

# PODSTAWY GEOLOGII FIZYCZNEJ

**Jurand Wojewoda**

**Politechnika Wrocławska**

**Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii**

**Katedra Górnictwa**

e-mail: [jurand.wojewoda@pwr.edu.pl](mailto:jurand.wojewoda@pwr.edu.pl)

strona: [www.region-sbs.pl](http://www.region-sbs.pl)

**Wrocław, 2024**



## WSTĘP

Przedstawione dalej **informacje, modele, definicje** oraz **twierdzenia i prawa** stanowią zbiór podstawowych pojęć odnoszących się do **zjawisk i procesów geologicznych**. Ich dobór jest subiektywny i wynika z osobistego doświadczenia naukowego, dydaktycznego i praktyki wdrożeniowej autora. Jest to minimalny i konieczny zasób wiedzy z zakresu szeroko pojmowanej dziedziny **Nauk o Ziemi**, który może być przydatny przyszłym specjalistom w zakresie **Inżynierii Górniczej i Środowiskowej**. Autor zastrzega się, że materiał tu zawarty, tylko w niewielkim stopniu wyczerpuje olbrzymi aparat pojęciowy **geologii**, jako wiedzy o Ziemi...

Geologia jako taka, nie dysponuje własnym, specyficznym aparatem badawczym, w znaczeniu metodologii badawczej. W praktyce badawczej i wdrożeniowej geologii można jednie mówić o pewnych **zasadach poznawczych**, oraz zasadach i **sposobach postępowania**, czyli **praktyce**. Geologia, a szerzej nauki o Ziemi, oplatają rdzeń poznawczy **Nauki**, jaki stanowią **fizyka, chemia, biologia** oraz **matematyka**. Często tylko sam ten rdzeń określa się mianem **Nauki**. **Geolodzy**, w swojej praktyce poznawczej, wykorzystują wszystkie metody naukowe - różne w zależności od obiektów i zakresu poznania. Często metody te są tak wyraźnie ukierunkowane na opis **obiektów geologicznych**, że można je nazwać „metodami geologicznymi”. Wtedy najczęściej przed nazwą zasadniczą metody/dziedziny pojawia się przedrostek „geo” w nazwie (np. **geochemia, geofizyka, geomatyka, geostatystyka, geotechnika, geoinżynieria** i inne) (**Fig. 1**). Sam siebie określam jako geologa, którego narzędziem poznawczym jest fizyka i matematyka...



**Fig. 1.** Schemat pokazujący umiejscowienie wybranych nauk o Ziemi względem innych dyscyplin przyrodniczych (w kontekście podstawowych wielkości fizycznych).

Fizyczny opis obiektów geologicznych obejmuje główne wielkości i kategorie podstawowe – **przestrzeń, czas i materię**. Podstawowymi pojęciami w geologii są **obiekty geologiczne i struktury geologiczne**, które razem stanowią to, co współtworzy **przestrzeń geologiczną**. Struktury geologiczne, w rozumieniu geologii, mogą wyznaczać granice obiektów geologicznych (**granice geologiczne**), mogą występować w obrębie tych obiektów (**struktury wewnętrzne**) mogą stanowić przestrzenny układ/zbiór obiektów geologicznych (**struktury zewnętrzne**). Pierwsze i drugie stanowią domenę **geologii strukturalnej**, natomiast drugie i trzecie – **tektoniki**. Z kolei, tektoniczne rozpoznanie obiektów geologicznych w skali globalnej (ziemskiej) jest domeną **geotektoniki**.

Kurs obejmuje podstawową wiedzę i umiejętności dotyczące prostych obiektów geologicznych (zjawisk geologicznych), a w szczególności sposobów ich rozpoznawania i opisu. Główną metodą, jaką w tym zakresie posługuje się geologia jest tzw. **intersekcja geologiczna**, która stanowi dział **geometrii wykresłej** zajmujący się odwzorowaniem **przenikania się brył...**

## WPROWADZENIE

### Zasady poznawcze i praktyka geologiczna

Dwie najważniejsze zasady poznawcze w geologii, które służą wyjaśnianiu faktów geologicznych, i którym podporządkowana jest praktyka geologiczna, to **zasada aktualizmu geologicznego** oraz **zasada superpozycji**.

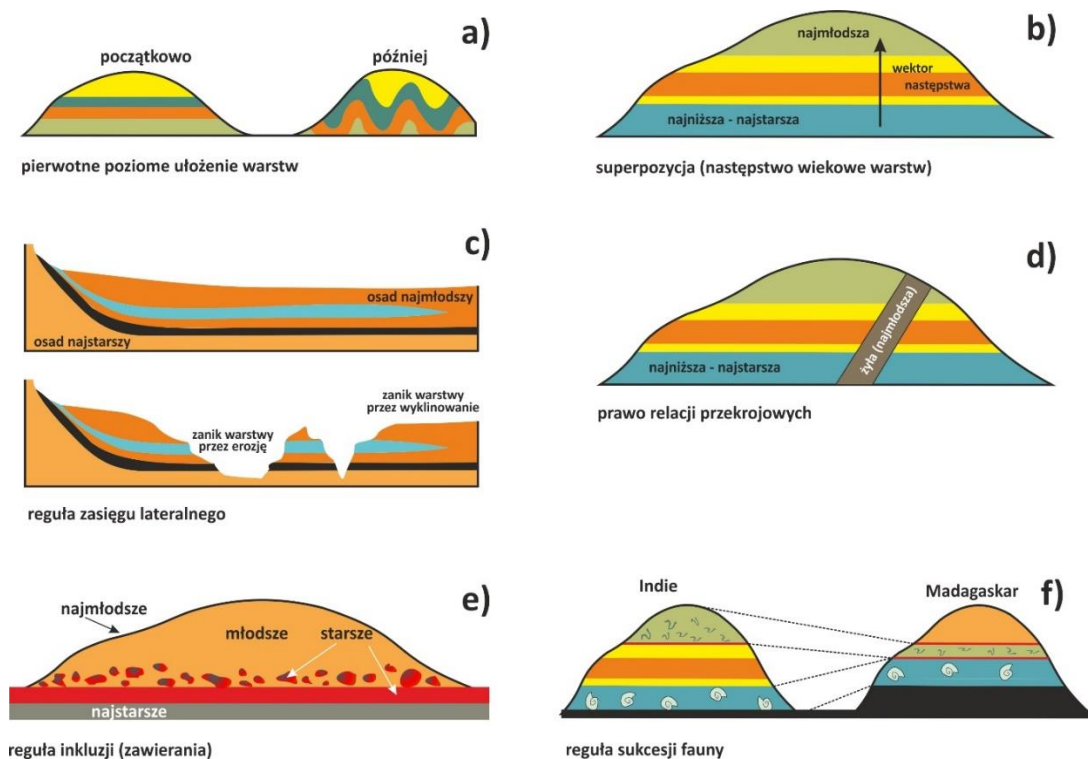
Pierwsza wywodzi się nurtu filozoficznego zwanego **uniformitaryzmem** i opiera się na 2 tezach:

- **jednostajności praw przyrody**: „**Prawa przyrody są niezmiennie w czasie i w przestrzeni**”. Postulat taki uzasadnia wnioskowanie indukcyjne i jest warunkiem uprawiania nauki empirycznej, oraz
- **identyczności procesów (aktualizm s.s.)**: „**Procesy geologiczne przebiegające w teraźniejszości są takie same, jak i przeszłe, których efekty odczytujemy z zapisu kopalnego**”. Zasadę tę sformułowali i utrwalili na przełomie XVII i XIX wieku **Karol Layell** i **James Hutton**.

Wyniki procedur badawczych z zastosowaniem zasady aktualizmu zależą od tego, które ze zjawisk współcześnie zachodzących ekstrapolujemy na przeszłość i jak zinterpretujemy zapis kopalny. Stosując w sposób selektywny i konsekwentny zasadę aktualizmu geologicznego, można dojść zarówno do **teorii katastroficznych**, jak i **gradualistycznych** (por. **Bakert 1998; Dybkowska 2001**). Warto jednak podkreślić, że we współczesnej metodologii geologii zwraca się także uwagę na **nonaktualizm**

(Engelhardt, Zimmermann 1988). Kierunek ten zajmuje się wyjaśnianiem tych faktów geologicznych, których nie można potraktować na sposób aktualistyczny. Geologia bowiem bada również wyjątkowe zjawiska i niepowtarzalne zdarzenia, pojawiające się w dziejach ewolucyjnie zmieniającej się Ziemi. Pojawienie się nurtu nonaktualistycznego nie dyskredytuje jednak stosowanej dotychczas zasady aktualizmu, jest on bowiem jej dopełnieniem. Wskazuje także na bardziej dojrzały poziom metodologii geologii i nauk pokrewnych (por. Bottjer 1998).

**Zasada superpozycji** odnosi się do następstwa czasowego zjawisk i procesów geologicznych. Pierwotnie miała zastosowanie niemal wyłącznie w **stratygrafii**, gdzie była rozumiana jako to kolejność występowania warstw skalnych w **profilu** geologicznym. Sformułowana po raz pierwszy przez **Nicolasa Steno** zasada sprowadzała się do stwierdzenia, że warstwy młodsze spoczywają na warstwach starszych. Współcześnie zasadę superpozycji traktujemy bardziej ogólnie, a w jej ramach wyróżniamy nieco więcej tzw. **reguł podstawowych** (por. Jain 2014).



**Fig. 2. Modele graficzne objaśniające podstawowe reguły superpozycji stratygraficznej (wg. Jain 2014, zmienione)**

1. **Reguła pierwotnego poziomego ułożenia osadowych warstw skalnych** opiera się na założeniu, że cząsteczki osadu osadzone z wody pod wpływem grawitacji tworzą zasadniczo poziome *warstwy osadu*. Warstwy nachylone zostały wyruszone z pierwotnie poziomego ułożenia przez procesy (zdarzenia) takie jak *fałdowanie*, czy *uskokowanie* po *depozycji* i *lityfikacji* (Fig. 2a).
2. **Reguła (prawo) superpozycji** (s.s.) stwierdza, że niezdeformowanej sekwencji *skał osadowych* najmłodsze warstwy znajdują się zawsze na górze, a najstarsze na dole. Odnosi się to również sekwencji *wylewnych skał wulkanicznych* (Fig. 2b)
3. **Reguła zasięgu lateralnego**. W normalnych warunkach osady rozciągały się pierwotnie bocznie we wszystkich kierunkach (**lateralnie**) (Fig. 2c).
4. **Prawo relacji przekrojowych** *Intruzja* (np. *magmowa*) lub *uskok*, który przecina inną skałę, są zawsze młodsze niż skała, którą przecinają lub w której występują (Fig. 2d).
5. **Reguła inkluzji** mówi, że obiekty lub struktury zawierające fragmenty włączone (*inkluzje*), są młodsze o tych obiektów i struktur, które z kolei są starsze niż skała, która je zawiera (Fig. 2e).
6. **Reguła sukcesji fauny**, w nawiązaniu do teorii ewolucji mówi, że *skamieniałości* organizmów zwierzęcych następują po sobie w określonej i możliwej do rozpoznania kolejności. Tym samym wiek skał, w których skamieniałości te występują, możemy rozpoznawać po skamieniałościach, które w nich występują (Fig. 2f).

Należy jednak zauważyć, że istnieją wyjątki od tych zasad. Na przykład reguła superpozycji opiera się przede wszystkim na koncepcji **grawitacji** i **wektora pionu**, zgodnie z którą, aby warstwa osadu mogła się osadzić, pod nią musi znajdować się coś, co ją „podtrzymuje”. Oznacza to, że zasada superpozycji ma zastosowanie dla względnego wieku niezakłóconej *pionowej sukcesji warstw*, w której najstarszy jest pierwszy osad idąc od dołu *profilu*. Jednak taka koncepcja zawodzi w przypadku np. osadów jaskiniowych, gdzie zawartość jaskini jest na ogół młodsza niż zarówno podłoże skalne poniżej, jak i zawieszona powyżej sklepienie jaskini.

Przedstawione wyżej trzy reguły (superpozycja, relacje przekrojowe i inkluzja), pomimo, że stanowią dobre narzędzie ustalania *następstwa czasowego* (wieku) skał, to jednak są mało pomocne w ustalaniu *bezwzględnego czasu geologicznego*, jaki upływał w trakcie powstawania konkretnych skał.

## Struktura Ziemi i znaczenie pionu w geologii

Pojęcie **pionu** jest ściśle związane z **masą** i **oddziaływaniem grawitacyjnym**, a co za tym idzie z **siłą ciężkości**. Tym samym, w warunkach ziemskich, pion stanowi najważniejszy parametr cechujący przestrzeń geologiczną, czyli przestrzeń, w której zachodzą wszystkie procesy geologiczne oraz występują wszystkie zjawiska geologiczne (por. [Wojewoda 2015](#)). Pion, jest linią prostą, czyli stanowi pojęcie geometryczne. Ale definicja pionu jest ściśle fizykalna, gdyż jest to **linia łącząca konkretny punkt na powierzchni Ziemi lub w jej pobliżu ze środkiem masy Ziemi**, która pokrywa się z kierunkiem działania siły ciężkości w tym miejscu. O ile pion jest pojęciem pierwotnym, o tyle poziom jest **pojęciem pochodnym (wtórnym)**. Jest definiowany, jako **płaszczyzna prostopadła do kierunku działania siły ciężkości (pionu) na powierzchni Ziemi lub w jej pobliżu i w konkretnym miejscu**. Obydwie wyżej przedstawione definicje sprawiają, że zarówno pion, jak i poziom w każdym miejscu Ziemi są **cechami właściwymi i zlokalizowanymi**.

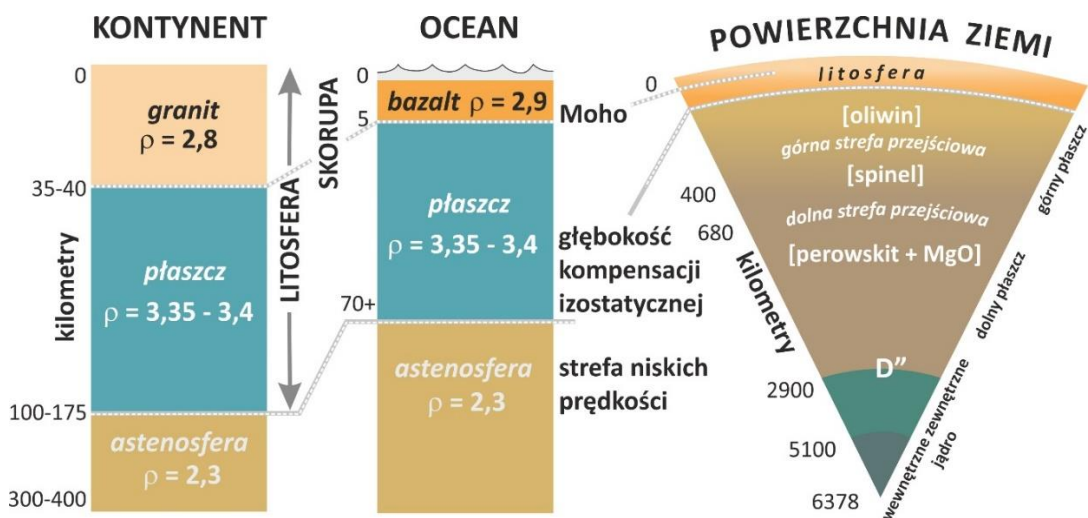


Fig. 3 Powierzchnie materialne i geometryczne w skali globalnej, planetarnej (wg [Anderson 1989, 2007](#); [Angevine i inni, 1990](#); [Burns 1993](#), zmienione).

Gdyby Ziemia była idealną, jednorodną i całkowicie bezwładną i nierotującą kulą, wtedy jej powierzchnia byłaby sferą, a pion w każdym punkcie Ziemi i poza nią przechodziłby przez geometryczny środek naszej planety. Tak jednak nie jest. Przede wszystkim dlatego, że Ziemia obraca się wokół własnej osi, co z kolei wywołuje efekt **siły odśrodkowej** i tzw. **efekt Coriolisa**, oraz elipsoidalne odkształcenie jej powierzchni. Dodatkowo Ziemię okrąża Księżyc, co wywołuje **efekt pływowy** i falowe odkształcenie powierzchni. Ponadto, Ziemia nie jest jednorodnym obiektem.

Po pierwsze ma **sferyczno-warstwową budowę** (por Fig. 3), a po drugie ma nierównomiernie rozmieszczone masy skalne w **litosferze** (tzw. **płyty litosferyczne**), co na jej powierzchni przejawia się m.in. występowaniem kontynentów i oceanów (Fig. 4). Wszystko to sprawia, że kształt powierzchni Ziemi najlepiej modeluje **geoida**, która jest nieco zniekształconą elipsoidą obrotową. To właśnie **geoida jest powierzchnią w każdym punkcie prostopadłą do pionu**, a wszelkie odstępstwa od tej reguły, czyli tzw. **anomalie grawitacyjne**, często są spowodowane różnicami gęstości skał, i są ważną przesłankę złożową. Mierzeniem i interpretacją anomalii grawitacyjnych zajmuje się dział geofizyki – **grawimetria**.

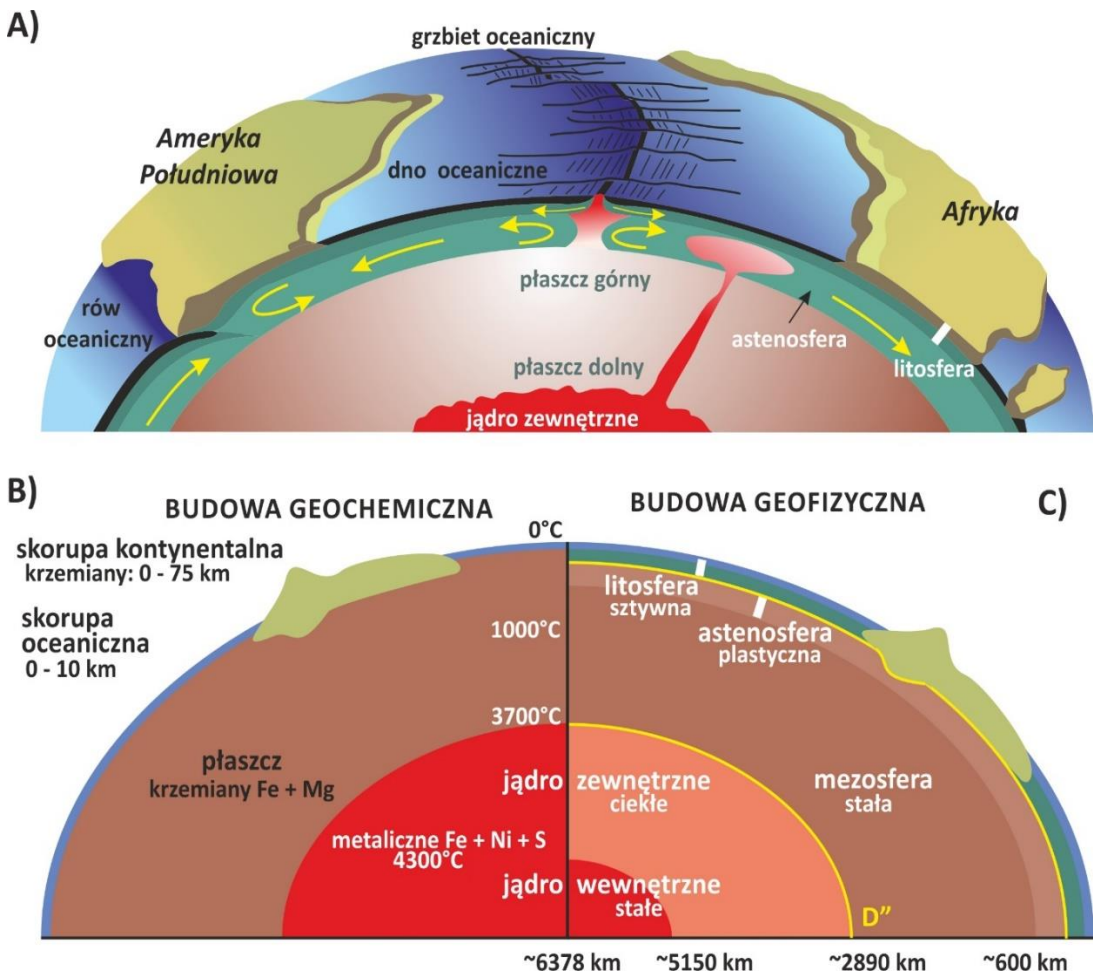


Fig. 4. (A) - budowa Ziemi (geotektonika) – sferyczne warstwy geochemiczne (B) i geofizyczne (mechaniczne) (C). Przerysowane z *Earth's Dynamic Systems* (za zgodą Erica H. Christiansena).



Wymienione wyżej cechy budowy Ziemi oraz procesy, jakie w sposób ciągły zachodzą w jej wnętrzu i na jej powierzchni, również te wywołane wzajemnym oddziaływaniem na siebie Słońca, Księżyca oraz Ziemi, mają charakter globalny, tzn. dotyczą Ziemi jako całości (Wojewoda 2021 i 2022) (Fig. 5).

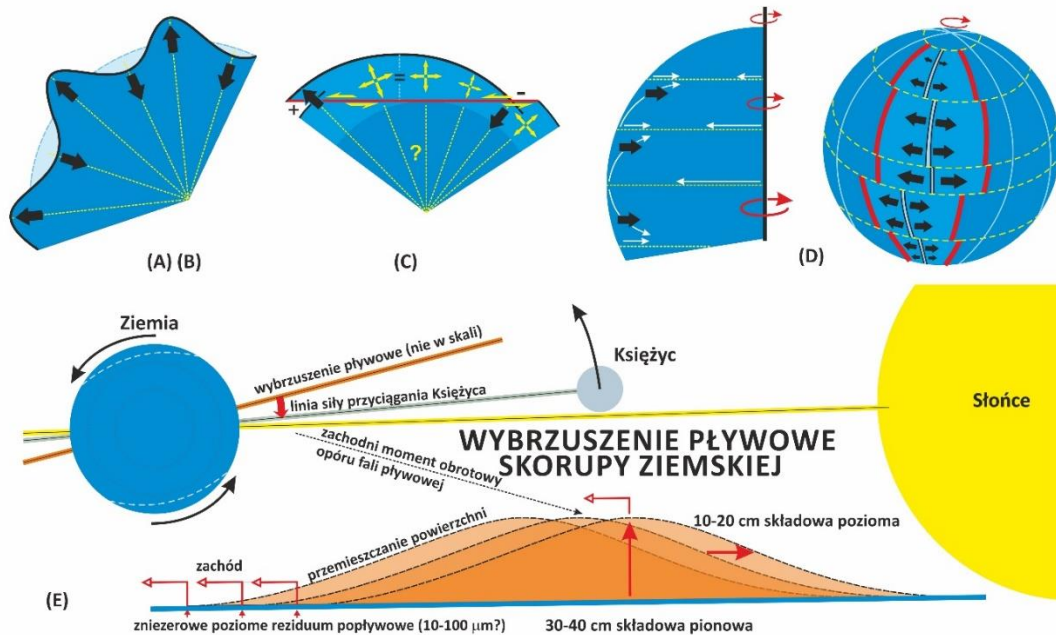


Fig. 5. Właściwości powszechne i uniwersalne przestrzeni geologicznej:  
 (A) elipsoidalna powierzchnia, (B) sferyczno-warstwowa budowa (z uwagi na mechaniczne właściwości materii), (C) powszechna grawitacja i skierowana (w przybliżeniu) do geometrycznego środka planety siła ciężkości, (D) stały (cykliczny) ruch wirowy wokół własnej osi (Scalera 2015, zmienione) oraz (E) względnie stały (cykliczny) ruch orbitalny naszej planety wokół Słońca (Zaccagnino i inni 2020, zmienione)

## Zjawiska, procesy, zdarzenia...

**Zjawisko** „jest tym, co da się zaobserwować, postrzec zmysłami” (Dunaj 1996). Zjawisko jest z natury rzeczy **stacjonarne** (Wojewoda 2015). Może być **przedmiotem**, **stanem** lub **nastrojem**. Jako rzecz stacjonarna podlega naszemu opisowi, pomiarowi i ocenie w konkretnym momencie. Zespół **cech**, **wartości** lub **określeń**, zarejestrowanych i oznajmionych przez konkretnego obserwatora, składa się na zbiór informacji o zjawisku. Na tej podstawie możemy zjawisko **opisać**, **zdefiniować**, **nazwać** i **sklasyfikować**. Zjawiska opisywane są **jakościowo**, poprzez podanie ich cech (miar) lub określeń, oraz **ilościowo** – poprzez podanie wartości konkretnych

cech lub miar. Do **zjawisk geologicznych** możemy zaliczyć przykładowo następujące kategorie: *kryształ, układ krystalograficzny, ziarno piasku, największą średnicę ziarna w zbiorze ziarn (osadzie), powierzchnię wody gruntowej, głębokość powierzchni wody gruntowej, powierzchnię terenu, zbocze, nachylenie zbocza, powierzchnia warstwowania, warstwa, miąższość warstwy, nachylenie warstwy, szczelina, grubość szczeliny, intruzja magmowa, żyła wulkaniczna, temperatura magmy, tekstura lub struktura skały, przemieszczenie na uskoku, siła wstrząsu sejsmicznego, morena spiętrzona, koryto rzeki, wydma eoliczna, prędkość przepływu, orogen, struktury tektoniczne* itd. ...

**Proces** to przebieg powiązanych przyczynowo, następujących po sobie zmian stanowiących stadia rozwoju lub przeobrażania się czegoś (fazy, stadia procesu). Proces jest z natury rzeczy czymś **dynamicznym**. Proces może mieć charakter **fizyczny**, kiedy zachodzi w realnym czasie i przestrzeni, ale może też mieć charakter **myślowy** i **abstrakcyjny**, gdy zachodzi w naszym umyśle i jest jedynie formą kierunkowego uporządkowania przestrzeni i wydarzeń w czasie. Proces jest ciągiem powiązanych ze sobą przyczynowo lub indukcyjnie zjawisk lub zdarzeń. **Procesy opisywane są przez prawa**, które ujmują parametry danego procesu lub jego składowe (zjawiska, zdarzenia) w jawne związki przyczynowo-skutkowe, np. równania (Wojewoda 2015). Do najważniejszych **naturalnych procesów geologicznych** możemy zaliczyć *geodynamikę Ziemi* (w tym np. *diastrofizm, izostazję, tektoniczne deformowanie skał, aktywność pływową i sejsmiczną skał, metamorfizm regionalny*), *denudację i agradację obszarową* (w tym *wietrzenie, sedymentację i diagenezę*), *geotermię* (w tym *metmorfizm kontaktowy, hydrogeotermię*) oraz *magmatyzm* (w tym *wulkanizm*) (Turcotte 2004; Jain 2014; Nance i Murphy 2015, Mizerski 2018; Earle i Panchuk 2019);

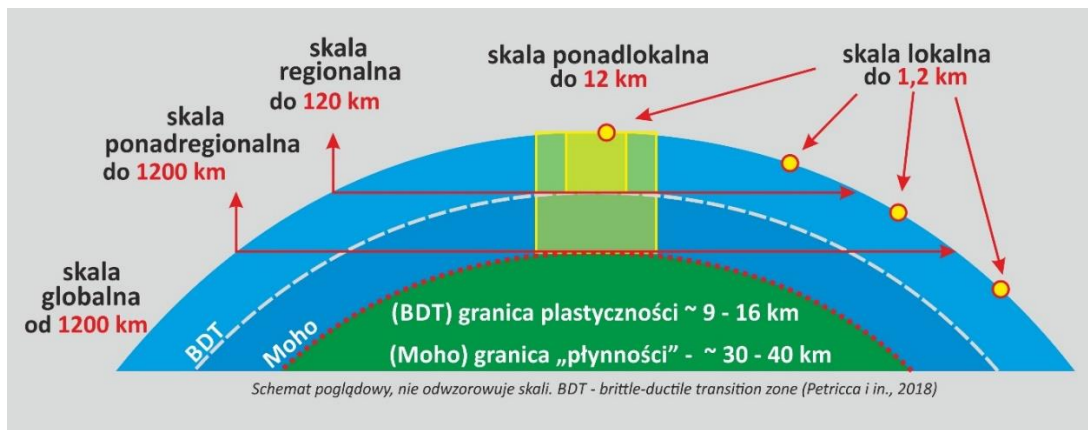
**Wydarzenie** (albo **zdarzenie**) może być z natury rzeczy **stacjonarne** i **dynamiczne** jednocześnie. Wydarzenie może być **możliwością zajścia procesu, zajściem procesu** (zdarzenie) lub **zjawiskiem**. Wydarzenie może początkować inne procesy lub być ich elementem. Wydarzenia opisywane są przez prawa stochastyczne, które określają prawdopodobieństwo ich zaistnienia lub prawdopodobieństwo zaistnienia zjawisk z nimi związanych. **Wydarzenie**, które zaszło, przestaje być kategorią stanu wartości funkcji prawdopodobieństwa (procesu stochastycznego) w czasie lub przestrzeni i staje się **zdarzeniem**, realnym elementem funkcji częstości. Zdarzenie jest procesem, który rozpoczął się, trwał i zakończył się. Zdarzenie w najbardziej ogólnym systemowym, ale też popularnym intuicyjnym, sensie to taki ciąg zmian w dynamicznym /zmieniającym się środowisku, który **może być wyróżniony, jako trwający w przedziale czasu** (tzn. też skończony), **przez jakiegoś obserwatora**

(Wojewoda 2015). Do naturalnych, a jednocześnie najbardziej spektakularnych procesów zdarzeniowych zaliczamy takie zdarzenia jak wezbrania powodziowe, sztormy, ruchy masowe, wstrząsy sejsmiczne, fale tsunami, erupcje wulkanów, zapadliska krasowe i wulkanogeniczne, czy upadki meteorytów (Einsle i Seilacher 1982; Keller i Pinter 2000; Keller i Blodgett 2007; Boer, de, i Sanders 2007; Albritton 2008; Nur i Burgess 2008; Miller i in., 2009 a, b; Bobrowsky 2011; Mizerski i Graniczny 2019).

## Skala zjawisk i procesów geologicznych

Skala zjawisk ma szczególne znaczenie w geologii, która jako dziedzina wiedzy obejmuje zagadnienia od **mikroprzestrzeni** po zjawiska i procesy planetarne. Trafne rozpoznanie skali badanych zjawisk i procesów pozwala na poprawne zastosowanie adekwatnych metod badawczych i wyciągnięcie poprawnych logicznych wniosków. Dotychczas nie został opracowany jednolity pod względem kryteriów, ogólnie akceptowany, przydatny i jednoznaczny sposób klasyfikacji obiektów geologicznych, a skalowanie zjawisk jako takich, ma charakter czysto umowny i intuicyjny.

I tak, tradycyjny podział na **mikro-**, **mezo-** oraz **makrozjawiska geologiczne** odnosi się zasadniczo bardziej do granic rozdzielczości metody badawczej, niż do rozmiarów (wielkości) samych zjawisk. Rozróżnienie takie, zwyczajowo odnosi się do tzw. **metod mikroskopowych i submikroskopowych (skala MIKRO)**, tzw. **metod opisu makroskopowego**, czyli *za pomocą naturalnych zmysłów bez stosowania narzędzi szczególnego wspomagania* (skala MEZO), oraz ze stosowaniem takich narzędzi, jak np. urządzenia zdalnej lub pośredniej obserwacji (**skala MAKRO**). Mezo- i makrozjawiska geologiczne mogą mieć różny zasięg przestrzenny w skali Ziemi. Zasięg lokalny mają zjawiska, które dają się dokładnie opisać (rozpoznać, zmierzyć, ocenić) w skali nie wymagającej odwzorowania kartograficznego. Zasięg ponadlokalny i regionalny zjawisk oznacza, konieczność ich udokumentowania przy zastosowaniu odwzorowania kartograficznego lub innego, które obejmuje zbiór zjawisk lokalnych na konkretnym obszarze, np. na obszarze regionalnej jednostki geologicznej. Zasięg ponadregionalny zjawisk oznacza, że ich rozpoznanie, udokumentowanie, oraz wyjaśnienie wymaga zestawienia co najmniej kilku regionalnych dokumentacji, np. odwzorowań lub innej formy zestawienia danych. Wreszcie zjawiska globalne z definicji obejmują ogólnoplanetarne, ziemskie struktury geologiczne (por. Fig. 5). Jednak wady powyższego podejścia często ujawniają się w indywidualnych przypadkach.



**Fig. 6.** Hierarchiczna klasyfikacja zjawisk geologicznych w zależności od ich zasięgu przestrzennego: lokalne do ~1,2 km, ponadlokalne do ~12 km, regionalne do ~120 km, ponadregionalne do ~1200 km i globalne ponad 1200 km. Jest to schemat poglądowy, który nie odwzorowuje geometrycznie skali (BDT – brittle-ductile transition zone, DLT – ductile-liquid zone, wg. Petricca i inni 2018)

Przedstawiony dalej ilościowy schemat klasyfikacyjny, wprost wynika z przedstawionych wcześniej cech budowy Ziemi i procesów planetarnych (por. Fig. 5). I tak, w przypadku zjawisk i procesów lokalnych można nadal posłużyć się wcześniej przytoczonym kryterium odwzorowania (Wojewoda 2022). W praktyce geologicznej za lokalne można uznać zjawiska o zasięgu **do ok. 1,2 km** (Fig. 6). Dla ponadlokalnych zjawisk i procesów geologicznych można uznać za uzasadnione przyjęcie wartości odpowiadającej głębokości występowania strefy **BDT (strefa zmiany stanu kruchego w plastyczny, wg. Petricca i inni 2018)**, która zwykle mieści się na głębokości 9 i 16 km (średnio **ok. 12 km**). Ponieważ kryterium to opiera się na mechanicznych właściwościach ośrodka skalnego, zatem jest zasadne, aby przyjąć jako moduł izometryczny fragment o zasięgu na powierzchni terenu również 12 km (por. Fig. 6). Jednocześnie, z uwagi na krzywiznę powierzchni Ziemi, BDT wyznacza zasięg wszelkich, niekoniecznie izometrycznych, bezpośrednich kruchych oddziaływań mechanicznych w skali regionalnej. Można z dużym zaufaniem uznać, że zasięg bezpośrednich kruchych regionalnych oddziaływań mieści się w granicach **do 120 km** (por. Fig. 6).

Podobnie, dotyczy to drugiej granicy reologicznej, którą z kolei wyznacza strefa (strefa zmiany stanu plastycznego w płynny, wg. Petricca i inni 2018), czyli strukturalna **powierzchnia nieciągłości Moho**. Występuje ona zwykle na głębokości **między 30 i 40 km**. Tym razem, również z uwagi na krzywiznę powierzchni Ziemi oraz

grawitację, powierzchnia DLT wyznacza wprost zasięg ponadregionalny zjawisk w granicach do ok. 1200 km. Wszystkie zjawiska geologiczne obszarowo większe należy uznać za zjawiska globalne (por. Fig. 5).

## Bibliografia

- Albritton, C.C., 2008.** Catastrophic Episodes in Earth History (Topics in the Earth sciences series). Springer. [ISBN 978-04-1229-200-2]
- Anderson, D.L., 1989.** Where on Earth is the crust? *Physics Today*, 42, 38–42.
- Anderson, D.L., 2007.** *New Theory of the Earth* (2nd edition). Cambridge University Press, 384 p.
- Burns, R.G., 1993.** *Mineralogical Applications of Crystal Field Theory*. Cambridge University Press. 354 p.
- Baker, V.R., 1998.** Catastrophism and uniformitarianism: logical roots and current relevance in geology. W: Blundell, D.J., Scott, A.C., [eds.] - *Lyell: The Past is the Key to the Present*. Geological Society, London, Special Publications, 143, 1: 71 – 182.
- Bobrowsky, P., 2011.** *Encyclopedia of Natural Hazards* (Encyclopedia of Earth Sciences Series). Springer Netherlands
- Bottjer, D. J., 1998.** Phanerozoic Non-actualistic Paleogeology, „*Geobios*”, 30, 7: 885-893.
- Christiansen, R.L., 1984.** Yellowstone magmatic evolution: its bearing on understanding large volume explosive volcanism In: Boyd F.R. et al., [eds.] - *Explosive volcanism: inception, evolution and hazards*. National Research Council Studies in Geophysics, National Academy Press, Washington DC, pp. 84–95.
- Dunaj, B., [red.], 1996.** *Słownik współczesnego języka polskiego*, Wyd. Wilga, Warszawa.
- Dybkowska, M., 2000-2001.** Rodzaje paradygmatów metodologicznych w geologii. *Roczniki Filozoficzne*, Tom XLVIII, zeszyt 3: 95-102.
- Earle, S., Panchuk, K., 2019.** *Physical Geology* (2-nd Edition). BCCAMPUS VICTORIA, B.C., 828 p. [978-1-77420-028-5] <https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/>.
- Einsele, G., Seilacher, A., 1982.** *Cycles and events in Stratigraphy*. Springer Berlin, Heidelberg, 536 p. [ISBN 978-3-642-75829-4]
- Engelhardt, W., Zimmermann, J., 1988.** *Theory of Earth Science*. [Translated by Lenore Fischer from the German *Theorie der Geowissenschaft* (1982)]. Cambridge, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 381 p. [ISBN 0 521 25989 4]
- Jain, S., 2014.** *Fundamentals of Physical Geology*. Springer Geology 494 p. [ISBN 978-81-322-1538-7]
- Keller, E.A., Pinter, N., 2000.** *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape* (Series in International Business and Economics). Prentice Hall.
- Keller, E.A., Blodgett, R.H., 2007.** *Natural Hazards: Earth's Processes as Hazards, Disasters and Catastrophes*. Prentice Hall.
- Miller, F.P., Vandome, A.F. McBrewster, J., 2009 a.** *Catastrophism: Earth, Paradigm, Uniformitarianism (science), Erosion, Scientific consensus, Deluge myth, Immanuel Velikovsky, Impact event, Giant impact hypothesis*. Alphascript Publishing.
- Miller, F.P., Vandome, A.F. McBrewster, J., 2009 b.** *Earthquake: Earthquake. Fault (geology), Aftershock, Induced seismicity, Seismology, Landslide, Soil liquefaction, Tsunami, Flood Emergency management, Earthquake insurance, Historical earthquakes*. Alphascript Publishing.

- Mizerski, W., 2018.** Geologia Dynamiczna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 497 p.
- Mizerski, W., Graniczny, M., 2019.** Katastrofy przyrodnicze. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 190 p.
- Nance, D., Murphy, B., 2015.** Physical Geology Today. Oxford University Press, 283 p.
- Nur, A., Burgess, D., 2008.** Apocalypse: Earthquakes, Archaeology, and the Wrath of God. Princeton Univ. Pr.
- Petricca, P., Carminati, E., Doglioni, C., Riguzzi, F., 2018.** Brittle-ductile transition depth versus convergence rate in shallow crustal thrust faults: Considerations on seismogenic volume and impact on seismicity. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 284, 72–81.
- Scalera, G., 2012.** Geodetic Problems of an expanding Globe. In: G. C. Scalera, E. Boschi & S. Cwojdzński [eds.] – *The Earth Expansion Evidence*. Inst. Naz. Geofisica e Vulcanologia, pp. 389–395. ARACNE S.r.l., Roma.
- Turcotte, D.L., Schubert, G., 2002.** Geodynamics. Cambridge University.
- Wojewoda, J., 2015.** Zdarzenia czym są, jak skutkują i jaki pozostawiają zapis geologiczny? Krótki esej o czasie geologicznym... *Studium Generale*, 19: 43-68. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. [ISBN 9788379771585]
- Wojewoda, J., 2017.** Powierzchnie w geologii, powierzchnie geologiczne... W: E. Dobierzewska-Mozrzyimas, A. Jezierski, [red.] – *Dzieła Natury, Dzieła Człowieka, Historia*. *Studium Generale*, 21: 63-83. [ISSN 0239-6661, ISBN 978-83-7977-358-9].
- Wojewoda, J., 2021.** Przestrzeń, zjawiska i procesy geologiczne (I): uwarunkowania, skala oraz implikacje metodologiczne. *Konsulting Polski*, 11/12, 45-47.
- Wojewoda, J., 2022.** Paleogeografia Dolnego Śląska. W: E. Dobierzewska-Mozrzyimas, A. Jezierski, [red.] – *„Poznanie Świata: Dzieła i Dzieje Człowieka”*, *Studium Generale*, 23: 31-58 [DOI: 10.23817/stgen.23-3]. [ISSN 0239-6661]
- Zaccagnino, D., Vespe, F., Doglioni, C., 2020.** Tidal modulation of plate motions. *Earth-Science Reviews*, 205: 103–179.

## Słownik polsko-angielski terminów znaczących (1)

- abstrakcja** – abstraction, abstract surface  
 astenosfera – asthenosphere  
 bazalt – basalt  
 BDT – Brittle-Ductile Transition Zone  
**biologia, biostratygrafia** – biology, biostratigraphy  
 cecha – characteristic, feature, attribute  
 chemia – chemistry,  
**chemostratygrafia** – chemostratigraphy  
 czas – time, moment, season  
 definicja – definition  
 DLT – Ductile-Liquid Transition Zone  
 dno oceaniczne – oceanic floor  
 dynamika – dynamics  
 fizyka – physics, natural philosophy  
 geochemia – geochemistry  
 geoda – geode  
 geofizyka – geophysics  
 geoinżynieria – geoengineering  
 geologia górnicza – mining geology  
 geologia ogólna – general geology  
 geologia podstawowa – basic geology  
 geologia stosowana – applied geology  
 geologia strukturalna – structural geology  
 geomatyka – geomatics  
 geometria wykreślna – descriptive geometry  
 geostatystyka – geostatistics  
 geotechnika – geotechnics  
 geotektonika – geotectonics  
 globalny – global  
 gradualizm – gradualism  
 granit – granite  
 grawimetria – gravimetry  
 grzbiet oceaniczny – (mid)oceanic crest  
 intersekcja geologiczna – geological intersection  
 inżynieria środowiskowa – environmental engineering  
 inżynieria górnicza – mining engineering  
 jądro płynne – liquid core

<b>jądro wewnętrzne</b> – inner core	<b>prawo, reguła, zasada</b> – law, right, rule, principle
<b>jądro zewnętrzne</b> – outer core	<b>proces</b> – process, action, course, advance
<b>jądro Ziemi</b> – Earth core	<b>przedmiot</b> – object, thing, subject, article
<b>katastrofizm</b> – catastrophism	<b>przenikanie brył</b> – interpenetration of solids
<b>klasyfikacja</b> – classification, rating, ordination	<b>przeźródlenie</b> – space, extent, fetch, interval
<b>litosfera</b> – lithosphere	<b>przeźródlenie geologiczne</b> – geological space
<b>matematyka</b> – mathematics, maths	<b>rów oceaniczny</b> – oceanic trough
<b>materia</b> – matter, material, stuff	<b>siła, siła odśrodkowa</b> – force, centrifugal force
<b>myśl</b> – thought, mind, idea, view	<b>skorupa ziemna</b> – Earth crust
<b>nastrój</b> – mood, fettle	<b>skorupa sztywna</b> – rigid crust
<b>nauka</b> – science, knowledge	<b>stan</b> – state, position, condition
<b>nazwa</b> – name, appellation	<b>struktura geologiczna</b> – geological structure
<b>nonaktualizm</b> – Non-Actualism	<b>struktura wewnętrzna</b> – internal structure
<b>obiekt geologiczny</b> – geological object	<b>struktura zewnętrzna</b> – external structure
<b>opis</b> – description, depiction	<b>tektonika</b> – tectonics
<b>opis ilościowy</b> – quantitative description	<b>twierdzenie</b> – theorem, statement, predication
<b>opis jakościowy</b> – qualitative description	<b>uniformitaryzm</b> – uniformitarianism
<b>pion</b> – vertical	<b>wartość</b> – value, quality
<b>plastyczna astenosfera</b> – ductile asthenosphere	<b>zasada aktualizmu geologicznego</b> – the principle of geological uniformitarianism
<b>plaszcz Ziemi</b> – Earth mantle	<b>zasada superpozycji</b> – geological superposition
<b>płyty litosferyczne</b> – lithospheric plates	<b>zdarzenie</b> – event, occurrence
<b>plyw</b> – tide	<b>zjawisko</b> – phenomenon, occurrence
<b>poziom</b> – level, horizon, plane	
<b>praktyka</b> – practice, experience, praxis	

**c.d.n.**