

Ruda darniowa w Polsce – występowanie i zastosowanie w architekturze

Tomasz Pawlik^{1,2}



Bog ore in Poland: occurrence and use in architecture. Prz. Geol., 71: 555–566; doi: 10.7306/2023.45

A b s t r a c t. The paper presents the characteristics of lump bog ore as an original building material. In architecture, bog ore was used as both a construction and decorative stone. The use of this rock material was determined, among other things, by its easy accessibility, colour qualities and ability to prevent dampness in walls. In Poland, it is possible to see buildings dating from various historical epochs (10th–21st c.). Buildings made of bog ore are concentrated only in certain regions of Poland, where they are an important element of the cultural landscape and historical heritage. They are also interesting geoturistic objects. The paper also characterizes selected physico-mechanical properties of the bog ore from Ruda Milicka and Książ Śląski. The determinations of these parameters (density, bulk density, open porosity, total porosity, absorbability at atmospheric pressure, abrasiveness, compressive strength) were made in accordance with PN-EN standards.

Keywords: bog ore, building stones, stone raw materials, stone architecture

Ruda darniowa odegrała znamienne rolę w historii Europy. Pozyskiwanie tej łatwo dostępnej i powszechnie występującej na Niżu Europejskim kopaliny żelaza wpłynęło na rozwój technologii metalurgicznych, a tym samym także na rozkwit cywilizacyjny niektórych ludów europejskich w starożytności i wczesnym średniowieczu (Ratajczak, Rzepa, 2011a,b). Współcześnie nie ma żadnego znaczenia jako surowiec hutniczy. Wzbudza natomiast zainteresowanie jako sorbent mineralny wykorzystywany w dziedzinach związanych z ochroną środowiska oraz technologiami oczyszczania gazu ziemnego (Ratajczak i in., 2003). Ciekawym wątkiem, związanym z rudą darniową, a właściwie z jej odmianą zbitą, jest wykorzystanie tej skały do celów budowlanych i to zarówno w roli materiału konstrukcyjnego, jak i dekoracyjnego. Tematyka rudy darniowej w kontekście polskiej architektury była podejmowana w wielu opracowaniach, artykułach i monografiach naukowych, wśród których na szczególną uwagę zasługują między innymi prace Dankowskiego (1998, 1999), Skoczyłasa (2000a, 2002) czy Ratajczaka i Rzepy (2011b).

Do tematu rudy darniowej stosowanej jako surowiec budowlany warto powracać z kilku powodów. Przede wszystkim skała ta jest oryginalnym materiałem architektonicznym, głęboko wpisującym się w lokalny krajobraz kulturowy niektórych rejonów Polski i stanowiącym niejako ich znak rozpoznawczy. Przez pojęcie krajobrazu kulturowego rozumie się: *przestrzeń ukształtowaną historycznie przez człowieka, zawierającą harmonijny układ elementów naturalnych i antropogenicznych* (Migoń, 2012). Jednym z wizualnych kwalifikatorów krajobrazu kulturowego jest właśnie zastosowanie lokalnych surowców kamiennych, nadających miejscowej zabudowie specyficzną estetykę i kolorystykę. Ponadto, co trzeba szczególnie podkreślić, na terenie Polski znajdują się obiekty z rudy darniowej pochodzące z różnych epok historycznych, obejmujących całe ostatnie tysiąclecie. Wiele z nich to wysokiej klasy zabytki. Trzeba również odnotować niezwykle wysoką wartość dydaktyczną tego typu budowli i ich znaczenie dla inten-

sywnie rozwijającej się w ostatnich latach geoturystyki. Tym samym obszary występowania budowli, do których wzniesienia użyto rudy darniowej, powinny podlegać szczególnej pieczy konserwatorskiej.

GEOLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA RUDY DARNIOWEJ

W literaturze są stosowane różne definicje rudy darniowej. Bywa uznawana za odmianę limonitu (Bolewski, Manecki, 1993) bądź żelaziaka brunatnego (np. Maliszewska, Ryka, 1991; Manecki, Muszyński, 2008). Rudy darniowe są młodymi, holocenijskimi skałami osadowymi o cechach utworów chemiczno-okruchowych. Odznaczają się brunatną barwą i rozwijają w warunkach hipergenicznych. Mikołajtis (1956) wyróżnia trzy podstawowe odmiany rud darniowych: mialką, gruzełkową oraz zbitą (kawałkową). Powstawanie tych skał ogranicza się wyłącznie do strefy klimatu umiarkowanego lub chłodnego. Rudy darniowe tworzą się płytko pod powierzchnią gleby wskutek procesów biochemicznych i utleniających na obszarach podmokłych, np. na wilgotnych, okresowo zalewanych łąkach, torfowiskach, w zakolach rzek oraz starorzeczach (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

Podstawowym procesem formowania się rud darniowych jest utlenianie żelaza (z II do III stopnia) i jego wytrącanie w postaci wodorotlenków. Warto podkreślić, że transport żelaza dwuwartościowego w formie kompleksów żelazowo-organicznych w roztworze wodnym odbywa się w środowisku redukcyjnym o niskim pH. Zmiana warunków na utleniające i zwiększenie pH są powodowane przez wpływ takich roztworów na powierzchnię ziemi lub mieszanie wód (np. podczas roztopów wiosennych). Znaczącą rolę w utlenianiu żelaza odgrywają niektóre mikroorganizmy. Mają one zdolność intensyfikowania tego procesu nawet w warunkach redukcyjnych (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

Składnikami okruchowymi rudy darniowej są ziarna kwarcu, skaleni, litoklasty różnych skał, substancja ilasta

¹ Szkoła Wyższa Rzemiosł Artystycznych i Zarządzania we Wrocławiu, pl. Świętego Macieja 21, 50–244 Wrocław

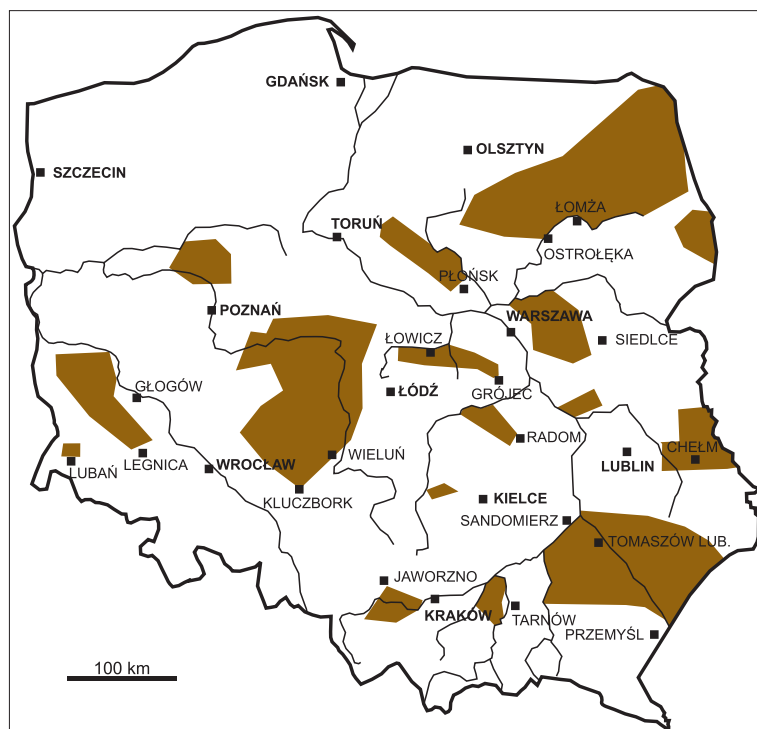
² GDDKiA Oddział we Wrocławiu, Wydział Technologii – Laboratorium Drogowe, ul. Drogowców 2, Mokronos Dolny, 55–080 Kąty Wrocławskie; tpawlik@gddkia.gov.pl; ORCID ID: 0009-0005-8265-4589

oraz ziarna minerałów ciężkich. Do składników autigenicznych należą zróżnicowane i występujące w zmiennych proporcjach fazy mineralne bądź bezpostaciowe. Ich podstawowymi składnikami są tlenowodorotlenki żelaza o budowie amorficznej lub o niskim stopniu krystaliczności. W tym ostatnim przypadku są to takie minerały, jak ferrihydrit ($5\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 9\text{H}_2\text{O}$) i goethyt ($\alpha\text{-FeOOH}$), a sporadycznie także lepidokrokit ($\gamma\text{-FeOOH}$). W zależności od odmiany litologicznej związków te występują jako spoiwo ziaren allochtonicznych lub jako zasadnicza masa skały. Innym istotnym składnikiem rud darniowych są tlenki manganu. W niektórych odmianach spotyka się w większych ilościach fosforany, najczęściej w postaci wiwianitu – $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \times 8\text{H}_2\text{O}$ – i produktów jego utleniania (ruda wiwianitowa). W rudach darniowych notuje się ponadto, w zależności od warunków i miejsca powstawania, węglany, siarczany, krzemionkę w postaci opalu i chalcedonu, minerały organiczne oraz, sporadycznie, tlenki i siarczki żelaza. Obecna jest także w zmiennych ilościach substancja organiczna (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

Zbita ruda darniowa ma strukturę skrytokrystaliczną lub detrytyczną oraz teksturę porowatą. Pory są bardzo zróżnicowane. Ich wielkość mieści się w szerokich granicach. Średnica największych osiąga kilka centymetrów. Mogą być okrągłe, owalne lub nieregularne. Zazwyczaj są chaotycznie rozmieszczone w skale, choć nierzadko można znaleźć przykłady ich równoległego ułożenia (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

WYSTĘPOWANIE RUD DARNIOWYCH W POLSCE

Nagromadzenia rudy darniowej mają najczęściej formę pokładów o niewielkiej miąższości (zazwyczaj osiągającej kilkanaście centymetrów, a rzadko przekraczającej 50 cm),



Ryc. 1. Główne obszary występowania rud darniowych w Polsce (Białaczewski, 1948 *vide* Ratajczak, Rzepa, 2011b)

Fig. 1. Main areas of occurrence of bog ore in Poland (Białaczewski, 1948 *vide* Ratajczak, Rzepa, 2011b)

zalegających płytko pod powierzchnią gruntu – tuż pod korzeniami darni (Lewicka, 1955; Kociszewska-Musiał, 1988).

W Polsce obszarem predestynowanym do tworzenia się rudy darniowej i jej występowania w większych nagromadzeniach jest Niż Polski, a więc przede wszystkim rejon Mazowsza, Podlasia, Mazur, Wielkopolski, ziemi lubuskiej i północnej części Dolnego Śląska, a także niektóre rejony Opolszczyzny, Małopolski, Podkarpacia i Lubelszczyzny (ryc. 1). Polskie zasoby rud darniowych różnych rodzajów szacuje się na 536 tys. ton (Ratajczak, 1998; Ratajczak, Skoczylas, 1999), przy czym w *Bilansie Zasobów Żłóż Kopalni...* (2023) widnieje obecnie tylko jedno złożo (Dębe Małe koło Mińska Mazowieckiego) zawierające ok. 8 tys. ton surowca przeznaczonego do produkcji sorbentu mineralnego.

PRZYCZYNY WYKORZYSTYWANIA W DAWNYM BUDOWNICTWIE RUDY DARNIOWEJ KAWAŁKOWEJ

Wśród potencjalnych powodów wykorzystywania w przeszłości rudy darniowej kawałkowej do celów budowlanych w literaturze przedmiotu (Dankowski, 1998, 1999; Dankowski i in., 1998; Skoczylas, 2000a) najczęściej są wymieniane:

- powszechna dostępność, niskie koszty eksploatacji i transportu;
- niedostatek innych surowców skalnych, w tym potrzebnych do produkcji cegieł;
- walory estetyczne (kolorystyczne);
- wytrzymałość na dezintegrację mrozową;
- dobra przyczepność z zaprawami murarskimi;
- zapobieganie nadmiernemu zawilgoceniu ścian;
- zapobieganie nadmiernemu zasiedlaniu ścian przez porosty i mchy.

Z pewnością należy do nich dodać także kwestię dobrej urabialności i łatwości formowania kształtek, co bezpośrednio wynika ze względnie małej twardości rudy kawałkowej w porównaniu z gnejsowymi i granitoidowymi blokami eratyków skandynawskich, które powszechnie stosowano w dawnym budownictwie. Spośród wymienionych przyczyn kilka zasługuje na uwagę i krótki komentarz. Na przykład zastanawiająca jest wspomniana odporność na wietrzenie mrozowe. Mianowicie w badaniach laboratoryjnych próbki rudy darniowej kawałkowej odznaczają się dużą podatnością na zniszczenie wskutek zamrozu (Kraczkowska i in., 2001), a jednak w warunkach rzeczywistych jej bloczki rzadko wykazują oznaki znaczącej dezintegracji, a co najwyżej ślady powierzchniowego złuszczenia (ryc. 2). Prawdopodobnie należy to wiązać z obecnością porów o stosunkowo dużych rozmiarach, w których nie dochodzi do znaczącego wzrostu ciśnienia podczas zamarzania wody. Kolejna z wymienionych właściwości – dobra szczepność z zaprawą – również wynika z porowatości i nierówności powierzchni bloczków rudy. Z efektywną porowatością oraz obecnością stosunkowo dużych pustek wiąże się też jedna z najważniejszych cech opisywanego surowca, czyli zdolność odprowadzania nadmiaru



Ryc. 2. Blok rudy darniowej ze śladami złuszczeń mrozowych – zespół pałacowo-parkowy gen. Klickiego w Łowiczu
Fig. 2. Bog ore block with traces of frost exfoliation – palace and park complex of Gen. Klicki in Łowicz city



Ryc. 3. Mech w porach rudy darniowej z murów grobowca w stylu rzymskim w Miliczu (ul. Kasztelańska)
Fig. 3. Moss in the pores of bog ore from the walls of a Roman-style tomb in Milicz (Kasztelańska Street)

wody ze ścian. Ruda darniowa stosowana w niższych partiach murów zapobiegała podciąganiu wilgoci ku górze (Dankowski i in., 1998; Dankowski, 1999). Dyskusyjne jest natomiast twierdzenie, że ściany wykonane z rudy darniowej nie są zasiedlane przez roślinność. Co prawda zazwyczaj nie obserwuje się na takich murach obecności mchów i porostów, co można wiązać z opisanym działaniem osuszającym, jednak zwykle – jak wynika to z obserwacji autora – dotyczy to budowli zadbanych, zamieszkałych lub w inny sposób trwale zagospodarowanych. Obiekty opuszczone, zaniedbane, szczególnie te zlokalizowane w miejscach zacienionych, porośniętych drzewami i zawilgoconych, bardzo często podlegają intensywnemu zasiedleniu przez florę (ryc. 3).

METODYKA BADAŃ WYBRANYCH PARAMETRÓW FIZYCZNO-MECHANICZNYCH RUD DARNIOWYCH

Dotychczas Badania właściwości fizyczno-mechanicznych rudy darniowej kawałkowej, opisane w literaturze naukowej (Dankowski, 1998, 1999; Skoczylas, 2000a; Kraczkowska i in., 2001), wykonywano według polskich norm branżowych (PN-B), wycofanych przez Polski Komitet Normalizacyjny. W niniejszej pracy, aby uaktualnić informacje w tym zakresie, wybrane parametry fizyczno-mechaniczne rud darniowych oznaczono zgodnie z normami europejskimi (PN-EN). Badaniom poddano próbki rud z dwóch lokalizacji – Rudy Milickiej w woj. dolnośląskim i Książa Śląskiego w woj. lubuskim. Należy jednak podkreślić, że próbki nie pochodziły z wystąpień naturalnych, pierwotnych, lecz stanowiły materiał z rozbiórki budynku gospodarczego w Rudzie Milickiej oraz z muru ogradzającego jedną z posesji w Książu Śląskim. Oba obiekty zbudowano pod koniec XIX w. lub na początku XX w. W interpretacji otrzymanych wyników należy zatem uwzględnić wieloletnią ekspozycję materiału na czynniki atmosferyczne.

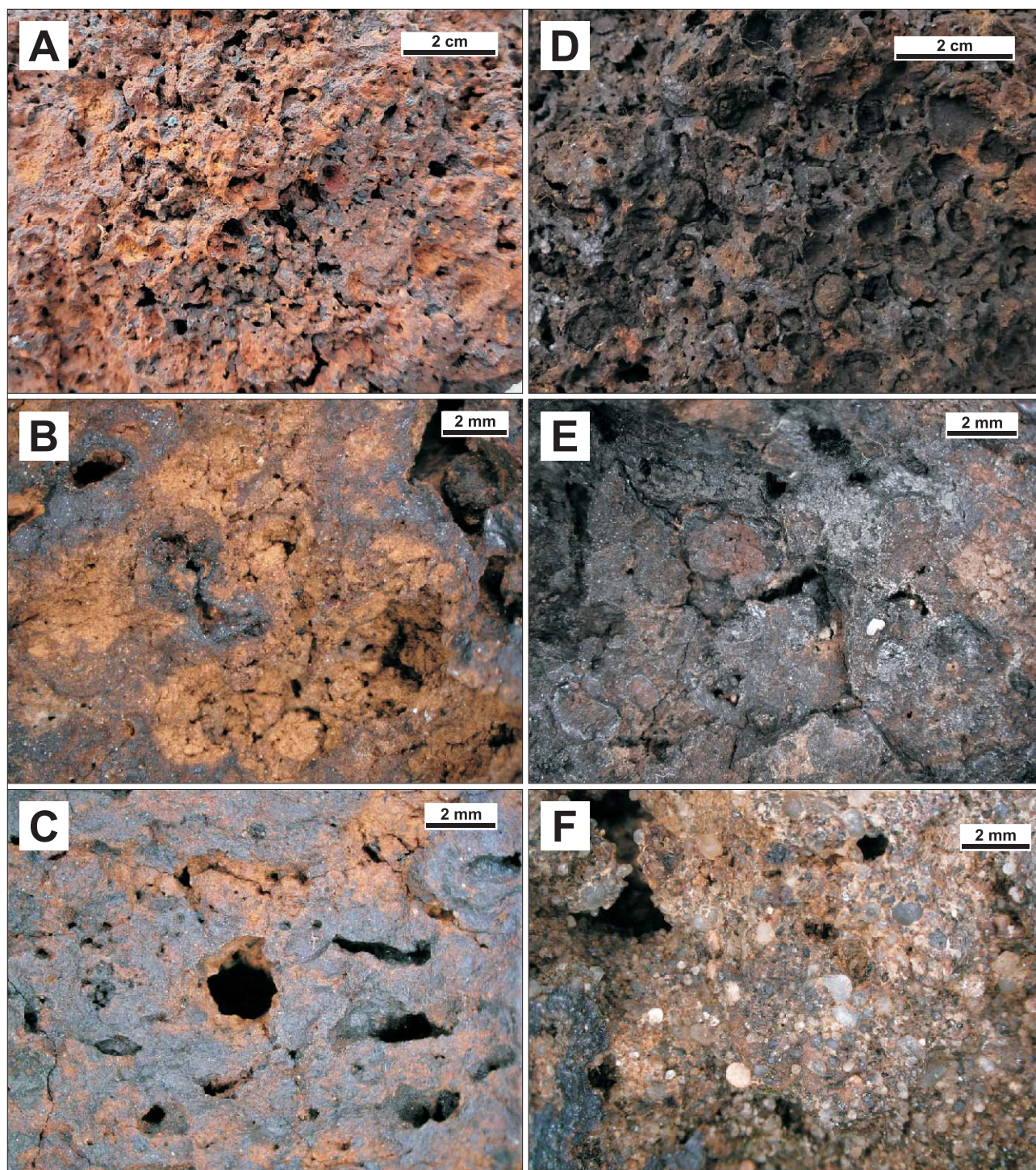
Do badań wyselekcjonowano bloczki rud darniowych niezanieczyszczone glebą czy zaprawą oraz bez śladów

zasiedlenia przez mchy. Próbkę pochodzącą z Rudy Milickiej reprezentują skałę o barwie od jasno- do ciemnobrunatnej i teksturze porowatej, przy czym ułożenie porów jest bezładne. Kształt i rozmiary jej porów są bardzo zróżnicowane. Zazwyczaj nie przekraczają długości 5 mm, ale pojedyncze pustki osiągają 10–15 mm długości. W masie skalnej można wyróżnić ziarna kwarcu o średnicy nieprzekraczającej 0,1 mm (ryc. 4A–C). Materiał próbek z Książa Śląskiego makroskopowo reprezentuje skałę ciemnobrunatną, miejscami niemal czarną, bardziej zróżnicowaną teksturalnie. Obok fragmentów porowatych istnieją partie rudy o strukturze gruzłowatej, o niewielkim udziale porów widocznych nieuzbrojonym okiem. W partiach porowatych wielkość poszczególnych pustek, rozmieszczonych chaotycznie, nie przekracza 5 mm długości (ryc. 4D–E). W części próbek są widoczne partie o strukturze detrytycznej, z dużą ilością ziaren kwarcowych o średnicy do 1 mm (ryc. 4F).

Wykonano oznaczenia nasiąkliwości próbek rud darniowych w warunkach ciśnienia atmosferycznego, gęstości, gęstości objętościowej, porowatości otwartej i całkowitej, wytrzymałości na ściskanie oraz ścieralności. Zastosowano odstępstwo od procedury, polegające na przyjęciu do badań mniejszej liczby próbek niż jest to wymagane, co było skutkiem trudności w pozyskaniu odpowiedniej ilości materiału w terenie.

Nasiąkliwość oznaczono zgodnie z normą PN-EN 13755:2008-06, poddając badaniu po 6 sześciennych próbek rud darniowych z każdej z lokalizacji (o wymiarach 50 × 50 × 50 mm z dopuszczalnymi odchyłkami). Te same próbki posłużyły do badania gęstości objętościowej i porowatości otwartej, oznaczonej metodą hydrostatyczną zgodnie z procedurą zawartą w normie PN-EN 1936:2010-05. Następnie metodą piknometryczną (metoda A normy PN-EN 1936:2010) określono gęstość oraz porowatość całkowitą próbek pokruszonych.

Wytrzymałość na ściskanie czterech próbek oznaczono według normy PN-EN 1926:2007. Zastosowano próbki sześciennie o wymiarach 50 × 50 × 50 mm (z dopuszczalnymi odchyłkami). Ich powierzchnię wyrównano zaprawą



Ryc. 4. Zróżnicowanie strukturalno-teksturalne analizowanych próbek rud darniowych: **A–C** – z Rudy Milickiej; **D–F** – z Książa Śląskiego
Fig. 4. Examples of structural and textural differentiation in the tested samples of bog ore: **A–C** – from Ruda Milicka; **D–F** – from Książ Śląski

cementową. Prędkość przyrostu naprężeń ściskających wynosiła ($1 \pm 0,5$) MPa/s.

Do określenia ścieralności wybrano metodę B (tarcza Boehmego) według normy PN-EN 14157:2017-11. Badaniu poddano 7 próbek o wymiarach $71 \times 71 \times 71$ mm (3 próbki – Ruda Milicka, 4 próbki – Książ Śląski). Zużycie próbek określono jako ubytek wysokości oraz objętości. Wszystkie badania wykonano w Laboratorium Drogowym Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad we Wrocławiu.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Próbki rud darniowych z Książa Śląskiego są masywniejsze, mają mniej porów i ciemniejszą barwę (co może świadczyć o większej zawartości tlenków manganu). Charakteryzują się większą gęstością oraz mniejszą porowatością, a tym samym i nasiąkliwością (tab. 1). Mają też nieco lepsze parametry wytrzymałościowe – ścieralność i wytrzymałość na ściskanie.

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczno-mechaniczne próbek rudy darniowej z Rudy Milickiej i Książa Śląskiego
Table 1. Selected physico-mechanical properties of the bog ore samples from Ruda Milicka and Książ Śląski

| Parametr (Norma badawcza) Parameter (Test standard) | | Pochodzenie próbki Origin of sample | |
|---|--|--|----------------------------|
| | | Ruda Milicka | Książ Śląski |
| Nasiąkliwość w warunkach ciśnienia atmosferycznego [%] Water absorption at atmospheric pressure [%] (PN-EN 13755) | | 19,8 | 16,9 |
| Gęstość / Density [g/cm ³] (PN-EN 1936) | | 3,16 | 3,29 |
| Gęstość objętościowa / Bulk density [g/cm ³] (PN-EN 1936) | | 1,77 | 1,89 |
| Porowatość otwarta / Open porosity [%] (PN-EN 1936) | | 34,9 | 27,8 |
| Porowatość całkowita / Total porosity [%] (PN-EN 1936) | | 44 | 42,6 |
| Wytrzymałość na ściskanie / Compressive strength [MPa] (PN-EN 1926) | | 1,82–2,31 śr./avg. 2,13 | 2,67–3,55 śr./avg. 2,92 |
| Ścieralność Boehmego Boehme abrasion (PN-EN 14157) | zmniejszenie objętości / volume reduction [mm ³] | 55 061 | 40 044 |
| | ubytek wysokości / height loss [mm] | 10 | 8 |

Rudy darniowe z Rudy Milickiej – makroskopowo bardziej porowate i kruche – mają mniejszą gęstość, są wyraźnie łatwiej ścieralne i mają mniejszą wytrzymałość na ściskanie (tab. 1).

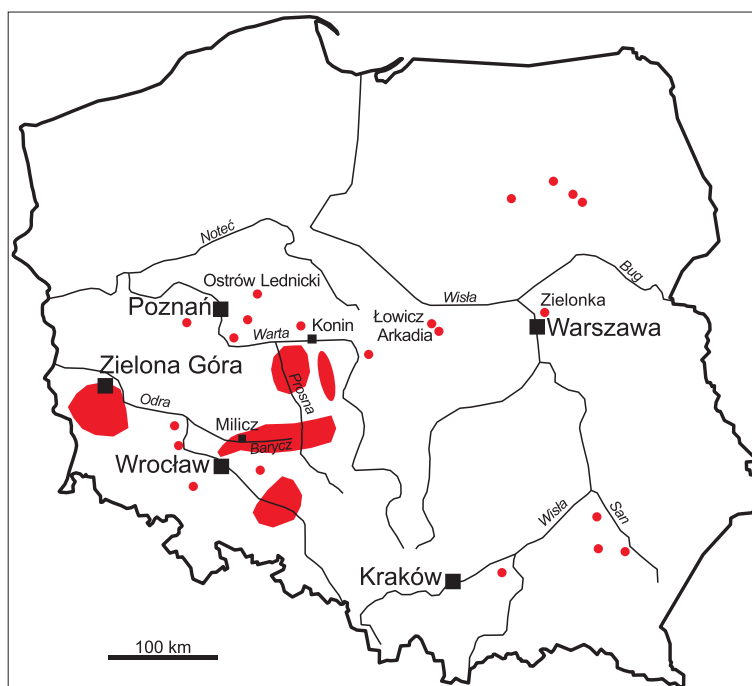
Uzyskane wyniki badań nie odbiegają zasadniczo od danych literaturowych (Dankowski, 1998; Skoczylas, 2000a; Kraczkowska i in., 2001). Wyjątkiem są wartości ścieralności i wytrzymałości na ściskanie próbek rud darniowych z Książa Śląskiego i Rudy Milickiej, które są nieco mniejsze niż próbek ze Szklarki Przygodzickiej i Studzieńca (materiał z rozbiórki budynków) badanych przez Kraczkowską i in. (2001). Różnice te mogą wynikać nie tylko z innych cech petrograficznych, ale też z niewielkich różnic w metodyce badań (mniejsza liczba obrotów tarczy Boehmego i mniejsze obciążenie próbek wg normy PN-EN). Największe różnice dotyczą wytrzymałości na ściskanie, mimo że reprezentują tę samą skalę wielkości. Wytrzymałość na ściskanie rud darniowych z Książa Śląskiego i Rudy Milickiej wynosi 1,82–3,55 MPa, natomiast według Kraczkowskiej i in. (2001) wartości tego parametru rud ze Szklarki Przygodzickiej i Studzieńca wahają się od 0,8 do 4,9 MPa. Większy zakres wytrzymałości na ściskanie (3,5–10,8 MPa) stwierdził Dankowski (1998), badając próbki rud darniowych z pałacu w Zatoniu z zastosowaniem procedury przeznaczonej dla cegieł ceramicznych. Największą wytrzymałość na ściskanie (ok. 14 MPa) miała próbka rudy darniowej ze złoża w Toruniu–Rudaku, opisana przez Skoczylasa (2000a), jednak autor ten nie ujawnił metodyki badań. Tak duża wytrzymałość na ściskanie tej rudy może być skutkiem tego, że jej próbkę pozyskano bezpośrednio ze złoża, więc nie podlegała ona wieloletniej ekspozycji na warunki atmosferyczne.

W porównaniu z innymi naturalnymi i ceramicznymi materiałami budowlanymi wytrzymałość rud darniowych na ściskanie jest niewielka. Na przykład wytrzymałość na ściskanie granitów

strzegomskich wynosi 79–176 MPa, wapienia pińczowskiego w stanie suchym – 5,6–8,9 MPa, piaskowca kredowego Czaple w stanie suchym – 22,5 MPa, a cegły ceramicznej pełnej – 5–20 MPa (Karwacki, 1980; Kozłowski, 1986; Osiecka, 2010).

BUDOWLE WZNIESIONE W POLSCE Z ZASTOSOWANIEM RUDY DARNIOWEJ – WYSTĘPOWANIE I PRZYKŁADY

W Polsce rozmieszczenie obiektów architektonicznych, do budowy których użyto rudy darniowej kawałkowej, jest nierównomierne (ryc. 5). Większość takich budowli znaj-



Ryc. 5. Lokalizacja miejsc w Polsce, w których rudy darniowe wykorzystano jako materiał budowlany (Kraczkowska i in., 2001; Ratajczak, Rzepa, 2011b)
Fig. 5. Location of places in Poland where bog ore was used as a building material (Kraczkowska et al., 2001; Ratajczak, Rzepa, 2011b)

duże się w środkowozachodniej i południowo-zachodniej części kraju, głównie w Środkowym Nadodrzu (rejon Zielonej Góry, Nowej Soli, Szprotawy, Żagania, Żar, pogranicze woj. lubuskiego z dolnośląskim), w województwie wielkopolskim i północnej części woj. dolnośląskiego (w widłach Warty i Proсны, dolinie Baryczy i rejonie na północ od Wrocławia), w środkowej części woj. opolskiego (obszary wzdłuż Pradoliny Wrocławskiej i bezpośrednio do niej przylegające). Znacznie mniej przykładów tego typu architektury dostarcza środkowa i wschodnia część kraju (Mazowsze, Mazury, Małopolska i Podkarpacie), choć i tam można je znaleźć (Kraczkowska i in., 2001; Ratajczak, Rzepa, 2011b). Obiekty te wznoszono w różnym czasie. W Nadodrzu dominują budowle z XIII–XV w. (obiekty sakralne oraz obronne), ewentualnie z XVI–XVIII w. (założenia pałacowe). Znacznie mniej jest tam młodszych budynków z rudą darniową zastosowaną w roli budulca, głównie gospodarczych. W dolinach Warty, Proсны i Baryczy dominuje budownictwo tego typu z XIX i XX w. (przede wszystkim domy i zabudowa gospodarcza), choć to właśnie w Wielkopolsce znajdują się najstarsze zabytki sakralne z rudą darniową (druga poł. X–XII w.). Na pozostałym obszarze surowiec ten wykorzystywano w ciągu ostatnich 200 lat przede wszystkim w budownictwie świeckim (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

Istniały dwa główne powody wykorzystywania rudy darniowej: 1) efekt dekoracyjny – ciemna kolorystyka kontrastuje z jasnoszarymi i szarobrazowymi skałami skandynawskimi, 2) łatwość nadawania bryłom surowca

odpowiedniego kształtu – ruda darniowa ze względu na niewielką twardość znacznie lepiej nadawała się do obróbki budowlanej niż bardzo odporne bloki granitoidowe i gnejsowe.

W literaturze naukowej dotyczącej wykorzystania polskich rud darniowych w budownictwie nie brakuje opisów wielu ciekawych obiektów architektonicznych (np. Dankowski, 1998; Dankowski i in., 1998; Skoczyła, 2000a, b; Gontaszewska, Kasprzak, 2005; Ratajczak, Rzepa, 2011b; Mazurek, Lorenc, 2016). Nie sposób przytoczyć wszystkich przykładów, warto jednak przyjrzeć się niektórym z nich, zwłaszcza tym najbardziej reprezentatywnym. Obiekty te można podzielić na kilka grup. Do najciekawszych należą z pewnością budowle sakralne. Najstarszą budowlą tego typu (X w.), lecz zachowaną tylko reliktoowo, jest kościół grodowy na Ostrowie Lednickim (Pojezierze Gnieźnieńskie). Ocalałe fragmenty jego murów zostały zbudowane głównie z bloków skał polodowcowych oraz dość licznych bloczków rudy darniowej (Kraczkowska, Rzepa, 2000).

Do najlepiej znanych zabytków należy XIV-wieczny kościół św. Marcina w Świdnicy (w woj. lubuskim). Świątynia ta w znakomity sposób ilustruje powody i sposoby wykorzystania rudy darniowej. Jej głównym budulcem są bloczki eratyków polodowcowych (Gontaszewska, Kasprzak, 2005). Ruda darniowa została użyta głównie jako obrobione, prostopadłościennie kształtki, wyeksponowane w narożach przypór ścian i wieży oraz w obramowaniach okiennych (ryc. 6–7). W murach są widoczne tylko nieliczne kawałki tej skały, nie poddane obróbce.



Ryc. 6. Kościół pw. św. Marcina w Świdnicy koło Zielonej Góry. Okno prezbiterium ozdobione bloczkami rudy darniowej
Fig. 6. St Martin's Church in Świdnica near Zielona Góra. Window of the presbytery decorated with blocks of bog ore



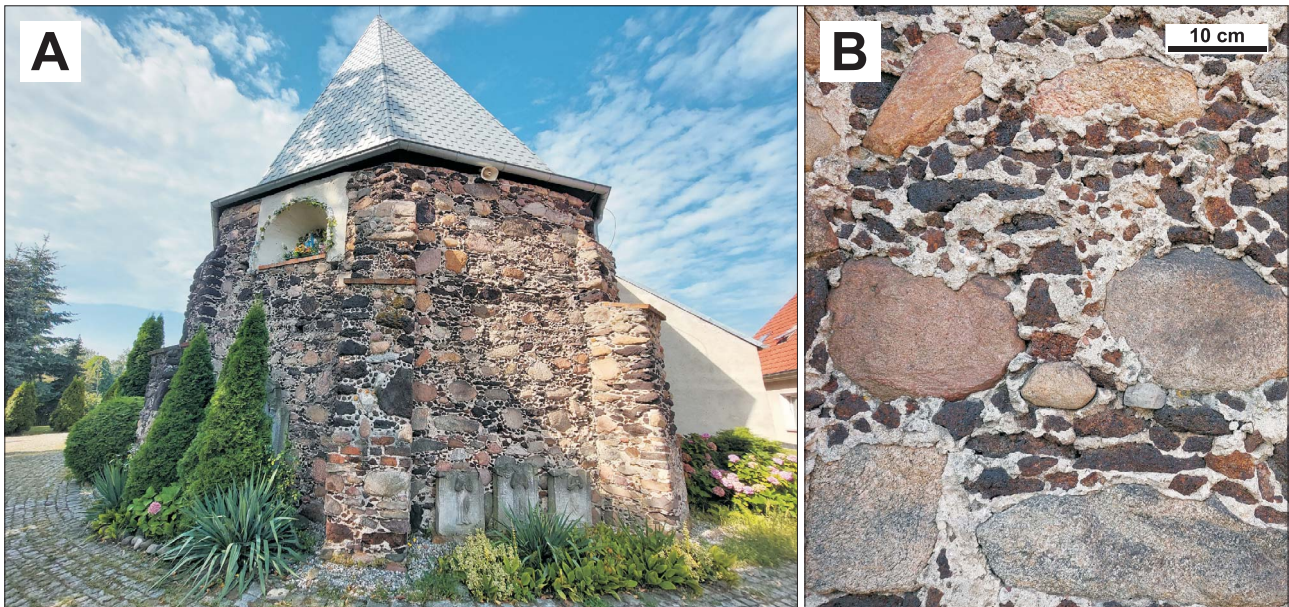
Ryc. 7. Kościół pw. św. Marcina w Świdnicy koło Zielonej Góry. Przypora ściany z wyeksponowanymi bloczkami rudy darniowej
Fig. 7. St Martin's Church in Świdnica near Zielona Góra. Wall buttress with exposed bog ore blocks

W Zielonej Górze-Ochli, w niedalekim sąsiedztwie Świdnicy, jest kościół pw. Najświętszej Trójcy z XIII w. Rudę darniową wykorzystano do jego budowy w podobny sposób jak w kościele św. Marcina, choć jej bloki pojawiają się też w narożach ścian. Dodatkowo mniejsze bloczki (długości kilku–kilkunastu centymetrów) umieszczono w ścianach, gdzie wypełniają przestrzenie między głazikami skał polodowcowych (ryc. 8A). Ponadto, w celu polepszenia efektu wizualnego, małe bryłki rudy darniowej (do kilku centymetrów średnicy) wetknięto w zaprawę murarską (ryc. 8B).

Znacznie młodszym przykładem wykorzystania rudy darniowej jest kościół św. Jadwigi we Wrocławiu–Leśnicy, w którym umieszczono ją w narożach przypór wieży z XVIII w. oraz, w mniejszej ilości, w jej ścianach (ryc. 9).

Materiał ten pozyskano z lokalnego złoża (Mazurek, Lorenc, 2016). Wartość tego zabytku podnosi fakt, że we Wrocławiu istnieją jedynie dwa kościoły, do budowy których wykorzystano rudę darniową. Drugim jest kościół św. Wawrzyńca na Żernikach z rudą darniową w fundamentach.

Jednym z efektowniejszych przykładów budowy sakralnych, wzniesionych z wykorzystaniem rudy darniowej, jest kościół pw. Niepokalanego Poczęcia Najświętszej Maryi Panny w Czarnymlesie k. Ostrowa Wlkp. Ta pochodząca z 1862 r. świątynia może się poszczycić ścianami niemal w całości wykonanymi z rudy darniowej (ryc. 10). Uwagę zwraca przede wszystkim estetyka wykonania prostopadłościennych kształtek o wymiarach $10 \times 10 \times 30$ cm (Kraczkowska i in., 2001). W budynku znajdziemy także cegłę ceramiczną, zastosowaną do wykonania ozdobnych



Ryc. 8. Prezbiterium kościoła pw. Najświętszej Trójcy w Zielonej Górze-Ochli – przykład zastosowania różnej wielkości brył rudy darniowej do budowy ściany

Fig. 8. Presbytery of the Church of the Holy Trinity in Zielona Góra-Ochla – an example of using various sizes of bog ore lumps to build a wall



Ryc. 9. Kościół pw. św. Jadwigi we Wrocławiu–Leśnicy
Fig. 9 St. Hedwig's Church in Wrocław-Leśnica

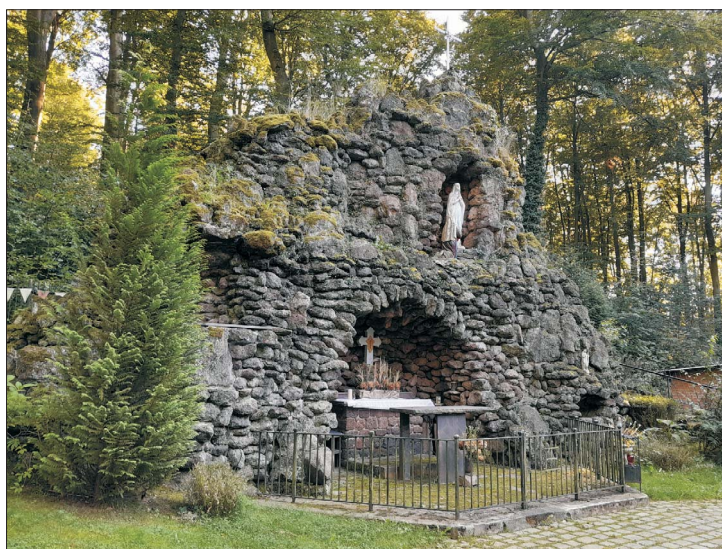
Ryc. 10. Kościół pw. Niepokalanego Poczęcia Najświętszej Maryi Panny w Czarnymlesie k. Ostrowa Wlkp. Jeden z najbardziej spektakularnych przykładów zastosowania rudy darniowej w architekturze

Fig. 10. Church of the Immaculately Conceived Blessed Virgin Mary in Czarnylas near Ostrów Wielkopolski. One of the most spectacular examples of the use of bog ore in architecture

gzymśów, obramowań okiennych oraz górnej części wieży.

Nieco innym przykładem jest Grota Matki Boskiej z Lourdes w Trzebnicy na Dolnym Śląsku (ryc. 11). Obiekt ten znajduje się za leśnym kościółkiem pw. Czternastu Świętych Wspomożycieli. Ten okazały, plenerowy ołtarz w całości wzniesiono z dużych brył rudy darniowej w latach 20. XX wieku. Zastosowano tu jednak prawdopodobnie materiał przytransportowany z okolic Ostrowa Wlkp. (Ratajczak, Rzepa, 2011b).

Drugą grupę obiektów stanowią budowle rezydencjonalne. Najstarszym obiektem tego typu, znanym autorowi, jest zamek z pierwszej połowy XIV w. wzniesiony przez księcia Konrada I oleśnickiego w Miliczu na Dolnym Śląsku. Na zachodniej ścianie ruin zamku, w przeważającej części ceglanego, znajduje się pas zbudowany z jednej warstwy z prostokątnymi blokami rudy darniowej (ryc. 12–13). Warstwa ta została ułożona na wysokości ok. 1 m ponad powierzchnią

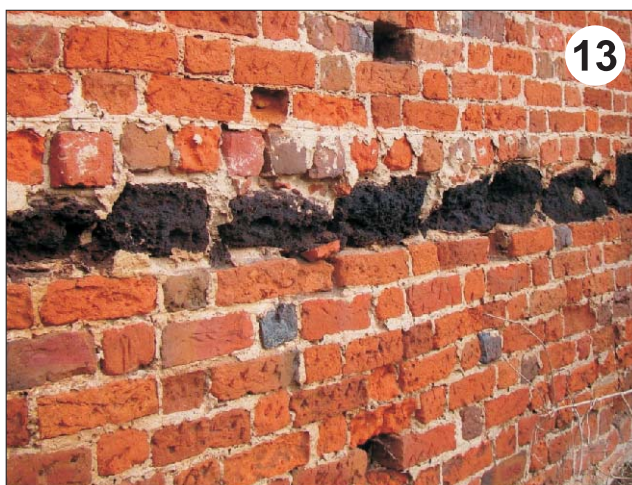


Ryc. 11. Grota Matki Boskiej z Lourdes w Trzebnicy k. Wrocławia – wykonana w całości z rudy darniowej

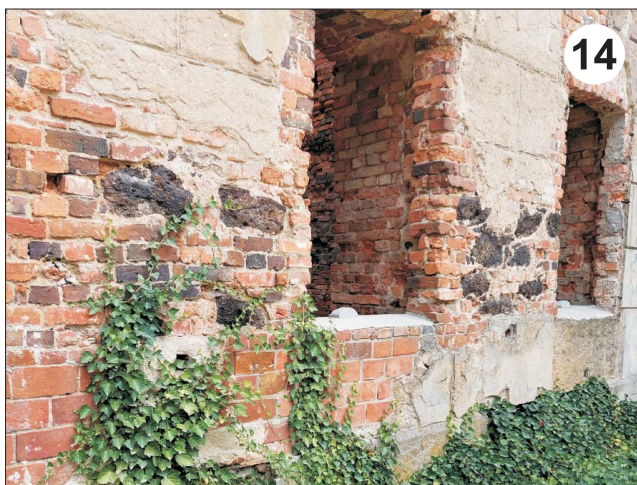
Fig. 11. Grotto of Our Lady of Lourdes in Trzebnica near Wrocław – made entirely of bog ore



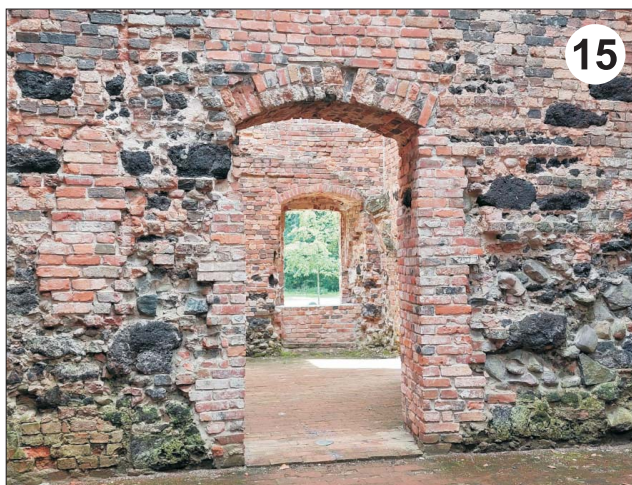
12



13



14



15

Ryc. 12. Ruiny średniowiecznego zamku w Miliczu (Dolny Śląsk)

Fig. 12. Medieval castle ruin in Milicz (Lower Silesia)

Ryc. 13. Warstwa bloczków rudy darniowej w zachodniej ścianie zamku w Miliczu

Fig. 13. Layer of bog ore in the western wall of the Milicz castle

Ryc. 14. Pałac w Zatoniu k. Zielonej Góry. Przykład zastosowania rudy darniowej w ścianie wschodniej

Fig. 14. The palace in Zatonie near Zielona Góra. Example of the use of bog ore in the eastern wall

Ryc. 15. Pałac w Zatoniu k. Zielonej Góry. Ruda darniowa w wewnętrznej ścianie parteru

Fig. 15. The palace in Zatonie near Zielona Góra. Turf ore in the inner wall of the ground floor

gruntu. Zagadkowe jest jej przeznaczenie. Trudno dziś jednoznacznie ocenić, czy chodziło o względy wizualne, czy raczej o wykorzystanie rudy jako warstwy zabezpieczającej przed podsiąkaniem wody w wyższe partie murów. Warto też zwrócić uwagę na znaczne ubytki w bloczkach rudy, spowodowane najprawdopodobniej przez działanie zamrozu. Ruda darniowa znajduje się także na wyższej kondygnacji, ale jej ułożenie jest tam bardziej chaotyczne, sprawiające wrażenie, jakby było przypadkowe.

Jednym z najciekawszych obiektów rezydencjonalnych są ruiny pałacu w Zatoniu w woj. lubuskim. Budynek wzniesiono w drugiej połowie XVII w., a w XIX w. został gruntownie przebudowany (Bielinis-Kopeć, 2008). Składa się on głównie z cegły. W ścianach parteru wykorzystano również nieobrobiony kamień polny i bryły rudy darniowej. Dankowski i in. (1998) oraz Dankowski (1999) zwracają uwagę, że rudę darniową wbudowano prawie wyłącznie w mury parteru (ryc. 14–15), a zwłaszcza w ściany południowo-zachodnią i północno-wschodnią, najbardziej narażone na zawilgocenie. Rudę zastosowano głównie w formie pasa o grubości kilkudziesięciu centymetrów, na wysokości ok. 1,5 m od podłoża. Według wymienionych autorów świadczy to o intencjonalnym wykorzystaniu rudy jako materiał odprowadzający z murów nadmiar wilgoci.

Do najznamienitszych dzieł architektury rezydencjonalnej należy bez wątpienia XIX-wieczny pałac gen. Klickiego w Łowiczu (woj. łódzkie). Budynek ten oraz towarzyszące mu inne obiekty zespołu pałacowo-parkowego (wieża, dom ogrodnika i kaplica) niemal w całości wykonano z bloczków rudy darniowej (ryc. 16–17). Ceglane fragmenty muru, kontrastujące kolorystycznie, są jedynie wokół okien, drzwi czy w górnych partiach ścian.



Ryc. 17. Baszta z rudy darniowej należąca do kompleksu pałacowo-parkowego gen. Klickiego w Łowiczu

Fig. 17. Bog ore tower belonging to the palace and park complex of Gen. Klicki (Łowicz)



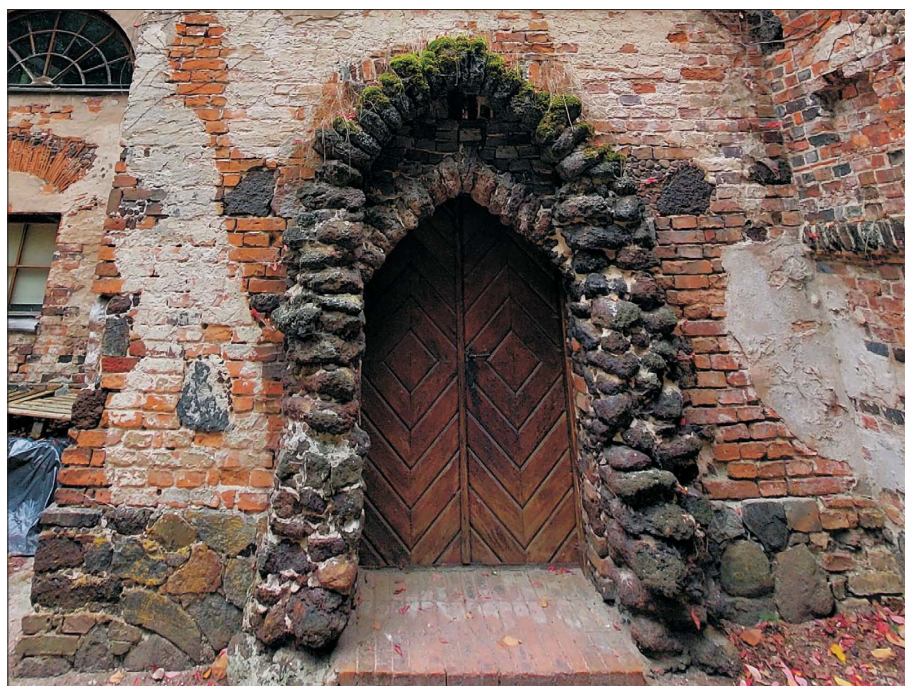
Ryc. 16. Pałac gen. Klickiego w Łowiczu

Fig. 16. Gen. Klicki Palace in Łowicz



Ryc. 18. Dom Murgrabiego – przykład wykorzystania rudy darniowej w Parku Romantycznym w Arkadii koło Łowicza

Fig. 18. The Burgrave House – an example of the use of bog ore in the Romantic Park in Arkadia near Łowicz



Ryc. 19. Ruda darniowa w murze Parku Romantycznego w Arkadii k. Łowicza, który ozdobiono hermami (czworokątnymi słupami zwieńczonymi rzeźbionymi popiersiami)

Fig. 19. Bog ore in the wall of the Romantic Park in Arkadia near Łowicz, decorated with herms (quadrangular pillars topped with carved busts)

Architektura parkowa tworzy kolejną kategorię budowli zdobionych rudą darniową. Najlepiej znanym i najefektowniejszym przykładem jest Park Romantyczny w Arkadii k. Łowicza (XVIII–XIX w.). Na zlecenie księżnej Heleny Radziwiłłowej zbudowano w nim wiele interesujących, symbolicznych obiektów, głównie z cegły oraz kamienia polnego, ale do ich wykończenia wykorzystano duże ilości rudy darniowej, uzyskując w ten sposób ciekawy efekt postarzenia czy antyczności (ryc. 18–19). Inny przykład pochodzi z Milicza, gdzie w parku przypałacowym zachowały się pozostałości Bramy Czarnej i Bramy Pokoju z końca XVIII w. (ryc. 20) oraz XX-wieczny grobowiec rodu von Maltzan. W całkiem dobrym stanie znajduje się Brama Dworska (1815 r.) przy ul. Cichej w Miliczu. Jest ona w znacznym stopniu otynkowana, ale w jej górnej części widać rudę darniową zastosowaną jako budulec.

Osobną kategorię tworzą średniowieczne budowle obronne – mury i towarzyszące im baszty, wieże oraz bramy. Najwięcej takich obiektów zachowało się w woj. lubuskim (Szprotawa, Żary, Kozuchów). Rudę darniową zastosowano do ich budowy w podobny sposób jak we wcześniej opisywanych kościołach (umieszczając w narożach ścian, obramowaniach okien, drzwi itp., rzadziej w samych ścianach i murach). Interesująco prezentuje się w tym zestawieniu kamiennie-ceglana basteja Bramy Krośnieńskiej w Kozuchowie. W górnej części ściany tego zabytku zastosowano jako detal zdobniczy wyraźnie wyodrębnioną warstwę z rudy darniowej (ryc. 21). Ciekawego przykładu dostarcza także Grodków na Opolszczyźnie, gdzie w ciągu murów miejskich zachował się m.in. taki ich fragment przy ul. Kasztanowej, którego górna część w całości jest zbudowana z rudy darniowej.

Najlichnieszą grupę budowli wzniesionych z użyciem rudy darniowej stanowią zabudowania gospodarcze, mieszkalne, mała architektura ogrodowa czy historyczne obiekty świeckie o nie do końca jasnym przeznaczeniu. Obszarem największego nagromadzenia domów oraz budynków gospodarczych zawierających ten materiał skalny jest rejon dolin Proсны i Baryczy. Obiekty te pochodzą z XIX i XX w. Pod względem architektury tego typu najbogatszy jest powiat pleszewski (w woj. wielkopolskim), a w szczególności miejscowości Gizalki, Orlina, Wronów, Kolonia Ostrowska, Szymanowice, Ruda Wieczyńska, Chocz, Wierzchy czy Nowolipisk. Na Dolnym Śląsku ciekawe jej przykłady można znaleźć w okolicach Milicza, np. w Krośnicach (ryc. 22) i Rudzie Milickiej. W woj. lubuskim warto zwiedzić np. zabudowania w Książu Śląskim czy Studzińcu. Nieliczne przykłady pochodzą z pozostałych części kraju. Ciekawą budowlą, choć nieco tajemniczą, jest tzw. Rotunda Pięciu Stołów w Trzebnicy k. Wrocławia (ryc. 23), mająca formę wysokiego muru na planie okręgu. Tradycyjny przekaz łączy ją z charytatywną działalnością św. Jadwigi Śląskiej w XIII w. Prawdopodobnie jednak obiekt ten jest znacznie młodszy i służył jako miejsce izolacji chorych podczas epidemii w XVII w.



Ryc. 20. Pozostałości Bramy Pokoju koło pałacu rodziny von Maltzan w Miliczu

Fig. 20. Remains of the Peace Gate near the palace of the von Maltzan family in Milicz



Ryc. 22. XIX-wieczny dom z rudy darniowej w Krośnicach k. Milicza na Dolnym Śląsku

Fig. 22. 19th-century house of bog ore in Krośnice near Milicz in Lower Silesia

Mur, w głównej mierze ceglany, zawiera liczne, chaotycznie rozmieszczone bloczki rudy darniowej.

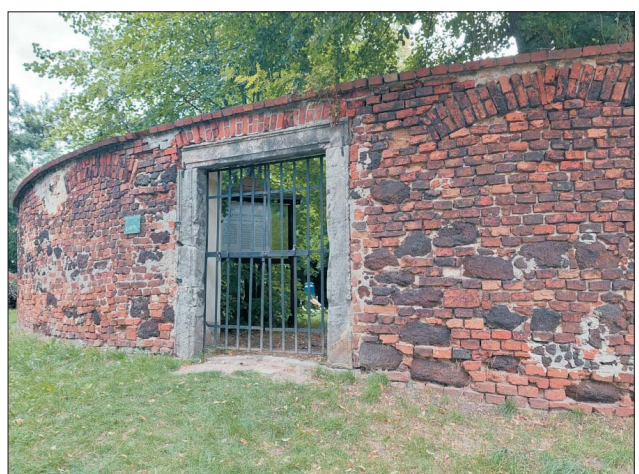
W ostatnich dziesięcioleciach użycie rudy darniowej do celów budowlanych prawie zanikło. Z obserwacji autora wynika, że nieliczne, małe obiekty z rudy darniowej (murki, ogrodzenia, podesty pod pomnikami, kapliczki, drobna architektura ogrodowa itp.) są wykonywane przede wszystkim z materiału pochodzącego z rozbiórek starszych budynków, bardzo rzadko zaś z surowca pozyskanego na przykład podczas kopania stawów, oczek wodnych lub wykopów fundamentowych.

Warto zwrócić uwagę na to, że wymienione w niniejszym artykule budowle z rudy darniowej, choć w literaturze fachowej często są opisywane jako interesujące, to w ich pobliżu zazwyczaj nie znajdziemy jakiegokolwiek wzmianki o zastosowanym budulcu, np. tablic edukacyjnych lub folderów. Obecnie w Polsce istnieją tylko nieliczne trasy edukacyjne czy zagospodarowane dydaktycznie miejsca, podkreślające znaczenie rudy darniowej w dawnym budownictwie, jak choćby przyrodniczo-historyczny Szlak Rudy Darniowej koło Milicza czy udostępniona turystycznie odkrywka w Wierzchach. Jednak te pojedyncze obiekty edukacyjne nie wystarczą do tego, aby temat



Ryc. 21. Średniowieczna basteja Bramy Krośnieńskiej w Koźuchowie (woj. lubuskie)

Fig. 21. Medieval bastion of the Krosno Odrzańskie Gate in Koźuchów (Lubuskie Voivodeship)



Ryc. 23. XIII-wieczna Rotunda Pięciu Stołów w Trzebnicy koło Wrocławia

Fig. 23. 13th-century Rotunda of Five Tables in Trzebnica near Wrocław

rudy darniowej jako kamienia budowlanego zaistniał w przekazie społecznym na szerszą skalę.

PODSUMOWANIE

Obiekty architektoniczne wzniesione z użyciem rudy darniowej kawałkowej są unikatowe, dlatego wzbudzają zainteresowanie naukowców i zasługują na odpowiednią ochronę. Mimo sporych zasobów rudy darniowej na Nizinie Polskim budowlę, w których wykorzystano ten surowiec, są nieliczne. Koncentrują się one zwłaszcza w zachodniej i południowo-zachodniej części kraju, na obszarze Środkowego Nadodrza, wideł Warty i Proсны, doliny Baryczy oraz wzdłuż doliny Odry na Opolszczyźnie. W środkowej i wschodniej Polsce jest niewiele obiektów z rudy darniowej, choć niekiedy są one bardzo wartościowe historycznie.

Według dzisiejszych standardów ruda darniowa kawałkowa jako kamień budowlany odznacza się w badaniach laboratoryjnych słabymi parametrami fizyczno-mechanicznymi (duża porowatość i nasiąkliwość, niewielka mrozoodporność i wytrzymałość na ściskanie). Właściwości rudy darniowej zależą przede wszystkim od takich czynników, jak zróżnicowanie petrograficzne oraz wieloletnia ekspozycja na dezintegrujące czynniki atmosferyczne. Mimo to ruda darniowa kawałkowa przez setki lat z powodzeniem była wykorzystywana do wznoszenia murów budowlanych.

Szczególna wartość zachowanych w Polsce obiektów architektonicznych, do budowy których zastosowano rudę darniową, wynika między innymi z faktu, że pochodzą one z całego ostatniego tysiąclecia i reprezentują zarówno budownictwo sakralne, jak i świeckie. Biorąc pod uwagę unikatowość takiej zabudowy w skali kraju, a także Europy i świata, należy podkreślić jej znaczenie jako ważnego elementu krajobrazu kulturowego i dziedzictwa historycznego, które powinny podlegać szczególnej ochronie konserwatorskiej przez instytucje rządowe i samorządowe. Jest to o tyle istotne, że obecnie nie pozyskuje się już rudy darniowej ze złóż. Można natomiast dostrzec liczne przykłady rozbiórek starych budynków gospodarczych z niej wykonanych. Pozyskane w ten sposób boczki rudy darniowej powinny być wykorzystywane do renowacji zabytków, podczas gdy w najlepszym razie bywają wtórnie używane, np. do budowy murów ogrodzeniowych lub obiektów małej architektury ogrodowej. Najczęściej jednak materiał ten jest traktowany jako odpad.

Znaczenie rudy darniowej ujawnia się także w dziedzinie geoturystyki i krajoznawstwa. Dzieła architektoniczne z rudy darniowej stanowią wspaniałe obiekty dydaktyczne na szlakach turystycznych, ponieważ umożliwiają łączenie wszechstronnej wiedzy z zakresu przyrodznawstwa (zwłaszcza geologii) z zagadnieniami architektury i historii sztuki. W Polsce funkcjonuje kilka tras turystycznych dotyczących zarówno architektury, jak i dawnych ośrodków metalurgicznych, jednak większość obiektów architektonicznych z rud darniowych nie została dotychczas wyposażona w opisy popularnonaukowe ukazujące zastosowanie tego surowca w roli lokalnego kamienia budowlanego. Informacje takie należałoby opracować i umieścić w pobliżu tych obiektów, np. w formie tablic edukacyjnych.

Pragnę serdecznie podziękować Recenzentom za wszystkie konstruktywne sugestie, spostrzeżenia i uwagi. Dziękuję również Dyrekcji Świętokrzyskiego Oddziału Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego za możliwość wygłoszenia referatu nt. rudy darniowej podczas XXVIII

Ogólnopolskiej Konferencji *Kamień w złożu, krajobrazie i architekturze*.

LITERATURA

- BIELINIS-KOPEĆ B. (red.) 2008 – Zamki, dwory i pałace województwa lubuskiego. Wojewódzki Urząd Ochrony Zabytków, Zielona Góra.
- BILANS Zasobów Złóż Kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2022 r. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa, 2023.
- BOLEWSKI A., MANECKI A. 1993 – Mineralogia szczegółowa. Wyd. PAE, Warszawa.
- DANKOWSKI M. 1998 – Ruda darniowa w dawnych konstrukcjach murowanych Nadodrza. *Warstwy*, 4: 145–146.
- DANKOWSKI M. 1999 – Wstępna próba oceny rudy darniowej jako historycznego materiału budowlanego o właściwościach bioochronnych. [W:] V Sympozjum „Ochrona obiektów budowlanych przed korozją biologiczną i ogniem”, Mąchoćce–Ameliów k. Kielc: 19–27.
- DANKOWSKI M., CHMIELIŃSKI K., ECKERT W. 1998 – Próba ustalenia roli rudy darniowej jako budulca na przykładzie XVIII-wiecznego pałacu. *Mat. XI Konf. Nauk.-Techn. Kontra*: 79–88.
- GONTASZEWSKA A., KASPRZAK M. 2005 – Kamienne kościoły południowych okolic Zielonej Góry. [W:] Biliński T. (red.), *Renowacja budynków i modernizacja obszarów zabudowanych*. Wyd. Uniw. Zielonogórskiego, Zielona Góra, 1: 207–216.
- KARWACKI A. 1980 – Zmienność własności fizyczno-mechanicznych w profilach wietrzeniowych granitoidów masywu Strzegom–Sobótka. *Zesz. Nauk. AGH, Geologia*, 6 (3): 27–51.
- KOCISZEWSKA-MUSIAŁ G. 1988 – Surowce mineralne czwartorzędowe. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOZŁOWSKI S. 1986 – Surowce skalne Polski. Wyd. Geol., Warszawa.
- KRACZKOWSKA I., RZEPA G. 2000 – Charakterystyka rud darniowych ze ścian jednonawowego kościoła na Ostrowie Lednickim. [W:] Biernacka J., Skoczylas J. (red.), *Geologia i ochrona środowiska Wielkopolski*. Przewodnik LXXI Zjazdu PTG, Wyd. Nauk. Bogucki, Poznań: 278–281.
- KRACZKOWSKA I., RATAJCZAK T., RZEPA G. 2001 – Skład mineralny oraz właściwości fizykomechaniczne kawałkowych odmian rud darniowych stosowanych w historycznym budownictwie na ziemiach polskich. *Prz. Geol.*, 49 (12): 1147–1156.
- LEWICKA J. 1955 – Rudy darniowe w Polsce (praca magisterska). Katedra Złóż Rud AGH, Kraków.
- MALISZEWSKA A., RYKA W. 1991 – Słownik petrograficzny. Wyd. Geol., Warszawa.
- MANECKI A., MUSZYŃSKI M. 2008 – Przewodnik do petrografii. Wyd. AGH, Kraków.
- MAZUREK S., LORENC M.W. 2016 – Kościół na wrocławskiej Leśnicy, Krzyżowcy z Czerwoną Gwiazdą i ruda darniowa. *Studio JASA*, Wrocław.
- MIGOŃ P. 2012 – Geoturystyka. PWN, Warszawa.
- MIKOŁAJTIS J. 1956 – Klasyfikacja przemysłowa rud darniowych oraz ich geneza. *Prz. Geol.*, 11: 517–520.
- OSIECKA E. 2010 – Materiały budowlane. Kamień – ceramika – szkło. OWPW, Poznań.
- PN-EN 13755: 2008-06 – Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczenie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym.
- PN-EN 14157: 2017-11 – Kamień naturalny – Oznaczenie odporności na ścieranie.
- PN-EN 1926: 2007 – Metody badania kamienia naturalnego – Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie.
- PN-EN 1936: 2010 – Metody badania kamienia naturalnego. Oznaczenie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.
- RATAJCZAK T. (red.) 1998 – Darniowe rudy żelaza. Inwentaryzacja i weryfikacja zasobów dla celów ekologicznych. Arch. Częstochowskiego Przedsiębiorstwa Geol.
- RATAJCZAK T., RZEPA G. 2011a – Lokalne kopaliny mineralne a możliwości ich wykorzystania w ochronie środowiska (na przykładzie mazurskich rud darniowych). *Inż. Ekol.*, 27: 161–169.
- RATAJCZAK T., RZEPA G. 2011b – Polskie rudy darniowe. Wyd. AGH, Kraków.
- RATAJCZAK T., SKOCZYLAŚ J. 1999 – Polskie darniowe rudy żelaza. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- RATAJCZAK T., BAHRANOWSKI K., RZEPA G. 2003 – Rudy darniowe – przeszłość, teraźniejszość i przyszłość. *Prz. Geol.*, 51 (3): 231–235.
- SKOCZYLAŚ J. 2000a – Zastosowanie darniowych rud żelaza jako materiału budowlanego. *Prz. Geol.*, 48 (8): 741–742.
- SKOCZYLAŚ J. 2000b – Wykorzystanie w przeszłości darniowych rud żelaza jako materiału budowlanego. *Ochr. Zab.*, 53/2 (209): 206–209.
- SKOCZYLAŚ J. 2002 – Niekonwencjonalne przykłady wykorzystania darniowych rud żelaza. *Prz. Geol.*, 50 (2): 132–134.

Praca wpłynęła do redakcji 26.10.2023 r.
Aceptowano do druku 8.11.2023 r.