

OTO OPOKA, A NA NIEJ ZBUDOWANO - KAZIMIERZ DOLNY

HERE IS THE OPOKA ROCK - AND KAZIMIERZ DOLNY WAS BUILT ON IT

Bogusław Bąk, Barbara Radwanek-Bąk - Państwowy Instytut Geologiczny-PIB

Opoki i gezy są jednymi z charakterystycznych kopalin skalnych regionu lubelskiego. Skąły te od dawna użytkowano tu, a także w regionie świętokrzyskim i łódzkim, w lokalnym budownictwie. Obecnie są one zapomniane, a ich znaczenie jest marginalne. Liczne badania i praktyka, potwierdzają również przydatność obu kopalin jako surowca do produkcji cementu, w tym gatunków specjalnych. Po wojnie wykorzystywano opoki na znaczną skalę do regulacji Wisły, ale ich znaczenie jako kamieni budowlanych niemal zanikło. Niektóre opuszczone kamieniołomy opok i gez przekształcono w cenne geostanowiska. Takie obiekty dawnego, historycznego już dziś górnictwa skalnego można podziwiać zwłaszcza w Kazimierzu Dolnym i jego okolicach. Przypominają one o wielowiekowych tradycjach wykorzystania tych specyficznych kopalin oraz stanowią istotny element dokumentujący georóżnorodność regionu. W okolicach Kazimierza Dolnego, który leży w obrębie tzw. Małopolskiego przełomu Wisły znajdują się jeszcze inne interesujące obiekty geoturystyczne (zwłaszcza geomorfologiczne), a wśród nich wysokie skarpy doliny Wisły, piaszczyste łachy tworzące malownicze wyspy na rzece oraz dobrze wykształcone i zachowane wąwozy lessowe. Innym przejawem bogatej georóżnorodności tych okolic jest obecność wód mineralnych i zmineralizowanych, które wydobywa się w Nałęczowie zarówno dla celów leczniczych uzdrowiska, jak i do produkcji znanej wody „Nałęczowianka”.

Słowa kluczowe: opoki, gezy, kamienie budowlane, górnictwo skalne, geostanowiska

Opoka and gaize are one of the characteristic rocks in the Lublin region. These rocks have long been used here, as well as in the Świętokrzyskie and Łódź regions, in local construction. Now they are forgotten and their significance is marginal. In the light of results of several analysis, and practices both of them are suitable for cement production (for special cements too). After the war, opoka was used as a stone material for the Vistula river regulation, but its importance as building stones has almost disappeared. Some abandoned quarries were transformed into valuable geosites. We can visit today such objects of the former, historic rock mining in Kazimierz Dolny and its surroundings. They remind of centuries-old traditions of using these specific ricks and are an important element documenting the geodiversity of the region. In the vicinity of Kazimierz Dolny, which is located within the so-called Vistula River Gorge of Lesser Poland, there are also other interesting geotourism facilities (especially geomorphological) like: the high slopes of the Vistula valley, picturesque sandy islands on the river and well-developed and preserved loess gorges. Another manifestation of the rich geodiversity of this area is the presence of mineral and mineralized waters, which are used in Nałęczów for the therapeutic purposes of the spa as well as for the production of the well-known „Nałęczowianka” water.

Keywords: opoka, gaize, building stones, mining activity, geosites

Opoki to skały przejściowe między węglanowymi a krzemionkowymi, które charakteryzują się zasobnością w skrytokrystaliczną krzemionkę rozproszoną wśród składników węglanowych. Opal i chalcedon tworzą w nich silnie rozwinięte struktury szkieletowe, którym w różnej ilości towarzyszą ziarniste składniki mineralne. W wyniku wylugowania węglanu wapnia w trakcie wietrzenia opok powstaje bardzo porowata skała zwana opoką lekką [5]. Zarówno opoki jak i gezy zaliczają się do grupy skał lekkich, czyli o gęstości pozornej mniejszej niż 1,8 g/cm³. Cechuje je: duża porowatość (35-46%) i nasiąkliwość (18-32%) oraz mała wytrzymałość na ściskanie w stanie suchym (13,6-20,1 MPa), która na mokro

spada jeszcze bardziej [6, 27]. W składzie chemicznym opok dominują: CaO średnio 32-39% i SiO₂ średnio 21-40%. Udział pozostałych składników (MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃) jest niewielki i zazwyczaj żaden z nich nie przekracza 5%.

W stanie naturalnym opoki są miękkie, natomiast po wydobyciu na powierzchnię w wyniku procesu dehydratacji twardnieją i stają się zwięzłe. Proces ten trwa zazwyczaj około roku i powoduje podwyższenie ich wytrzymałości do 130% [13]. Porowatość opok sprzyja izolacji cieplnej (niski współczynnik przewodności cieplnej). Korzystną ich cechą jest też lekkość skały oraz łatwa urabialność, będąca wynikiem oddzielności naturalnej i spękań. Niekorzystne natomiast jest

zmniejszanie się wytrzymałości na ściskanie mokrych opok, gdyż ogranicza to znacznie możliwości ich zastosowania w budownictwie. Silnie porowate opoki nadają się do produkcji kruszywa lekkiego do betonu. W przypadku deficytu innych kruszyw można je używać do produkcji betonów jednofrakcyjnych. Co ciekawe, dla budownictwa nadają się jedynie opoki z płytkich, przypowierzchniowych wystąpień. Te położone głębiej cechują się większym ciężarem objętościowym, mniejszą porowatością, dużą wilgotnością i wysokim współczynnikiem przewodności cieplnej. Stosowano je głównie do regulacji rzek i w lokalnym drogownictwie.

Opoki wraz marglami i kredą piszącą są również kopaliną przydatną dla przemysłu cementowego. Charakteryzują się one co prawda dosyć wysokim modulem krzemianowym i glinowym, ale są zaliczane do bardzo dobrych surowców cementowych. Odmiany o dużym module krzemianowym (powyżej 4,5) są niezbędne do produkcji cementów o wysokiej wytrzymałości, np. marki 500 [24]. Udokumentowane i eksploatowane złoża (Chełm i Rejowiec) znajdują się głównie w okolicach Chełma, a jedno duże, rezerwowe (Żurawce) koło Tomaszowa Lubelskiego. Jak dotąd opoki wykorzystywane są w cementowni Rejowiec.

Opoki występują w utworach górnej kredy: mastrychtu, santonu, kampanu, koniaku i turonu, tworząc grube serie o miąższości przekraczającej 600 m [12, 13, 27, 28]. W strefie przypowierzchniowej występują one między Radomiem, Iłżą i Zawichostem oraz na Wyżynie Lubelskiej i Roztoczu. Są to głównie opoki wapienne z krzemieniami i czertami lub gezy z czertami, wśród których pojawiają się wapień, opoki margliste i piaski kwarcowe z glaukonitem, a w stropie wapień marglisty. Poza regionem lubelskim opoki znane są również z wielu miejsc na obszarze niecek: szczecińskiej, mogileńskiej, łódzkiej i miechowskiej. Miejscami występują one płytko pod kilku- kilkunastu metrowym nadkładem osadów czwartorzędowych.

Najstarsze (turon) opoki lubelszczyzny odsłaniają się w okolicach Annapola (Opoczki, Jakubowice) [13, 20]. Bardziej rozpowszechnione są opoki kampanu wykształcone jako gruboławicowy jednolity kompleks litologiczny z pojedynczymi skupieniami czertów. Odsłaniają się w skarpie doliny Wisły, między Popowem a Józefowem oraz w południowo-zachodniej lubelszczyźnie. Ich wytrzymałość na ściskanie w stanie suchym wynosi 15,5-29,2 MPa, a w strefie występowania czertów 43,7-57,8 MPa [11]. Były chętnie eksploatowane do celów budowlanych. Opoki z czertami santonu, są bardziej jednorodne, ale z uwagi na małe ich rozprzestrzenienie miały ograniczone zastosowanie w budownictwie.

Najbardziej rozpowszechnione są gruboławicowe opoki mastrychtu [27], które stanowią ponad 60% osadów w profilu tego piętra (pozostałe to przerosty wapieni margli i czertów). Pozyskiwano je w wielu miejscach, z których najbardziej znanymi są: Kazimierz Dolny, Nasiłów i Piotrawin, gdzie znajdują się duże opuszczone kamieniołomy, przekształcone obecnie w geologiczne stanowiska dokumentacyjne [2, 7, 22, 25]. Opoki mastrychtu były od wieków stosowane w budownictwie, o czym świadczą np. zabytki Kazimierza Dolnego oraz Janowca (fot. 1, 2, 3). Ciągłe liczne są jeszcze na lubelszczyźnie domy mieszkalne i zabudowania gospodarcze wybudowane z użyciem tego materiału (fot. 4, 5) [4]. W przeszłości prawie każda miejscowość na opisywanych terenach posiadała niewielkie kamieniołomy, w których można było zaopatrzyć się



Fot. 1. Widok XVI w. zamku rodziny Firlejów w Janowcu, wykonanego z opok kredowych

Fot. 1. View of the 16th century castle of the Firlej family in Janowiec, made of opoka



Fot. 2. Kazimierz Dolny ze wzgórza Golgota z widocznym przelomowym odcinkiem doliny Wisły

Fot. 2. Kazimierz Dolny from the Golgota hill with a visible gorge section of the Vistula valley



Fot. 3. Klasztor Braci Mniejszych (Franciszkanów Reformatorów) z lat 1638-68 wykonany w przewadze z miejscowego budulca (opok kredowych)

Fot. 3. Franciscan monastery from 1638-68, predominantly made of local building material (opoka)

w potrzebny surowiec (fot. 6). W pobliżu Świdnika znajdują się dwa małe udokumentowane złoża: Klimusin (zaniechane) i Wola Piasecka II (okresowo czynne, fot. 7), gdzie produkuje się płyty, elementy foremne oraz kamień łamany. W okolicach Annapola, Piotrawina i Kazimierza Dolnego w niewielkich łomikach do niedawna pozyskiwano również (bez koncesji)



Fot. 4. Ruiny dworu z 1874 r. w Uchaniach, zbudowanego z cegieł i kształtek z opoki

Fot.4. Ruins of the manor house from 1874 in Uchanie (1874), built of bricks and opoka blocks



Fot. 7. Fragment wyrobiska opok mastrychtu - złożo Wola Piasecka II (powiat świdnicki)

Fot. 7. Fragment of the Maastrichtian opoka excavation - Wola Piasecka II deposit (Świdnik county)



Fot. 5. Współczesna, wykonana z opok, elewacja ścian domu w Męcimerzu (okolice Kazimierza Dolnego)

Fot. 5. Contemporary wall facade of a house in Męcimerz village (near Kazimierz Dolny), made of opoka



Fot. 6. Niewielki łomik opok w sąsiedztwie kamieniołomu kazimierskiego
Fot. 6. One of the small opoka excavations in the vicinity of the big Kazimierz town quarry

opokę do celów budowlanych. Urabiano ją ręcznie wytwarzając kształtki budowlane lub kamień łamany. Działalność taka powinna być utrzymana z uwagi na tradycje budowlane tego regionu i zastosowanie materiału skalnego przy renowacji zabytkowych budowli, a także ze względu na zachowanie zanikającego rzemiosła [4, 22].

Oprócz opok charakterystycznymi osadami mastrychtu regionu lubelskiego są gezy - skały osadowe pośrednie

między skałami krzemionkowymi, a okruchowymi [4]. Są to skały kruche, miejscami zwięzłe, porowate, na przełamie szorstkie, matowe, o krawędziach nierównych. Reagując z kwasem solnym nie ulegają rozpadowi. Ich przeciętny skład chemiczny to: SiO_2 39,9– 53,9%; Al_2O_3 5,0–6,8%; Fe_2O_3 4,3–11,4%; CaO 16,4– 19,3%; MgO 1,4–2,3%. Kopalina ta jest przydatna do produkcji cementów: portlandzkich, siarczanoodpornych, wiertniczych, a nawet pucolanowych, stanowiąc tzw. dodatek aktywny [12]. Gezy wydobywane z kamieniołomu w Nasiłowie stosowano w przeszłości jako dodatek do produkcji cementu portlandzkiego marki 350 w cementowni Wierzbica (nieistniejącej już).

Powróćmy jednak do tytułowego Kazimierza i jego okolic. Pod względem geologicznym obszar ten znajduje się w obrębie mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich przechodzącego ku północnemu wschodowi w nieckę lubelską stanowiącą południową część niecki brzeźnej. Dominują tu osady środkowej i górnej jury, dolnej i górnej kredy oraz paleogenu [3].

Budowa geologiczna głębokiego, przedmezozoicznego podłoża jest dotychczas słabo rozpoznana. Przeważająca część obszaru znajduje się w obrębie strefy radomsko-kraśnickiej, zbudowanej z utworów wieku od syluru do dewonu.

Skały mezozoiczne na powierzchni reprezentowane są, jak już wspomniano, głównie przez górnokredowe opoki, wapienie, margle oraz kredę piszącą. Miąższość osadów górnej kredy przekracza w tym rejonie 80 m [3, 28]. Ponad nimi zachowały się lokalnie najstarsze utwory trzeciorzędu, wykształcone w postaci gez z wkładkami wapieni i margli o miąższości nie przekraczającej 20 m. Dobrze zachowane odsłonięcia tych utworów znane z okolic Kazimierza Dolnego są ewenementem w skali europejskiej.

Bezpośrednio na osadach kredy górnej lub lokalnie trzeciorzędu spoczywają utwory czwartorzędowe, pokrywające znaczną część omawianego obszaru. Najstarszymi spośród nich są piaski ze żwirami i mułki rzeczne preplejstocenu oraz gliny zwałowe zlodowacenia południowopolskiego, stwierdzone jedynie w otworach wiertniczych. Osady zlodowacenia środkowopolskiego są reprezentowane przez ropy, mułki, piaski zastoiskowe i wodnolodowcowe, żwiry i glazy lodowcowe, oraz gliny zwałowe. Osady interglacjału eemskiego wykształcone jako piaski i żwiry rzeczne miąższości do 20 m wypełniają dolinę kopalną Wisły, natomiast gleby

kopalne tego wieku mają swoje wychodnie lokalnie na stokach wysoczyzn.

Spośród wielu dawnych kamieniołomów opok okolic Kazimierza, uznanych za geostanowiska, do najciekawszych, a zarazem unikatowych należą kamieniołomy w Bochothnicy w których eksploatacja, choć przypowierzchniowa, odbywała się metodami podziemnymi (fot. 8-11). Do dziś zachowały się podziemne wyrobiska (sztolnie i komory wraz z podtrzymującymi strop naturalnymi filarami) o długości od kilku - do kilkudziesięciu metrów, z których wydobywano lepsze jakościowo bloki. Kamieniołomy te, zlokalizowane na skraju wsi, w wysokiej skarpie zbudowanej z węglanowych skał górnej kredy i paleogenu, są obecnie atrakcją geoturystyczną [22, 32]. W jednym z nich znajduje się ustanowione w 1992 r., ważne stanowisko dokumentacyjne znane pod nazwą „ścianka Krystyny i Witolda Pożaryskich”. Można tu obserwować tzw. „twarde dno” czyli powierzchnię stropową mastrychtu, którą stanowi około 0,6 m miąższości warstwa prawie czystego, zwięzłego, twardego wapienia o barwie jasnoszarej lub rdzawej, leżąca nad opokami. Na niej występuje piaskowiec glaukonitowy z licznymi fosforytami zaliczony już do najstarszego trzeciorzędu (dan) [20, 14,

17, 22]. Warstwa ta o miąższości około 0,5 m nazywana jest potocznie warstwą fosforytową z powodu obecności w niej konkrecji fosforytowych. Stanowią one pseudomorfozy po gąbkach, rzadziej po innych organizmach (małżach, ramienionogach).

Podobny obiekt geologiczny o europejskim znaczeniu znajduje się w lewobrzeżnej skarpie Wisły, nieco na północ od Kazimierza Dolnego. Jest to rozległy (długość około 350 m, wysokość ścian 30 m), nieczynny już i częściowo zarośnięty kamieniołom opok w Nasiłowie (fot. 12) [11, 22]. W dolnej, dziś już zarośniętej części profilu występują górnokredowe (mastrycht) opoki zaś wyższą, widoczną część zajmują jasnoszare wapienie lokalnie zwane „siwakiem” należące już do najniższego paleocenu (dan). Ich granicę wyznacza charakterystyczna warstwa zwięzłego, twardego wapienia o miąższości 0,5-0,7 m tworząca tzw. „twarde dno” [15, 19]. Nad nią, podobnie jak w Bochothnicy, występuje około 0,4 m warstwa zielonkawego piaskowca glaukonitowego zawierającego konkrecje fosforytowe (tzw. warstwa fosforytowa). Skały występujące w tym wyrobisku są również bogate w liczne gatunki skamieniałości dokumentujące granicę kredy i trzeciorzędu.



Fot. 8. Kamieniołom opok, a jednocześnie geostanowisko tzw. „Ścianka K. i W. Pożaryskich” w Bochothnicy (kontakt opok mastrychtu i osadów paleogeńskich) a - widok sprzed 2013 r., b - widok obecny po utworzeniu ostoi nietoperzy w dawnej kopalni opok

Fot. 8. Opoka quarry and also geosite, named “K. and W. Pożaryski wall” in Bochothnica (contact of Maastrichtian opoka and Paleogene sediments) a - pre 2013 view, b - the present view after establishing a bat refuge in the former rock mine



Fot. 9. Komora eksploatacyjna opok w Bochothnicy
Fot. 9. The chamber exploitation of opoka in the Bochothnica quarry



Fot. 10. Inne, dawne miejsce komorowej eksploatacji opok w Bochothnicy k. starego młyna wodnego
Fot. 10. Another abandoned opoka quarry in Bochothnica near the old watermill.



Fot. 11. Wejście do komory eksploatacyjnej opok (Bochothnica)
Fot. 11. Entrance to the opoka exploitation chamber (Bochothnica)



Fot. 12. Opuszczony, kilkupoziomowy, stokowy kamieniołom opok i geiz w Nasiłowie, na lewym brzegu Wisły, zarazem ważne geostanowisko. W tle zabudowania i zakłady azotowe w Puławach.
Fot. 12. The abandoned opoka and gaize quarry in Nasiłów on the left bank of the Vistula river, an important geosite. In the background, some buildings and nitrogen plant in Puławy.



Fot. 13. Widok na rozległy, wielopoziomowy kamieniołom opok w Kazimierzu Dolnym (tzw. kamieniołom miejski)
Fot. 13. View of the extensive, multi-level opoka quarry in Kazimierz Dolny (so-called town quarry)



Fot. 14. Nieczynne wyrobisko opok we wschodniej części obszaru kamieniołomu kazimierskiego
Fot. 14. Old, small opoka excavation in the east part of Kazimierz town quarry.



Fot. 15. Opuszczony, rozległy, kamieniołom opok „Piotrawin” w skarpie na prawym brzegu Wisły
Fot. 15. The abandoned extensive opoka quarry “Piotrawin” on the right bank of the Vistula river.

Górnokredowe opoki masyfisty (tzw. opoki kazimierskie) eksploatowane były na znacznej skalę w tzw. kamieniołomie miejskim [22]. To duże kilkusetmetrowej długości, kilkupoziomowe wyrobisko o wysokości ścian około 40 m, zlokalizowane jest w skarpie Wisły, na południowych przedmieściach Kazimierza Dolnego (fot. 13). Występują tu dwie odmiany opok, różniące się porowatością, zwięzłością i zawartością węgla wapnia. W górnej części profilu występują tu dwie charakterystyczne warstwy miękkich margli, każda o miąższości około 1,5 m. W odsłaniających się skałach wy-



Fot. 16. Opoki masyfisty osłaniające się w tzw. Skarpie Dobrskiej, położonej na pld.-zach. od Kazimierza Dolnego w miejscowości Dobre
Fot. 16. The outcrop of Maastrichtian opoka of Dobrska Slope, located south-west from Kazimierz Dolny in the Dobre village

stępuje bogata fauna m.in.: ślimaków, małży, głowonogów i ramienionogów z rodzaju *Terebratula* [16]. W sąsiedztwie, a także w okolicy znajduje się kilka małych okresowo czynnych łomików opok (fot. 14).

Innym spektakularnym odsłonięciem górnokredowych skał węglanowych jest kamieniołom w Piotrawinie [7, 22]. Znajduje się on w wysokiej skarpie Wisły, w obrębie tzw. małopolskiego przełomu Wisły. Wyrobisko ma długość około 300 m i wysokość 30- 40 m. W jego ścianach odsłania się dość monotonna seria opok dolnego mastrychtu przetwarzanych gejami (fot. 15). W dolnej części ściany występują warstwy węglanowe zaliczane do najwyższego kampanu z fauną amonitów, belemnitów głowonogów [16]. Jest to jedno z nielicznych miejsc w Europie, gdzie utwory te są tak dobrze widoczne i są tak bogate w skamieniałości.

Kolejnym, interesującym obiektem jest tzw. Skarpa Dobrska, zlokalizowana na prawym brzegu doliny Chodelki (dopływu Wisły) na południowy-zachód od Kazimierza Dolnego, między miejscowościami Dobre i Podgórz (fot. 16). W dolnej części profilu odsłaniają się podatne na erozję margle i kreda piszcząca, tworząc stopnie i tarasy, na których wykształciły się płytkie gleby typu rędzin, porośnięte murawami kserotermicznymi. Wyższe, bardziej strome, partie stoku budują pokłady opok górnego mastrychtu. Na nich założono w przeszłości mały kamieniołom (fot. 17). Osady kredowe sięgają do wysokości 60 m. Na nich występuje kilkunastometrowej miąższości pokrywa lessowa. W 1991 r. utworzono tu krajobrazowy rezerwat przyrody o powierzchni 39,7 ha, chroniący liczne tu stanowiska flory ciepłolubnej [17, 18].



Fot. 17. Kamieniołom opok w południowej części skarpy Dobrskiej
Fot. 17. Small opoka quarry in the south part of Dobrska Slope



Fot. 18. Lewobrzeżna skarpa Wisły, o wysokości dochodzącej do 80 m, w rejonie Janowca. Widoczny zamek Firliejów i kościół w Janowcu
Fot. 18. The left bank of the Vistula, with a height of up to 80 m, in the Janowiec area. The Firliejów castle and church in Janowiec are visible

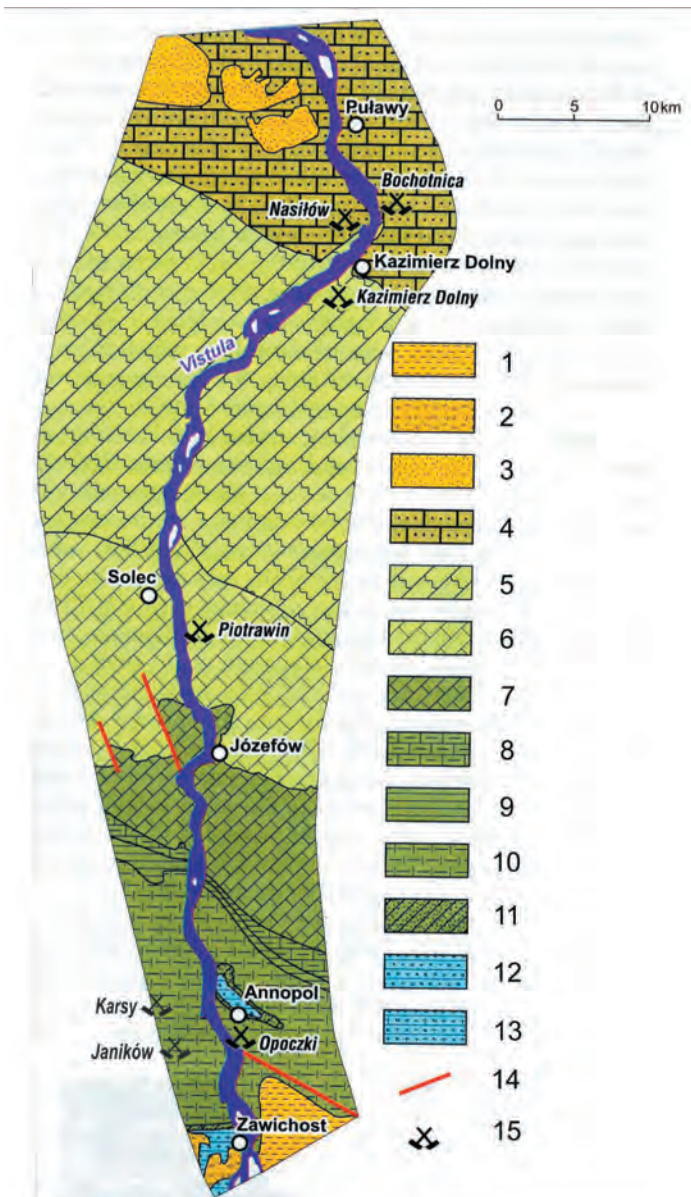
Po lewej stronie doliny Wisły, nieco bardziej na północ, zarysowuje się zbudowana również z górnokredowych opok skarpa w Janowcu, w sąsiedztwie której, usytuowane są malownicze ruiny XVI wiecznego zamku rodu Firliejów. Roztacza się stąd rozległy widok na całą dolinę Wisły i rozciągającą się ku zachodowi Równinę Radomską. Krawędź doliny, o wysokości dochodzącej do 80 m, jest na dużym odcinku odsunięta od koryta rzeki, nawet do 4 km, opadając doń kilkoma poziomymi tarasów (fot. 18).

Omawiany obszar jest również niezwykle ciekawy pod względem geomorfologicznym [9, 29, 31]. Obejmuje on bowiem Małopolski Przełom Wisły, który rozciąga się na długości około 80 km biegu rzeki od okolic Zawichostu do Puław (rys. 1). Szerokość doliny na odcinku przełomowym zmienia się od około 1 km w najwęższym miejscu w okolicach Kazimierza Dolnego do ponad 10 km, gdzie do doliny Wisły przylega Kotlina Chodelska. Na ukształtowanie doliny w zasadniczym stopniu wpływa zróżnicowanie litologiczne budujących ją skał i ich podatność na erozję. Powstanie tego przełomu nastąpiło w pliocenie w efekcie ruchów górotwórczych w związanych z wypiętrzaniem się Karpat i wzmoczonej w związku z tym erozji rzecznej. Ruchy te objęły również pas wyżyn małopolskich (wał metakarpacki). Wisła niosąca dużo wody z Karpat rozcięła je w tym okresie, tworząc wyraźną wąską bruzdę między Zawichostem, a Puławami. Wytworzony ostatecznie pod koniec pliocenu przełomowy odcinek rzeki połączył basen zapadliska przedkarpackiego z basenem mazowieckim. W okresie zlodowaceń (południowopolskie i środkowopolskie) dolina Wisły znajdowała się w bezpośredniej strefie akumulacji glacialnej, gdyż lodowiec blokując odpływ wód wpływał na zwiększoną akumulację osadów w dolinie. Historia plejstocenu i holocenu w dolinie Wisły jest więc historią kolejnych faz akumulacji, osadów, rozdzielonych okresami rozcinania i usuwania materiału skalnego. W warunkach klimatu peryglacialnego w obrębie zboczy doliny odbywało się wzmoczone wietrzenie mechaniczne skał, którym towarzyszyły ruchy masowe, które rozwijają się na podłożu wiecznej marzłoci. Równocześnie na wierzchołkach następowała intensywna akumulacja lessów, co zaowocowało obecnością ich grubej pokrywy dobrze widocznej na wysoczyznach okalających przełom, w szczególności na terenie Płaskowyżu Nałęczowskiego.

W cieplejszych i wilgotniejszych okresach nad akumulacją osadów przeważały procesy erozji sprzyjające wcinaniu się dolin w podłoże. Na wąskim odcinku przełomowym Wisły



Fot. 19. Piaskowe wyspy i lachy wiślane w okolicy Kazimierza Dolnego
Fot. 19. Sand islands and sandbanks of the Vistula near Kazimierz Dolny



Rys. 1. Szkic geologiczny odkryty Małopolskiego Przełomu Wisły (wg [9] nieco zmienione)

1 – iły krakowieckie – miocen, 2 – wapień litotamniowe i piaski – miocen, 3 – piaski kwarcowe z glaukonitem – oligocen, 4 – piaski glaukonitowe – dan, 5 – margle i opoki piaszczyste z glaukonitem –mastrycht górny, 6 – margle i opoki – mastrycht dolny, 7 – margle i opoki – kampan, 8 – margle i opoki – santon, 9 – margle glaukonitowe i opoki – koniak i santon, 10 – wapień piaszczyste i opoki – turon, 11 – piaski kwarcowe z glaukonitem – alb i cenoman, 12 – margle i wapień oolitowe – kimeryd, 13 – wapień oolitowe, rafowe, wapień płytowe z kwarcem i glaukonitem – astart, 14 – uskoki, 15 – ważniejsze nieczynne kamieniołomy

Fig. 1. Geological outline of the Middle Vistula Valley (acc. [9] some modified)

1 – Miocene Krakowiec Clays, 2 – Miocene Lithotamnium Limestones and Sands, 3 – Oligocene quartz and glauconitic sands, 4 – Danian Greensand, 5 – Upper Maastrichtian sandy or glauconitic marls and opoka, 6 – Lower Maastrichtian marls and opoka, 7 – Campanian marls and opoka, 8 – Santonian marls and opoka, 9 – Coniacian & Santonian – glauconitic marls and opoka, 10 – Turonian sandy limestones and opoka, 11 – Albian and Cenomanian – quartz and glauconitic sands, 12 – Kimmeridgian marly and oolite limestones, 13 – Lower Kimmeridgian (Astart) – oolite, coral, quartz and glauconitic plate limestones, 14 – fault, 15 – abandoned quarry

dominowała erozja boczna, która powodowała niszczenie tarasów plejstoceny i odsłanianie się skał starszego, mezozoicznego podłoża. Młodsza akumulacja holoceny jest ściśle związana ze zmianami klimatycznymi, zaś współczesna działalność rzeki ma charakter zarówno akumulacyjny, jak i erozyjny. Naturalny nieregulowany nurt rzeki, modyfikowany gwałtownymi sezonowymi powodziąmi (wiosennymi lub letnimi), powoduje szybkie tworzenie się licznych wysp i piaszczystych łach (fot. 19). Jedną z nich tzw. Krowia Wyspa o powierzchni 62,3 ha jest objęta ochroną rezerwatową.

Kolejno od południa ku północy wyróżnia się następujące odcinki przełomu Wisły przez wyżyny środkowopolskie [8, 9]:

- Zawichost – Solec – w odpornych skałach jurajskich i odpornych opokach oraz w wapieniach kredy, pięter turonu, koniak i santonu,
- Solec – Zastów Polanowski – wyraźne rozszerzenie doliny, przechodzące ku wschodowi w rozległą kotlinę chodelską. Obniżenie to spowodowane jest występowaniem w podłożu mało odpornych margli mastrychtu dolnego,
- Zastów Polanowski - Podgórz - Janowiec -Kazimierz Dolny - Puławy. Jest to najwyższa część przełomu wy-preparowana w odpornych opokach i gezach mastrychtu górnego i danu. Ten odcinek przełomu Wisły cechuje młodość i świeżość formy, co wiąże się z odrębną nieco od pozostałych, historią jego rozwoju morfologicznego. Uważa się, że ma on częściowo założenia tektoniczne,



Fot. 20. Jeden z typowych wąwozów lessowych (a ściślej głębocznic) w okolicach Kazimierza Dolnego.

Fot. 20. One of typical loess gorge (more specifically anthropogenic origin gorge named "road gully") in the vicinity of Kazimierz Dolny

związane z fazą laramijską. Wierceniami stwierdzono, że na północ od Janowca i na wschód od Puław leży stara kopalna dolina Wisły, wypełniona całkowicie osadami rzecznyymi. Jej wiek ocenia się na preglacjalny. Nie zaznacza się ona zupełnie w rzeźbie terenu. Przebieg osi pradoliny nie jest zgodny z kierunkiem współczesnej doliny Wisły. W okolicach Kazimierza Dolnego przebiega ona w kierunku SW-NE, około 3-4 km na zachód Janowca i nieco na wschód od Puław, przecinając dzisiejsze koryto rzeki. Była ona też o około 30-40 m głębiej wcięta w podłoże niż dolina dzisiejsza, w której osady aluwialne osiągają około 30 m miąższości.

Na zróżnicowane ukształtowanie obecnej rzeźby terenu, w szczególności jej młodej pokrywy lessowej duży wpływ mają współczesne zjawiska klimatyczne i działalność człowieka [10]. Lessy pokrywają znaczne obszary wyżyny Lubelskiej, a jednym z najciekawszych rejonów ich występowania jest Płaskowyż Nałęczowski, rozciągający się na wschód od Kazimierza Dolnego. Miąższość pokrywy lessowej zlodowacenia północnopolskiego sięga tu nawet 30 m, (średnio wynosi 10-15 m). Intensywne wylesienie tego obszaru, notowane od końca XIX w., spowodowało gwałtowny rozwój erozji wodnej i zjawisk sufozycznych, co spowodowało powstanie unikatowej w skali europejskiej sieci wcięć i wąwozów o gęstości dochodzącej do 11 km/km², przeważnie 5 km/km². Procesy te są czynne również obecnie. W okolicach Kazimierza dostępnych jest szereg malowniczych wąwozów lessowych, zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych, zwanych głębocznikami [10, 30]. Ich powstanie jest efektem erozji spowodowanej długotrwałym rozjeżdżaniem dróg dojazdowych do pól uprawnych wozami konnymi. Cechą charakterystyczną głębocznic jest ich niewielka szerokość i pionowe ściany (fot. 20).

Unikatowe walory krajobrazowe i kulturowe tego obszaru chronione są poprzez utworzenie tu parków krajobrazowych: Kazimierskiego i Wrzelowieckiego. Pierwszy z wymienionych utworzono w 1979 r. na obszarze blisko 15 tys. ha wokół Kazimierza Dolnego. Drugi - zlokalizowany między Józefowem, a Piotrawinem utworzono w 1990 r. na obszarze blisko 5 tys. ha. Oba parki obejmują tereny o urozmaiconej rzeźbie, gdzie dominują użytki rolne [8, 32]. Lasy stanowią około 20-30 % ich obszarów. W obrębie Kazimierskiego Parku Krajobrazowego utworzono liczne ścieżki dydaktyczne, ukazujące jego walory przyrodnicze [11, 17]. Ponadto w rejonie Małopolskiego Przełomu Wisły znajdują się trzy obszary chronionego krajobrazu: Chodelski, Doliny Zwoleńki i Solec n/Wisłą. Dolina Wisły jest również jednym z najważniejszych korytarzy ekologicznych w Europie, umożliwiających gniazdowanie i przeloty ptaków. Dlatego też znaczne jej fragmenty weszły w skład europejskiej sieci NATURA 2000. Na odcinku przełomowym pełni też swoistą rolę klimatyczną, umożliwiając przenikanie wpływów klimatycznych zarówno z północy jak i z południa. Ma klimat łagodniejszy w stosunku do panującego na otaczających ją wierzchowinach.

Omawiając niezwykle walory i georóżnorodność tego obszaru należy wspomnieć też o nieodległym Nałęczowie i jego wodach leczniczych. Wody mineralne Nałęczowa odkryto pod koniec XVIII wieku przy okazji poszukiwania

na tych terenach rud żelaza. Pierwszą analizę wody ze źródła wykonał w 1817 r. prof. Józef Celiński, stąd nazwa tego źródła „żelaziste-Celińskiego”. Po przeprowadzeniu serii badań, właściciel terenu, urządził tu uzdrowisko z łazienkami, opieką lekarską i apteką [1]. Status uzdrowiska Nałęczów uzyskał w 1928 roku. Obecnie uzdrowisko dalej przyjmuje rzesze kuracjuszy. Jego głównym profilem leczniczym są choroby układu krążenia. Leczeniu sprzyja dobry klimat oraz spokojna atmosfera uzdrowiska.

Stwierdzono tu występowanie dwóch typów wód: żelazistych i słodkich z podwyższoną zawartością żelaza. Skalami zbiornikowymi dla tych wód są spękane górnokredowe margle i opoki [1]. Wody żelaziste występują pod zwartą pokrywą lessów i glin. Są ujmowane otworem „Barbara” (P-2) i źródłem „żelaziste Celińskiego”. Natomiast wody słodkie o podwyższonej zawartości żelaza występują na południowy-zachód od zwanego zasięgu lessów i glin, w obrębie stref spękań tektonicznych. Są ujmowane źródłami o romantycznie brzmiących nazwach: „Miłość” i „Nadzieja”.

Otworem „Barbara” z głębokości 10–14,5 m p.p.t., ujmuje się wodę o mineralizacji ogólnej 650–720 mg/dm³ i zawartości żelaza w 10,8–13,8 mg/dm³, określoną jako 0,065% wodę wodorowęglanowo-wapniowo-magnezową. Zasoby eksploatacyjne tego otworu wynoszą 20 m³/h, a depresja równa jest 0,25 m. Woda ze źródła „Miłość”, położonego w Parku Zdrojowym, to woda wodorowęglanowo-wapniowa. Posiada ona mineralizację ogólną 577–710 mg/dm³, a zawartość jonu Fe²⁺ wynosi od ilości śladowych do 0,66 mg/dm³. Źródło „Nadzieja” znajduje się na prywatnej posesji, poza terenem Parku Zdrojowego. Woda ma charakter wodorowęglanowo-wapniowy o mineralizacji ogólnej w granicach 535–602,6 mg/dm³, a żelazo występuje w ilościach od śladowych do 0,11 mg/dm³. Zasoby eksploatacyjne obu źródeł (zatwierdzone decyzjami Prezesa CUG z1961 r.), wynoszą po 35 m³/h przy samowypływie. Źródło „żelaziste-Celińskiego” dostarcza wody wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowej o zawartości żelaza od 5,08 do 13,80 mg/dm³. Do roku 1978 przekraczała ona 10 mg/dm³ (wartość graniczną dla uznania wody za leczniczą), później jednak zmalała. Zasoby eksploatacyjne tego niewielkiego ujęcia (zatwierdzone przez MOSZN w 1997 r.), wynoszą 6,0 m³/h. Mimo, że nie wszystkie wody nałęczowskie spełniają kryterium minimalnej mineralizacji pozwalającej na zakwalifikowanie ich do wód leczniczych (tj. powyżej 10 mg/dm³) ze względu na ich położenie w wyznaczonym obszarze górniczym „Nałęczów” (wyznaczonym dla otworu „Barbara”) oraz fakt wieloletniej eksploatacji, ich zasoby zostały ujęte w zasobach wód leczniczych uzdrowiska.

Omawiany region Małopolskiego Przełomu Wisły wyróżnia się nie tylko unikatowymi walorami krajobrazowymi i geoturystycznymi, ale też bogatym dziedzictwem kulturowym i historycznym, co sprawia, że od wielu lat jest odwiedzany przez rzesze turystów. Nagromadzenie tych różnorodnych atrakcji, w szczególności geoturystycznych, sprawia że możnaby tu utworzyć geopark, który z powodzeniem mógłby ubiegać się o włączenie do go europejskiej i światowej sieci geoparków UNESCO [26].

Literatura

- [1] Andrzejewska-Kubrak K., Gabryś -Godlewska A., Kozłowska O., Kwecko P., Miecznik J., Walentek I., Wojciechowska K., 2011- Objąsnienia do MGGP arkusz Nałęczów (747). bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp_0747.pdf
- [2] Baran-Zgłobicka B., Harasimiuk M., 2007 – Kazimierz Dolny nad Wisłą – jako przykłąd harmonijnego współistnienia wartości geologicznych i kulturowych. [w:] Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery. Wyd. UMCS. Lublin
- [3] Bąk B., Szelaę A., Bojakowska I., Kwecko P., Tomassi-Morawiec A., Wojciechowska K., 2010 - Objąsnienia do MGP ark. Kazimierz Dolny (746) bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp0746.pdf
- [4] Bąk B., Szelaę A., 2013. Opoki i gezy- zapomniane kopaliny Lubelszczyzny. *Gór. Odkr.* 2: 107-116
- [5] Bolewski A., Parachoniak W., 1988 – Petrografia. Wyd. Geol. Warszawa
- [6] Dziedzic A., 2007 – Geoinżynierskie właściwości górnokredowych opok Małopolskiego Przełomu Wisły. [w:] Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery. Wyd. UMCS. Lublin
- [7] Gajek G., Zgłobicki W., Kołodyńska-Gawrysiak R. 2019. Geoeducational Value of Quarries Located Within the Małopolska Vistula River Gap (E Poland). *Geoheritage* 11: 1335-1351
- [8] Harasimiuk M., Warowna J., Gajek G., 2013: Zróznicowanie krajobrazów projektowanego Geoparku Małopolski Przełom Wisły (Projected Geopark Małopolska Gap of Vistula River landscape's diversification), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 14, s. 27–35
- [9] Głodek J., Kęsik A., Kolago C., Mojski E., Starkel L., 1967 - Z biegiem Wisły. Wyd. Geol. Warszawa
- [10] Kołodyńska-Gawrysiak R., Mroczek P., Chodorowski J., Plak A., Kiebała A., Zgłobicki W. 2015: Human-induced landscape evolution in the loess areas of Lublin Upland, E Poland: evidence from pedosedimentary archives in closed depressions. *Zeitschrift für Geomorphologie* 59, SI 2, 155-175
- [11] Kowalczyk L., Pawłowski A., 2002. Przewodnik po ścieżkach dydaktycznych Kazimierskiego Parku Krajobrazowego, cz. II. Lublin 2002
- [12] Kozłowski S. (red.), 1984 – Surowce mineralne środkowowschodniej Polski. Województwa: lubelskie, chełmskie, zamojskie, białkopodlaskie i siedleckie. Wyd. Geol. Warszawa
- [13] Kozłowski S., 1986 – Surowce skalne Polski. Wyd. Geol., Warszawa
- [14] Machalski M., 1998 – Granica kreda-trzeciorzęd w przełomie Wisły. *Przełom Geol.* 46,11: 1153-1161
- [15] Machalski, M. 2007. Wydarzenia na granicy kreda-paleogen w Małopolskim Przełomie Wisły. In: Harasimiuk, M., Brzezińska-Wójcik, Dobrowolski, R, Mroczek, P. and Warowna, J. Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery, 229-234
- [16] Machalski M., Walaszczyk I., 1987 – Fauna condensation and mixing in the uppermost Maastrichtian/Danian Greensand (Middle Vistula Valley, Central Poland). *Acta Geol. Pol.* 37; 75-91
- [17] Pawłowski A., 2002. Przewodnik po ścieżkach dydaktycznych Kazimierskiego Parku Krajobrazowego, cz. I. Lublin 2002
- [18] Pawłowski A., 2007 – Projekt ochrony i dydaktycznego udostępnienia muraw kserotermicznych w rezerwacie „Skarpa Dobrska”. [w] Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery: 225-228. Wyd. UMCS. Lublin
- [19] Peryt D., Walaszczyk I., 1993 – Field-trip 2: Cenomanian/Turonian and Cretaceous/Tertiary boundary successions in the Middle Vistula section: The reconstruction of the boundary events in incomplete sections – a multidisciplinary attempt.[In] M. Narkiewicz (ed.) *Global boundary events. An interdisciplinary conference Kielce-Poland. Excursion Guidebook*:19-28. Warszawa
- [20] Pożaryski W., 1951a – Odwapnione utwory kredowe na północno-wschodnim przedpolu Gór Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.* nr 75
- [21] Pożaryski W., 1951b – Przewodnik geologiczny po Kazimierzu i okolicy. Wyd. Muz. Ziemi. Warszawa
- [22] Radwanek-Bąk B., Bąk B., 2008 – The Middle Vistula River Section as a geotourist attraction. *Prz. Geol.* vol. 56, nr 8/1
- [23] Radwański A., 1989 – The Cretaceous/Tertiary boundary in Central Poland. *Acta. Geol. Pol.*, 39: 1-12
- [24] Tchórzewska D., Piekarski K., 1971 – Opoka – nowym surowcem dla przemysłu cementowego. *Prz. Geol.* nr 1
- [25] Walaszczyk I., Cieśliński S., Sylwestrzak H., 1999 – Selected geosites of Cretaceous deposits in Central and Eastern Poland. *Pol. Geol. Inst. Special Papers* 2: 71-76
- [26] Warowna J., Zgłobicki W., Kołodyńska-Gawrysiak R., Gajek G., Gawrysiak L., Telecka M. 2015: Geotourist values of loess geoheritage within the planned Geopark Małopolska Vistula River Gap, E Poland. *Quaternary International* 399, 46-57
- [27] Wyrwicka K., 1977b – Wykształcenie litologiczne i węglanowe surowce skalne mastrychtu lubelskiego. *Biul. Inst. Geol.* nr 299
- [28] Wyrwicka K., 1980 – Stratygrafia, facja i tektonika mastrychtu zachodniej Lubelszczyzny. *Kwart. Geol.* t. 24, nr 4
- [29] Zgłobicki W., Brzezińska-Wójcik T., Gawrysiak L., Harasimiuk M., 2007 - Stanowiska geomorfologiczne regionu lubelskiego jako narzędzie rozwoju geoturystyki [w] Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery: 268-271. Wyd. UMCS.Lublin
- [30] Zgłobicki W., Kołodyńska-Gawrysiak R., Gawrysiak L., Pawłowski A., 2012: Walory geoturystyczne rzeźby lessowej zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. *Prz. Geol.* 60/1: 26–3
- [31] Zgłobicki W., Baran-Zgłobicka B.. 2013: Geomorphological Heritage as a Tourist Attraction. A Case Study in Lubelskie Province, SE Poland. *Geoheritage* 5, 137–149
- [32] Zgłobicki W., Kukielka S., Baran-Zgłobicka, B. 2020. Regional Geotourist Resources—Assessment and Management (A Case Study in SE Poland). *Resources* 2020, 9, 18