wielkiej Brytanii (vide Whyte, Romano, 2001) oraz kredy dolnej (Ezgoerra i in., 2007). Pierwsze znaleziska tropów pływających dinozaurów z Polski zostały przedstawione w pracy Pieńkowskiego i Gierlińskiego (1987).

Oprócz śladów dinozaurów pływających w Sołtykowie występują ichnoformy, które prawdopodobnie zostały pozostawione przez dinozaury brodzące w płytkiej wodzie. Są to tropy silnie zniekształcone i często zachowane tylko częściowo (np. zawierają tylko odciski czubków palców).

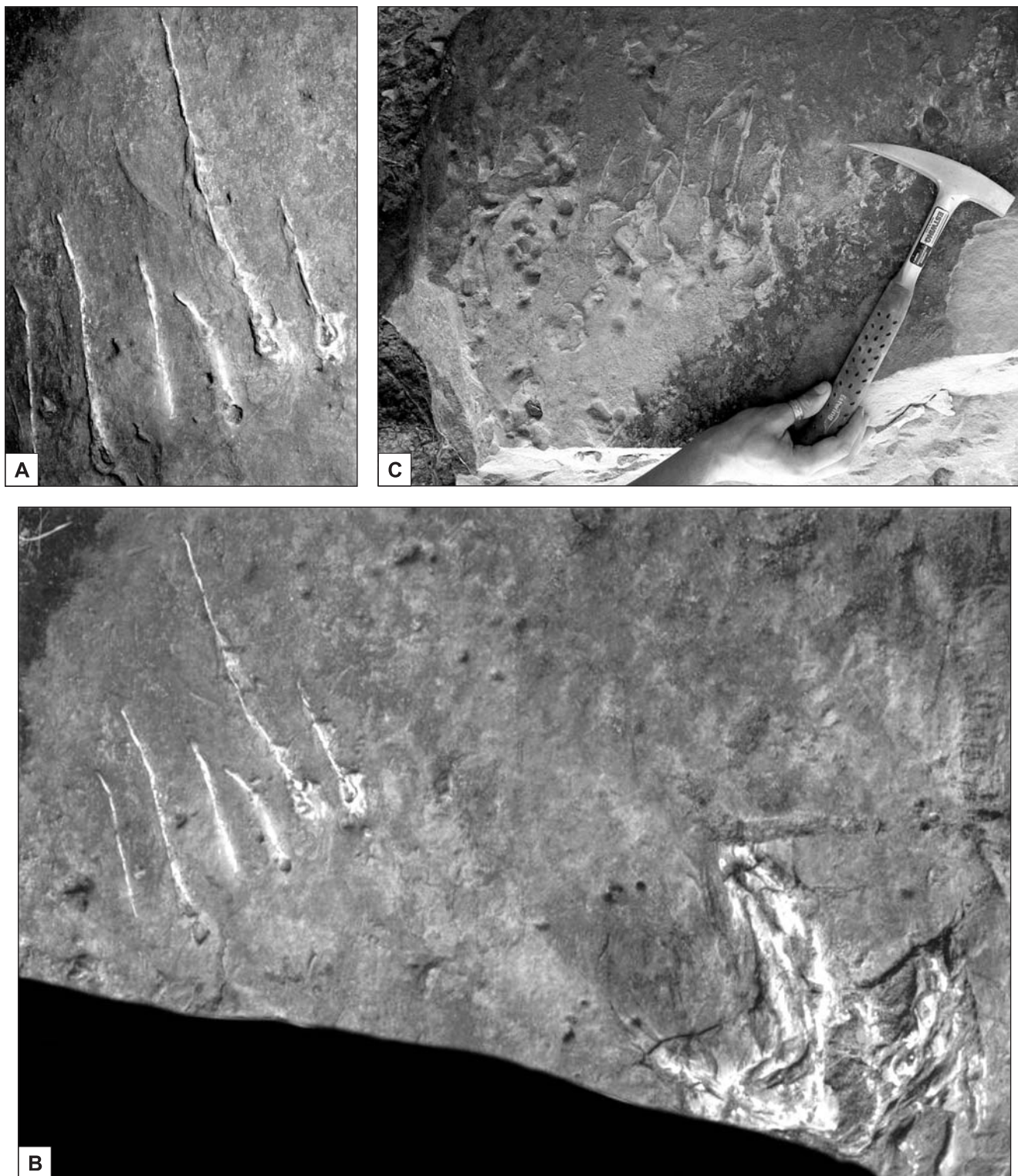


Fig. 21. Ślady pozostawione przez pływające dinozaury

A, B – okaz znaleziony w 2003 roku (*vide* Gierliński i in., 2004); **C** – okaz znaleziony w 2004 (*foto* G. Niedźwiedzki)

Traces made by swimming dinosaurs

A, B – specimen discovered in 2003 (see Gierliński *et al.*, 2004); **C** – specimen discovered in 2004 (*photo* G. Niedźwiedzki)

ŚLADY DINOZAUROW Z ODCISKIEM ŚRÓDSTOPIA

Tropy dinozaurów z odcisniętym śródstopiem pochodzące z dolnojurajskich osadów Polski były tematem czterech opracowań (Pieńkowski, Gierliński, 1987; Gierliński, 1994; G. Niedźwiedzki, D. Niedźwiedzki, 2001, 2004). W latach 2001–2006 zebrano nowy materiał tropów dinozaurów ze śladem śródstopia z osadów hetangu w Sołtykowie. Odnaleziono je także w kolekcjach paleoichnologicznych zgromadzonych w Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie oraz w Muzeum Oddziału Świętokrzyskiego w Kielcach.

W Sołtykowie zostały odkryte ślady teropodów z ichnoro rodzaju *Anchisauripus* Lull, 1904 oraz *Kayentapus* Welles, 1971, z dobrze zachowanym odciskiem śródstopia (fig. 8 D–F). Tropy z zachowanym odciskiem śródstopia należą do nielicznych znalezisk paleoichnologicznych. Palcochodne dinozaury pozostawiały tego typu ślady w sytuacjach tzw. zachowań złożonych (tańce godowe, zakradanie się do zdobyczy) oraz podczas stopochodnego poruszania się lub siadania na podłożu w czasie odpoczynku (*vide*

Gierliński, 1994). Tropy ze śladem śródstopia mogły również powstawać, gdy stopy zwierzęcia pograżyły się głęboko w osad utrwalający ślad. W tego typu śladach dochodzi do silnej deformacji odcisku palcowej części stopy.

W Sołtykowie znaleziony został ciekawy okaz tego typu, który morfologicznie jest zbliżony do *Grallator* isp. Odcisk śródstopia w tym okazy jest wyraźnie przedłużony (fig. 4E). Prawdopodobnie jest to odcisk fragmentu kończyny z częścią powyżej stawu skokowego. Mógł powstać przy okazji spoczynku zwierzęcia na podłożu, z wyprostowaną kończyną wzdłuż ciała. Nie można również wykluczyć faktu powstania tej struktury w wyniku poślizgu stopy.

W kończynach wczesnojurajskich palcochodnych dinozaurów występuje wyraźne zróżnicowanie długości części śródstopowej kośćca. Odciski śródstopia mogą więc mieć charakter diagnostyczny przy identyfikacji morfotypów śladów oraz identyfikacji dinozaura, który pozostawił ślad. Rozpoznanie takie są prawdopodobnie możliwe na poziomie rodzaju.

NORY I GNIAZDA KRĘGOWCÓW

Skamieniałości nor występują w osadach piaskowcowych związanych ze strefami okołokorytowymi oraz glifami krewasowymi w górnej części odsłonięcia. W osadach piaskowcowych glifu krewasowego w dolnej części odsłonięcia zostały znalezione struktury gniazdowe i pojajowe, prawdopodobnie bytujących tam dinozaurów (*vide* Pieńkowski, 1998, 1999; Sabath i in., 1999).

W Sołtykowie nory kręgowców występują często w nagromadzeniach. Struktury te są zachowane w formie piaskowcowych odlewów i mają średnicę około 10–15 cm. Prawdopodobnie są to nory gadów ssakokształtnych lub prassaków, które zasiedlały nadbrzeże rzeczne. Podobne ichniformy są znajdowane w osadach triasu i jury w innych lokalizacjach osadów kontynentalnych na świecie (*vide* Miller i in., 2001; Hasiotis, 2004).

Struktury gniazdowe i pojajowe zostały rozpoznane w Sołtykowie przez Pieńkowskiego (1998, 1999, 2004b).

Struktury te występują w asocjacji z tropami dinozaurów (zauropodomorfów) i ograniczone są w swym występowaniu do jednego niedużego obszaru oraz warstwy, co sugeruje, że może być to zachowany wczesnojurajski obszar lęgowy. W Sołtykowie występują trzy typy struktur pojajowych: (1) formy kuliste o średnicy około 10 cm, (2) formy owalne o średnicy około 5 cm, (3) formy elipsoidalne, wydłużone o długości około 10 cm (*etiam* Pieńkowski, 1999; Sabath i in., 1999). Struktury te mają laminację w brzeżnej strefie, która zawiera niewyraźne ślady podobnej do pierwotnej mikrostruktury skorupki jaja. Wnętrze struktur jest jednorodne, choć czasami może zawierać silnie przekształcone struktury biomineralne (zawierające relikt fosforanu wapnia), które wykazują strukturę włóknistą w obrazie mikroskopowym (*vide* Pieńkowski, 1998). Być może są to pozostałości kości embrionów. Struktury pojajowe i gniazdowe rozpoznane w Sołtykowie są obecnie obiektem szczegółowych badań.

KOPROLITY

Skamieniałości koprolitów (odchodów) oraz struktur morfologicznych zbliżonych do koprolitów (*vide* Thulborn, 1991) pochodzą z osadów mułowcowych oraz osadów heterolitycznych ze środkowej i dolnej części profilu. Udało się również rozpoznać dwa poziomy z nagromadzeniem koprolitów, co jest cechą charakterystyczną tego

typu ichnoskamieniałości (*vide* Thulborn, 1991; Bromley, 1996). Zebrany w Sołtykowie materiał liczy kilkadziesiąt okazów, wśród których można wyróżnić kilka charakterystycznych kształtów (morfotypów). Być może ich morfologia wiąże się z ich pochodzeniem (np. zwierzęta roślinnożerne i mięsożerne posiadają odmienne formy odcho-

dów). Ze względu na rozmiary, co jest związane również z miejscem odkrycia okazów, można podzielić znaleziska koprolitów na dwie grupy: (1) formy małe, podłużne, (2) formy duże. Koprolity z Sołtykowa są obecnie przedmiotem badań.

FORMY MAŁE PODŁUŻNE ZE ŚRODOWISKA JEZIORNEGO

W osadach jeziornych zostały znalezione podłużne koprolity, które mogą również posiadać nieregularne kształty oraz skręcenia. Są to najprawdopodobniej skamieniałe odchody ryb. Długość tych struktur wynosi około 3–5 cm. Podobne struktury opisane zostały z osadów jeziornych wieku kredowego w południowej Anglii (Goldring i in., 2005).

FORMY DUŻE Z OSADÓW GLIFÓW KREWASOWYCH I RÓWNI ZALEWOWEJ

Formy o dużych rozmiarach zostały znalezione w nagromadzeniach liczących od kilka do kilkunastu okazów. Rozmiary tych struktur wynoszą około 10–15 cm. Duże koprolity mają zróżnicowane kształty. Zazwyczaj są to formy kuliste lub nieregularne, choć występują też formy podłużne. Największy znaleziony w Sołtykowie koprolit ma długość 25 cm i wydłużony kształt. Struktura wnętrza tych koprolitów jest gruzelkowata (cecha widoczna na szlifie), w kilku okazach na przełomie udało się rozpoznać szczątki flory. Obecnie trudno powiedzieć, czy są to koprolity form drapieżnych czy roślinożernych, ale struktury te mogą być obiektem ciekawych analiz paleobiologicznych (*vide* Thulborn, 1991).

SZCZĄTKI KRĘGOWCÓW

Szczątki kręgowców – kości i łuski (skamieniałości właściwe) udało się rozpoznać w Sołtykowie w osadach jeziornych oraz w osadach glifów krewasowych w dolnej części odsłonięcia. Z tych ostatnich osadów pochodzą fragmenty kości prawdopodobnie niewielkiego dinozaura drapieżnego. Wykonane w odsłonięciu obserwacje wskazują, że szczątki kręgowców zachowały się w warstwach z nagromadzeniem węgla brunatnego – gagatu oraz sferosyderytów, które mogły pełnić rolę ochronną dla tego typu obiektów w trakcie wczesnej diagenety osadów.

SZCZĄTKI RYB

W Sołtykowie zostały znalezione szczątki ryb zachowane w postaci drobnych fragmentów szkieletowych, łusek oraz silnie zniszczonych kręgów, zębów o rozmiarach kilku milimetrów. W odsłonięciu tym występują również szczątki artykułowane w formie silnie uwęglonych odcisków (węglowych „mumii”). Okazy takie występują w osadach jeziornych (łupkach mułowcowych) oraz iłolupkach z masowym nagromadzeniem szczątków roślinnych ze środkowej i dolnej części profilu. W osadach tych zostały również znalezione łuski oraz bardzo nieliczne zęby ryb, które zachowały się jako struktury silnie uwęglone i zdegradowane. Znaleziska ryb stanowią sporadyczną grupę skamieniałości w tych osadach.

Dotychczas w odsłonięciu w Sołtykowie zostało znalezionych kilkanaście szczątków przypisywanych rydom. Znaleziska te sugerują, że ichtiofauna Sołtykowa była reprezentowana przez ryby z grupy Paleoniscidae (*vide* Popov, 1996; Gierliński i in., 2004).

SZCZĄTKI DINOZAUROW

W Sołtykowie zostały znalezione tylko trzy elementy kostne, przypuszczalnie pochodzące od niewielkiego dinozaura drapieżnego. Bardzo liczne ślady teropodów występujące w tej lokalizacji sugerują właśnie takie pochodzenie tych kości. Pierwszy znaleziony w tej lokalizacji element kostny to niekompletny kręg ogonowy, z zachowaną tylko częściowo partią ponad trzonem kręgu. Drugi element to proksymalny fragment kości kulszowej (*ischium*) z zachowanymi powierzchniami artykulacji i fragmentem krawędzi panewki stawu biodrowego (*acetabulum*). Oba okazy zostały znalezione w tym samym miejscu w starym wykopie w dolnej części odsłonięcia. Cechy widoczne na tych elementach sugerują, że są to kości przedstawiciela Saurischia i najprawdopodobniej dinozaura drapieżnego z grupy ceratozaurów (*vide* opisy w Weishampel i in., 2004). W Sołtykowie został również znaleziony izolowany ząb drapieżnika i fragmenty kości długich.

PODSUMOWANIE

Bardzo duże zróżnicowanie oraz ilość (miejscami są to liczne nagromadzenia) szczątków roślinnych (mikroflora i makroflora) oraz skamieniałości śladowych (ślady bezkręgowców oraz kręgowców) w Sołtykowie wskazują na dość

złożony, bogaty oraz przestrzennie urozmaicony (zmienny) ekosystem równi aluwialnej z okresu wczesnojurskiego (hetang) na terenie obecnych Gór Świętokrzyskich. W ekosystemie tym na szczycie piramidy troficznej stały dinozau-

ry, pod ich nogami biegały wczesne ssaki i mniejsze gady. W Sołtykowie na równi aluwialnej rozwijały się wilgotne lub podtopione obszary (porośnięte roślinami paprotnikowymi), do których woda była dostarczana przez koryta o warkozowym układzie przestrzennym (niekiedy koryta te wykazywały boczną migrację typową dla koryt rzek meandrujących) oraz wyższymi obszarami suchszymi porośniętymi roślinami kseromorficznymi, lasem szpilkowym, zapewne zdominowanym przez gatunek *Hirmeriella muensteri* (Schrenk) Jung. Prawdopodobnie zbiorniki wodne i rzeki zasilane były okresowo w trakcie pory wilgotnej. Wówczas rozwijały się bujnie rośliny wilgociolubne, których liczne szczątki występują w kilku poziomach sedimentacyjnych w Sołtykowie.

W środowiskach niskiej, podtopionej, pokrytej jeziorami, zbiornikami efemerycznymi i mokradłami (bagnami) doliny rzecznej dominowały gleby glejowe (typu *gleysol*), w wyższych partiach doliny lub na obszarach wyniesionych, lepiej drenowanych, przeważały paleogleby zbliżone do współczesnych gleb bielcowych (typu *podzol*). Środowiska wodne (zbiorniki jeziorne, efemeryczne rozlewiska, rzeki) charakteryzowało zróżnicowane natlenienie. Dobrze natlenione były osady koryt rzecznych i przybrzeżnych partii jezior z równi zalewowej, gdzie zaobserwowano duże nagromadzenia skamieniałości śladowych (zróżnicowanych etologicznie śladów zamieszkiwania, spoczynku, poruszania się i ucieczki głównie małżów ale także stawonogów – skorupiaków, larw owadów) i skamieniałości właściwych małżów (prawdopodobnie trzy gatunki małych i średnich rozmiarów przedstawicieli Unionidae). Niskim stopniem natlenienia charakteryzowały się ciemne, bogate w substancję węglistą laminowane iłowce i mułowce z głębszych lub/i stagnujących partii jezior/bagien równi aluwialnej z bardzo nielicznymi skamieniałościami śladowymi (ślądami pełzania pierścienic i zwierząt „robakokształtnych”). Liczne i zróżnicowane ślady małży występujących w osadach piaszczystych wskazują na częste gwałtowne pogrzebienia tych zwierząt, związane z powodziami lub są dowodem ich specyficznej biologii (tzn. środowiska życia i behawioru – aktywności w osadzie). Ichnofacje, wodna (jeziorna) i wilgotna (podtopionej równi aluwialnej ze zbiornikami efemerycznymi) są reprezentowane przez typowe skamieniałości śladowe z ichnofacji Mermia i Scoyenia. W ichnofacjach tych występują liczne ślady skorupiaków wyższych (nory i ślady odnóży), a wśród skamieniałości właściwych oprócz licznych miejscami skamieniałości małży występują konchostraki *Euestheria* sp., cf. *Bulbilimnadia kilianorum* Kozur, Weems et Lucas 2010, małżoraczki *Darwinula* sp. oraz sporadycznie łuski ryb. Obecność stosunkowo licznych skamieniałości małży (najprawdopodobniej z rodziny Unionidae) i ich licznych śladów aktywności życiowej (skamieniałości śladowych) sugeruje, że wczesnojurajskie rzeki i jeziora z Sołtykowa były optymalnym środowiskiem dla bytowania i rozwoju tych mięczaków. Liczne znalezione skamieniałości śladowe bezkręgowców wskazują na złożone i bogate wodne zespoły faunistyczne, których przedstawiciele nie za-

chowali się w formie skamieniałości właściwych. Na obszarach wyższych, lepiej drenowanych (np. wały brzegowe, suche partie glifów krewasowych) występują struktury wykonane przez owady – tunele, norki, gniazda, drażnienia w drewnie i na łądych (ichnofacja *Coprinisphaera*) lub również skorupiaki. Owady, biorąc pod uwagę liczne ślady ich aktywności biologicznej (ślady żerowania, poruszania się i gniazdowania), stanowiły istotny element wczesnojurajskiego ekosystemu Sołtykowa. Potwierdzają to pochodzące z tej lokalizacji znaleźiska niektórych grup owadów, a mianowicie szczątki pluskwiaków, karaczanów i chrząszczy. Liczne również w środowisku sołtykowskim mogły być słodkowodne skorupiaki.

Obszar doliny rzecznej w Sołtykowie stanowił doskonałe miejsce do bytowania różnych grup dinozaurów i innych wczesnojurajskich zwierząt (gadów ssakokształtnych, prassaków, krokodylomorfów, pterozaurów i lepidozaurów). Był to teren, na którym poszukiwały pokarmu (roślinożercy i drapieżnicy), zdobywały wodę oraz prawdopodobnie się rozmnażały (gniazdowały). Zróżnicowany zespół śladów kręgowców (głównie dinozaurów i również innych archozaurów) (fig. 22) wskazuje na rozbudowaną piramidę pokarmową, z obecnością zarówno form wyspecjalizowanych w objadaniu niskopiennej roślinności (należały tu obok małych dinozaurów ptasiomiednicznych także młodociane zauropody), jak i dorosłych zauropodów wyspecjalizowanych w objadaniu roślin wysokopiennych. W Sołtykowie zachowały się szlaki tropów zauropodów (*Parabrontopodus* isp.), będące zapisem grupowego (być może stadnego) trybu życia tych zwierząt. Co ciekawe, towarzyszą im znacznie mniej liczne tropy prozauropodów. W sąsiedztwie tropów dużych zauropodomorfów występują ślady małych przedstawicieli tej grupy, a także tropy pozostawione przez drapieżne dinozaury. Interesujące jest to, że tropy teropodów (dinozaurów drapieżnych) bardzo często są znajdowane w tej lokalizacji, wskazuje to prawdopodobnie na znaczną aktywność tych zwierząt w środowisku lub stadny tryb życia. Najczęściej spotykane ślady z ichnorodzaju *Kayentapus*, zostały pozostawione prawdopodobnie przez średnich rozmiarów dilofozaury. Pionierskie odkrycia dotyczące umiejętności pływania dinozaurów wiążą się najprawdopodobniej właśnie z dilofozaurami, które mogły być rybożerne. Ofiarami tych drapieżników mogły być również wszelkie mniejsze od nich zwierzęta – dinozaury ptasiomiedniczne, młodociane zauropody i inne kręgowce (ryby, lepidozaurowe, krokodylomorfy czy gady ssakokształtne). Na szczycie piramidy pokarmowej ekosystemu Sołtykowa stały gigantyczne teropody – prawdopodobnie wczesne tetanury (*Tetanurae*), twórcy tropów cf. *Megalosauripus* isp. Duże teropody mogły samotnie polować na dorosłe zauropodomorfy, którym dorównywały długością ciała. Gady ssakokształtne i prassaki już wtedy były zwierzętami zajmującymi podrzędne nisze ekologiczne. W stanowisku w Sołtykowie znaleziono także struktury interpretowane jako ich nory. Być może były to już zwierzęta o wyłącznie nocnym trybie życia, unikające sprawnych łowców małych i średnich rozmiarów celofyzoidów.

A		TL = 5–15 cm		<i>Anomoepus</i> <i>Delatorrichnus</i>
B		TL = 25–35 cm		<i>Otozoum</i> <i>Tetrasauropus</i>
C		TL = 20–40 cm		<i>Parabrontopodus</i>
D		TL = 5–20 cm		<i>Stenonyx</i> <i>Grallator</i> <i>Anchisauripus</i>
E		TL = 20–30 cm		<i>Kayentapus</i>
F		TL = 30–40 cm		<i>Kayentapus</i> / <i>Eubrontes</i>
G		TL = 45–65 cm		<i>Megalosauripus</i>

Fig. 22. Ichnofauna dinozaurów z osadów dolnojurajskich z Sołtykowa, Góry Świętokrzyskie

Twórcy śladów: **A** – wczesne dinozaury ptasiomiedniczne; **B** – dinozaury z grupy prozauropodów; **C** – wczesny zauropod lub zauropodomorf; **D** – małe dinozaury drapieżne; **E** – dinozaur drapieżny podobny do dilofozaura; **F** – duże dinozaury drapieżne; **G** – olbrzymi dinozaur drapieżny; TL – długość śladu

Dinosaur ichnofauna of the Lower Jurassic deposits of Sołtyków, Holy Cross Mountains

Trackmakers: **A** – early ornithischian dinosaurs; **B** – “Prosauropod” dinosaur; **C** – Sauropodomorph or basal sauropod; **D** – small Theropods; **E** – dilophosaur-like theropod; **F** – large theropods; **G** – gigantic theropod; abbreviation: TL – track length



Podziękowania. Za pomoc w pracach terenowych dziękuję następującym osobom: Katarzynie Zarembie, Zbigniewowi Reminowi, Maciejowi Małkiewiczowi, Wojtkowi Lewenstamowi, Dariuszowi Niedźwiedzkiemu. Bardzo cenne uwagi z zakresu paleoichnologii i aspektów geologicznych otrzymałem od dr. Gerarda Gierlińskiego i prof. Grzegorza Pieńkowskiego z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Jurajski ekosystem z Sołtykowa był tematem mojej pracy magisterskiej, dyskusje na ten temat prowadziłem z prof. Stefanem Radzikowskim z Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego, prof. Jerzym Dzikim z Instytutu Paleobiologii Polskiej Akademii Nauk oraz Wydziału Biologii Uni-

wersytetu Warszawskiego, dr Tomaszem Sulejem z Instytutu Paleobiologii Polskiej Akademii Nauk. Prace terenowe w Sołtykowie wykonałem dzięki stypendium Komitetu Integracji Unii Europejskiej, które miałem przyjemność zdobyć w roku 2000 w Konkursie Prac Młodych Naukowców Unii Europejskiej w Amsterdamie oraz funduszom ze środków grantowych przyznanych przez Ministerstwo Nauki nr N525 032 32/3063. Podziękowania za owocne dyskusje kieruję również do Tadeusza Ptaszyńskiego z Warszawy. Interesujące dyskusje na temat ekosystemu z Sołtykowa odbyłem z prof. Stevenem Hesselbo z Uniwersytetu w Oxfordzie w trakcie Międzynarodowego Kongresu Systemu Jurajskiego, Kraków 2006.

LITERATURA

- ACHILLES H., 1981 — Die rätsche und liassische Mikroflora Frankes. *Palaeontographica B*, **179**: 186.
- ARDORFF L., 1993 — Lateral relations of deltaic palaeosols from the Lower Jurassic Rønne Formation on the island of Bornholm, Denmark. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **100**: 235–250.
- ASLAN A., AUTIN W.J., 1999 — Evolution of the Holocene Mississippi River floodplain, Ferriday, Louisiana: insights on the origin of fine-grained floodplains. *Jour. Sediment. Res.*, **69**: 800–815.
- AVANZINI M., FRISIA S., VAN DEN DRIESSCHE K., KEPPENS E., 1997 — A dinosaur tracksite in the an Early Liasic tidal flat in northern Italy: paleoenvironmental reconstruction from sedimentology and geochemistry. *Palaios*, **12**: 538–551.
- BARBACKA M., ZIAJA J., WCISŁO-LURANIEC E., 2006 — The Lower Jurassic flora from Odrowąż – state of investigations. *Vol. Jurassica*, **6**: 229.
- BARBACKA M., ZIAJA J., WCISŁO-LURANIEC E., 2007 — Hirmeriella muensteri (Schenk) Jung from Odrowąż (Poland), with female and male cones, and in situ Classopollis pollen grains. *Acta. Palaeobot.*, **47**: 339–357.
- BARBACKA M., ZIAJA J., WCISŁO-LURANIEC E., 2010 — Taxonomy and palaeoecology of the Early Jurassic macroflora from Odrowąż, central Poland. *Acta. Geol. Pol.*, **60**: 373–392.
- BARRÓN E., GÓMEZ J.J., GOY A., PIEREN A.P., 2006 — The Triassic–Jurassic boundary in Asturias (northern Spain): Palynological characterisation and facies. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **138**: 187–208.
- BONIS N. R., KÜRSCHNER W.M., KRYSZTYN L., 2009 — A detailed palynological study of the Triassic–Jurassic transition in key sections of the Eiberg Basin (Northern Calcareous Alps, Austria). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **156**: 376–400.
- BRAŃSKI P., 2002 — Wpływ tektoniki lokalnej na rozwój sedymentacji najniższej jury w regionie świętokrzyskim. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **58**: 11–12.
- BRAŃSKI P., 2006 — Lower Hettangian in the Holy Cross Mountains region – an example of tectonically-controlled sedimentation in the epicontinental basin of Poland. *Vol. Jurassica*, **4**: 80–81.
- BROMLEY R. G., 1996 — Trace fossils. Chapman and Hall, London.
- BROMLEY R.G., ASGAARD U., 1991 — Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. *Lethaia*, **24**: 153–163.
- CANNON W.A., 1911 — The root habits of desert plants. The Carnegie Institution of Washington, Washington.
- CASAMIQUELA R.M., 1964 — Estudios Icnológicos. Problemas y métodos de la Icnologica con aplicación al. Estudio de pisadas mesozoicas (Reptilia, Mammalia) de la Patagonia. Buenos Aires, Colegio Industrial Pio IX, 1964: 1–229.

- CHAMBERLAIN C.K., 1975 — Recent lebensspuren in nonmarine aquatic environments. *W: The Study of Trace Fossils* (red. R.W. Frey): 431–458. Springer, New York.
- CHANDLER M.A., RIND D., RUEDY R., 1992 — Pangaeon climate during the Early Jurassic: GCM simulations and the sedimentary record of paleoclimate. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **104**: 543–559.
- CLARK N.D.L., BOOTH P., BOOTH C., ROSS D.A., 2004 — Dinosaur footprints from the Duntulum Formation (Bathonian, Jurassic) of the Isle of Skye. *Scottish Jour. Geol.*, **40**: 13–21.
- CRIMES T.P., 1970 — The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Palaeozoic strata. *W: Trace Fossils* (red. T.P.I. Crimes, J.C. Harper (red.)), *Geol. Jour. Sp. Issue.*, **3**: 106–126.
- DAY J.J., NORMAN D.B., GALE A.S., UPCHURCH P., POWELL H.P., 2004 — A Middle Jurassic dinosaur trackway site from Oxfordshire, UK. *Palaeontol.*, **47**: 319–348.
- DYBOVA-JACHOWICZ S., SADOWSKA A., 2003 — Palynologia. Wyd. Inst. Bot. im. W. Szafera, PAN, Kraków.
- FARLOW J.O., 1992 — Sauropod tracks and trackmakers: integrating the ichnological and skeletal records. *Zubia*, **10**: 89–138.
- FARRELL K.M., 2001 — Geomorphology, facies architecture, and high-resolution, non-marine sequence stratigraphy in avulsion deposits, Cumberland Marshes, Saskatchewan. *Sedim. Geol.*, **139**: 93–150.
- FIJAŁKOWSKA-MADER A., 1998 — Palynostratigraphy, palaeoecology and palaeoclimatology of the Triassic in South-Eastern Poland. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, **7/8**: 601–627.
- FRANK P.W., 1988 — Conchostraca. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **62**: 399–403.
- GIERLIŃSKI G., 1991 — New dinosaur ichnotaxa from the Early Jurassic of the Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **85**: 137–148.
- GIERLIŃSKI G., 1994 — Early Jurassic theropod tracks with the metatarsal impressions. *Prz. Geol.*, **42**, 4: 280–284.
- GIERLIŃSKI G., SAWICKI G., 1998 — New sauropod tracks from the Lower Jurassic of Poland. *Geol. Quart.*, **42**, 4: 477–484.
- GIERLIŃSKI G., PIEŃKOWSKI G., 1999 — Dinosaur track assemblages from the Hettangian of Poland. *Geol. Quart.*, **43**, 3: 329–346.
- GIERLIŃSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., 2002 — Enigmatic dinosaur footprints from the Lower Jurassic of Poland. *Geol. Quart.*, **46**, 4: 467–472.
- GIERLIŃSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., PIEŃKOWSKI G. 2001 — Gigantic footprint of theropod dinosaur in the Early Jurassic of Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, **46**: 441–446.
- GIERLIŃSKI G., PIEŃKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., 2004 — Tetrapod track assemblage in the Hettangian of Sołtyków, Poland, and its paleoenvironmental background. *Ichnos*, **11**: 195–213.
- GIERLIŃSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., PIEŃKOWSKI G., 2005 — Early Hettangian vertebrate ichnoassemblage from Poland. The Triassic/Jurassic Terrestrial Transition. Abstract vol.: 3–4. St. George, Utah, March 14–16, 2005.
- GLAESSNER M. F., 1957 — Paleozoic arthropod trails from Australia. *Palaeontol.*, **31**: 103–109.
- GOLDRING R., SEILACHER A., 1971 — Limulid undertracks and their sedimentological implications. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlugen*, **137**: 422–442.
- GOLDRING R., POLLARD J. E., RADLEY J.D., 2005 — Trace fossils and pseudofossils from the Wealden strata non-marine Lower Cretaceous) of southern England. *Cretaceous Res.*, **26**: 665–685.
- GOLONKA J., 2004 — Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic. *Tectonophysics*, **381**: 235–273.
- GOLONKA J., EDRICH M.E., FORD D.W., PAUKEN R.J., BOCHAROVA N.Y., SCOTSESE C.R., 1996 — Jurassic paleogeographic maps of the world. *W: The Continental Jurassic* (red. M. Morales). *Bull. Mus. Northern Arizona*, **60**: 1–5.
- GÖTZ A.E., RUCKWIED K., PÁLFY J., HAAS J., 2009 — Palynological evidence of synchronous changes within the terrestrial and marine realm at the Triassic/Jurassic boundary (Csövár section, Hungary). Review of Palaeobotany and Palynology, doi: 10.1016/j.revpalbo.2009.04.002
- HALLAM A., 1985 — A review of Mesozoic climates. *Jour. Geol. Soc., London*, **142**: 433–445.
- HASIoTIS S.T., 2004 — Reconnaissance of Upper Jurassic Morrison Formation ichnofossils, Rocky Mountain Region, USA: paleoenvironmental, stratigraphic, and paleoclimatic significance of terrestrial and freshwater ichnocoenoses. *Sedim. Geol.*, **167**: 177–268.
- HASIoTIS S.T., BOWN T.M., 1992 — Invertebrate ichnofossils: The backbone of continental ichnology. *W: Trace fossils* (red. C.G. Maples i R.R. West). *Paleontol. Soc. Short Course*, **5**: 64–104.
- HASIoTIS S.T., DEMKO T.M., 1996 — Terrestrial and Freshwater Trace Fossils, Upper Jurassic Morrison Formation, Colorado Plateau. *W: The Continental Jurassic* (red. M. Morales). *Bull. Mus. Northern Arizona*, **60**: 355–370.
- HESELBO S.P., MCROBERTS C.A., PÁLFY J., 2007 — Triassic-Jurassic boundary events: Problems, progress, possibilities. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **244**: 1–10.
- HUBBARD R.N.B.L., BOUTLER M.C., 2000 — Phytogeography and Palaeoecology in Western Europe and Eastern Greenland Near the Triassic-Jurassic Boundary. *Palaaios*, **15**: 120–131.
- ICHAS-ZIAJA J., 1987 — Plants of the Lower Jurassic conifer forest from Odrowąż and their fructifications: Part III Dispersed spores and pollen grains. Abstract of the General Lectures, Symposium Papers and Posters, 14 International Botanical Congress, Berlin: 402.
- KARASZEWSKI W., 1960 — Nowy podział liasu świętokrzyskiego. *Kwart. Geol.*, **4**: 899–921.
- KARASZEWSKI W., 1962 — Stratygrafia liasu w północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Pr. Inst. Geol.*, **30**: 333–416.
- KARASZEWSKI W., KOPIK J., 1970 — Lower Jurassic. *W: The Stratigraphy of the Mesozoic in the margin of the Góry Świętokrzyskie*. *Pr. Inst. Geol.*, **56**: 65–98.
- KIM J. Y., KIM K.-S., PICKERILL R.K., 2002 — Cretaceous nonmarine trace fossils from the Hasandong and Jinju Formations of the Namhae Area, Kyongsangnamdo, Southeast Korea. *Ichnos*, **9**: 41–60.
- KRAJEWSKI R., 1958 — Przegląd wyników zdjęcia geologicznego na arkuszach Końskie i Przysucha w granicach występowania utworów triasu i liasu. *Biul. Inst. Geol.*, **126**: 111–142.
- KOZUR H., WEEMS R.E., 2005 — Conchostracan evidence for a late Rhaetian to early Hettangian age for the CAMP volcanic event in the Newark Supergroup, and Sevatian (late Norian) age for the immediately underlying beds. *Hallesches Jahrbuch Geowissenschaften*, **27**: 21–51.
- LEONARDI G., 1994 — Annotated atlas of South America tetrapod footprints (Devonian to Holocene). Brasilia: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
- LEWANDOWSKI K., STAŃCZYKOWSKA A., 1975 — The occurrence and role of bivalves of the family Unionoidea in Mikołajskie Lake. *Ekologia Polska*, **23**: 317–334.

- LINDSTRÖM S., ERLSTRÖM M., 2006 — The Late Rhaetian transgression in southern Sweden: regional (and global) recognition and relation to the Triassic-Jurassic boundary. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **241**: 339–372.
- LOCKLEY M.G., HUNT A.P., 1995 — Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of the Western United States. Columbia Univ. Press, New York.
- LOCKLEY M.G., MEYER C.A., 2000 — Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of Europe. Columbia Univ. Press, New York.
- LOCKLEY M.G., FARLOW J.O., MEYER C.H.A., 1994 — Bron-topodus and Parabrontopodus ichnogen. nov. and the significance of wide- and narrow- gauge sauropod trackways. *W: Aspect of Sauropod Paleobiology* (red. M.G. Lockley i in.). *Gaia*, **10**: 135–145.
- LOCKLEY M.G., MEYER C.H.A., DOS SANTOS V.F., 1996 — Megalosauripus, Megalosauropus and the concept of megalosaur footprints. *W: The Continental Jurassic* (red. Morales M.). *Bull. Mus. Northern Arizona*, **60**: 113–118.
- LOCKLEY M.G., MEYER C.H.A., DOS SANTOS V.F., 1998 — Megalosauripus and the problematic concept of megalosaur footprints. *W: Aspects of Theropod Paleobiology* (red. B.P. Pérez-Moreno). *Gaia*, **15**: 313–337.
- LOCKLEY M.G., LUCAS S.G., HUNT A.P., GASTON R., 2004 — Ichnofaunas from the Triassic-Jurassic boundary sequences of the Gateway area, western Colorado: implications for faunal composition and correlations with other areas. *Ichnos*, **11**: 89–102.
- LUCAS S.G., 2004 — Triassic tetrapod footprint biostratigraphy and biochronology. *Abertiana*, **28**: 75–83.
- LUCAS S.G., TANNER L.H., HECKERT A.B., 2005a — Tetrapod biostratigraphy and biochronology across the Triassic-Jurassic boundary in northeastern Arizona. *W: Vertebrate Paleontology in Arizona* (red. A.B Heckert, S.G. Lucas). *Bull. New Mexico Mus. Natural History Sc.*, **29**: 84–94.
- LUCAS S.G., GIERLIŃSKI G., HAUBOLD H., HECKERT A., HUNT A., KLEIN H., LOCKLEY M., TANNER L., THULBORN T., ZEIGLER K., 2005b — Triassic records of the dinosaur footprint ichnogenus Eubrontes. Paper No. 57-1, Salt Lake City Annual Meeting (October 16–19, 2005), *Geol. Soc. Am.*, Abstract with program, **37**, 7: 132.
- LUND J.J., 1977 — Rhaetic to Lower Liassic palynology of the onshore south-eastern North Sea Basin. *Danmark Geol. Undersog*, **109**: 1–129.
- MARCINKIEWICZ T., 1957 — Liasowe megaspory z Praszki, Zawiercia i Gór Świętokrzyskich. *Kwart. Geol.*, **1**, 2: 299–302.
- MARCINKIEWICZ T., ORŁOWSKA T., ROGALSKA M., 1960 — Wiek warst helenowskich górnych (lias) w przekroju geologicznym Gorzów Śląski-Praszka w świetle badań mega- i mikrosporowych. *Kwart. Geol.*, **4**: 386–398.
- MARYNOWSKI L., SIMONEIT B.R.T., 2009 — Widespread Late Triassic to Early Jurassic wildfire records from Poland: evidence from charcoal and pyrolytic polycyclic aromatic hydrocarbons. *Palaios*, **24**: 785–798.
- MCELWAIN J.C., BEERLING D.J., WOODWARD F.I., 1999 — Fossil plants and global warming at the Triassic–Jurassic boundary. *Science*, **285**: 1386–1390.
- MIAL L.A.D., 1996 — The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer, Berlin–New York.
- MILÁN J., BROMLEY R.G., 2006 — True tracks, undertracks and eroded tracks, experimental work with tetrapod tracks in laboratory and field. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **231**: 253–264.
- MILLER M.F., HASIOTIS S.T., BABCOCK L.E., ISBELL J.L., COLLINSON J.W., 2001 — Tetrapod and large burrows of uncertain origin in Triassic high paleolatitude floodplain deposits, Antarctica. *Palaios*, **16**: 218–232.
- MORALES M., BULKLEY S., 1996 — Paleochronological evidence for a theropod dinosaur larger than Dilophosaurus in the Lower Jurassic of Kayenta Formation. *W: The Continental Jurassic* (red. M. Morales). *Bull. Mus. Northern Arizona*, **60**: 143–145.
- MORBAY S.J. 1975 — The palynostratigraphy of the Rhaetian stage, Upper Triassic in the Kendelbachgraben, Austria. *Palaeontographica B*, **152**: 1–75.
- NIEDŹWIEDZKI G., 2000 — New finds of Hettangian dinosaur tracks from the northern slope of the Holy Cross Mountains. European Union Contest for Young Scientists, Amsterdam 2000: 1–20 (niepublikowane).
- NIEDŹWIEDZKI G., 2006 — Ślady wielkich teropodów z wczesnojurajskich osadów Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **54**, 7: 615–621.
- NIEDŹWIEDZKI G., NIEDŹWIEDZKI D., 2001 — Tropy dinozaurów ze śladem śródstopia z wczesnojurajskich osadów. *Prz. Geol.*, **49**, 7: 649–650.
- NIEDŹWIEDZKI G., NIEDŹWIEDZKI D., 2004 — Nowe znaleziska tropów dinozaurów ze śladem śródstopia z dolnej jury Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **52**, 3: 237–242.
- NIEDŹWIEDZKI G., GIERLIŃSKI G., PIEŃKOWSKI G., 2005 — Gigantic theropod footprints from the Hettangian of Poland. The Triassic/Jurassic Terrestrial Transition. Abstract vol., St. George, Utah, March 14–16, 2005: 18–19.
- NIEDŹWIEDZKI G., PIEŃKOWSKI G., DALMAN S. 2006 — Gigantic theropod dinosaur tracks in the Lower Jurassic. *Vol. Jurassic*, **4**: 123–124.
- OLSEN P.E., KENT D.V., SUES H.-D., KOEBERL C., HUBER H., MONTANARI A., RAINFORTH E.C., FOWELL S.J., SZAJNA M.J., HARTLINE B.W., 2002a — Ascent of dinosaur linked to an iridium anomaly at the Triassic-Jurassic boundary. *Science*, **296**: 1305–1307.
- OLSEN P.E., KOEBERL C., HUBER H., MONTANARI A., FOWELL S.J., ET-TOUHAMI M., KENT D.V., 2002b — Continental Triassic-Jurassic boundary in the central Pangea: recent progress and discussion of an Ir anomaly. *Geol. Soc. Am., Sp. Paper*, **356**: 505–521.
- OLSEN P.E., SMITH J.B., McDONALD N.G., 1998 — The material of the species of the classic theropod footprint genera Eubrontes, Anchisauripus and Grallator (Early Jurassic, Hartford and Deerfield basins, Connecticut and Massachusetts, U.S.A.). *Jour. Vertebrate Paleontol.*, **18**: 586–601.
- OLSEN P.E., BAIRD D., 1986 — The ichnogenus Atreipus and its significance for Triassic biostratigraphy. *W: The Beginning of the Age of Dinosaurs: Faunal Change Across the Triassic-Jurassic Boundary* (red. Padian K): 61–87. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- ORBELL G., 1973 — Palynology of the British Rhaeto-Liassic. *Bul. Geol. Surv. Great Britain*, **44**: 1–44.
- OSGOOD G. Jr., 1970 — Trace fossils from the Cincinnati area. *Palaeontographica Am.*, **41**: 1–444.
- PIECHOCKI A., 1969 — Obserwacje biologiczne nad małżami z rodziny Unionoidea w rzece Grabi. *Acta. Hydrobiol.*, **11**: 57–67.
- PIECHOCKI A., DYDUCH-FALNIOWSKA A., 1993 — Mięczaki (Mollusca). Małże (Bivalvia). Fauna Słodkowodna Polski, zeszyt 7A: 1–204. PWN, Warszawa.
- PIEŃKOWSKI G., 1980 — Sedymentologia dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich [praca doktorska]. Arch. Wyzd. Geol. UW., Warszawa.

- PIEŃKOWSKI G., 1983 — Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **31**, 4: 223–231.
- PIEŃKOWSKI G., 1985 — Early Liassic trace fossils assemblages from the Holy Cross Mountains, Poland: their distribution in continental and marginal marine environments. *W: Biogenic Structures: their use in interpreting depositional environments* (red. H.A. Curran). *Soc. Econ. Paleontologist and Mineralogist, Sp. Publ.*, **35**: 37–51.
- PIEŃKOWSKI G., 1991 — Eustatically-controlled sedimentation in the Hettangian-Sinemurian (Early Liassic) of Poland and Sweden. *Sedimentology*, **38**: 503–518.
- PIEŃKOWSKI G., 1998 — Dinosaur nesting ground from the Early Jurassic fluvial deposits, Holy Cross Mountains (Poland). *Geol. Quart.*, **42**, 4: 461–476.
- PIEŃKOWSKI G., 2004a — The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers*, **12**: 1–122.
- PIEŃKOWSKI G., 2004 b — Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurajskich utworów kontynentalnych. *Tomy Jurajskie*, **2**: 1–16.
- PIEŃKOWSKI G., GIERLIŃSKI G., 1987 — New finds of dinosaur footprints in Liassic of the Holy Cross Mts. and its palaeoenvironmental background. *Prz. Geol.*, **35**, 4: 199–205.
- PIEŃKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., 2005 — Pterosaur tracks from the early Kimmeridgian intertidal deposits of Wierzbica, Poland. *Geol. Quart.*, **49**, 3: 339–346.
- PIEŃKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., 2006 — Invertebrate trace fossil assemblage from the Lower Hettangian of Sołtyków, Holy Cross Mountains, Poland. *Vol. Jurassica*, **4**: 127.
- PIEŃKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., 2009 — Invertebrate trace fossil assemblages from the Lower Hettangian of Sołtyków, Holy Cross Mountains, Poland. *Vol. Jurassica*, **6**: 109–131.
- PIEŃKOWSKI G., UCHMAN G., 2009 — *Ptychoplasma conica* isp. nov. – a new bivalve locomotion trace fossil from the Lower Jurassic (Hettangian) alluvial sediments of Sołtyków, Holy Cross Mountains, Poland. *Geol. Quart.*, **53**: 397–406.
- PIEŃKOWSKI G., WAKSMUNDZKA M., 2006 — Palynofacies of the epicontinental Lower Jurassic deposits of Poland: their distribution in different sedimentary environments. *Vol. Jurassica*, **4**: 102–103.
- PIUBELLI D., AVANZINI M., MIETTO P., 2005 — The Early Jurassic ichnogenus *Kayentapus* at Lavini di Marco ichnosite (NE Italy). Global distribution and palaeogeographic implications. *Boll. Soc. Geol. It.*, **124**: 259–267.
- POPOV Y.A., 1996 — The first record of fossil water bug from the Late Jurassic of Poland (Heteroptera: Nepomorpha: Belostomatidae). *Polskie Pismo Entomol.*, **65**: 101–105.
- RAINFORTH E., 2003 — Revision and re-evaluation of the Early Jurassic ichnogenus *Otozoum*. *Paleontology*, **46**: 803–838.
- RATCLIFFE B.C., FAGERSTROM J.A., 1980 — Invertebrate lebensspuren of Holocene floodplains: their morphology, origin and paleoecological significance. *Jour. Paleontol.*, **54**: 614–630.
- REINECK H. E., 1958 — Longitudinale schrägschicht in Watt. *Geologische Rundschau*, **47**: 73–82.
- RETALLACK G.J., 1984 — Soils of the Past. An introduction to paleopedology. Unwin Hyman. Boston.
- REYMANÓWNA M., 1987 — Plant of the Lower Liassic conifer forest from Odrowąż and their fructifications: Part I. Conifers. Abstract of the General Lectures, Symposium Papers and Posters, 14 International Botanical Congress, Berlin: 403.
- REYMANÓWNA M., 1991a — Are developing ovules and seeds of Mesozoic gymnosperms protected against the environment? Fifth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota. *Extended Abstracts. Contrib. Paleontol. Mus. Univ. Oslo*, **364**: 53–54.
- REYMANÓWNA M., 1991b — Two conifers from the Liassic flora from Odrowąż in Poland. *W: Abstract Vol., Pan-European Palaeobotanical Conference, Museum of Natural History, Vienna*: 33.
- REYMANÓWNA M., 1992 — Two conifers from the Liassic flora of Odrowąż in Poland. *W: Palaeovegetational development in Europe and Regions relevant to its palaeofloristic evolution* (red. J. Kovar-Eder): 307–310. *Proceedings, Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna. Naturhistorisches Museum, Wien.*
- REYMANÓWNA M., WCISŁO-LURANIEC E., ICHAS-ZIAJA J., 1987 — The Liassic flora of the Holy Cross Mountains 14 International Botanical Congress Berlin. Guide to excursion No 24 from the Jurassic to the Holocene: the palaeoflora and palaeoecology of W and S Poland: 46–54.
- REYMANÓWNA M., 1993 — Forest fire in the lower Liassic of Odrowąż, Poland. *Plants and their environment. Resumes des Communications presentees lors du Premier Congres Europeen de Paleontologie. Organismes – paleoenvironnement interactions: 111.* Univ. de Lyon, Lyon.
- ROMANO M., WHYTE M.A., 1987 — A limulid trace fossil from the Scarborough Formation (Jurassic) of Yorkshire; its occurrence, taxonomy and interpretation. *Proceedings Yorkshire Geol. Soc.*, **46**: 85–95.
- ROMANO M., WHYTE M.A., 1990 — Selenichnites, a new name for the ichnogenus *Selenichnus* Romano et Whyte, 1987. *Proceedings Yorkshire Geol. Soc.*, **48**: 221.
- ROMANO M., WHYTE M.A., 2003 — The first record of Xiphosaurid (Arthropod) trackways from Saltwick Formation, Middle Jurassic of the Cleveland Basin, Yorkshire. *Paleontology*, **46**: 257–269.
- RUPPERT E.E., BARNES R.D., 1994 — *Invertebrate Zoology.* Saunders Coll. Publ., Interenat. Ed.
- RYKA W., MALISZEWSKA A., 1991 — *Słownik petrograficzny.* Wyd. Geol., Warszawa.
- SABATCH K., MACHALSKI M., LEFELD, SARJEANT W.A.S., 1975 — Plant trace fossils. *W: The study of trace-fossils* (red. R.W. Frey): 163–179. Springer-Verlag, Berlin.
- SARJEANT W.A.S., 2000 — The Mesozoic mammal footprint record reconsidered: with an account of new discoveries in the Cretaceous of northwestern Alberta, Canada. *Paleont. Soc. Korea, Sp. Publ.*, **4**: 153–168.
- SCHUURMAN W.M.L., 1977 — Aspects of Late Triassic palynology. 2. Palynology of the “Gres et Schiste a Avicula contorta” and “Argiles de Levallois” (Rhaetian) of northeastern France and southern Luxemburg. *Rev. Paleobot. Palynol.*, **23**: 159–253.
- SCHUURMAN W.M.L., 1979 — Aspects of Late Triassic palynology. 3. Palynology of latest Triassic and earliest Jurassic deposits of the northern Limestone Alps in Austria and southern Germany, with special reference to a palynological characterization of the Rhaetian Stage in Europe. *Rev. Paleobot. Palynol.*, **27**: 53–75.
- SCOTESE C.R., 2002 — Palaeomap project; www.scotese.com
- SEILACHER A., 1953 — Studien zur Palichnologie, II. Die Fossilien Ruhespuren (Cubichnia). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlugen*, **98**: 87–124.
- SELLWOOD B.W., VALDES P.J., 2006 — Mesozoic climates: General circulation models and the rock record. *Sedim. Geol.*, **190**: 269–287.
- THULBORN T., 2001 — Morphology, preservation and palaeobiological significance of dinosaur coprolites. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **83**: 341–366.

- THULBORN T., 2003 — Comment on „Ascent of dinosaurs linked to an iridium anomaly at the Triassic-Jurassic boundary“. *Science*, **301**: 196b.
- TREWIN N.H., 1976 — Ispodichnus in a trace fossil assemblage from the Old Red Sandstone. *Lethaia*, **9**: 29–37.
- WCISŁO-LURANIEC E., 1987 — Plant of the Lower Liassic conifer forest from Odrowąż and their fructifications: Part II. Pteridophytes and remaining gymnosperms. Abstract of the General Lectures, Symposium Papers and Posters, 14 International Botanical Congress, Berlin: 403.
- WCISŁO-LURANIEC E., 1991a — The Lower Liassic flora from Odrowąż in Poland and its ekosystem. Fifth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota. Extended Abstracts. *Contrib. Paleontol. Mus. Univ. Oslo*, **364**: 69–70.
- WCISŁO-LURANIEC E., 1991b — The flora from Odrowąż in Poland – a typical Lower Liassic European flora. Abstract Vol., Pan-European Palaeobotanical Conference, Museum of Natural History, Vienna: 45.
- WCISŁO-LURANIEC E., 1992b — A fructification of *Stachyopitys preslii* Schenk from the Lower Jurassic of Poland. *Courier Forschung der Ins. Senckenberg*, **147**: 247–253.
- WCISŁO-LURANIEC E., 1992b — Flora from Odrowąż in Poland – a typical Lower Liassic European flora. *W: Palaeovegetational development in Europe and Regions relevant to its palaeofloristic evolution* (red. J. Kovar-Eder): 331–334. Proceedings, Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna. Naturhistorisches Museum, Wien.
- WEISHAMPEL D. B., DODSON P., OSMÓLSKA H., 2004 — The Dinosauria. University of California Press, Kalifornia.
- WĘGIEREK P., ZHERIKHIN V. V., 1997 — An Early Jurassic insect fauna in the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeontol. Pol.*, **42**: 539–543.
- WIDUTO J., KOMPOWSKI A., 1968 — Badania nad ekologią małżów z rodziny Unionoidea w Jeziorze Kortowskim. *Zesz. Nauk. WSR Olsztyn*, **24**: 499–508.
- WRÓBLEWSKI T., 2000 — Ochrona georóżnorodności w Górach Świętokrzyskich z mapą w skali 1: 300 000. Państw. Instyt. Geol., Warszawa.
- WHYTE M. A., ROMANO M., 2001 — A dinosaur ichnocoenosis from the Middle Jurassic of Yorkshire, UK. *Ichnos*, **8**: 223–234.
- ZIAJA J., 1989 — The Lower Liassic flora from Odrowąż in Poland: Preliminary comparison of microflora with megafloora. II European Palaeobotanical Conference, Madrid, Abstracts of contributed papers and poster sessions: 12.
- ZIAJA J., 1991 — Lower Liassic microflora from Odrowąż in Poland. Abstract – Volume, Pan-European Palaeobotanical Conference, Museum of Natural History, Vienna: 47.
- ZIAJA J., 1992 — The Lower Liassic microflora from Odrowąż in Poland. *W: Palaeovegetational development in Europe and Regions relevant to its palaeofloristic evolution* (red. J. Kovar-Eder): 337–340. Proceedings, Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna Naturhistorisches Museum, Wien.
- ZIAJA J., 2004 — Próba odtworzenia paleośrodowiska dolnojurajskiego na podstawie danych paleobotanicznych ze stanowiska Odrowąż w rejonie Gór Świętokrzyskich. *W: XIX Konferencja Paleobiologów i Biostratygrafów PTG „Zapis paleontologiczny jako wskaźnik paleośrodoisk”* (red. J. Muszer): 68–69. Wrocław, 16–18 września 2004.
- ZIAJA J., 2006 — Lower Jurassic spores and pollen grains from Odrowąż, Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Palaeobot.*, **46**: 3–83.
- ZIAJA J., WCISŁO-LURANIEC E., 1998 — Are the Lower Liassic plants of Odrowąż (Poland) burned? Abstracts: 207. The Fifth European Palaeobotanical and Palynological Conference, June 26–30, 1998. Cracow, Poland.
- ZIAJA J., WCISŁO-LURANIEC E., 1999 — Are the Lower Liassic plants of Odrowąż (Poland) burnt? *Acta Palaeobot., Suppl. 2*: 257–265.

SUMMARY

The reconstruction of the early Hettangian (Early Jurassic) dinosaurs assemblage (about 200 million years old) is based on trace fossils – footprints and trackways of dinosaurs. The dinosaur ichnofauna of the Zagaje Formation (Hettangian) exposed at Sołtyków clay-pit in the Holy Cross Mountains, southern Poland, shows high ichnotaxonomic diversity. After re-examination of the collected material, specimens observed in the field and the study of an extended, yet undescribed material from more recent collecting activities, 12 ichnotaxa are presented. These are *Stenonyx* isp., *Grallator* isp., *Anchisauripus* isp., *Kayentapus soltykovensis*, *Eubrontes* isp., cf. *Megalosauripus* isp., *Anomoepus* isp., *Delatorrichnus* isp., *Parabrontopodus* isp., cf. *Otozoum* isp., cf. *Tetrasauropus* isp. and dinosaur's swimming traces that are assigned to *Characichnos* isp.

The number of dinosaur ichnotaxa from earlier studies is extended from 10 to 12 and all previously described ichnotaxa are confirmed. Two new ichnotaxa, cf. *Otozoum* isp. and cf. *Tetrasauropus* isp. are described from the Sołtyków site for the first time. The assemblage reflects a novel dinosaur diversity thus far not known from other Hettangian or pre-Early Jurassic localities. The assemblage contains predatory dinosaur footprints, trackways and tracks of herbivorous sauropodomorphs and isolated prints of early ornithischia Ornithischia. By the morphology of imprints, the most abundant large, tridactyl theropod dinosaur ichnotaxa (*Kayentapus soltykovensis*, *Eubrontes* isp., cf. *Megalosauripus* isp.) can be attributed to three species of early predatory dinosaurs. *Parabrontopodus* isp., cf. *Otozoum* isp. and cf. *Tetrasauropus* isp. might possibly represent footprints of a early sauropodomorphs ('prosauropods' and early sauropods).

The numerous gigantic and large theropod dinosaur footprints were discovered in the Sołtyków tracksite. These finds provide paleoichnological evidence for the occurrence of gigantic and large predatory dinosaurs in the earliest Jurassic (Hettangian) times. The largest footprints were described as cf. *Megalosauripus* isp. (50–65 cm long). Another large theropod footprints (30–45 cm) identified at Sołtyków, resemble *Kayentapus*-like ichnites (*Kayentapus soltykovensis*) and classic ichnotaxa of the Newark Supergroup (i.e., *Eubrontes giganteus*). The intriguing gigantic ichnites from Sołtyków are more similar to the large prints left by Middle-Late Jurassic theropods than to those from the Early Jurassic.

The Lower Jurassic deposits from Sołtyków represent a unique record of in-land environment connected with the development of an anastomosing-meandering river and adjacent flood plains. Invertebrate trace fossil assemblages from alluvial plain deposits of Sołtyków represent three terrestrial ichnofacies: the *Mermia* ichnofacies (entirely aquatic), *Scoyenia* ichnofacies, and *Coprinisphaera* ichnofacies. They span environments from shallow lacustrine to different subaerial fluvial environments. Diversity of invertebrate trace fossils was supported by the strongly mosaic character of local environments.

The Sołtyków locality provides paleontological data valuable for determining biodiversity, evolutionary position and biology of the early dinosaurs and other terrestrial vertebrates ('mammal-like reptiles', early mammals, lepidosaurus, pterosaurs and early crocodylomorphs). Dominant tetrapods at today's Sołtyków locality were dinosaurs followed by rare other small archosaurs (crocodylomorphs and pterosaurs). The large-sized theropod dinosaurs (about 7–8 metres in length) might have been the top-predators hunting on the sauropodomorphs. The tetrapod ichnofauna from the Zagaje Formation supports the presence of a locally distributed theropod-sauropodomorph assemblage in earliest Jurassic time preceding the characteristic associations with numerous tracks of early ornithischia occurring in the late Hettangian and Sinemurian. A few evolutionary lines of dinosaurs were already wide-spread on the Early Jurassic world. In addition to the skeletal record, the footprint record supports the hypothesis of an early global distribution of these groups. The diversity of the tetrapod ichnofauna from Sołtyków indicates a rapid recovery and refill of ecological niches after the Triassic/Jurassic faunal turnover within a few million years during the latest Rhaetian and earliest Hettangian.