



## Skalne grzyby w Polsce i na świecie – terminologia, rozmieszczenie, poglądy na rozwój

### *Rock mushrooms in Poland and the world – terminology, distribution, views on evolution*

Filip Duszyński  Piotr Migoń 

Uniwersytet Wrocławski

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego

pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław

[filip.duszynski@uwr.edu.pl](mailto:filip.duszynski@uwr.edu.pl) • [piotr.migon@uwr.edu.pl](mailto:piotr.migon@uwr.edu.pl)

**Zarys treści.** Dwudzielne morfologicznie skałki, z szeroką czapą spoczywającą na węższym trzonie, nazywane są skalnymi grzybami. W Polsce i na świecie rozpoznano wiele form tego typu, występujących w zróżnicowanych sytuacjach morfologicznych i różnych typach skał. W niniejszym artykule o charakterze przeglądowym podjęto próbę usystematyzowania dotychczasowej wiedzy na temat skalnych grzybów. Omówiono terminologię funkcjonującą zarówno w piśmiennictwie polskim, jak i anglosaskim, zwracając uwagę na istniejące problemy i nieścisłości w nazewnictwie. Przedstawiono występowanie skalnych grzybów w Polsce i na świecie w zależności od typu skał, w jakich się rozwinęły. Zaproponowano trzy grupy uwarunkowań sprzyjających rozwojowi tych form i dokonano przeglądu dotychczasowych koncepcji tłumaczących mechanizmy rozwoju skalnych grzybów.

**Słowa kluczowe:** skalne grzyby, ewolucja rzeźby, wietrzenie, geomorfologia strukturalna.

**Keywords:** *rock mushrooms, landform evolution, weathering, structural geomorphology.*

## Wstęp

Skalne grzyby stanowią jeden z najbardziej charakterystycznych typów rzeźby skałkowej, wzbudzający duże zainteresowanie turystów i badaczy przynajmniej od schyłku XVIII w. (Rooke, 1786). O atrakcyjności tych form skalnych decyduje ich wyjątkowa, dwudzielna morfologia, narzucająca skojarzenia z grzybami znanymi ze świata przyrody żywej. Górna część grzyba skalnego jest wyraźnie szersza, w związku z czym przywodzi na myśl kapelusz. Partia niższa jest z kolei węższa, przypominając grzybi trzon.

W polskich realiach skalne grzyby znane są przede wszystkim z rejonu północno-wschodniej krawędzi Gór Stołowych (Walczak, 1963), gdzie występują w tak dużym nagromadzeniu, że wydzielane są jako osobna atrakcja na wszystkich mapach turystycznych. W ostatnim czasie, wysiłkiem Parku Narodowego Gór Stołowych, poprowadzono w ich obrębie również ścieżkę geoturystyczną z tablicami informacyjnymi (Migoń i Duszyński, 2020). Jednak miejsc występowania skalnych grzybów jest w Polsce więcej, a należą do nich m.in. Głazy Krasnoludków w okolicach Gorzeszowa w Sudetach Środkowych (Migoń i Placek, 2007), Skamieniałe Miasto na Pogórzu Ciężkowickim (Alexandrowicz, 1970; Gruszka, 2009), Kamień Grzyb na Pogórzu Wiśnickim (Strzeboński, 2012b) i liczne dalsze

lokalizacje na Pogórzu Karpackim (Klimaszewski, 1932; Alexandrowicz, 1978). Poza granicami Polski występowanie grzybów skalnych identyfikowano w zróżnicowanych sytuacjach morfologicznych i w różnych litologiach. Do znanych przykładów należą dolomitowe skałki Ciudad Encantada w Hiszpanii (Twidale i Centeno, 1993), piaskowcowe grzyby Brimham Rocks w Anglii (Duszyński i Migoń, 2020), granitowe formy w południowej części Masywu Czeskiego (Chábera i Huber, 1995) czy wykształcone w riolitach Giants of the Mimbres w Stanach Zjednoczonych (Mueller i Twidale, 2002). O ile w polskim piśmiennictwie do opisu tego typu form skalnych przyjęło się używać tylko jednego terminu (Klimaszewski, 1947; Alexandrowicz, 1970, 1978), o tyle w literaturze anglojęzycznej zróżnicowanie nazw jest znacznie większe, aczkolwiek nie są one całkowicie synonimiczne. W powszechnie stosowanej terminologii pojawiają się takie określenia, jak: *rock mushroom*, *pedestal rock*, *hoodoo rock* czy *earth pillar*.

Podobnie jak zróżnicowane jest nazewnictwo grzybopodobnych form skalnych, tak różne są poglądy na ich genezę. W realiach polskiej geografii szkolnej bardzo silnie zakorzeniony jest pogląd, jakoby grzyby skalne były wyłącznie produktem intensywnej korazji w obszarach pustynnych, przy czym w świetle współczesnej wiedzy geomorfologicznej jest on nie do utrzymania. Wśród innych rozwiązań wyróżnia się koncepcję odpornościową, wskazuje się na udział głębokiego wietrzenia, abrazję morską czy splukiwanie powierzchniowe.

Celem niniejszego artykułu o charakterze przeglądowym jest pierwsza w polskim piśmiennictwie próba uporządkowania wiedzy na temat grzybów skalnych wraz z propozycją uściślenia terminologii adekwatnej do opisu tych form skalnych. Dyskusja terminologiczna poprzedzi dalsze rozważania, na które składać się będą kolejno: omówienie występowania grzybów skalnych w różnych litologiach w Polsce i na świecie, scharakteryzowanie litologiczno-strukturalnych uwarunkowań rozwoju grzybów skalnych, a wreszcie przedstawienie różnych poglądów na genezę tych form.

## Terminologia

Formy skałkowe przypominające kształtem grzyby były opisywane z terenu Karpat fliszowych już w okresie międzywojennym (Klimaszewski, 1932). W jednej z późniejszych prac ten sam autor dokonał prostej typologii form skalnych, dzieląc je na: 1) baszty i występy (progi), 2) ambony i 3) grzyby (Klimaszewski, 1947). Te ostatnie charakteryzuje w następujący sposób: „[są to] ławice wypreparowane z grzbietów i zrosnięte z nimi tylko podstawą, przy tym w odróżnieniu od ambon posiadają podstawę (trzon) węższą aniżeli część górna (czapa). Kształtem tym istotnie przypominają grzyba leśnego” (s. 58). Czepe (1952), opisując formy skałkowe Gór Stołowych, obok określenia „grzyby” używał także pojęcia „młoty”, nie precyzując jednak ich znaczenia i różnic między nimi. Klimaszewski (1981) w podręczniku wymienił jeszcze więcej typów skałek, uwzględniając oprócz grzybów także baszty, ambony, mury, żebra skalne, słupy, „głowy cukru” i zamczyska. Wskazuje to na kryterium kształtu jako podstawę typologii, jednak jednoznacznych charakterystyk opisowych autor ten tym razem nie przedstawił. Alexandrowicz (1970, s. 292) zdefiniowała skalne grzyby jako formy „złączone z podłożem wąską podstawą-trzonem, który ku górze rozszerza się, tworząc czapę”.

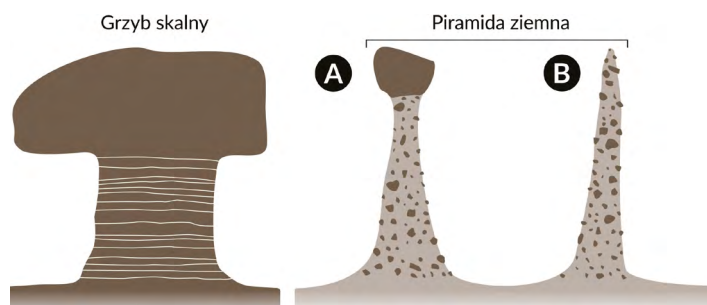
Relacja grzybów skalnych do form zbliżonych kształtem jest przedstawiana w różny sposób. Klimaszewski (1981, s. 256) wymieniał grzyby skalne jako jeden z rodzajów ostańców denudacyjnych, wypreparowanych przez usuwanie pokrywy zwietrzelinowej i odstawianie „nierówności podłoża skalnego” w obrębie grzbietów, wiąże je zatem z formami zbudowanymi ze skał zwięzłych. W innym miejscu (s. 263-264) omawiał piramidy ziemne, które charakteryzował jako „słupy gliniasto-gruzowe, uwieńczone okruciami skalnymi”, wspominając równocześnie, że w obszarach o deszczach nawalnych ich wysokość dochodzi do 3 m. Dodał także, że słupy mogą być zbudowane z tufu. Takie ujęcie wskazuje, że piramidy ziemne w przeciwieństwie do grzybów skalnych były związane z utworami luźnymi bądź słabo skonsolidowanymi, choć wyglądem mogły przypominać grzyby (Klimaszewski, 1981, ryc. 116). W tym kontekście należy podkreślić, że ostrej granicy między skałą zwięzłą a słabo skonsolidowaną nie sposób postawić, a dodatkowo, w warunkach powierzchniowych działa proces wzmacniania skrajnie zewnętrznej partii skały o niewielkim stopniu konsolidacji (ang. *case hardening*), utrwalając formę słupa lub piramidy nakrytej odpornym elementem skalnym. Przykładem mogą być ostańcowe formy skalne z Kapadocji (środkowa Turcja) zbudowane z ignimbrytów o różnej twardości, wynikającej ze stopnia spieczenia materiału (Topal i Doyuran, 1998; Çiner i Aydar, 2019). Nie ma także różnicy wysokości między grzybami skalnymi a piramidami ziemnymi, które mogą osiągać znacznie większe wysokości niż 3 m.

W literaturze anglojęzycznej można spotkać się z analogicznym do polskiego określeniem *rock mushroom*, ale nie jest ono powszechnie stosowane w literaturze naukowej i niekiedy pojawia się w cudzysłowie. Najczęściej występuje określenie *pedestal rock*, stosowane już w latach 20. i 30. XX w. (Bryan, 1923, 1926; Leonard, 1927; Crickmay, 1935) i zdefiniowane w Encyklopedii Geomorfologii jako „izolowany fragment masywu skalnego składający się z wąskiego pnia, szyi lub kolumny podpierającej szersze nakrycie” (Twidale, 2004, s. 768, tłum. autorów). Angielski wyraz *pedestal* odnosi się do dolnej, wąskiej części formy skalnej. Innym terminem spotykanym w anglojęzycznych pracach, głównie z Ameryki Północnej, jest *hoodoo*. Jego relacja do *pedestal rock* nie jest jednak jednoznaczna. Ward (2004) podkreślił obecność materiału o większej odporności chroniącego kolumnę zbudowaną z materiału bardziej podatnego na erozję, zaznaczając przy tym, że takim chroniącym elementem jest często pojedynczy głaz lub blok skalny. Konsekwentne stosowanie takiego warunku zrównywałoby znaczeniowo termin *hoodoo* z piramidą ziemną według Klimaszewskiego (1981), jednak w tym samym tekście Ward podał przykład Parku Narodowego Bryce Canyon jako miejsca występowania form tego typu, gdzie podłożem są poziomo zalegające słodkowodne wapienie z przełomu kredy i paleogenu, a ostańce na ogół nie przybierają kształtu grzybów. Neuendorf et al. (2005) zdefiniowali *hoodoo* jako kolumnę lub iglicę skalną o nietypowym kształcie, jednak warunek obecności odpornej czapy nie został postawiony. Termin ten można zatem traktować jako tożsamy znaczeniowo ze „skalnymi i ziemnymi słupami i sterczynami” (*rock and earth pinnacle and pillar*), które mogą, ale nie muszą posiadać ochronnej czapy bardziej odpornego materiału skalnego w najwyższej części (Migoń, 2004). Przegląd literatury anglojęzycznej pozwala zatem na sformułowanie dwóch uogólnień. Po pierwsze, terminy *pedestal rocks* i *hoodoos* odnoszą się do form o nieco innym wyglądzie i litologii (ryc. 1), choć postawienie jednoznacznej granicy między nimi nie wydaje się możliwe i istnieją formy, które mogłyby być opisane przy użyciu obu terminów. Po drugie, zasadnicza różnica może dotyczyć nie tyle kształtu, co kluczowych procesów powodujących powstanie obu form. W przypadku *hoodoo*,

rozwijających się w skałach miękkich i osadach słabo skonsolidowanych, podstawową rolę wydaje się odgrywać erozja wodna. *Pedestal rocks* tworzą się przy głównym udziale procesów wietrzeniowych. Zagadnienia te zostaną rozwinięte w jednej z dalszych części artykułu. Niektórzy autorzy stosowali określenie *pedestal rock* także do form powstałych przez selektywną erozję utworów nieskonsolidowanych (Nocita, 1986), z kolei termin *hoodoo* był także używany do opisu nietypowo ukształtowanych form ostańcowych w strefie litoralnej (Wang, 2005).

Wizualne skojarzenia z grzybami są z kolei obecne w terminologii wykorzystywanej w innych językach, m.in. niemieckim (*Pilzfelsen* – np. Chábera i Huber, 1995), czeskim (*skalní hřiby* – np. Víték, 1981; Adamovič et al., 2010), francuskim (*roches champignon* – np. Sesan, 1971) czy hiszpańskim (*rocas fungiformas* – np. Centeno i Twidale, 1988).

Używane w dalszej części artykułu określenie „skalne grzyby” będzie nawiązywać do kształtu formy ostańcowej i obecności masywniejszej, odporniejszej części górnej, niezależnie od litologii danej formy i jej genezy. Obejmować też będzie niektóre piramidy ziemne, jeśli tylko posiadają one nakrycie z bardziej odpornego materiału skalnego (ryc. 1). Pochodzenie skalnych grzybów jest zresztą na ogół trudne do jednoznacznego określenia, a jako roboczą hipotezę można przyjąć, że formy te są poligeniczne.



**Ryc. 1.** Zróżnicowanie kształtu form ostańcowych

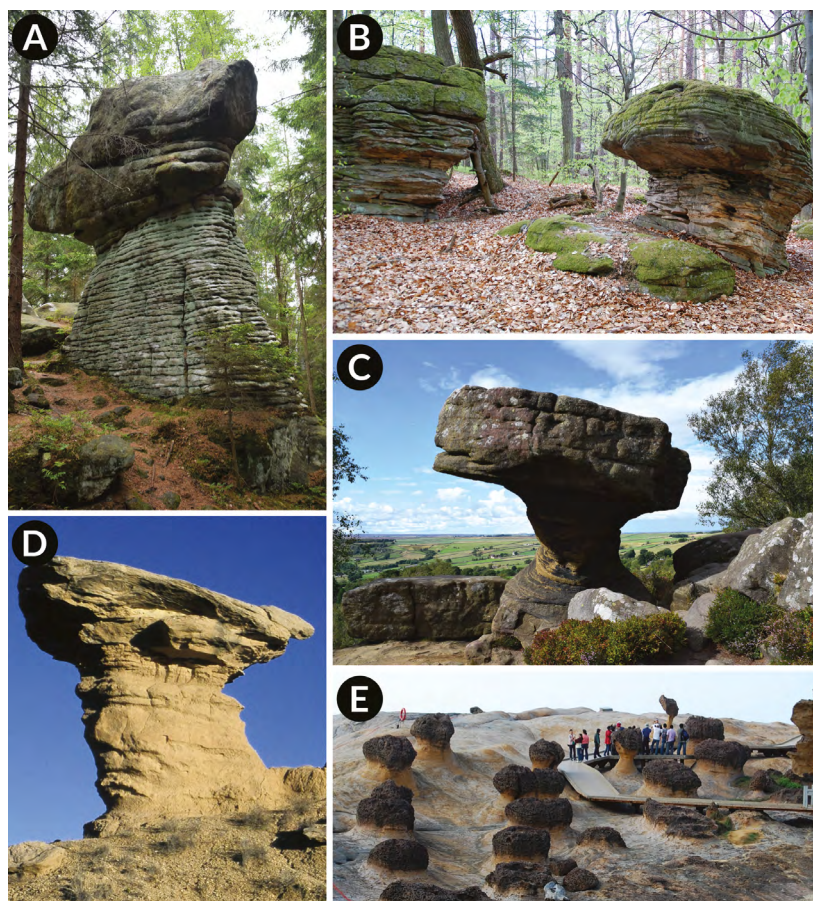
Piramidy ziemne: A – z głazem/blokiem skalnym jako czapą, B – bez głazu, w kształcie kolumny lub sterczyny  
*Diversity of shape of residual landforms*

*Hoodoo rocks: A – with a boulder as a cap, B – without a capping block, as a pillar or pinnacle*

## Skalne grzyby w Polsce i na świecie

**Piaskowce i zlepieńce.** Szczególne bogactwo form skałkowych jest charakterystyczne dla obszarów piaskowcowych (np. Young i Young, 1992; Migoń i Viles, 2015; Migoń et al., 2017). Wśród bardziej typowych baszt i iglic skalnych, znanych na przykład z obszaru północnej Australii (np. Young, 1986; Young i Wray, 2015) czy Czech (np. Robinson i Williams, 1994), częste jest występowanie dwudzielnych morfologicznie form kształtem przypominających grzyby. Zdarza się, że skałki tego typu tworzą większe skupiska, a jednym z przykładów takiego nagromadzenia są Skalne Grzyby w Górach Stołowych. Na obszarze o długości około 2,5 km i szerokości 1 km, w obrębie tzw. Płaskowyżu Centralnego powyżej Progu Radkowa, rozpoznano około 100 dużych grzybopodobnych form skalnych założonych w piaskowcach. Chociaż ich wspólną cechą jest obecność szerokiej czapy na węższej podstawie, różnią się one od siebie wysokością i kształtem. Największe grzyby

skalne w Górach Stołowych osiągają wysokość do 10 m, najmniejsze nie przekraczają 2 m. Formy najwyższe, wyrastające z podłogi skalnej w bezpośrednim pobliżu Progu Radkowa, zatracają charakterystyczną, dwudzielną morfologię i stają się grzybami piętrowymi, zbudowanymi z naprzemianległych odcinków szerszych i węższych (Walczak, 1963). Formy położone w głąb plateau bywają bardziej przysadziste, a ich czapa często osiąga większą grubość od trzonu. Czapa każdego z grzybów skalnych Gór Stołowych jest wyraźnie masywna, podczas gdy jego trzon obfituje w powierzchnie oddzielności o małym odstępie. Lokalne zróżnicowanie gęstości i układu powierzchni nieciągłości znajduje czytelne odbicie w morfologii grzybów, przybierających niekiedy formy jeszcze bardziej fantastyczne (fot. 1A). Podobne zespoły grzybów skalnych – choć w mniejszym nagromadzeniu i zazwy-



**Fot. 1.** Grzyby skalne wykształcone w piaskowcach

A – Głowa Lamy w Górach Stołowych, B – grzyby skalne w rezerwacie przyrody Skalki Piekło pod Nieklaniem, C – Druid's Writing Desk w obrębie Brimham Rocks, Anglia, D – grzyby skalne w Nowym Meksyku, USA, E – skalne grzyby na półwyspie Yehliu, Tajwan (fot. A, B, D, E – P. Migoń, C – F. Duszyński)

*Pedestal rocks developed in sandstones*

A – 'Llama's Head' in the Stołowe Mountains, Poland, B – pedestal rocks in the 'Skalki Piekło pod Nieklaniem' Nature Reserve, Poland, C – 'Druid's Writing Desk' in the Brimham Rocks, England, D – pedestal rock in New Mexico, USA, E – pedestal rocks on the Yehliu Peninsula, Taiwan

czaj o mniejszej wysokości – występują także w czeskiej części Gór Stołowych, w obrębie Broumovskiej Vrchoviny (np. Vítek, 1981). W obrębie wyższego poziomu morfologicznego Gór Stołowych, do którego należy wierzchowina Szczelińca Wielkiego i labirynt Błędných Skał, grzybopodobnych form skalnych jest zdecydowanie mniej.

Z górnokredowego piaskowca zbudowane są także skalne grzyby w rejonie Krzeszowa (Sudety Środkowe), występujące na czole niewielkiej kuesty. Jej odcinek objęty zasięgiem rezerwatu Głazy Krasnoludków obfituje w dwudzielne skałki o przeciętnej wysokości dochodzącej do 5 m, z masywnymi czapami o grubości 2-3 m. Wiele grzybów wyrasta z górnej powierzchni masywnych form skalnych, tworzących skalisty próg. W przypadku części grzybopodobnych skałek wyraźnie uwidacznia się gęstsze warstwowanie w obrębie trzonu, jednak większość z nich wydaje się dość homogeniczna w pionie (Migoń i Placek, 2007).

W Górach Świętokrzyskich grzyby skalne występują lokalnie. Były opisywane pod tą nazwą między innymi z rezerwatu przyrody Skałki Piekło pod Niektaniem (fot. 1B), gdzie osiągnęły do 8 m wysokości (Lindner, 1972). We wschodniej części tego obszaru czapy grzybów są niewiele szersze od ich trzonu, jednak w części zachodniej jednometrowej szerokości trzony bywają przykryte nawet trzymetrowej szerokości czapami. Wszystkie grzyby skalne w rezerwacie wykazują duże zróżnicowanie litologiczne i strukturalne w pionie, a Lindner (1972) zwracał też uwagę na niejednakowe wysycenie krzemionką poszczególnych partii skałek. Sylikację, skutkującą lokalnym wzrostem odporności tworzywa skalnego, łączył z intensywnym wietrzeniem chemicznym w tropikalnym klimacie trzeciorzędu.

W Karpatach fliszowych także spotyka się grzyby skalne, jednak w porównaniu do skałek o innych kształtach jest ich stosunkowo niewiele. Popularnym wśród turystów obiektem jest skałka Grzybek w rezerwacie przyrody Skamieniałe Miasto w Ciężkowicach (Gruszka, 2009; Alexandrowicz, 2012), której trzon ma około 4 m, a masywna czapa – 6 m wysokości. Rezerwat przyrody Kamień Grzyb na Pogórze Wiśnickim chroni skałkę o tej samej nazwie, która zbudowana jest z piaskowca istebniańskiego wieku paleoceńskiego (Alexandrowicz, 2008; Strzeboński, 2009, 2012b). Kamień Grzyb ma około 6 m wysokości, łącznie z dwumetrowym cokołem, z którego wyrasta trzon. Zarówno cokół, jak i czapa są zbudowane z warstw masywnych, trzon obfituje natomiast w gęste i nieregularne ławice piaskowców zlepiercowatych (Strzeboński, 2009). Trzy bezimienne skalne grzyby są objęte ochroną w ramach pomnika przyrody Kamienie Brodzińskiego (Strzeboński, 2012a). Podobnie jak w opisywanych wcześniej przypadkach, masywne czapy spoczywają tu na gęsto warstwowanych trzonach.

Poza Polską z formami skalnymi przypominającymi grzyby spotkamy się między innymi w Anglii. W jej południowo-wschodniej części, na pograniczu hrabstw East Sussex i Kent, powszechne są wychodnie dolnokredowego piaskowca Ardingly, a wśród nich przynajmniej dwa miejsca występowania form grzybopodobnych (Robinson i Williams, 1976; Duszyński i Migoń, 2020b). Pierwszym z nich jest Rusthall Common na zachód od miejscowości Royal Tunbridge Wells, gdzie występuje wysoka na 4 m Toad Rock, gęsto warstwowana w części dolnej i masywna w partii górnej. Drugą lokalizacją jest obszar Chiddinglye Wood, gdzie znajduje się grzyb skalny Great-upon-Little, o wysokości ponad 5 m. Masywna czapa tej skałki w najdłuższym miejscu sięga 6 m, wspierając się na trzonie, który w najkrótszej sekcji ma zaledwie 40 cm (Duszyński i Migoń, 2020b). Nietypowy wygląd tej formy sprawił, że już pod koniec XVIII w. skałka została uwieczniona przez znanego artystę Samuela Hieronymusa Grimma (ryc. 2). Równie spektakularne skalne grzyby, tyle że w większym nagromadzeniu, występują w północnej Anglii, niedaleko Harrogate. W ob-



rębie Brimham Rocks, będących klasycznym przykładem rzeźby ruinowej (Migoń et al., 2017; Duszyński i Migoń, 2020a), form tego typu jest wiele, przy czym ich morfologia jest zróżnicowana. Symbolem obszaru jest Idol, którego czapa, długa na maksymalnie 4,5 m, wspiera się na trzonku o wymiarach zaledwie 1,1 x 0,3 m (w największym odcinku). Dalsze przykłady to Druid's Writing Desk (dosł. Biurko Druidów), złożony z jednometrowej grubości płyty skalnej spoczywającej na trzonie o wysokości 2 m (fot. 1C) oraz skałka Anvil.

Niewielkie grzybopodobne formy skalne występują także w podparyskim lesie Fontainebleau we Francji (Robinson i Williams, 1994; Thiry, 2005). Część z nich wyrasta z niemal płaskiej powierzchni piaszczynowego plateau, inne występują w dnieniu obniżenia wciętego w płaskowyż. Inaczej niż w większości przywołanych wcześniej przypadków, w ich budowie nie zaznacza się zróżnicowanie strukturalne pomiędzy czapą i trzonem. Różna szerokość partii dolnej i górnej tłumaczona jest wydajniejszym rozpuszczaniem kwarcowego piaszczynowca w pozycji podpowierzchniowej w czasie, gdy przyszły trzon nie został jeszcze wypreparowany i znajdował się w pokrywie glebowej (Thiry, 2005), aczkolwiek nierównomierna sylikacja piasków Fontainebleau mogła również odegrać rolę (Thiry et al., 1988; Thiry, 2007).

W Stanach Zjednoczonych najbardziej znane piaszczynowe i zlepieńcowe skalne grzyby rozpoznano w stanie Nowy Meksyk (Wyżyna Kolorado) (fot. 1D). K. Bryan (1923, 1926) opisał dwa ich typy. Pierwszy związany jest z zaleganiem allochtonicznego bloku zlepieńca



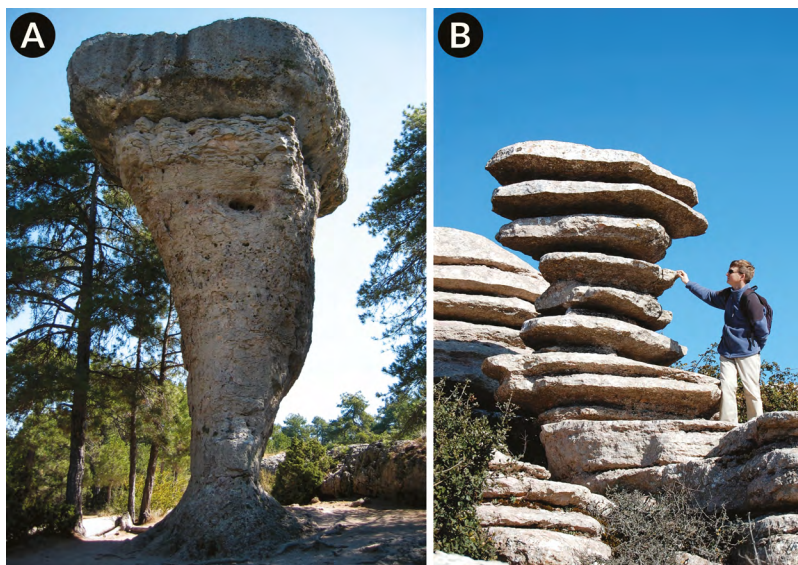
**Ryc. 2.** Grzyb skalny Great-upon-Little na oryginalnej rycinie Samuela Hieronymousa Grimma z 1780 r. *The pedestal rock called 'Great-upon-Little' on the original drawing of Samuel Hieronyoums Grimm from 1780*  
Źródło: British Library Online Gallery (<http://www.bl.uk/onlinegallery/>).

na mniej odpornych i podatnych na wietrzenie i erozję łupkach. Drugi reprezentowany jest przez klasyczne ostańce denudacyjne, których czapę tworzy piaskowiec masywny zalegający na odmianie zdecydowanie mniej odpornej, gęsto laminowanej.

Osobliwe formy skalnych grzybów powstały w słabo skonsolidowanych piaskowcach wapienistych wieku miocenijskiego, występujących w strefie brzegowej północno-wschodniego Tajwanu. Osiągają one do 3-4 m wysokości i wyrastają z przybrzeżnych platform skalnych (Hong i Huang, 2001; Wang, 2005). Na półwyspie Yehliu można obserwować ostańce o różnych kształtach, od słabo zaakcentowanej formy grzyba po takie, w których szerokość trzonu w największym miejscu wynosi poniżej 0,5 m (fot. 1E). Czapę wyróżniają się ciemniejszą barwą, będącą skutkiem tworzenia zewnętrznych skorup wietrzeniowych. Obecność czap nie jest związana ze zróżnicowaniem litologicznym. Jeszcze innym nietypowym przykładem są występujące w niektórych obszarach piaskowcowych Czech *po-klíčky*, których cienką czapę tworzy warstwa żeleźniaka w obrębie piaskowca. Żeleźniaki, związane głównie z wytrącaniem związków żelaza z roztworów hydrotermalnych powiązanych genetycznie z wulkanizmem, przyjmują różne formy, w tym poziomych horyzontów. Impregnacja żelazem znacznie podwyższa twardość skały, w efekcie czego podczas erozyjnego rozcinania płaskowyzu na zboczach dolin zostały wyodrębnione formy ostańcowe w kształcie grzybów (Balatka i Sládek, 1973; Adamović, 2016).

**Skały węglanowe.** W skałach węglanowych (wapieniach, dolomitach) ostańcowe formy skałkowe są częste (Pulina, 1999; Ford i Williams, 2007), ale stosunkowo rzadko przybierają one kształty skalnych grzybów. Powszechniejsze są formy nieregularne, odzwierciedlające zróżnicowany stopień spękania i zróżnicowanie facjalne w małej skali, a także spiczaste (ang. *pinnacles*), znane między innymi z obszarów krasowych południowych Chin, Mulu na Borneo czy Tsingy de Bemaraha na Madagaskarze (Ginés et al., 2009), często zgrupowane w skalne miasta lub rozległe obszary rzeźby ruinowej (zob. Duszyński i Migoń, 2018). Do największych znanych skalnych grzybów należą ostańce w obrębie Ciudad Encantada w środkowej Hiszpanii, w Górach Iberyjskich (Twidale i Centeno, 1993). Są zbudowane z dolomitów i osiągają do 15 m wysokości, z masywną czapą o grubości do 5 m, wspierającą się na węższym, ale również masywnym trzonie (fot. 2A). Dolomity są wieku późnokredowego i tworzą prawie poziomo zalegający kompleks o grubości do 85 m, zróżnicowany pod względem litologicznym, z naprzemiennie występującymi warstwami o różnej porowatości i zawartości części ilastych. Nietypowe, złożone formy podobne do grzybów powstały w jurajskich wapieniach skalnego miasta El Torcal w Górach Betyckich w Andaluzji (fot. 2B). Kształtem przypominają one śruby i tak są lokalnie nazywane (*El Tornillo* – śruba). Przemienność fragmentów wystających i cofniętych wynika z gęstego warstwowania i bardziej wydajnego wietrzenia zachodzącego wzdłuż powierzchni warstwowania. Różnorodność pod względem kształtów formy grzybów zostały opisane z okolic oazy Farafra w Egipcie (tzw. Biała Pustynia) (Plyusnina et al., 2016; Embabi, 2018). Są zbudowane z mało związanych warstw kredy piszącej, występują w dużych skupiskach i osiągają do 4-5 m wysokości. Z punktu widzenia związku z budową geologiczną reprezentowane są dwa typy. Część grzybów wyraźnie nawiązuje do różnic litologicznych, a granica trzon/czapa jest granicą warstw o różnej odporności na niszczenie. Te formy są w większości przysadziste, a cofnięcie trzonu jest niewielkie. Inne nie wydają się być związane ze zróżnicowaniem litologicznym, choć czapa bywa wzmocniona wtórną skorupą wietrzeniową.





**Fot. 2.** Grzyby skalne wykształcone w skałach węglanowych

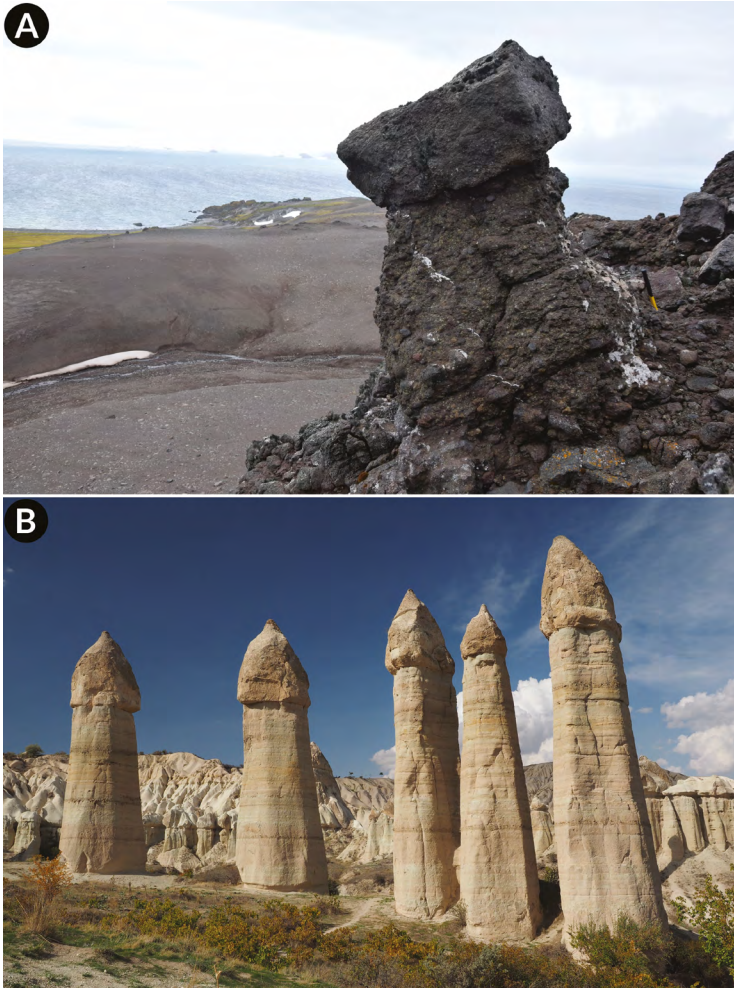
A – grzyb skalny w dolomitach w Ciudad Encantada, Hiszpania, B – wapienny grzyb skalny w El Torcal, Hiszpania (fot. P. Migoń)

*Pedestal rocks developed in carbonate rocks*

*A – pedestal rock in dolomites at Ciudad Encantada, Spain, B – limestone pedestal rock at El Torcal, Spain*

**Skały wulkaniczne.** Skalne grzyby w skałach wulkanicznych są najczęściej związane z utworami piroklastycznymi, zróżnicowanymi pod względem litologicznym, a równocześnie ogólnie słabo skonsolidowanymi i stąd łatwo podlegającymi selektywnemu niszczeniu. W aglomeratach tworzonych przez fragmenty lawy różnej wielkości rolę czapy odgrywają duże odłamki, metrowej i większej długości, często o nieregularnym kształcie. Stanowią one ochronne nakrycie dla drobniejszego materiału znajdującego się poniżej, a odpowiednie formy ostańcowe spełniają zarówno kryterium morfologiczne skalnego grzyba, jak i genetyczne piramidy ziemnej (fot. 3A). Takie formy mogą osiągać kilka metrów wysokości. Formy grzybopodobne powstają też w sekwencjach ignimbrytowych, zbudowanych z warstw o różnej twardości i odporności na niszczenie. Grzyby występują wówczas gromadnie, często z czapkami na jednym poziomie wysokościowym, nawiązującym do położenia warstwy o podwyższonej twardości, zwykle wynikającej ze spieczenia ignimbrytu. Klasycznym obszarem występowania grzybów tego typu jest Kapadocja w środkowej Turcji, gdzie osiągają one do 15 m wysokości (Sarikaya et al., 2015; Çiner i Aydar, 2019). Trzony są wąskimi kolumnami, a czapy przyjmują charakterystyczny kształt stożków (fot. 3B).

**Granit.** W skałach granitowych izolowane formy skałkowe występują powszechnie (Linton, 1955; Jahn, 1962; Votýpka, 1979; Migoń i Vieira, 2014; Michniewicz, 2019), ale regularne kształty grzybów są rzadko spotykane. Można wśród nich wyróżnić dwie odmiany. Pierwszą tworzą formy wyraźnie podzielone na trzon i czapę, gdzie granicę między nimi stanowi pozioma powierzchnia oddzielności (spękanie horyzontalne) (fot. 4A i B). Wysokość trzonu jest zróżnicowana, od poniżej 1 m do kilku metrów, podobnie zróżnicowana



**Fot. 3.** Grzyby skalne wykształcone w skałach wulkanicznych

A – na Wyspie Króla Jerzego, Antarktyka, B – w Kapadocji, Turcja (fot. A – P. Migoń, B – M. Kasprzak)

*Pedestal rocks developed in volcanic rocks*

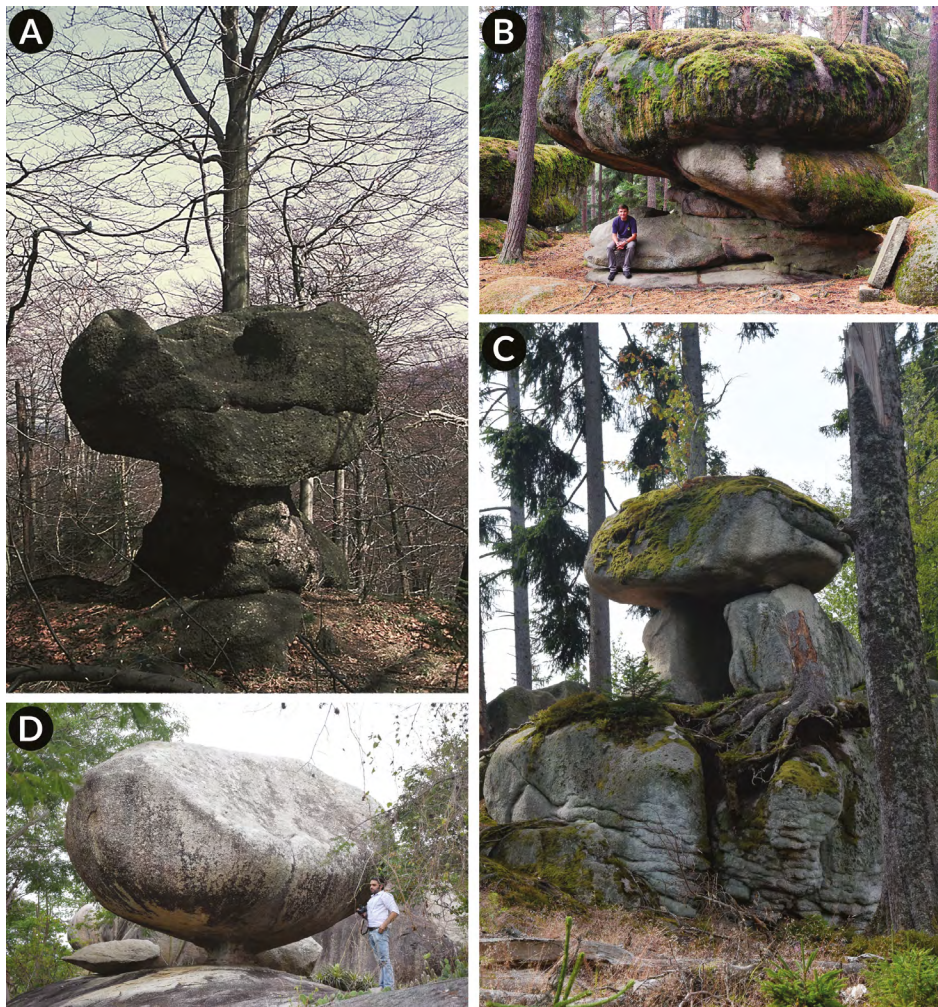
*A – on King George Island, Antarctica, B – in Cappadocia, Turkey*

jest szerokość i w konsekwencji proporcja szerokości trzonu do czapy. Trzon może być zwarty, ale zaawansowane wietrzenie może doprowadzić do znaczącej degradacji i pęknięć w jego obrębie, tak że czapka wspiera się wówczas na kilku kolumnach (fot. 4C). Drugą odmianą są formy, w których postawienie granicy między trzonem a czapą jest umowne, a skałka w sposób płynny rozszerza się ku górze, na podobieństwo litery S. Cała forma jest zbudowana z jednego bloku masywnego granitu, znacząco zwężonego przy podstawie (fot. 4D). Również w tych przypadkach wielkości grzybów są zróżnicowane, od mniej niż 2 m do ponad 5 m wysokości, natomiast szerokość czapy może być nawet dziesięciokrotnie większa od szerokości trzonu. W innych przypadkach zwężenie u podstawy jest nieznaczne, od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Omawiane nisze w dol-



nej części form ostańcowych zostały opisane przez C.R. Twidale'a (1962) jako *flared slopes* (w polskiej literaturze zaproponowano termin nisza kloszowa – Czerwiński i Migoń, 1993) i są one według tego autora diagnostyczne dla dwufazowej genezy skalnych grzybów (Twidale i Campbell, 1992).

Skalne grzyby w granitach były opisywane z różnych obszarów na świecie, między innymi z masywu karkonosko-izerskiego w Sudetach Zachodnich (fot. 4A), Szumawy (fot. 4C), Waldviertel w Austrii (fot. 4B), Geoparku Naturtejo w Portugalii, z południowych Chin, Appalachów, północno-wschodniej Brazylii (fot. 4D) i Australii.



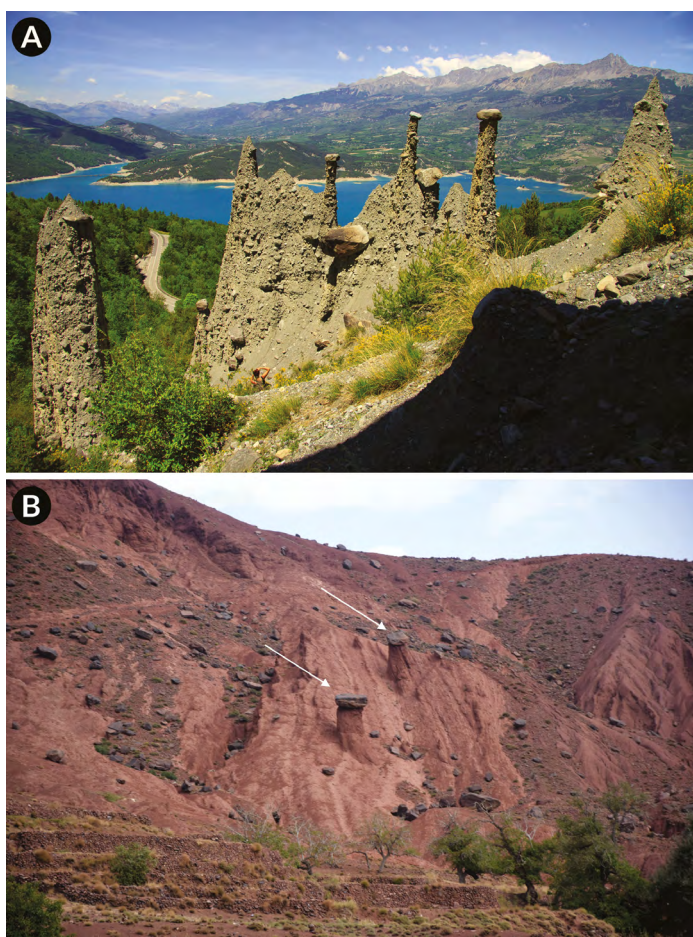
**Fot. 4.** Grzyby skalne wykształcone w granitach

A – w czeskiej części Gór Izerskich, B – w Waldviertel, Austria, C – na Szumawie, Czechy, D – w Pai Mateus, pn.-wsch. Brazylia (fot. P. Migoń)

*Pedestal rocks developed in granites*

A – in the Czech part of the Izerskie Mountains, B – in Waldviertel, Austria, C – in the Bohemian Forest, Czechia, D – in Pau Mateus, NE Brazil

**Utwory morenowe, fluwioglacjalne i aluwialne.** Wprawdzie Klimaszewski (1981) dokonał wyraźnego rozróżnienia genetycznego pomiędzy skalnymi grzybami a piramidami ziemnymi w utworach o niewielkiej zwięzłości, jednak w rzeczywistości granica nie jest ostra. Ostańcowe formy grzybopodobne w Kapadocji rozwijają się wskutek połączonych procesów wietrzeniowych, modelujących formę grzyba, jak i erozji wodnej prowadzącej do ich stopniowego wyodrębniania się ze stoku (Sarikaya et al., 2015; Çiner i Aydar, 2019). Typowe piramidy ziemne (w rozumieniu Klimaszewskiego, 1981) z blokiem skalnym tworzącym wierzchołek powstają przez selektywną erozję utworów morenowych i są znane z różnych miejsc w Alpach szwajcarskich – piramidy Euseigne w dolinie Hérens (Bollatti et al., 2016; Lambiel, 2020), włoskich – piramidy Postalesio w Valtellina (Bollatti et al., 2017) i koło Bolzano w południowym Tyrolu (Benl, 1966) oraz francuskich – Demoiselles Coiffées de Pontis nad sztucznym jeziorem Serre-Ponçon (fot. 5A). Wysokość pojedynczych



**Fot. 5.** Piramidy ziemne z ochronną czapą

A – w Alpach Francuskich, B – w Wysokim Atlasie, Maroko (fot. A – K. Jancewicz, B – P. Migoń)

*Hoodoos with resistant capping*

*A – in the French Alps, B – in the High Atlas, Morocco*

form sięga kilkunastu metrów, a bloki stanowiące czapę mają okazjonalnie 2-3 m długości. Grubość trzonu jest bardzo zróżnicowana, od form masywnych po wąskie kolumny o szerokości około 0,5 m. Analogiczne formy powstają w utworach wodnolodowcowych i grubych seriach osadów aluwialnych, aczkolwiek wielkość bloków tworzących czapki jest wówczas mniejsza i długości powyżej 1 m są rzadkością (Benl, 1966). Piramidy ziemne występują gromadnie, w zespołach liczących kilkadziesiąt, a nawet powyżej 100 pojedynczych form. Niekiedy są złączone podstawami, wyrastając z żeber i pomniejszych grani; inne stoją w całkowitej izolacji. W związku z występowaniem na zboczach dolin są zwykle asymetryczne pod względem wysokości.

### **Litologiczno-strukturalne uwarunkowania rozwoju grzybów skalnych**

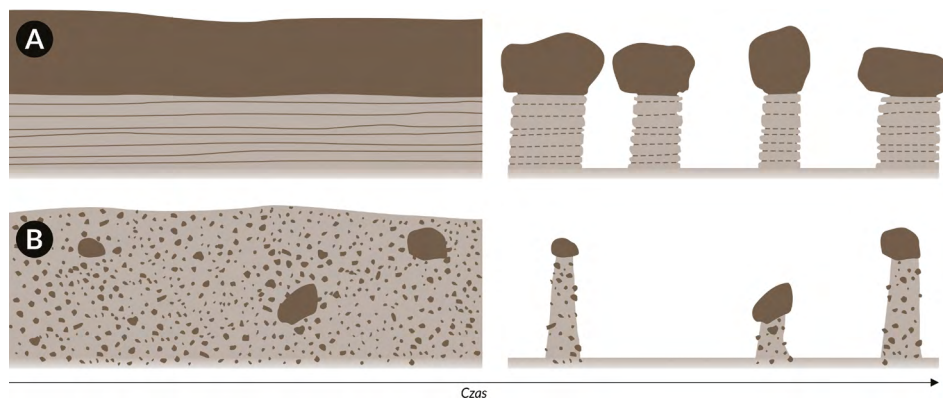
Z grzybami skalnymi spotykamy się praktycznie we wszystkich typach skał, niemniej ich obecność odzwierciedla różne uwarunkowania geologiczne, zarówno litologiczne (związane ze składem skały), jak i strukturalne (powierzchnie nieciągłości, układ warstwowy, post-sedymentacyjne zaburzenia osadu). Przeprowadzona kwerenda literatury i obserwacje własne autorów pozwalają na dokonanie uogólnienia i wyróżnienia trzech głównych grup uwarunkowań odpowiedzialnych za powstanie grzybów skalnych.

**Układ warstwowy – czapa z bardziej odpornego materiału.** Sytuacja ta, przypuszczalnie najbardziej rozpowszechniona, jest szczególnie charakterystyczna dla grzybów skalnych w piaskowcach i zlepieńcach, do pewnego stopnia także w skałach wapiennych oraz ignimbrytach. Związana jest ona z warstwowym, najczęściej subhoryzontalnym występowaniem ławic i warstw o różnej odporności (ryc. 3A). Chociaż litologicznie dolna i górna partia grzyba mogą nie różnić się, to o ich odmiennej podatności na wietrzenie decyduje struktura skały. Czapa, na przykład na skutek zjawiska bioturbacji w okresie składania osadu (Meysman et al., 2006), jest bardziej masywna od trzonu, który obfituje w bardzo liczne powierzchnie oddzielności, sprzyjające wydajniejszemu niszczeniu w wyniku procesów egzogenicznych. W efekcie, od momentu wyodrębnienia się izolowanej formy skałkowej z większego masywu skalnego, czapa pozostaje szersza niż trzon, a w miarę upływu czasu różnica w szerokości obu segmentów grzyba powiększa się. Taka sytuacja skutkuje powolnym podcinaniem czapy i jej zawaleniem się w dłuższej perspektywie czasowej. Charakterystyczne dla tego typu układu jest gromadne występowanie grzybów, co związane jest z faktem ich rozwoju w obrębie jednej struktury płytowej lub monoklinalnej. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, czapy grzybów znajdują się na jednakowej bądź bardzo zbliżonej wysokości. Tego typu przykłady możemy obserwować na Płaskowyżu Centralnym Gór Stołowych. W ignimbrytach Kapadocji decydującą rolę odegrał stopień spieczenia osadu. Większa odporność czapy może być też zjawiskiem wtórnym, związanym z nierównomierną sylikacją osadu, impregnacją związkami żelaza lub tworzeniem skorup powierzchniowych.

**Chaotyczne rozmieszczenie elementów odporniejszych.** Powszechne są również sytuacje, gdy położenie czapy, czy szerzej – wysokości grzybów skalnych – wyraźnie odbiegają od regularności charakterystycznej dla układów warstwowych (ryc. 3B). Najlepszy przykład stanowią dwudzielne skałki w utworach piroklastycznych i morenowych. Roz-



mieszczenie większych elementów skalnych pełniących rolę ochronnych czap dla utworów znajdujących się poniżej jest uwarunkowane losowo. Wiąże się z występowaniem większego odłamka skalnego znajdującego się w obrębie utworów piroklastycznych lub wodnolodowcowych lub z pozostawieniem w danym miejscu głazu przez lodowiec. Ponieważ mało związane utwory wulkaniczne lub lodowcowe znajdujące się poniżej są mniej odporne na niszczenie niż pojedynczy, duży element skalny, dochodzi do rozwoju formy grzybopodobnej. Element przypadkowości towarzyszący depozycji większego materiału skalnego sprawia, że sąsiednie grzyby osiągają różną wysokość (w zależności także od uwarunkowań topograficznych, np. usytuowania na stoku). Ponadto ich rozmieszczenie także jest nieregularne. Inaczej bowiem niż w przypadku struktur warstwowych, gdzie położenie grzybów przeważnie nawiązuje do siatki powtarzalnych pionowych spękań w masywie skalnym, pozycja topograficzna skalnych grzybów i piramid skalnych w skałach piroklastycznych i w utworach morenowych jest zdeterminowana wyłącznie miejscem zdeponowania odłamka skalnego tworzącego czapę. Należy podkreślić, że z losowym rozmieszczeniem elementów odporniejszych możemy spotkać się także w przypadku innych typów skał, np. piaskowców bądź zlepieńców. Sytuacja taka ma miejsce na przykład wtedy, gdy blok skalny zostanie odspojony od ściany i przemieści się na znajdujący się niżej stok zbudowany ze skał mniej odpornych. Ochronna rola spełniana przez taki blok może sprawić, że materiał znajdujący się bezpośrednio poniżej niego nie ulegnie wietrzeniu i erozji tak szybko, jak sąsiadujący z nim odcinek stoku, co skutkować będzie rozwojem grzyba skalnego (fot. 5B). W takim przypadku występowanie grzybów skalnych jest jednak ograniczone do pojedynczych, samotnie sterczących skałek (np. Bryan, 1923).



**Ryc. 3.** Uwarunkowania rozwoju grzybów skalnych

A – warstwowy układ skał: czapa zbudowana z bardziej odpornego materiału, B – przypadkowe rozmieszczenie elementów skalnych tworzących czapę

*Controls of the development of pedestal rocks*

*A – layered structure: cap built of more resistant material, B – random distribution of cap-forming rock elements*

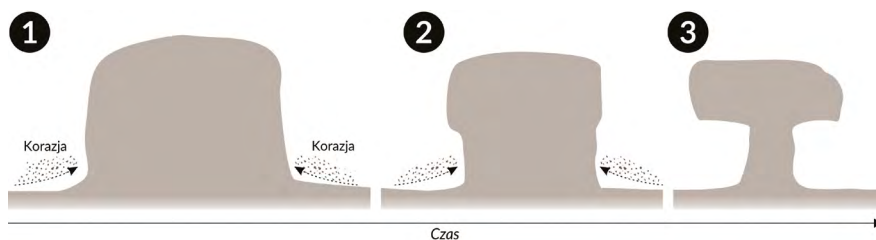
**Brak ewidentnych uwarunkowań litologicznych.** Nieco rzadsza jest sytuacja, gdy w budowie grzyba skalnego praktycznie niezauważalne jest zróżnicowanie litologiczne bądź strukturalne czapy i trzonu. Jest to szczególnie charakterystyczne dla skał granitoidowych, gdzie trzon poszerza się ku górze, płynnie przechodząc w czapę. Nie jest wykluczone, że odpo-

wiadać mogą za to pewne specyficzne różnice składu mineralnego bądź chemicznego, jednak w piśmiennictwie dominuje pogląd, że taki kształt skałek granitowych jest efektem i świadectwem dwuetapowego rozwoju (Twidale, 1962; Twidale i Campbell, 1992). W takim ujęciu, do powstania węższych trzonów przyczyniło się intensywne wietrzenie chemiczne zachodzące pod powierzchnią, które doprowadziło do rozkładu tej części skały, natomiast forma grzyba została wyeksponowana w drugim etapie, przez denudacyjne usunięcie zwierzeli. Brak ewidentnych zależności między formą a budową geologiczną cechuje niektóre grzyby skalne w środowisku pustynnym i litoralnym, co wynika ze znacznie większej efektywności procesów niszczących (korazja, abrazja) w strefie podstawy formy ostańcowej.

### Poglądy na genezę skalnych grzybów

**Koncepcja eoliczna.** Spośród poglądów na genezę skalnych grzybów koncepcja zakładająca nadrzędną rolę wiatru stała się najbardziej rozpowszechniona. Do dziś w polskich podręcznikach szkolnych geografii skalne grzyby wymieniane są pośród tych form rzeźby, które najlepiej dokumentują proces korazji. Wedle tej koncepcji za powstanie charakterystycznej grzybopodobnej formy odpowiadają ziarna piasku niesione z wiatrem, które przez długi czas rozbijają się o izolowaną skałkę, stopniowo ją szlifując (ryc. 4). W związku z tym, że ziarna piasku są efektywnie przemieszczane do wysokości około 1 m nad powierzchnią gruntu, w tej strefie niszczenie formy skalnej jest najbardziej intensywne (Laity, 2009, 2015). W efekcie pierwotnie jednolita skałka staje się z czasem morfologicznie dwudzielna, z przewężonym przez korazję trzonem i szeroką, mniej zniszczoną czapą.

Z genezą eoliczną wiąże się w szczególności istnienie grzybów skalnych na obszarach suchych, gdzie rzeźbotwórcza rola wiatru odznacza się najbardziej. Niemniej w starszych opracowaniach tłumaczących powstanie grzybopodobnych form skalnych na terenie Polski także odwoływano się do tej koncepcji. W kontekście mechanizmów rozwoju skalnych grzybów na stokach góry Piekło koło Niektłania Lindner (1972) nie miał wątpliwości, że „musiały to być procesy eoliczne”, a dowodów na to mają dostarczać „z jednej strony kształt tych form i ich sytuacja morfologiczna, a z drugiej strony charakter powierzchni skałkowych” (s. 174). W pracy o rzeźbie Gór Stołowych Czeppe (1952) także rozpatrywał taką możliwość, odwołując się do prac przedwojennych geografów niemieckich. W obu przypadkach wymodelowanie skalnych grzybów przez wiatr wiązano ze środowiskiem perglacjalnym epoki lodowej.

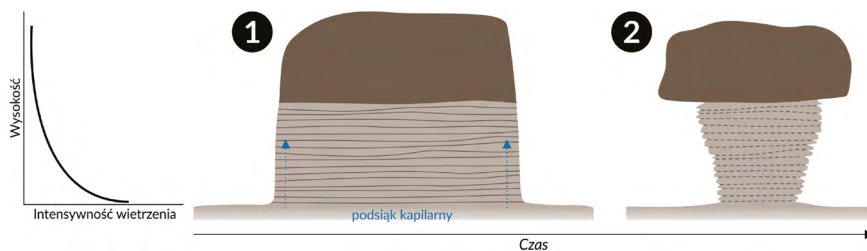


**Ryc. 4.** Rozwój grzyba skalnego w wyniku erozji eolicznej, najsilniejszej u podstawy skałki  
*The development of pedestal rock due to aeolian erosion, most efficient at the base of the outcrop*



**Koncepcja wietrzeniowo-odpornościowa.** Pogląd o nadrzędnej roli wiatru w kształtowaniu grzybopodobnych form skalnych spotkał się z silną krytyką już niemal sto lat temu. Bryan (1923), badając piaskowcowe i zlepiercowe skałki południowo-zachodniej części Stanów Zjednoczonych, zwrócił uwagę, że „(...) obecność skalnych grzybów nie może być [sama w sobie, przyp. autorów] traktowana jako dowód erozji eolicznej” (s. 2, tłum. autorów), a do wyciągnięcia takich wniosków niezbędne jest uzyskanie odpowiedniego empirycznego potwierdzenia. Skałki badane przez Bryana (1923, 1926) nie nosiły jakichkolwiek znamion przemodelowania przez wiatr, choć występują w środowisku suchym. Autor ten zaobserwował natomiast, że w trakcie ulewnego deszczu woda opadawa ścieka po skałkach aż do poziomu gęsto warstwowanego trzonu, prowadząc do wyptukiwania drobniejszego materiału ze skały wcześniej osłabionej przez procesy wietrzeniowe. Materiał ten był następnie dalej odprowadzany przez tworzące się w trakcie nawałnicy epizodyczne strumienie. W podsumowaniu Bryan (1923) stwierdził, że kluczowymi procesami dla rozwoju skalnych grzybów są: erozyjne niszczenie, rozpad mechaniczny i wietrzenie chemiczne mało odpornego łupka tworzącego trzon.

Kierunek myślenia Bryana (1923) nie stracił na aktualności i obecnie selektywne wietrzenie postrzegane jest jako kluczowy czynnik odpowiadający za tworzenie się skalnych grzybów szczególnie tam, gdzie zaznacza się wyraźne zróżnicowanie litologiczne. W sytuacji gdy miękkie, gęsto uławiczone lub bardziej porowate warstwy skalne występują poniżej warstwy bardziej masywnej, procesy wietrzenia powierzchniowego działają wybiórczo, prowadząc do bardziej wydajnego niszczenia stref obfitujących w powierzchnie oddzielności lub słabszych z innych powodów (ryc. 5). W zależności od lokalnych uwarunkowań w grę może wchodzić wietrzenie mrozowe, wietrzenie solne, wietrzenie termiczne czy cykle zawilgocenia i osuszania skały (np. Duszyński i Migoń, 2020a). Ponadto, Robinson i Williams (1994) zwrócili uwagę na istotną rolę podsiąku kapilarnego, który dodatkowo osłabia dolną partię skałki. Destrukcyjny efekt krążenia wody w skale jest widoczny wzdłuż poziomych powierzchni nieciągłości, które obfitują w liczne cofnięcia i jamki w tych miejscach, gdzie woda wypływa na powierzchnię (Robinson i Williams, 1994). Równocześnie wietrzenie powierzchniowe może działać w przeciwnym kierunku, przyczyniając się do wzmocnienia czapy grzyba skalnego poprzez rozwój wtórnej skorupy wietrzeniowej (pancerza).

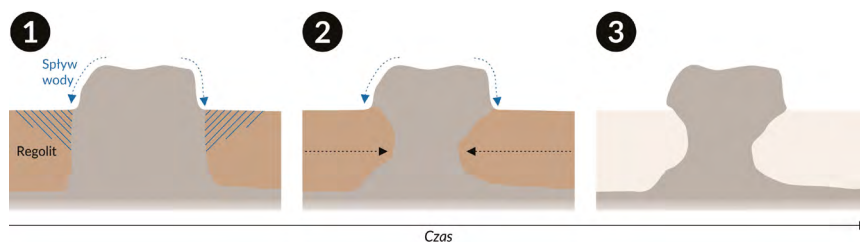


**Ryc. 5.** Rozwój grzyba skalnego na drodze selektywnego wietrzenia  
*The development of pedestal rock due to selective weathering*

**Wietrzenie podpowierzchniowe.** Diametralnie odmienny pogląd na genezę skalnych grzybów zakłada ich powstanie w ramach dwuetapowego procesu (Twidale, 2004) (ryc. 6). Kluczowym elementem pierwszego etapu jest intensywne wietrzenie zachodzą-

ce w strefie kontaktu odsłoniętej powierzchni skalnej z regolitem. Spływ wody deszczowej z tej powierzchni powoduje wzrost wilgotności gruntu wokół niej, co z kolei skutkuje przyspieszonym rozkładem skały i tworzeniem się mało zwięzłej zwietrzliny. W efekcie powierzchnia graniczna między skałą a zwietrzeliną przyjmuje kształt dzwonowy, z wypukłością zwróconą w stronę podpowierzchniowego trzonu wychodni skalnej. W drugim etapie wzrost wydajności procesów denudacyjnych powoduje usunięcie zwietrzliny i odsłonięcie formy ostańcowej w pełnej wysokości, z niszą (podcięciem) w części dolnej. Jakkolwiek Twidale (2004) dopuszczał możliwość innej genezy grzybów i wskazuje na dodatkowe zaakcentowanie kształtu grzyba wskutek wietrzenia w warunkach powierzchniowych, to jednoznacznie stwierdza, że „większość to formy dwufazowe, związane z podpowierzchniowym wytrawianiem” (s. 768, tłum. autorów).

Hipoteza dwufazowa dobrze tłumaczy powstanie grzybów w skałach pozornie jednolitych, takich jak granit, i została rozwinięta właśnie na podstawie obserwacji z obszarów granitowych (Twidale i Campbell, 1992). Została przyjęta dla wytłumaczenia obecności grzybów skalnych na granitowych równinach Geoparku Naturtejo w Portugalii (Neto de Carvalho i Rodrigues, 2020), grzybopodobnych kształtów ostańców w skałach riolitowych (Mueller i Twidale, 2002), a nawet wysokich ostańców w dolomitach, mimo równoczesnego podkreślenia różnic litologicznych w obrębie sukcesji dolomitowej (Twidale i Centeno, 1993). Należy przy tym zaznaczyć, że empiryczne potwierdzenie modelu jest niepełne i opiera się na interpretacji nisz podskalnych już w pozycji odsłoniętej. Nie wydaje się więc zasadne forsowanie poglądu o przeważnie dwufazowej ewolucji skalnych grzybów w ogólności.



**Ryc. 6.** Dwufazowy rozwój grzyba skalnego

1 – sytuacja wyjściowa: wzrost wilgotności regolitu przy podstawie skałki i wydajności wietrzenia podpowierzchniowego, 2 – większa intensywność wietrzenia płytko pod powierzchnią terenu, 3 – usunięcie zwietrzliny i wypreparowanie grzyba

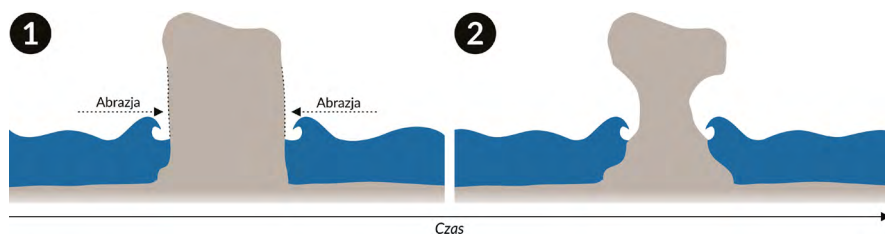
*Two-phase development of pedestal rock*

1 – initial situation: with water runoff from exposed rock surface regolith moisture increases on the footslope and rock decay enhances, 2 – more efficient weathering in the shallow subsurface, 3 – removal of regolith and emergence of pedestal rock

**Abrazja.** Jedną z typowych form powstających wskutek erozji skalnego brzegu przez fale są podciosy brzegowe (Trenhaile, 1987, 2015). Powstają na skutek połączonego działania wielu procesów niszczących – mechanicznego oddziaływania fal (rozkruszanie, ścieranie) i wietrzenia (solnego, chemicznego, mrozowego), wspomaganego przez działalność organizmów żywych. Ich głębokość może sięgać kilku metrów, podobnie wysokość. Podciosy rozwijają się zarówno u podstawy klifów, jak i wokół odizolowanych ostańców abrazyjnych.

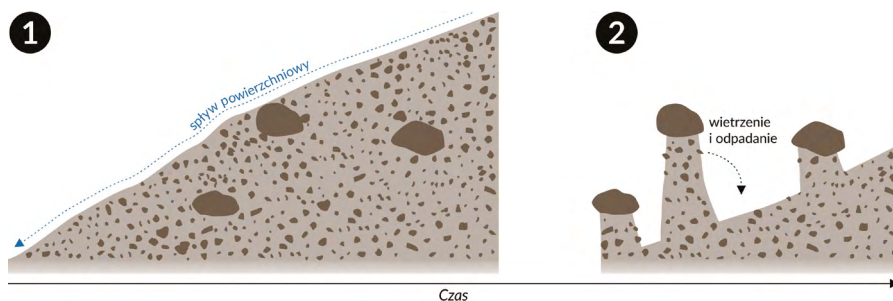
W tym drugim przypadku ostańce wykazują wyraźne zwężenie w dolnej części i przyjmują kształt grzybów (ryc. 7). Taką formę mają między innymi zbudowane ze zlepieńców ostańce abrazyjne w zatoce Fundy w Kanadzie, znanej z największej globalnie amplitudy pływów (Trenhaile et al., 1998). Kształt grzyba cechuje również liczne ostańce abrazyjne zbudowane z wapieni, występujące na wybrzeżach w niskich szerokościach geograficznych, gdzie wietrzenie biochemiczne w strefie wahań pływowych jest szczególnie wydajne (Hodgkin, 1970; Lundberg, 2009).

Warto zaznaczyć, że w przeszłości genezę abrazyjną przypisywano grzybom skalnym położonym także w głębi lądu, w znacznym oddaleniu od wybrzeża, traktując je wręcz jako formy wskaźnikowe dawnych linii brzegowych. Przyjmował ją między innymi Mackintosh (1865) w odniesieniu do skalnych grzybów w obrębie Brimham Rocks w Anglii, położonych na wysokości 260-280 m n.p.m. Obecnie poglądy takie mają wyłącznie historyczne znaczenie, aczkolwiek w stosunku do form położonych w pobliżu linii brzegowej i na niewielkiej wysokości bezwzględnej geneza abrazyjna powinna być brana pod uwagę i odrzucona (lub przyjęta) dopiero na etapie interpretacji (Li et al., 2019).



**Ryc. 7.** Abrazyjna geneza skalnych grzybów  
*Origin of pedestal rocks due to wave undercutting*

**Spłukiwanie i erozja wodna.** Dominująca rola wody płynącej w postaci spłukiwania powierzchniowego i erozji liniowej jest wskazywana w dyskusjach genezy piramid ziemnych w utworach mało zwięzłych (Benl, 1966; Bollatti et al., 2016) (ryc. 8). Formy te, zarówno posiadające czapę z głazów i bloków twardej skały, jak i jej pozbawione, często występują gromadnie, w rzędach o orientacji poprzecznej lub skośnej do przebiegu osi głównej

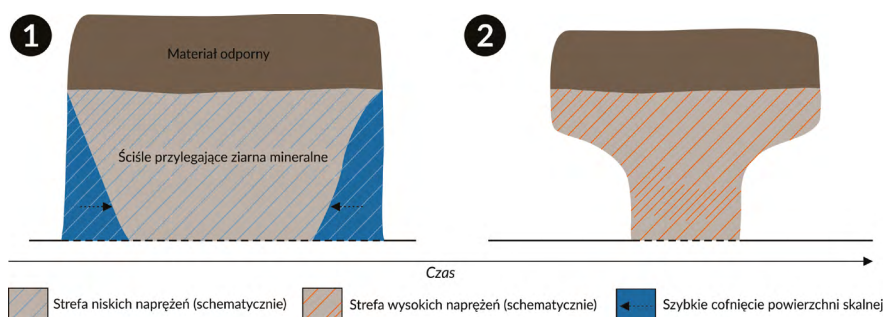


**Ryc. 8.** Rozwój piramid ziemnych na stokach zbudowanych z utworów słabo zlitfikowanych  
*The development of hoodoos on slopes built from poorly lithified deposits*

doliny i są rozdzielone rynnami erozyjnymi, którymi odbywa się spływ wody po ulewnych deszczach i podczas roztopów. Wyodrębnione formy ostańcowe podlegają dalszej modelacji przez wietrzenie i odpadanie (ryc. 8). W przeciwieństwie do grzybów skalnych w skałach zwięzłych piramidy ziemne tworzą się znacznie szybciej, w skali czasowej rzędu kilkudziesięciu – kilkuset lat (Benl, 1966). Obecnie w różnych miejscach prowadzone są badania zmierzające do ilościowego ujęcia tempa erozji w obrębie zespołów piramid ziemnych, uważanych za geostanowiska o dużym znaczeniu poznawczym i estetycznym (Bollatti et al., 2016). Tempo erozji jest określane na podstawie obserwacji stopniowej ekspozycji metalowych szpilek, monitorowania odpadania systemem chwytaczy, powtarzalnego skanowania laserowego i analiz dendrochronologicznych.

**Ujemne sprzężenie zwrotne pomiędzy naprężeniem a erozją.** Nowatorską koncepcję rozwoju piaskowcowych form skalnych – w tym również grzybów – zaproponowali niedawno Bruthans et al. (2014). Przeprowadzili oni modelowanie fizyczne i numeryczne na przykładzie mało zwięzłych utworów piaszczystych wieku kredowego, pochodzących z kamieniołomu Střeleč na obszarze Czeskiego Raju w północnych Czechach. Występujące tam ziarna kwarcu bardzo ściśle przylegają do siebie (tzw. *locked sand*), a pomimo braku materiału cementującego osad cechuje się dużą wytrzymałością mechaniczną. Taka sytuacja umożliwiła symulowanie zachowania piaskowca w przyspieszonym tempie. Testy dowiodły, że kształt uzyskany przez formy piaskowcowe zależy wprost od naprężeń obecnych w masywie skalnym (ryc. 9). W sytuacji, gdy naprężenia są niewielkie, skała z łatwością podlega dezintegracji na pojedyncze ziarna mineralne pod wpływem czynnika erozyjnego. Gdy część materiału zostanie usunięta, pozostała partia skały podlega większemu naciskowi z góry, co powoduje, że staje się ona twardsza i odporniejsza na działanie erozji. Obecność stref nieciągłości modyfikuje rozkład naprężeń w masie skalnej, w efekcie czego mogą tworzyć się typowe dla piaskowców półokrągłe niszki, łuki czy kolumny skalne.

W kontekście grzybów skalnych modelowanie pokazało, że szerokość trzonu grzyba zdeterminowana jest siłą przyłożoną z góry, przy czym im większy nacisk, tym trzon oka-



**Ryc. 9.** Rozwój skalnych grzybów jako efekt ujemnego sprzężenia zwrotnego pomiędzy naprężeniem a erozją 1 – sytuacja wyjściowa: mniejsze naprężenia litostatyczne powodują większą podatność formy skalnej na erozję, 2 – wraz z usunięciem części materiału naprężenia litostatyczne rosną, pozwalając utrzymać formie skalnej ustabilizowaną formę grzyba

*The development of pedestal rocks as the effect of negative feedback between stress and erosion 1 – initial situation: lower lithostatic stress leads to greater erodibility of a landform, 2 – after erosional removal of part of the material, stress increases, allowing for the survival of the stabilised form of the pedestal rock*  
Opracowanie własne na podstawie Bruthans et al., 2014, zmodyfikowane.

zuje się bardziej odporny na erozję i odwrotnie – wraz ze zmniejszaniem nacisku trzon szybciej podlega niszczeniu i staje się węższy. Pomimo znakomitego udokumentowania eksperymentów i ich niewątpliwie przełomowego charakteru, trudno jednoznacznie stwierdzić, czy model ten ma zastosowanie do wszystkich grzybopodobnych piaskowcowych form skalnych (a tym bardziej do innych sytuacji litologicznych) i czy lity piaskowiec w długiej skali czasu zachowuje się identycznie jak zwarte i zazębiające się, ale jednak pozbawione spoiwa, ziarna mineralne.

## Wnioski

Opisywane od ponad stu lat grzybopodobne formy skalne są obiektami nie tylko atrakcyjnymi wizualnie, ale również bardzo zróżnicowanymi, zarówno jeśli chodzi o litologię, jak i uwarunkowania i mechanizmy ewolucji. Przedstawiony przegląd literatury z różnych obszarów świata dowodzi, że pogląd o eolicznej genezie skalnych grzybów winien być traktowany wyłącznie jako jedna z możliwości rozwoju tego typu form. W rzeczywistości powstanie grzybopodobnych skałek jest zdeterminowane lokalnymi uwarunkowaniami litologicznymi, strukturalnymi i topograficznymi, które przekładają się na dominującą drogę ewolucyjną. Ta z kolei może obejmować wietrzenie powierzchniowe i podpowierzchniowe, abrazję, spłukiwanie i erozję wodną czy wreszcie – chętnie prezentowaną w podręcznikach geografii szkolnej – korazję. Istotną rolę – przynajmniej w odniesieniu do skałek piaskowcowych – może odgrywać także zależność pomiędzy naprężeniami w masie skalnej a erozją, na co wskazywałyby wyniki najnowszych badań Bruthansa et al. (2014). Uzyskanie przez skałkę formy grzyba może być zatem efektem różnych procesów, a – jak odnotował Bryan (1923) już na początku poprzedniego stulecia – wyciąganie jakichkolwiek wniosków w tym kontekście musi być poprzedzone szczegółowymi badaniami. Należy również podkreślić, że zmieniające się na przestrzeni tysięcy lat warunki środowiskowe mogły sprawić, że skałki podlegały modelowaniu na różne sposoby. Wydaje się więc, że najbezpieczniejsze jest założenie o poligenezie grzybów skalnych.

Już od okresu międzywojennego termin „grzyb skalny” zdobył ogólną akceptację wśród polskich badaczy i po dziś dzień jest powszechnie stosowany w odniesieniu do skałek o węższej podstawie (trzonie) i szerszej części górnej (czapie). Taka spójność terminologiczna zasługuje na docenienie, nie powodując różnych wątpliwości, które mogą pojawiać się w przypadku bardziej zróżnicowanego nazewnictwa w piśmiennictwie anglosaskim.

Działania mające na celu wyeksponowanie skalnych grzybów i ich udostępnienie dla szerokiego grona odbiorców są wskazane. Złożoność zagadnień sedymentologicznych (w przypadku grzybów skalnych powstałych w skałach osadowych), litologiczno-strukturalnych uwarunkowań rozwoju, a także odmiennych mechanizmów ewolucyjnych czyni ze skalnych grzybów cenny obiekt geoturystyczny, pozwalający omówić różnorodność procesów geologicznych i geomorfologicznych. Utworzenie Ścieżki Skalnych Grzybów w Górach Stołowych (Migoń i Duszyński, 2020) jest najnowszym przykładem takiego transferu wiedzy naukowej do sfery popularyzacji i geoedukacji.

---

Ryciny, pod którymi nie zamieszczono źródeł, są opracowaniami własnymi autorów artykułu.

**Piśmiennictwo**

- Adamovič, J. (2016). The Kokořín area: sandstone landforms controlled by hydrothermal ferruginization. W: T. Pánek, J. Hradecký (red.), *Landscapes and Landforms of Czech Republic* (s. 153-164). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27537-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27537-6_13)
- Adamovič, J., Mikuláš, R., & Cílek, V. (2010). *Atlas pískovcových skalnych měst České a Slovenské republiky: Geologie a geomorfologie*. Praha: Academia.
- Alexandrowicz, Z. (1970). Skałki piaskowcowe w okolicach Ciężkowic nad Białą. *Ochrona Przyrody*, 35, 281-335.
- Alexandrowicz, Z. (1978). *Skałki piaskowcowe zachodnich Karpat fliszowych*. Prace Geologiczne PAN, 113. Kraków: PAN.
- Alexandrowicz, Z. (2008). Sandstone rocky forms in Polish Carpathians attractive for education and tourism. *Przegląd Geologiczny*, 56(8/1), 680-687.
- Alexandrowicz, Z. (2012). Rola kory wietrzeniowej w ewolucji powierzchni karpaccich skałek piaskowcowych. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 68(3), 163-174.
- Balatka, B., & Sládek, J. (1973). Skalní hříby a pokličky v Čechách. *Ochrana přírody*, 28, 183-186.
- Benl, G. (1966). Über Südtiroler Erdpyramiden und ihre Entstehung. *Verein zum Schutz der Bergwelt*, 31, 74-91.
- Bollati, I., Pelfini, M., & Smiraglia, C. (2017). Landscapes of northern Lombardy: from the glacial scenery of Upper Valtellina to the Prealpine lacustrine environment of Lake Como. W: M. Soldati, M. Marchetti (red.), *Landscapes and Landforms of Italy* (s. 89-99). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2_7)
- Bollati, I., Reynard, E., Lupia, Palmieri, E., & Pelfini, M. (2016). Runoff impact on active geomorphosites in unconsolidated substrat. A comparison between landforms in glacial and marine clay sediments: Two case studies from the Swiss Alps and the Italian Apennines. *Geoheritage*, 8, 61-75. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0161-0>
- Bruthans, J., Soukup, J., Vaculikova, J., Filippi, M., Schweigstillova, J., Mayo, A.L., Masin, D., Kletetschka, G., & Rihosek, J. (2014). Sandstone landforms shaped by negative feedback between stress and erosion. *Nature Geoscience*, 7, 597-601. <https://doi.org/10.1038/ngeo2209>
- Bryan, K. (1923). Pedestal rocks in the arid Southwest. *US Geological Survey Bulletin*, 760-A, 1-11.
- Bryan, K. (1926). Pedestal rocks formed by differential erosion. *US Geological Survey Bulletin*, 790, 1-15.
- Centeno, J.D., & Twidale, C.R. (1988). Rocas fungiformes, pedestales y formas asociadas en Anvil Hill, Mannum, Australia del Sur. *Estudios Geologicos*, 44, 93-98.
- Chábera, S., & Huber, K.H. (1995). Pilzfelsen und Wackelsteine in Granitoiden des Südböhmischen Plutons. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích. Přírodní vědy*, 35, 5-20.
- Çiner, A., & Aydar, E. (2019). A fascinating gift from volcanoes: the Fairy Chimneys and underground cities of Cappadocia. W: C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, N. Kazancı (red.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (s. 535-549). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0_31)
- Crickmay, G.W. (1935). Granite pedestal rocks in the southern Appalachian piedmont. *Journal of Geology*, 43, 745-758.
- Czeppe, Z. (1952). Z morfologii Gór Stołowych. *Ochrona Przyrody*, 20, 236-254.
- Czerwiński, J., & Migoń, P. (1993). Mikroformy wietrzenia granitów w masywie karkonosko-izerskim. *Czasopismo Geograficzne*, 64, 265-284.
- Duszyński, F., & Migoń, P. (2018). Geneza skalnych miast na płaskowyżach piaskowcowych. *Przegląd Geograficzny*, 90, 379-402. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2018.3.1>

- Duszyński, F., & Migoń, P. (2020a). Brimham Rocks—Sandstone ruiniform relief in the north of England. W: A.S. Goudie, P. Migoń (red.), *Landscapes and Landforms of England and Wales* (s. 437-451). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38957-4\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38957-4_25)
- Duszyński, F., & Migoń, P. (2020b). Sandstone landforms of the High Weald. W: A.S. Goudie, P. Migoń (red.), *Landscapes and Landforms of England and Wales* (s. 103-118). Springer, Switzerland.
- Embabi, N.S. (2018). *Landscapes and Landforms of Egypt*. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38957-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38957-4_6)
- Ford, D.C., & Williams, P.W. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Chichester: Wiley.
- Ginés, A., Knez, M., Slabe, T., & Dreybrodt, W. (red.) (2009). *Karst rock forms: Karren sculpturing*. Postojna – Ljubljana: Karst Research Institute ZRC SAZU.
- Gruszka, I. (2009). Walory i formy ochrony przyrody na Pogórzu Ciężkowickim. *Geologia*, 35(2/1), 77-86.
- Hodgkin, E.P. (1970). Geomorphology and biological erosion of limestone coasts in Malaysia. *Geological Society of Malaysia Bulletin*, 3, 27-51.
- Hong, E., & Huang, E. (2001). Formation of the pedestal rocks in the Taliao formation, northern coast of Taiwan. *Western Pacific Earth Sciences*, 1(1), 99-106.
- Jahn, A. (1962). Geneza skałek granitowych. *Czasopismo Geograficzne*, 33, 19-44.
- Klimaszewski, M. (1932). Grzyby skalne na Pogórzu Karpackim między Rabą a Dunajcem. *Ochrona Przyrody*, 12, 64-70.
- Klimaszewski, M. (1947). Osobliwości skalne w Beskidach Zachodnich. *Wierchy*, 17, 57-71.
- Klimaszewski, M. (1981). *Geomorfologia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Laity, J. (2009). Landforms, landscapes, and processes of aeolian erosion. W: A.J. Parsons, A.D. Abrahams (red.), *Geomorphology of Desert Environments (2nd ed.)* (s. 597-627). Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5719-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5719-9_19)
- Laity, J. (2015). Pedestal rock. W: H. Hargitai, A. Kereszturi (red.), *Encyclopedia of Planetary Landforms* (s. 1541-1543). New York: Springer.
- Lambiel, C. (2020). Glacial and periglacial landscapes in the Hérens valley. W: E. Reynard (red.), *Landscapes and Landforms of Switzerland* (s. 263-275). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43203-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43203-4_18)
- Leonard, R.J. (1927). Pedestal rocks resulting from disintegration. *Journal of Geology*, 35, 469-474.
- Li, J.C., Wang, W., & Zheng, Y.M. (2019). Origin of the Mushroom Stone Forest at the southeastern foot of the Little Sangpu Mountain in eastern Guangdong, China: A palaeo-sea-level indicator or not? *Journal of Mountain Science*, 16, 487-503. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5181-1>
- Lindner, L. (1972). Geneza i wiek skałek piaskowcowych góry Piekło koło Nieklania. *Acta Geologica Polonica*, 22(1), 169-180.
- Linton, D.L. (1955). The problem of tors. *Geographical Journal*, 121, 470-487.
- Lundberg, J. (2009). Coastal karren. W: A. Ginés, M. Knez, T. Slabe, W. Dreybrodt (red.), *Karst Rock Forms: Karren Sculpturing* (s. 249-264). Postojna-Ljubljana: Karst Research Institute ZRC SAZU.
- Mackintosh, D. (1865). Marine denudation illustrated by the Brimham Rocks. *Geological Magazine*, 2, 154-158.
- Meysman, F.J.R., Middelburg, J.J., & Heip, C.H.R. (2006). Bioturbation: a fresh look at Darwin's last idea. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(12), 688-695. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.002>
- Michniewicz, A. (2019). Tors in Central European mountains – are they indicators of past environments? *Bulletin of Geography, Physical Geography Series*, 16, 67-87. <https://doi.org/10.2478/bgeo-2019-0005>



- Migoń, P. (2004). Rock and earth pinnacle and pillar. W: A.S. Goudie (red.), *Encyclopedia of Geomorphology* (s. 876). London: Routledge.
- Migoń, P., & Duszyński, F. (2020). Ścieżka Skalnych Grzybów – przewodnik. Kudowa Zdrój: Park Narodowy Gór Stołowych. <https://pngs.com.pl/data/wydawnictwa/PrzewodnikSkalneGrzyby.pdf> (03.02.2022).
- Migoń, P., Duszyński, F., & Goudie, A. (2017). Rock cities and ruiniform relief: Forms – processes – terminology. *Earth-Science Reviews*, 171, 78-104. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.05.012>
- Migoń, P., & Placek, A. (2007). Rock control and geomorphology of a rocky sandstone scarp, Middle Sudetes Mountains, SW Poland. *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, 51, Suppl. 1, 41-55. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2007/0051S-0041>
- Migoń, P., & Vieira, G.T. (2014). Granite geomorphology and its geological controls, Serra da Estrela, Portugal. *Geomorphology*, 226, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.027>
- Migoń, P., & Viles, H. (2015). Sandstone Geomorphology. *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, 59, Suppl. 1(1-2). [https://doi.org/10.1127/zfg\\_suppl/2015/S-00171](https://doi.org/10.1127/zfg_suppl/2015/S-00171)
- Mueller, J.E., & Twidale, C.R. (2002). Geomorphic development of the Giants of the Mimbres, Grant County, New Mexico. *New Mexico Geology*, 24(2), 39-48.
- Neto de Carvalho, C., & Rodrigues, J. (2020). Naturtejo UNESCO Global Geopark: The culture of landscape. W: G. Vieira, J.L. Zêzere, C. Mora (red.), *Landscapes and Landforms of Portugal* (s. 359-375). Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-03641-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-03641-0_28)
- Neuendorf, K.K.E., Mehl Jr., J.P., & Jackson, J.A. (2005). *Glossary of Geology* (5th ed.). Alexandria: American Geological Institute.
- Nocita, B.W. (1986). Pedestal rocks in the Pliocene Puye Formation, New Mexico. *Sedimentary Geology*, 49, 193-200.
- Plyusnina, E.E., Sallam, E.S., & Ruban, D.A. (2016). Geological heritage of the Bahariya and Farafra oases, the central Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 116, 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.01.002>
- Pulina, M. (1999). *Kras. Formy i procesy*. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Robinson, D.A., & Williams, R.B.G. (1994). Sandstone weathering and landforms in Britain and Europe. W: D.A. Robinson, R.B.G. Williams (red.), *Rock Weathering and Landform Evolution* (s. 371-392). Chichester: Wiley and Sons.
- Rooke, H. (1786). Some account of the Brimham Rocks in Yorkshire. *Archaeologia*, 8, 1-9.
- Sarikaya, M.A., Çiner, A., & Zreda, M. (2015). Fairy chimney erosion rates on Cappadocia ignimbrites, Turkey: Insights from cosmogenic nuclides. *Geomorphology*, 234, 182-191. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.12.039>
- Sesan, E. (1971). L'origine et l'évolution des rochers en forme de champignon. *Revue Géographique de l'Est*, 11, 205-208.
- Strzeboński, P. (2009). Piaskowcowo-zlepieńcowe formy skałkowe – więcej niż atrakcja turystyczna. *Geoturystyka*, 16-17(1-2), 49-60.
- Strzeboński, P. (2012a). Kamienie Brodzińskiego. W: T. Słomka (red.), *Katalog obiektów geoturystycznych w obrębie pomników i rezerwatów przyrody nieożywionej* (s. 290-292). Kraków: AGH.
- Strzeboński, P. (2012b). Kamień Grzyb. W: T. Słomka (red.), *Katalog obiektów geoturystycznych w obrębie pomników i rezerwatów przyrody nieożywionej* (s. 293-296). Kraków: AGH.
- Thiry, M. (2005). Weathering morphologies of the Fontainebleau Sandstone and related silica mobility. *Ferrantia*, 44, 47-52.
- Thiry, M. (2007). Siliceous karst development in the Fontainebleau Sandstone (France). *Nature Conservation*, 63, 77-83.

- Thiry, M., Bertrand Ayrault, M., & Grisoni, J.C. (1988). Ground-water silicification and leaching in sands: Example of the Fontainebleau Sand (Oligocene) in the Paris Basin. *Geological Society of America, Bulletin*, 100, 1283-1290.
- Topal, T., & Doyuran, V. (1998). Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey. *Environmental Geology*, 34, 5-20.
- Trenhaile, A.S. (1987). *The Geomorphology of Rock Coasts*. Oxford: Oxford University Press.
- Trenhaile, A.S. (2015). Coastal notches: Their morphology, formation, and function. *Earth-Science Reviews*, 150, 285-304. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.08.003>
- Trenhaile, A.S., Pepper, D.A., Trenhaile, R.W., & Dalimonte, M. (1998). Stacks and notches at Hopewell Rocks, New Brunswick, Canada. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 975-988. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(1998110\)23:11<975::AID-ESP916>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(1998110)23:11<975::AID-ESP916>3.0.CO;2-K)
- Twidale, C.R. (1962). Steepened margins of inselbergs from north-western Eyre Peninsula, South Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 6, 51-69.
- Twidale, C.R. (2004). Pedestal rock. W: A.S. Goudie (red.), *Encyclopedia of Geomorphology* (s. 768). London: Routledge.
- Twidale, C.R., & Campbell, E.M. (1992). On the origin of pedestal rocks. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 36, 1-13.
- Twidale, C.R., & Centeno, J.D. (1993). Landform development at the Ciudad Encantada, near Cuenca, Spain. *Cuadernos Laboratorio Xeológico de Laxe*, 18, 257-269.
- Vítek, J. (1981). Skalní hříby v pískovcích Broumovské vrchoviny. *Sborník České společnosti zeměpisné*, 86, 8-18.
- Votýpka, J. (1979). Geomorfologie granitové oblasti masívu Plechého. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 16(2), 55-83.
- Walczak, W. (1963). Geneza form skalnych na północno-wschodniej krawędzi Gór Stołowych. *Acta Universitatis Wratislaviensis, 9, Studia Geograficzne*, 1, 191-200.
- Wang, S. (2005). Coastal hoodoos. W: M.L. Schwartz (red.), *Encyclopedia of Coastal Science* (s. 260-262). Dordrecht: Springer.
- Ward, S. (2004). Hoodoo. W: A.S. Goudie (red.), *Encyclopedia of Geomorphology* (s. 531). London: Routledge.
- Young, R., & Wray, R.A.L. (2015). Rock control in sandstone geomorphology: a tribute to Eiju Yatsu with some Australian examples. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 59, Suppl. 1, 3-17.
- Young, R., & Young, A. (1992). *Sandstone Landforms*. Berlin – Heidelberg: Springer.

## Summary

Various shapes are taken on by the bedrock outcrops emerging from regolith cover, typically described using the generic term 'crag' or 'tor' (the latter term most frequently in relation to granite outcrops). Consequently, specific terms have been proposed to account for this variety. Among these outcrops are those consisting of a narrow lower part (stem) and a wider upper part (cap), resembling a mushroom. In English, they are named pedestal rocks if built of hard, well-lithified rock; or hoodoos if the rock is softer, but there is no established boundary line between the two. Not uncommonly, however, and perhaps less formally, they are referred to as 'rock mushrooms' (or mushroom rocks), to emphasise the unusual shape. In Polish, the term equivalent to 'rock mushroom' has been used at least since the 1930s, and appears to be a legitimate part of geomorpholo-

gical vocabulary. In this paper, we present the occurrences of rock mushrooms in different lithologies, identify geological controls and review various hypotheses regarding their origin and evolution.

Rock mushrooms are known from various lithological settings, although some bedrock types clearly favour their origin more than the others. First of all, these are sandstones and conglomerates. Rock mushrooms are up to 10 m high, whereas height proportions between the stem and the cap vary, resulting in a great variety of specific shapes, from large monoliths on low (<1 m) pedestals to tiny caps on top of slender stems >5 m high. In Poland, the north-eastern part of the Stołowe Mountains abounds in rock mushrooms developed in Upper Cretaceous sandstones; but they also occur in other parts of the Sudetes, where Cretaceous sandstones crop out; and in the flysch Carpathians. Specific variants of rock mushrooms in clastic rocks include those related to non-uniform silification of sandy sediments (e.g. Fontainebleau Forest, France) or secondary ferruginisation of sandstone beds (e.g. Kokořinsko, Czechia). Rock mushrooms are also known from limestone and dolomite terrain, with the massive forms in Ciudad Encantada, Spain, being probably the tallest known from literature. The latter are up to 15 m high and have developed within a dolomite succession. Heights above 10 m are also attained by rock mushrooms in the volcanic succession of Cappadocia, Turkey, locally described as 'fairy chimneys'. A great variety of shapes are documented from this region, with conical caps being very common. Granite rock mushrooms are comparatively rare, and in this case a clear distinction between the stem and the cap usually proves difficult. More commonly, the outcrops assume a shape resembling the letter 'S' or 'Ω', with basal undercutting grading smoothly into a wider upper part. A specific term 'flared slope' has been proposed to account for this basal concavity. Finally, cap-on-stem situations typify eroded glacial deposits, best known from the Alps, where boulders embedded in till or outwash sediments provide a protective cap to the underlying mass. As the overall shape is often conical, the term 'earth pyramid' is used in some languages (e.g. Polish and German).

Three main types of geological control may be identified for rock mushrooms. Relation to rock layering is most evident, with a more-resistant bed supporting the cap. Higher resistance may be due to lithological characteristics (e.g. sandstone over shale, ignimbrite over lacustrine silt) or structural differentiation (e.g. various density of bedding, changes in primary porosity, homogeneous over thinly bedded sandstone, different degree of welding in ignimbrites, non-uniform silification or ferruginisation). Another group arises in situations of more-resistant elements being distributed without any order, as within glacial deposits. Consequently, whereas in the former cases it is possible to observe caps of adjacent rock mushrooms at the same level, no comparable patterns exist in the latter. The third group includes rock mushrooms not showing evident rock control, and of origins relating primarily to greater efficacy of rock disintegration in the lower part of the outcrop.

Rock mushrooms have more than one origin, and many can in fact be polygenetic. In each case, however, rock disintegration is clearly more efficient in the basal part. The reasons for enhanced efficacy at this point vary, and include: (a) aeolian undercutting – this view prevails in primary and secondary geographical education, even as wind-abraded rock mushrooms are by no means the most common examples; (b) differential weathering related to lithological or structural heterogeneity of rock, even as the exact mechanisms of weathering may vary; (c) subsurface (subsoil) weathering (etching) leading to the

origin of a narrow stem, subsequently exposed; (d) wave-undercutting in coastal settings; (e) overland flow and gully erosion – these processes are fundamental for rock-mushroom evolution in poorly-lithified deposits; (f) negative feedback between stress and erosion on exposed bedrock outcrops.

Rock mushrooms are thus good examples of geomorphic equifinality, with the consequence that any *a priori* generalisations regarding their origin may prove misleading. They are also good illustrations how both substrate (rock or sediment) and process shape landforms. So it is that these not only have scenic value (as “natural curiosities”), as has been recognised for many years now, and indeed emphasised in the context of tourist activity; but also considerable educational value to be taken advantage of in both geoeducation and geotourism.