

Renowacja i konserwacja kamiennej płyty z tropami dinozaurów w rezerwacie przyrody Gagaty Sołtykowskie

Marek Rembiś¹, Paula Dźwigulska-Musiał²



M. Rembiś



P. Dźwigulska-Musiał

Renovation and conservation of the sandstone layer exposing trackways of dinosaurs in the nature reserve Gagaty Sołtykowskie (central Poland). Prz. Geol., 69: 91–96.

Abstract. The inanimate nature reserve Gagaty Sołtykowskie is located in the northern part of the Permian-Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains, within the abandoned Odrowąż quarry. Trackways of dinosaurs have been printed on a sandstone bedding plane within the Lower Jurassic (Hettangian) Zagaje Formation. The tracks are the oldest known evidence of a group life of the herbivore (plant-eating) sauropods and of a hunting group of predatory theropods. After twenty years of being exposed to visitors, the sandstone layer had to be thoroughly renovated and conserved. On the basis of an evaluation of its state of preservation followed by laboratory examinations, the authors have prepared the program of conservation procedures and established a set of appropriate materials. The surface of the layer has been cleaned and its loose fragments fixed with the Injektionharz 100 (Remmers) glue. The layer has

been impregnated and fractures sealed with an organosilicon compound KSE 100 and KSE 300 (Remmers). The tracks of dinosaurs have become more vivid due to their saturation with the mixture of the KSE 300 and a mineral pigment.

Keywords: Holy Cross Mountains, sandstone, trackways of dinosaurs, stone deterioration and conservation

Na terenie dawnego wyrobiska Odrowąż w północnej części permsko-mezozoicznego obrzeżenia paleozoicznego masywu Gór Świętokrzyskich znajduje się kamieńna płyta ze śladami dinozaurów (ryc. 1). W wyrobisku tym eksploatowano niegdyś złoża iłów, iłolupków i mułowców, które wykorzystywano w przemyśle ceramicznym do produkcji cegieł. Miąższość serii skał złożowych wynosi od 2,0 do 20,3 m. Występują w nich przerosty piaskowców z syderytami, mające formę nieciągłych, soczewkowatych ławic o grubości od kilkudziesięciu centymetrów do 2,0 m (Uchnast i in., 2006). Towarzyszą im wkładki węgla brunatnego i gagatu (Karaszewski, 1975; Fijałkowska, Fijałkowski, 1993). W wyniku trwającej ok. 50 lat eksploatacji, zaniechanej w 1977 r., powstało rozległe, dwupoziomowe wyrobisko stokowe, w którym odsłania się miąższy profil utworów formacji zagajskiej najniższej jury (dolnego hetangu) oraz występujących marginalnie utworów górnego kajpru (Pieńkowski, 2004a, b; Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2008).

W 1985 r. G. Pieńkowski odkrył w wyrobisku Odrowąż ślady dinozaurów (Niedźwiedzki, 2006). W następnych latach znaleziono kolejne unikatowe tropy drapieżnych teropodów i roślinożernych zauropodomorfów oraz wczesnych dinozaurów ptasiomiedniczych. Zachowały się one na powierzchniach ławic piaskowców w formie naturalnych odlewów, ale także tropów właściwych (utrwalonych w formie odcisków) i źle zachowanych śladów, reprezentujących tzw. podtropy (Niedźwiedzki, 2006).

W wyniku prac badawczych, prowadzonych na tym obszarze, wykazano istnienie unikatowego zapisu wczesnojurajskiego ekosystemu lądowego, związanego z rozwojem rzeki anastomozująco-meandrującej oraz przyległych

do niej obszarów równi zalewowej (Pieńkowski, 1983, 1991, 2004a, b; Pieńkowski, Gierliński, 1987). Opisano różnorodność biologiczną i stan ewolucyjny wczesnych dinozaurów oraz innych ówczesnych kręgowców lądowych (Pieńkowski, Gierliński, 1987; Gierliński, 1991, 1994, 1996, 1999; Gierliński, Pieńkowski, 1999; Gierliński, Sawicki, 1998; Gierliński i in., 2001; Niedźwiedzki, 2006, 2011; Pieńkowski, Niedźwiedzki, 2008).

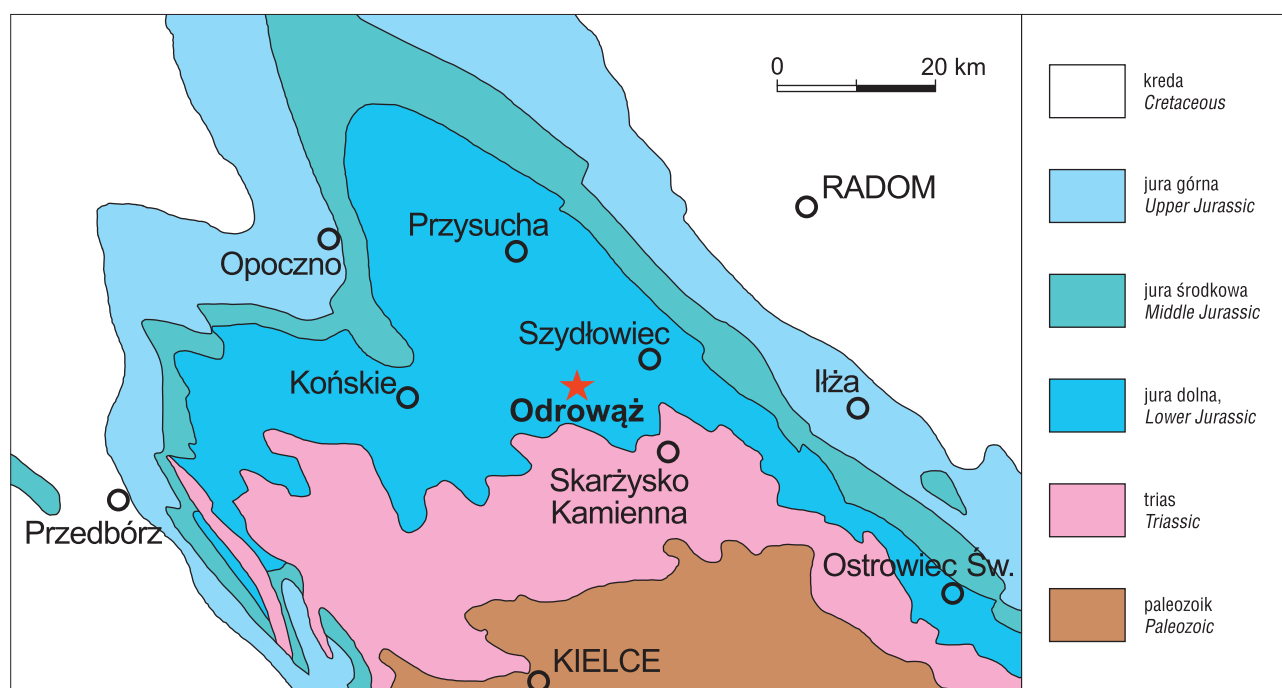
W 1997 r. na terenie wyrobiska utworzono rezerwat geologiczny Gagaty Sołtykowskie, a w 1999 r. – za sprawą Państwowego Instytutu Geologicznego, głównego konserwatora przyrody oraz Nadleśnictwa Stąporków – nad fragmentem ławicy z tropami dinozaurów ustawiono drewnianą wiatę, a w jej sąsiedztwie tablice informacyjne (Pieńkowski, 2004b). Unikatowość i wyjątkowość tego cennego zabytku przyrody nieożywionej i to w skali globalnej, sprawiła, że znalazł się on na liście obiektów, które mogłyby stanowić element europejskiej sieci geostanowisk (Alexandrowicz, 2006).

W 2018 r., po niemal dwudziestu latach udostępniania obiektu zwiedzającym, Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Kielcach i Nadleśnictwo Stąporków podjęły decyzję o renowacji i konserwacji płyty, w celu zabezpieczenia jej na kolejne lata przed niszczącym działaniem czynników atmosferycznych i antropogenicznych. Ze względu na dużą rangę obiektu ustalono, że prace renowacyjne będą realizowane w taki sam sposób, jak w przypadku kamiennych obiektów zabytkowych, z zachowaniem szczególnej staranności i przy zastosowaniu wysokiej jakości materiałów konserwatorskich.

Program prac konserwatorskich jest zazwyczaj ustalany na podstawie wykonanych wcześniej badań identyfikujących rodzaj kamienia oraz określających przejawy i nasi-

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; rembis@agh.edu.pl

² konserwator dzieł sztuki; paula_karolina@o2.pl



Ryc. 1. Lokalizacja wyrobiska Odrowąż na tle uproszczonej mapy geologicznej regionu świętokrzyskiego
Fig. 1. Location of the Odrowąż excavation in the simplified geological map of the Holy Cross Mts. region

lenie jego destrukcji, a także warunki ekspozycji obiektu. Zawiera on wytyczne dotyczące sposobu realizacji poszczególnych czynności oraz wskazuje optymalne materiały konserwatorskie, zapewniające prawidłowość i skuteczność przeprowadzonych prac (Smoleńska, Rembiś, 1995; Łukasiewicz, 1996; Płuska, 2005; Doehne, Price, 2010; Domasłowski, 2011). Zwykle na pierwszym etapie prac konserwatorskich z powierzchni kamienia lub jego strefy przypowierzchniowej usuwa się nawarstwienia pyłów, sadzy, soli rozpuszczalnych i mikroorganizmów, stosując różne metody mechaniczne i fizykochemiczne. Dodatkowo usuwa się materiały zastosowane podczas poprzednich konserwacji, takie jak np. kleje, farby i zaprawy. W dalszej kolejności są sklejane pęknięte lub odspojone fragmenty kamienia. W ramach renowacji niektórych obiektów są wykonywane uzupełnienia rekonstrukcyjne z zastosowaniem mas (zapraw) odpowiednio dobranych do rodzaju skały lub wstawek (fleków) z takiego samego lub podobnego kamienia. Powszechnie wykonuje się zabiegi konsolidujące kamień poprzez nasycanie go odpowiednio dobranym środkiem impregnującym. W wyniku krystalizacji lub kondensacji substancji czynnej, występującej w preparacie, powstają nowe połączenia między składnikami skały, powodujące wzmocnienie jej osłabionej struktury. Ostatnim zabiegiem konserwatorskim jest zazwyczaj hydrofobizacja powierzchni kamienia, mająca na celu ograniczenie wnikania do jego wnętrza wody oraz występujących w niej różnego rodzaju zanieczyszczeń.

Program prac i dobór materiałów określono na podstawie analizy przejawów destrukcji płyty oraz charakterystyki petrograficznej i badań podstawowych właściwości piaskowca. Badania te wykonano na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie. Prace konserwatorskie zrealizowała firma *Fargo* (W. Pakulski) pod nadzorem konserwatora kamiennych dzieł sztuki – Pauli Dźwigulskiej-Musiał.

STAN ZACHOWANIA PŁYTY

Podczas wstępnych oględzin kamiennej płyty przeznaczonej do konserwacji i jej bezpośredniego otoczenia stwierdzono, że stanowi ona fragment ławicy piaskowca o nieznacznym nachyleniu w kierunku NE, zgodnie z zaleganiem warstw w wyrobisku. Zapewnia to naturalny, grawitacyjny spływ wody z jej powierzchni. Jednocześnie jednak powoduje zalewanie jej przez wodę spływającą z wyżej położonych części terenu. Spływowi temu częściowo zapobiega kamienny murek ochronny, umieszczony przed wiatą, kierujący płynącą wodę poza jej obręb. Szczelne zadaszenie chroni płytę przed opadami atmosferycznymi, jednak brak rynien powoduje, że część ściekającej wody wsiąka w grunt i przedostaje się do wnętrza wiaty. Niskie ścianki budowli, zakończone balustradą, posadowione na płytkim fundamencie, zabezpieczają płytę, utrudniając wejście na jej powierzchnię zwierzętom i ludziom. W najniższej części fundamentu, po stronie północnej, wykonano trzy otwory umożliwiające odpływ wody gromadzącej się we wnętrzu wiaty.

Na powierzchni płyty piaskowca zauważono tropy właściwe dinozaurów oraz liczne szczeliny, będące naturalnymi płaszczyznami podzielnosci górotworu, jak też spękania powstałe po odsłonięciu powierzchni i udostępnieniu jej zwiedzającym. Stanowiły one gęstą sieć wzajemnie przecinających się szczelin o zróżnicowanej szerokości i nieznannej maksymalnej głębokości, osiągającej jednak w wielu miejscach co najmniej 30 cm.

Stwierdzono silne zabrudzenie powierzchni płyty, wyrażające się obecnością szaroczarowego nawarstwienia pyłowo-organicznego. W szczelinach i zagłębieniach w płycie, w tym także w śladach dinozaurów, znajdowały się rozkruszone fragmenty piaskowca oraz naniesiona ziemia i drobne śmieci (ryc. 2). Niższa część płyty uległa zamuleniu podczas stagnowania nad nią wody, czemu nie zapo-

biegły zbyt wysoko umieszczone otwory odpływowe. Brzeżne fragmenty płyty zostały zasiedlone przez roślinność. Stwierdzono także przejawy destrukcji spowodowanej przez ludzi, którzy przedostając się do środka wiaty, mechanicznie uszkodzali powierzchnię płyty, a nawet zdewastowali jej fragment poprzez rozpalenie ogniska (ryc. 3). Tropo dinozaurów uległy zatarciu wskutek zasypiania, spękania i wykruszenia ich brzegów lub oderwania dużych fragmentów. W miejscu rozpalenia ogniska stwierdzono nieodwracalne zmiany barwy piaskowca i powstanie gęstej sieci spękań. Wskutek działania tak różnorodnych czynników niszczących płyta kamienna została doprowadzona do stanu zaawansowanej destrukcji. Na jej powierzchni były zauważalne także pozostałości brunatnej farby, którą podczas poprzedniej konserwacji zastosowano w celu lepszej ekspozycji tropów. Farba ta w wielu miejscach uległa złuszczeniu i zachowała się szczątkowo, przez co stwarzała wrażenie przypadkowych zabrudzeń i tym samym nie eksponowała śladów w wystarczający sposób.

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA I WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE PIASKOWCA Z TROPAMI DINOZAUROW

Na świeżej powierzchni przełamu badany piaskowiec jest brunatnoszary, jednak dość niejednorodny, co wyraża się obecnością nieregularnych plamek i skupień o czarnej lub ciemnobrązowej barwie. Skała jest bardzo zwięzła i drobnoziarnista. Na jej powierzchni jest widoczna warstwa zwietrzała o grubości kilku milimetrów. W niektórych miejscach uległa ona odspojeniu i złuszczeniu.

Obserwacje mikroskopowe wykazały, że skała ma strukturę psamitową, równoziarnistą, a teksturę bezładną i zwięzłą (ryc. 4). Podstawowym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc monokrystaliczny o prostym wygaszaniu światła. Jego ziarna mają rozmiary 0,05–0,25 mm, zwykle jednak zawierają się w przedziale 0,08–0,12 mm. Są ostrokrawędziste, a w wielu z nich obserwuje się zatoki korozyjne. Rozmieszczenie ziaren w spoiwie jest nieregularne, miejscami występują one w dużych nagromadzeniach, koncentrując się w wydłużonych smugach. W innych miejscach są nieliczne, z rzadka rozsiane w obfitym spoiwie. Oprócz nich sporadycznie można zauważyć niewielkie skupienia zwęglonej flory. Spoiwo jest zdominowane przez syderyt oraz wodorotlenki żelaza. Mniejszy udział mają w nim krzemionka i minerały ilaste. Syderyt tworzy sferolity o średnicach 0,3–0,5 mm, złożone z kryształów włóknistych lub klinowatych (ryc. 5). Rzadziej minerał ten ma pokrój wydłużonych romboedrów, usytuowanych w cienkich laminach złożonych głównie z krzemionki i chlorytów. Wodorotlenki żelaza są wykształcone jako drobne skupienia rozproszone wśród pozostałych składników spoiwa lub koncentrujące się w formie lamin, względnie wydłużonych smug. Skupienia mikrokryształicznej krzemionki są nieliczne i mają nieregularne kształty oraz zróżnicowane rozmiary, osiągające 0,7 mm (ryc. 5). Skała jest dość zwięzła i zawiera tylko nieliczne pory o nieregularnych kształtach i wielkości do 0,4 mm. Występują w niej także mikropory, usytuowane pomiędzy blaszkami minerałów ilastych oraz skupieniami związków żelaza. W wielu miejscach są obecne mikroszczeliny, częściowo wypełnione związkami żelaza, które tworzą cienkie żyłki (ryc. 6). Są to potencjalne obszary powstawania spękań ujawnia-

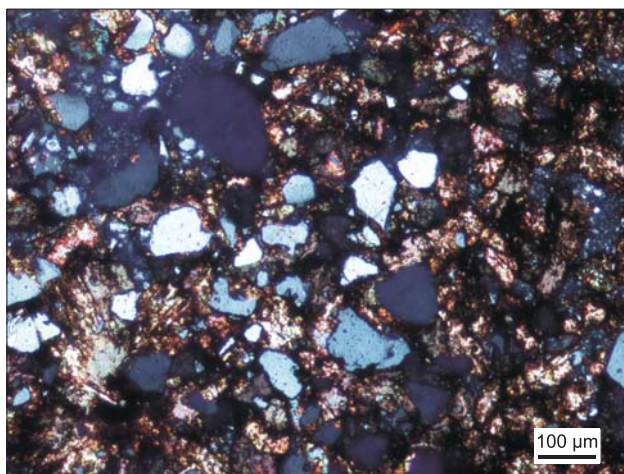


Ryc. 2. Płyta piaskowca z rezerwatu Gagaty Sołytykowskie pokryta szaroczarnym, pyłowo-organicznym nawarstwieniem. W szczelinach i tropach dinozaurów są widoczne rozkruszone fragmenty piaskowca oraz naniesiona ziemia i drobne śmieci. Ryc. 2–6 fot. M. Rembiś

Fig. 2. The surface of sandstone plate from the nature reserve Gagaty Sołytykowskie, covered with an ashgrey-black dust-organic buildup. The fractures and dinosaur tracks (prints) are partly filled with disintegrated sandstone fragments, soil dust and fine rubbish. Figs. 2–6, photo by M. Rembiś

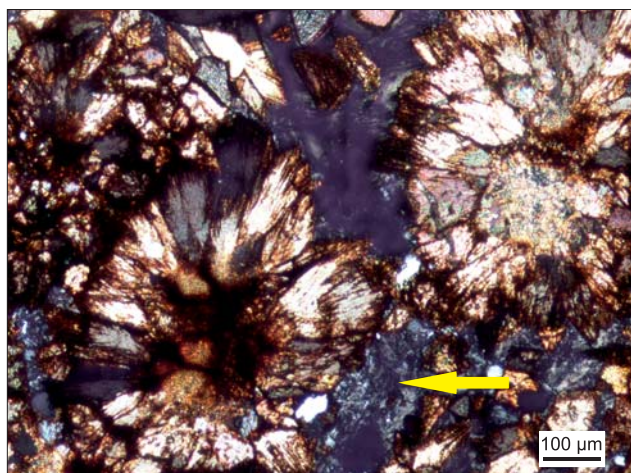


Ryc. 3. Ślady ogniska rozpalonego na płycie piaskowca
Fig. 3. Traces of a bonfire lit on the sandstone plate



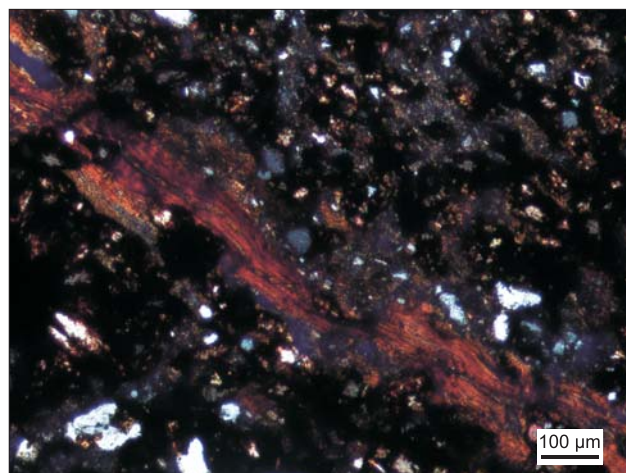
Ryc. 4. Ziarna kwarcu nierównomiernie rozmieszczone w spoiwie żelazisto-krzemionkowo-ilastym. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane

Fig. 4. Quartz grains randomly distributed within the ferruginous-siliceous-argillaceous cement. Microphotograph of the sandstone taken in the transmitted light with crossed polarizers



Ryc. 5. Sferolity syderytowe oraz nieregularne skupienia chalcyonu (żółta strzałka) stanowiące spoiwo piaskowca. Między nimi są widoczne nieliczne, drobne pory. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane

Fig. 5. Siderite spherulites and irregular accumulations of chalcedony (yellow arrow) of the sandstone cement. A few fine pores are present within the cement. Microphotograph taken in the transmitted light with crossed polarizers



Ryc. 6. Szczelina w płycie piaskowca, częściowo wypełniona związkami żelaza, stanowiąca jedno z miejsc spękań rozwijających się w obrębie płyty. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane

Fig. 6. A fracture in the sandstone, partly filled with ferruginous compounds, which gives rise to the formation of cracks within the sandstone. Microphotograph taken in the transmitted light with crossed polarizers

Tab. 1. Nasiąkliwość wagowa i gęstość objętościowa piaskowca z tropami dinozaurów

Table 1. Water absorbability and bulk density of the sandstone with trackways of dinosaurs

Nazwa parametru <i>Parameter</i>	Metoda badania <i>Method applied</i>	Próbka nr 1 <i>Sample 1</i>	Próbka nr 2 <i>Sample 2</i>	Próbka nr 3 <i>Sample 3</i>	Wartość średnia <i>Mean value</i>
Nasiąkliwość wagowa, Ab [% wag.] <i>Water absorbability, Ab [wt. %]</i>	PN-EN 13755: 2008	2,18	2,19	2,89	2,42
Gęstość objętościowa, ρb [g/cm ³] <i>Bulk density, ρb [g/cm³]</i>	PN-EN 1936: 2010	3,12	3,02	2,95	3,03

jących się makroskopowo i powodujących rozpad warstwy piaskowca.

Badaną skałę określono jako drobnoziarnisty piaskowiec oligomiktyczny kwarcowy o spoiwie żelazisto-krzemionkowo-ilastym. Oceniono, że ze względu na skład mineralny oraz cechy strukturalno-teksturalne skała ta jest umiarkowanie odporna na niszczące działanie czynników środowiskowych i antropogenicznych. Z tego względu uznano, że niezbędne jest wykonanie działań skutkujących wzmocnieniem zwięzłości tej skały, przede wszystkim w strefach spękań, a także przeprowadzenie konsolidacji jej szkieletu ziarnowego.

Prawidłowa ocena możliwości wykonania impregnacji kamienia preparatami konsolidacyjnymi lub hydrofobizującymi w dużym stopniu zależy od znajomości jego nasiąkliwości wagowej. Parametr ten określa ilość wody, jaką może wchłonąć próbka skały w warunkach badania. Właściwość ta wpływa pośrednio na odporność skały na działanie niszczących czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych. W związku z tym w toku badań laboratoryjnych określono nasiąkliwość wagową i gęstość objętościową trzech próbek piaskowca pobranych z luźnych brył tej skały znajdujących się pod wiatą. Nasiąkliwość piaskowca z tropami dinozaurów określono według normy PN-EN 13755. Wynosi ona od 2,18% do 2,89% (tab. 1) i zależy przede wszystkim od różnego w poszczególnych próbkach udziału szczelin i porów otwartych, ich wielkości, kształtu oraz sposobu wzajemnego połączenia.

Analiza wyników badań skuteczności strukturalnego wzmocnienia piaskowców różnych odmian wykazała (Rembiś, 2013), że taka wartość nasiąkliwości jest wystarczająca do wprowadzenia odpowiedniej ilości preparatu, zapewniającej należyłą konsolidację konserwowanej skały.

Właściwością komplementarną względem nasiąkliwości wagowej jest gęstość objętościowa skały, wskazująca na obecność wolnych przestrzeni pomiędzy jej ziarnami. Pomiar tej właściwości piaskowca z tropami dinozaurów wykonano zgodnie z normą PN-EN 1936. Gęstość objętościowa skały, która jest uzależniona od gęstości właściwej składników mineralnych oraz porowatości skały, przyjmuje przeważnie wyższe wartości wraz ze wzrostem cech wytrzymałościowych skały. Jednak w skałach składających się z minerałów o dużej gęstości właściwej, wysoka wartość gęstości objętościowej nie przekłada się na wzrost ich zwięzłości.

Zmienna gęstość objętościowa piaskowca z tropami dinozaurów, mieszcząca się w zakresie 2,95–3,12 g/cm³, wskazuje na nierównomierne rozmieszczenie porów i poszczególnych składników jego spoiwa, co zaobserwowano również pod mikroskopem. Pomimo znacznej porowatości, na którą wskazuje wartość nasiąkliwości, piaskowiec ten należy, według podziału zawartego w normie PN-84/B-01080, do grupy skał bardzo ciężkich. Wynika to ze znacznej zawartości syderytu oraz wodorotlenków żelaza, tworzących jego spoiwo.



Ryc. 7. Powierzchnia płyty piaskowca po sklejeniu spękań i wykonaniu impregnacji konsolidacyjnej preparatem krzemooorganicznym. Fot. P. Dźwigulska-Musiał

Fig. 7. The surface of the sandstone plate after gluing the fractures and completing its impregnation with an organosilicon consolidation compound. Photo by P. Dźwigulska-Musiał

PRACE KONSERWATORSKIE

Na podstawie analizy stanu zachowania płyty piaskowca z tropami dinozaurów oraz wyników badań laboratoryjnych tej skały określono zakres niezbędnych prac konserwatorskich oraz rodzaj materiałów najlepiej dostosowanych do właściwości skały.

Pierwszym z podjętych działań było oczyszczenie powierzchni kamienia z trwale przylegających do niej nawarstwień oraz usunięcie ze szczelin i zagłębień luźnych cząstek piaszczystych i pyłowych. Równocześnie usunięto roślinność zasiedlającą obrzeża płyty. Czyszczenie rozpoczęto sposobem mechanicznym przy użyciu szczotek ryżowych oraz metodą strumieniowo-ścierną za pomocą mikropiaskarki. Ciśnienie strumienia wydostającego się z dyszy mikropiaskarki i rodzaj ścierniwa dopasowywano indywidualnie do poszczególnych fragmentów płyty o zróżnicowanej zwięzłości i odmiennym stopniu zabrudzenia. W trakcie wykonywania tego zabiegu szczególną uwagę zwracano na to, aby nie zetrzeć powierzchni kamienia i nie spowodować osłabienia jego struktury, zwłaszcza w pobliżu tropów dinozaurów. W miejscach występowania większych zabrudzeń metoda ta okazała się jednak mało skuteczna, w związku z tym konieczne było zastosowanie środka chemicznego – kwaśnego węglanu amonu, którego zadaniem było zmiękczenie nawarstwienia. Preparat ten aplikowano na powierzchnię kamienia za pomocą pędzli i okładów z ligniny. W miejscach niewielkich zabrudzeń okłady pozostawiano na ok. 20 minut, natomiast w miejscach występowania farby czas ten wydłużano, dostosowując go do grubości usuwanej powłoki. Po zmiękczeniu nawarstwienia lub warstwy farby usuwano je mechanicznie, a powierzchnię kamienia dokładnie spłukiwano wodą. Następnie podklejono wszystkie luźne fragmenty piaskowca, które odspoiły się od calizny płyty, oraz zespolono istniejące spękania (ryc. 7). Czynności te wykonano z zastosowaniem żywicy *Injektionharz 100* firmy *Remmers*, którą wprowadzano w szczeliny za pomocą dużych strzykawek.

Ważnym elementem prac konserwatorskich było przeprowadzenie konsolidacji struktury skały. Przyjęto, że ze względu na znaczną nasiąkliwość piaskowca oraz niewielkie rozmiary porów w tej skale największą skuteczność wzmocnienia można będzie uzyskać po zastosowaniu dwukrotnej impregnacji preparatami krzemooorganicznymi o różnej zdolności do penetracji w głąb kamienia. Jako pierwszy nałożono na płytę, po jej dokładnym wysuszeniu, preparat *KSE 100* firmy *Remmers* o niewielkiej zawartości substancji czynnej (tetraetoksylanu) i przeciętnej skuteczności wzmocnienia, ale jednocześnie o dużej penetratywności, zapewniającej głęboką, strukturalną konsolidację. Preparat ten nanoszono na powierzchnię płyty przy użyciu pędzli i szczotek aż do momentu, gdy przestał być wchłaniany przez kamień. Po upływie tygodnia zabieg powtórzono, ale zastosowano preparat *KSE 300* o większej zawartości substancji czynnej, którego duża skuteczność została wcześniej potwierdzona przez wyniki badań różnych piaskowców, także jurajskich (Rembiś, 2013). Płytę osłonięto folią, aby ograniczyć nadmierne parowanie oraz ewentualne zamaczanie przez wody deszczowe i pozostawiono na czas ponad dwóch tygodni. Zapewniło to warunki niezbędne do polikrystalicznej kondensacji składników preparatu i wytworzenia krzemionki silnie wiążącej ziarna piaskowca.



Ryc. 8. Ostateczny efekt prac konserwatorskich – obejmujących ekspozycję tropów dinozaurów poprzez ich barwne wysycenie. Fot. W. Pakulski

Fig. 8. The final effect of the conservation procedures: the dinosaur tracks have become more visible after their saturation with a special colour paint. Photo by W. Pakulski

Zdecydowano, że w ramach prac konserwatorskich nie zostanie przeprowadzona impregnacja hydrofobizująca powierzchnię kamienia. Zabieg ten, polegający na pokryciu powierzchni odnawianego obiektu powłoką ograniczającą wnikanie wody, jest powszechnie wykonywany w wielu pracach budowlanych oraz konserwatorskich. Jednak w przypadku płyty piaskowca w rezerwacie Gagaty Sołtykowskie, która nie ma izolacji od podłoża i jest permanentnie zawilgacana przez kapilarne podsiąkanie wody, uszczelnienie górnej powierzchni płyty utrudniłoby proces naturalnego odparowywania i w bardzo krótkim czasie doprowadziłoby do przyspieszonej destrukcji piaskowca.

Kolejnym etapem prac było wypełnienie spękań barwioną, elastyczną masą mineralną *Restauriermörtel* firmy *Remmers*, dobraną kolorystycznie i pod względem grubości uziarnienia piaskowca. Zabieg ten wykonano w taki sposób, aby masa uzupełniająca była mało widoczna i wypełniała tylko głębszą część szczelin, wyraźnie poniżej powierzchni kamienia, spełniając jednocześnie funkcję ochronną i zapobiegając wlewaniu się wody opadowej.

Jako ostatnie działanie konserwatorskie wykonano barwne wysycenie tropów dinozaurów, mające na celu ich lepsze wyeksponowanie (ryc. 8). Zrealizowano to poprzez nieznaczne przyciemnienie powierzchni zagłębien impregnatem *KSE 300* zabarwionym pigmentami mineralnymi. W celu dokładniejszej identyfikacji miejsca występowania tropów analizowano archiwalne zdjęcia z lat 90. ubiegłego wieku, obrazujące lokalizację tych śladów.

PODSUMOWANIE

Poddana konserwacji płyta piaskowca z tropami dinozaurów, eksponowana w rezerwacie Gagaty Sołtykowskie, stanowi cenny zabytek przyrody nieożywionej, nie tylko w skali lokalnej, ale także globalnej i ma dużą wartość edukacyjną. Wykonane prace konserwatorskie wyraźnie zwiększyły jej walory estetyczne, a jednocześnie zabezpieczyły przed niszczącym wpływem czynników atmosferycznych i antropogenicznych. Szeroki zakres wykonanych prac konserwatorskich i wysoki poziom ich realizacji, a także wysoka jakość zastosowanych materiałów pozwala uznać, że została zapewniona ochrona tego cennego obiektu na okres co najmniej kilkunastu najbliższych lat. Zakonserwowana płyta powinna podlegać systematycznej konserwacji prewencyjnej, polegającej na delikatnym zmiataniu gromadzących się drobnych frakcji piaszczystych i pyłowych oraz mechanicznym usuwaniu roślin rozwijających się we wnętrzu wiaty. Zalecana jest także okresowa kontrola zwięzłości kamienia w pobliżu szczelin oraz śladów dinozaurów. Duże znaczenie dla długotrwałego utrzymania obiektu w dobrym stanie ma także odpowiedzialne zachowanie się osób odwiedzających rezerwat, która to umiejętność powinna być kształtowana już od najwcześniejszych etapów edukacji.

Autorzy wyrażają podziękowania Wojciechowi Pakulskiemu z firmy *Fargo* za udostępnienie zdjęcia jego autorstwa. Dziękują także Recenzentom oraz Redakcji *Przeglądu Geologicznego* za poświęcony czas oraz cenne uwagi dotyczące treści artykułu i jego formy. Praca zrealizowana na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ Z. 2006 – Framework of European geosites in Poland. *Nature Conserv.*, 62: 63–87.
- DOEHNE E., PRICE C.A. 2010 – Stone conservation: An overview of current research. Technical Report. Getty Conservation Institute, Los Angeles: 158.
- DOMASŁOWSKI W. (red.) 2011 – Zabytki kamienne i metalowe, ich niszczenie i konserwacja profilaktyczna. Wyd. Nauk. UMK: 565.
- FIJAŁKOWSKA E., FIJAŁKOWSKI J. 1993 – Surowce ilaste ośrodka garncarskiego w Rędocinie. *Rocz. Muz. Nar. w Kielcach*, 17: 141–163.
- GIERLIŃSKI G. 1991 – New dinosaur ichnotaxa from the Early Jurassic of the Holy Cross Mountains, Poland. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 85: 137–148.
- GIERLIŃSKI G. 1994 – Early Jurassic theropod tracks with the metatarsal impressions. *Prz. Geol.*, 42 (4): 280–284.
- GIERLIŃSKI G. 1996 – Avialian theropod tracks from the Early Jurassic strata of Poland. *Zubia*, 14: 79–87.
- GIERLIŃSKI G. 1999 – Tracks of large thyreophoran dinosaur from the Early Jurassic of Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, 44 (2): 231–234.
- GIERLIŃSKI G., PIENKOWSKI G. 1999 – Dinosaur track assemblages from the Hettangian of Poland. *Geol. Quart.*, 43 (3): 329–346.
- GIERLIŃSKI G., SAWICKI G. 1998 – New sauropod tracks from the Lower Jurassic of Poland. *Geol. Quart.*, 42 (4): 477–480.
- GIERLIŃSKI G., NIEDŹWIEDZKI G., PIENKOWSKI G. 2001 – Gigantic footprint of the theropod dinosaur in the Early Jurassic of Poland. *Acta Palaeont. Pol.*, 46 (3): 441–446.
- JAROSZEWSKI W. 1986 – Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej. *Wyd. Geol., Warszawa*.
- KARASZEWSKI W. 1975 – Gagat (dżet) – krajowy surowiec jubilerski-złotniczy. *Prz. Geol.*, 23 (8): 406.
- ŁUKASZEWICZ J.W. 1996 – Związki krzemooorganiczne w konserwacji kamiennych obiektów zabytkowych. *Ochrona Zabytków*, 1: 21–25.
- NIEDŹWIEDZKI G. 2006 – Ślady wielkich teropodów w wczesnojurajskich osadach Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 54 (7): 615–621.
- NIEDŹWIEDZKI G. 2011 – Tropy dinozaurów z wczesnojurajskiego ekosystemu z Sołtykowa w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 447: 49–98.
- PIENKOWSKI G. 1983 – Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 31 (4): 223–231.
- PIENKOWSKI G. 1991 – Eustatically-controlled sedimentation in the Hettangian-Sinemurian (Early Liassic) of Poland and Sweden. *Sedimentology*, 38: 503–518.
- PIENKOWSKI G. 2004a – The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst., Spec. Pap.*, 12.
- PIENKOWSKI G. 2004b – Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurajskich utworów kontynentalnych. *Tomy Jurajskie*, 2: 1–16.
- PIENKOWSKI G., GIERLIŃSKI G. 1987 – New finds of dinosaur footprints in Liassic of the Holy Cross Mountains and its palaeoenvironmental background. *Prz. Geol.*, 35 (4): 199–205.
- PIENKOWSKI G., NIEDŹWIEDZKI G. 2008 – Invertebrate trace fossil assemblages from the Lower Hettangian of Sołtyków, Holy Cross Mountains, Poland. *Proc. 7th Intern. Congress on the Jurassic System*, September 6–18, 2006, Kraków, Poland. *Vol. Jurassica*, 6: 109–131.
- PLUSKA I. 2005 – Konserwacja kamienia w architekturze i rzeźbie. *Renowacje*, 1: 119–129.
- PN-EN 13755 – Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym.
- PN-EN 1936 – Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
- PN-84/B-01080 – Kamień dla budownictwa i drogownictwa – Podział i zastosowanie wg własności fizyczno-mechanicznych PN-84/B-01080. *Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości*.
- REMBIŚ M. 2013 – Modyfikacja fizyczno-mechanicznych właściwości piaskowców metodą strukturalnego wzmacniania skał preparatami zawierającymi tetraetoksyilan. *Rozprawy. Monografie*, 270. *Wyd. AGH, Kraków*: 161.
- SMOLEŃSKA A., REMBIŚ M. 1995 – Wpływ wykształcenia mikrostrukturalnego piaskowców występujących w obiektach zabytkowych Krakowa na odpowiedni dobór wypełniaczy mineralnych stosowanych w ich rekonstrukcji. *Geol. Quart.*, 21 (2): 97–116.
- UCHNAST Z., GABRYŚ-GODLEWSKA A., PASIECZNA A., TOMASSI-MORAWIEC H. 2006 – Objąszenia do mapy geosrodowiskowej Polski 1:50 000, ark. Odrowąż (778). *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa* [dok. elektroniczny].

Praca wpłynęła do redakcji 16.12.2020 r.
Aceptowano do druku 11.01.2020 r.