



V. Wnętrze Ziemi. Procesy endogeniczne

8. Odtwarzanie i datowanie dziejów Ziemi



Metody badań wieku skał

Główne koncepcje dotyczące odtwarzania dziejów Ziemi

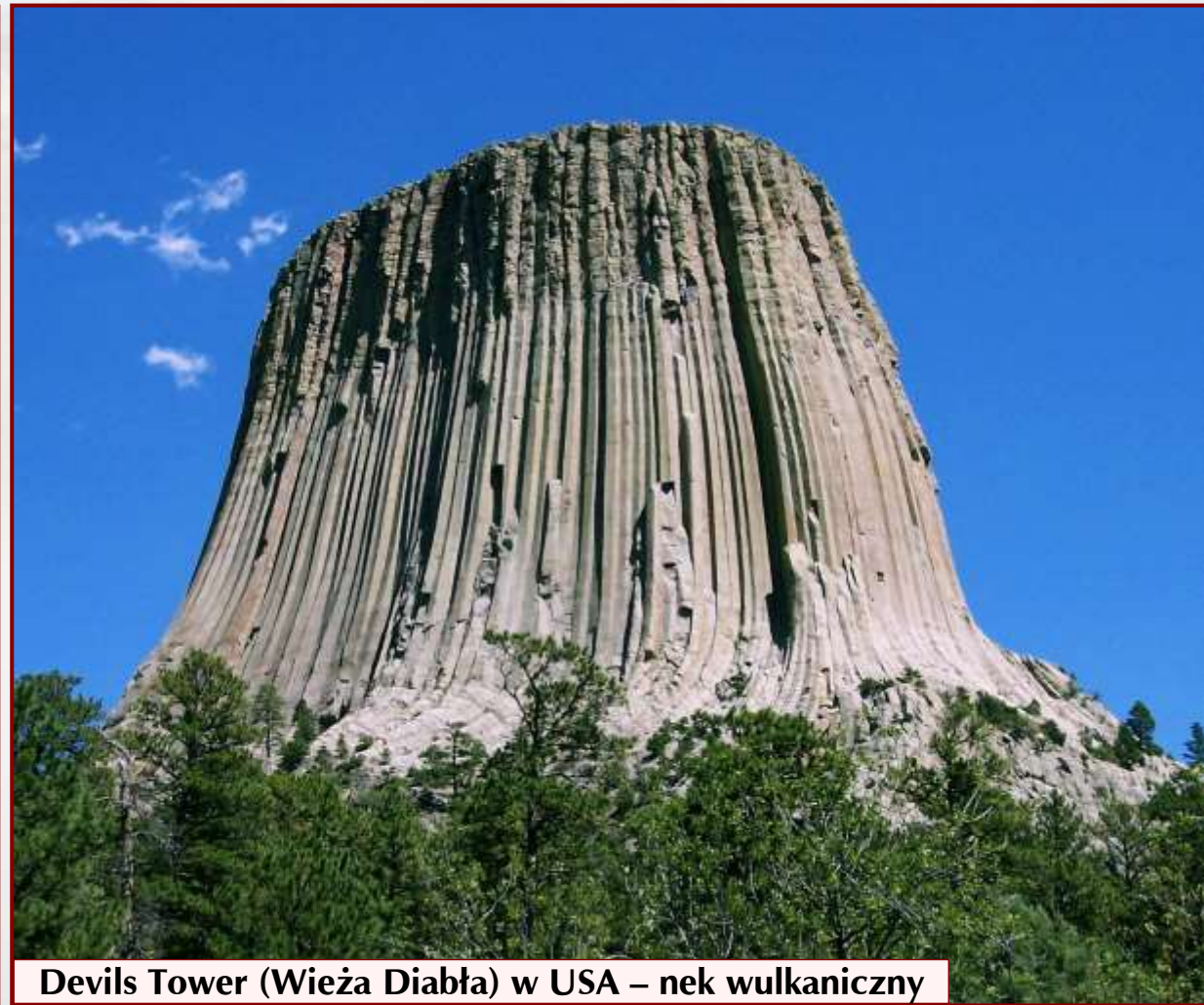
🌐 Przeszłość naszej Ziemi od zawsze intrygowała ludzi.

🌐 Otaczało ją wiele **mitów i legend** np.:

- 🌐 skamieniałe kości wymarłych zwierząt stały się kanwą licznych **opowieści o smokach i innych dziwnych stworzeniach.**
- 🌐 tropy dinozaurów i rysy lodowcowe na głazach interpretowano jako ślady pazurów diabła.



Rysy lodowcowe na mutonie



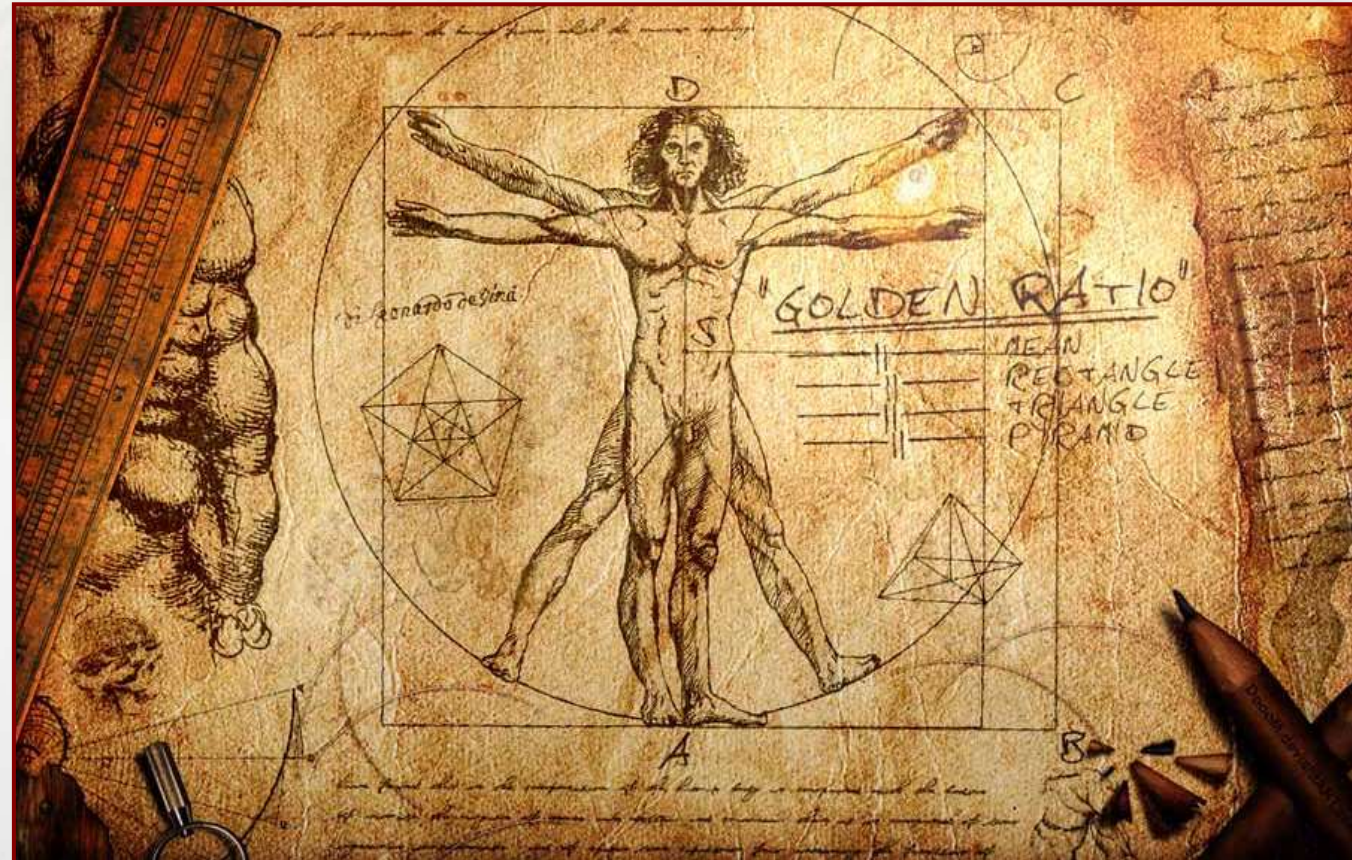
Devils Tower (Wieża Diabła) w USA – nek wulkaniczny

Zasięg mórz wg Leonarda Da Vinci

- Największy postęp w interpretacji dziejów Ziemi nastąpił w **odrodzeniu**.
- Na podstawie występowania w skałach w głębi lądu skamieniałości zwierząt morskich **Leonardo da Vinci** wysnuł wniosek, że **w przeszłości okresowo zasięg morza musiał być dużo większy aniżeli jemu współczesny**.
- W celu interpretacji zjawisk geologicznych wykonywał on nawet eksperymenty.
- Zainspirowany potopem biblijnym – jego opisem wykonał kilka eksperymentów, mających na celu obserwację, jakie mogą być skutki gdy woda natknie się na przeszkody.



Wizja potopu wg Leonarda Da Vinci



Główne zasady stratygraficzne wg Steno

🌐 **Niels Stensen (Steno)** w XVII wieku, prócz dokonania pierwszego podziału dziejów Ziemi na epoki geologiczne, ustalił **cztery główne zasady stratygraficzne** obowiązujące także i dziś:

🌐 **zasadę superpozycji** (tzw. **zasadę następstwa warstw, nadległości warstw**) – zgodnie z którą w serii niezaburzonych warstw, najstarsze znajdują się na spodzie profilu i są przykryte przez coraz młodsze warstwy,

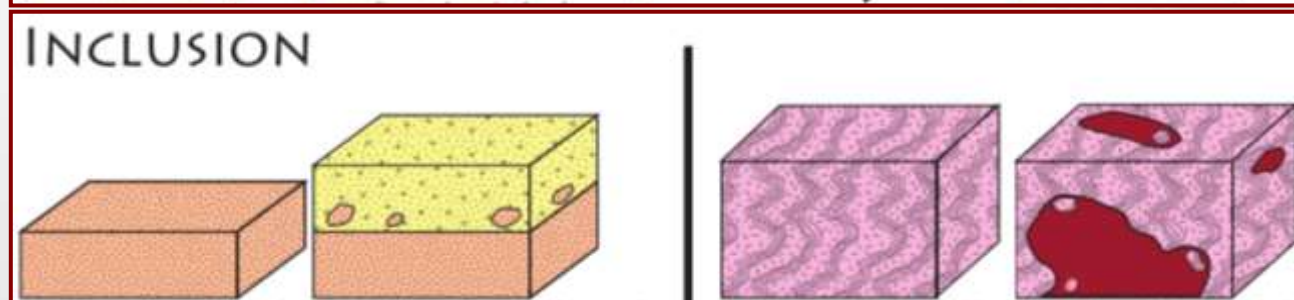
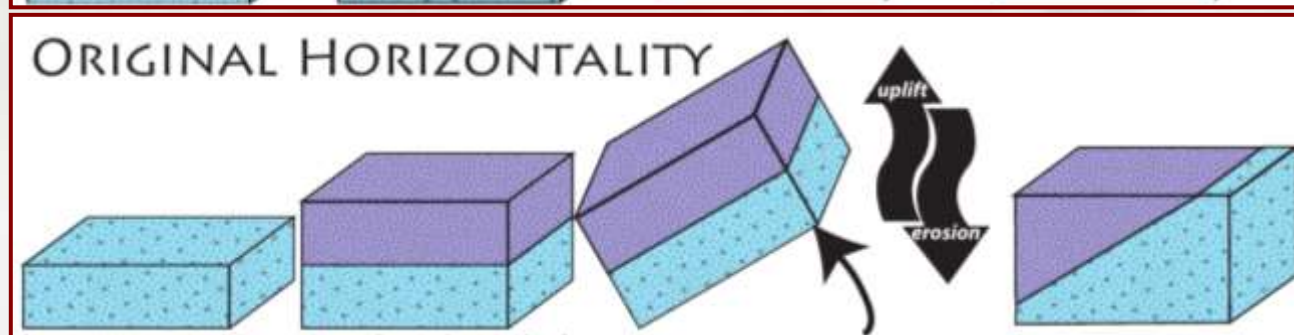
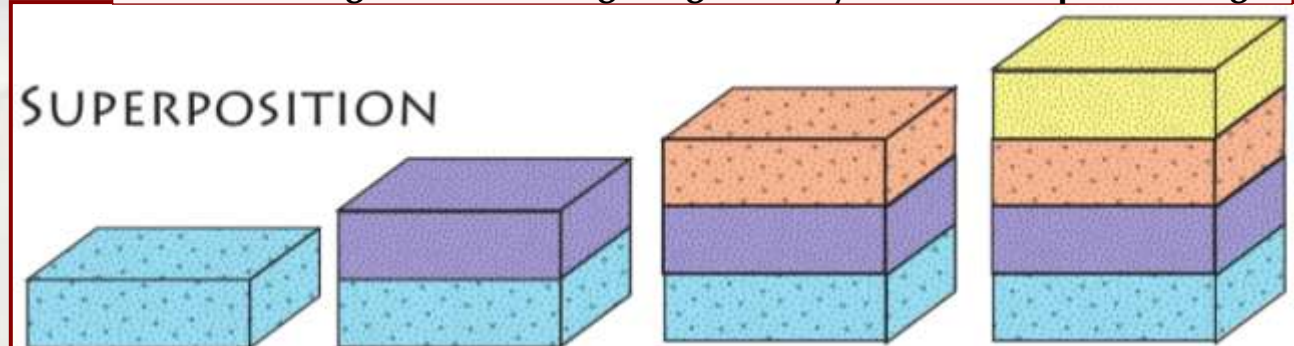
🌐 **zasadę pierwotnie poziomego położenia warstw skalnych** – dotyczącą faktu, że warstwowanie pierwotnie jest poziome, a jeżeli jest dziś inaczej to warstwy musiały ulec jakiejś deformacji tektonicznej,

🌐 **zasadę ciągłości obocznej warstw** – mówiącą, że materiał budujący wszelkie warstwy rozciąga się na powierzchni ziemi, chyba że jakaś inna masa je ogranicza,

🌐 **zasadę następstwa gatunkowego** – stwierdzającą fakt, że grupy skamieniałości zwierząt i roślin pojawiają się w zapisie stratygraficznym w określonej kolejności (najstarsze organizmy występują najniżej w profilu).



Wielkie zasługi N. Steno dla geologii zostały zauważone przez Google



Zasada aktualizmu geologicznego wg Hutton'a

🌐 Zasada aktualizmu geologicznego – została odkryta przez ojca nowoczesnej geologii James'a Huttona pod koniec XVIII wieku (spopularyzowana nieco później w 1830 roku przez Ch. Lyella) i wg niej:

“Present is the key to the past” – “Teraźniejszość jest kluczem do poznania przeszłości”.

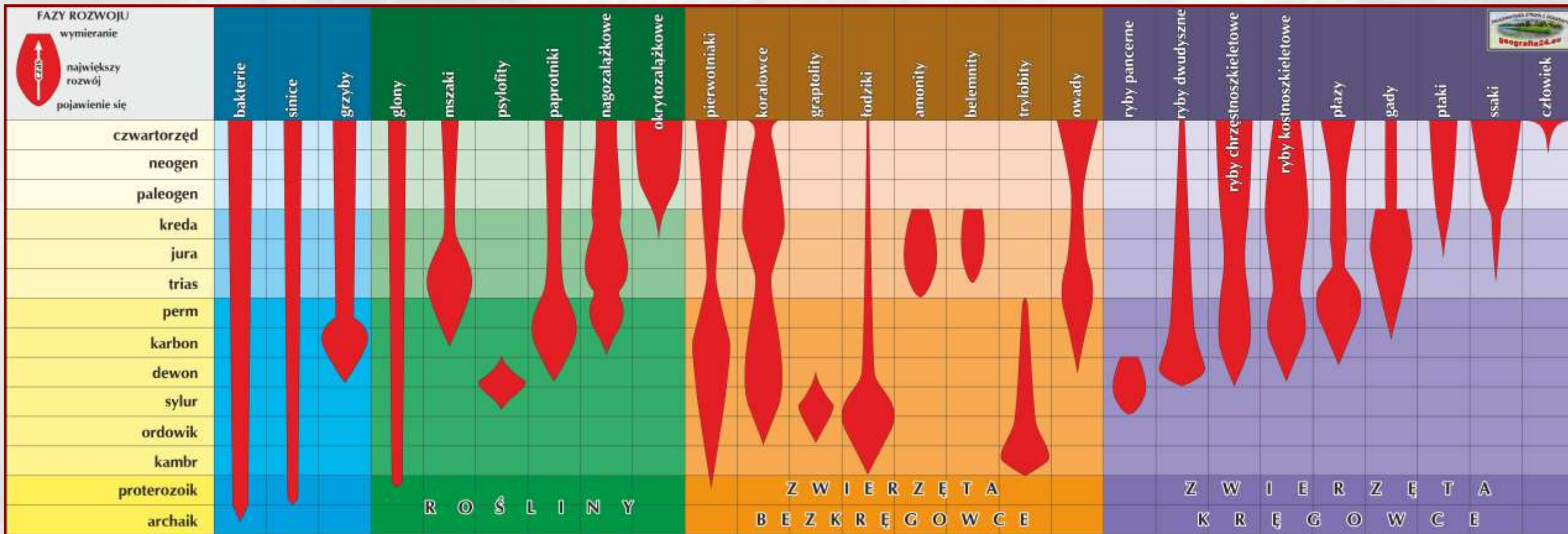
🌐 Zgodnie z jej zapisami czynniki fizyczne i chemiczne oddziałujące na Ziemię były w przeszłości podobne do obecnych i wywoływały podobne procesy geologiczne, stąd obserwacja procesów zachodzących współcześnie, np. tworzenia się osadów, umożliwia orzekanie o przebiegu podobnych zjawisk w przeszłości.

🌐 Zasada ta sprawdza się dobrze w wielu przypadkach – jednak dziś wiemy nieco więcej, np. że w dziejach Ziemi zmieniały się panujące warunki (np. temperatura, opady, skład i budowa atmosfery) przez co rozwój pewnych procesów musiał przebiegać w nieco odmienny sposób, niż dziś w odmiennych warunkach.



Koncepcja katastrofizmu i profile stratotypowe

- 🌐 **Katastrofizm** – jest ważną koncepcją opracowaną pod koniec XVIII wieku przez Georga Cuvier’a i Williama Smith’a.
- 🌐 Katastrofizmem tłumaczyli oni fakt, że **w różnych warstwach skał występuje odmienny inwentarz skamieniałości**, w tym liczne są szczątki organizmów niewystępujących w dzisiejszej faunie i florze.
- 🌐 Wg nich na fakt ten musiały wpływać jakieś katastrofy (np. potop), które w przeszłości geologicznej Ziemi wielokrotnie miały okazję zdziesiątkować istniejący świat zwierząt i roślin.
- 🌐 Wykorzystując teorię katastrofizmu w wieku XIX opracowano **tzw. profile stratotypowe**, czyli charakterystyczne dla poszczególnych okresów w dziejach Ziemi następstwa skał wraz z zawartymi w nich skamieniałościami.



Ewolucjonizm i neokatastrofizm geologiczny

- 🌐 **Katastrofizm** należy dziś rozpatrywać wyłącznie jako pogląd mający odniesienie tylko do niektórych wydarzeń geologicznych, zaś obecnie znacznie lepiej zmiany na Ziemi tłumaczą dwie inne teorie:
- 🌐 **ewolucjonizm** – system poglądów traktujący cały świat ożywiony jako zespół bytów organicznych zmieniających się w sposób ciągły w czasie,
 - 🌐 w świecie istnieje prawidłowość zgodnie z którą organizmy, które nie potrafiły sprostać nowym warunkom, wymierały, zaś te, które potrafiły – adaptowały się do nowych warunków, czyli zgodnie z koncepcją ewolucjonizmu ewoluowały;
- 🌐 **neokatastrofizm geologiczny** – tłumaczący w dość przekonujący sposób liczne etapy gwałtownego wymierania zwierząt, jakie nawiedzały Ziemię,
 - 🌐 ich przyczyną miałyby być upadki na naszą planetę olbrzymich meteorytów lub komet, których ślady stwierdzono w wielu regionach Ziemi.





Metody określania wieku skał

Metody określania wieku skał (Geochronologia)

- 🌐 **Geochronologia** – rachuba czasu i datowanie zjawisk w historii Ziemi.
- 🌐 Dzieli się na:
 - 🌐 **geochronologia względna** – określa wiek warstw skalnych i czas trwania procesów geologicznych na podstawie następstwa warstw lub względem warstw przyjętych za wzorcowe;
 - 🌐 geochronologia względna dzieli dzieje Ziemi na jednostki czasu (jednostki geochronologiczne – eony, ery, okresy, epoki, wieki), które charakteryzuje występowanie tych samych grup, rodzajów i gatunków zwierząt;
 - 🌐 mówiąc o wieku względnym, używamy określeń **“skała starsza”** lub **“skała młodsza”**!!!
 - 🌐 **geochronologia bezwzględna** – określa wiek skał w latach, a tym samym umożliwia ustalenie skali chronologicznej dla wydarzeń geologicznych;
 - 🌐 **wiek bezwzględny wymaga podania w miarę dokładnego wieku skał** (w tysiącach, milionach lat);
 - 🌐 w badaniach geologicznych przyjęto, że wiek bezwzględny liczony jest **w odniesieniu do 1950 roku** – rok ten uznano za początek teraźniejszości.

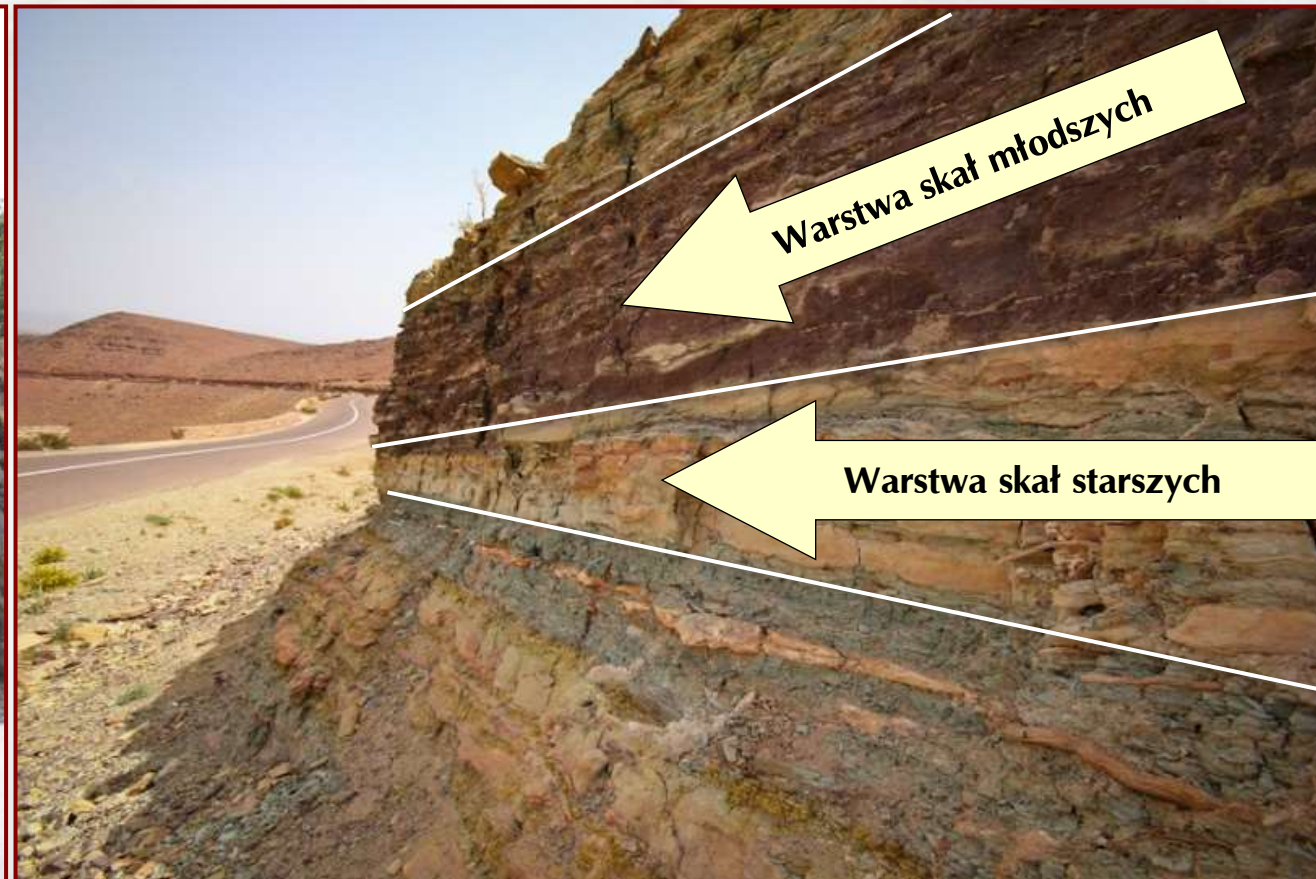
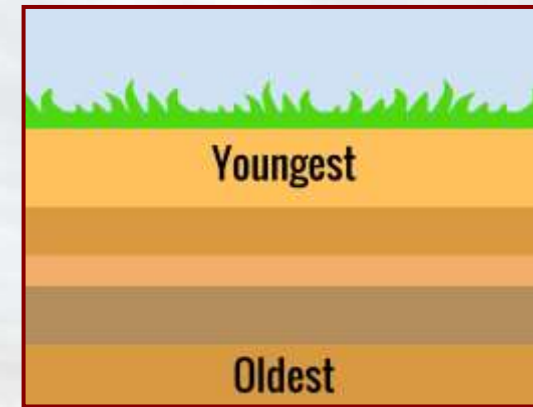




A. Wiek względny

A. Metoda stratygraficzna

- ☉ **Metoda stratygraficzna** pozwala podać wiek skał w oparciu o analizę ułożenia kolejnych warstw względem siebie – bazuje na **zasadzie następstwa warstw (superpozycji)**, opracowanej przez **Steno**.
- ☉ Znajduje ona zastosowanie jedynie w przypadkach w których skały nie zostały zaburzone ruchami tektonicznymi.
- ☉ Zgodnie z nią wiemy, że: skały leżące wyżej są młodsze od skał leżących poniżej.

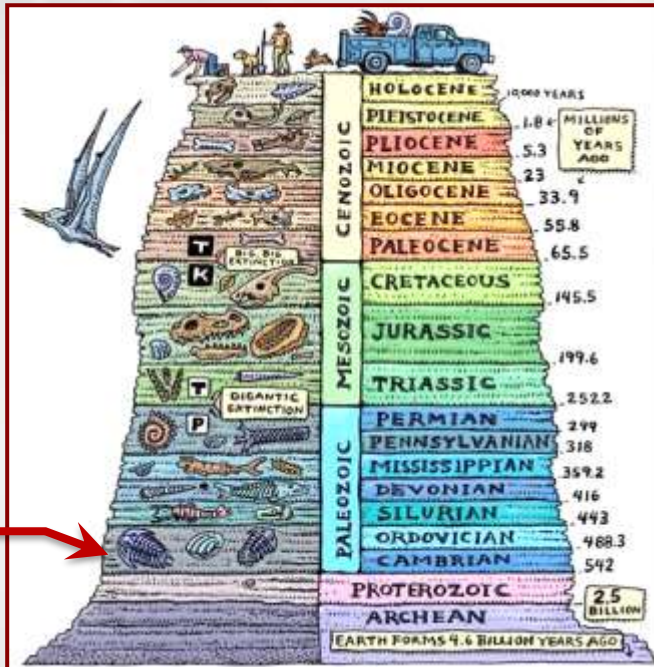


B. Metoda paleontologiczna (biostratygraficzna)

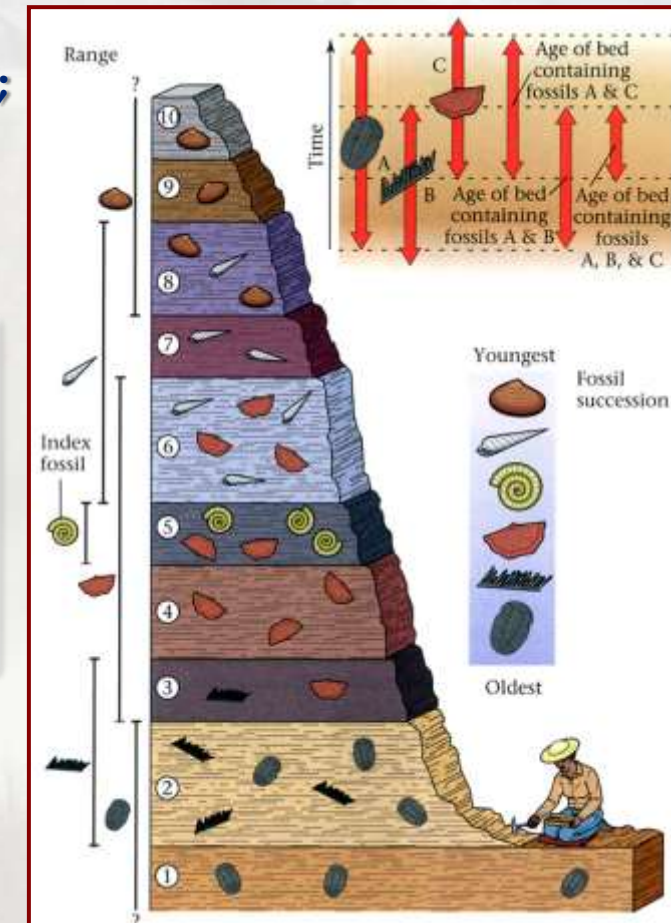
- Metoda paleontologiczna (biostratygraficzna) – pozwala na podstawie **skamieniałości przewodnich**:
 - określić jakie organizmy występowały dawniej na powierzchni Ziemi,
 - ustalić **skamieniałości typowe dla kolejnych warstw skalnych** tworzących się w przeszłości geologicznej, oczywiście biorąc pod uwagę tylko te które zachowały się w postaci skamieniałości (a tak zachowuje się tylko 1 na kilkanaście tys. gatunków),
 - skamieniałości przewodnie** – szczątki po organizmach, które w skali geologicznej czasu występowały powszechnie ale dość krótko (np. kilka lub kilkanaście mln lat),
 - umożliwiają nam jednoznaczną identyfikację – przypisanie dla danego okresu lub epoki;
 - poznać przebieg ewolucji świata organicznego,
 - odtworzyć środowisko geograficzne, w którym te organizmy żyły.



Wiemy że trylobity były bardzo powszechne w kambrze



Identyfikujemy organizm jako trylobit i szukamy czy i kiedy on masowo występował (odpowiedź po lewej stronie)



Jak powstają skamieniałości

- ☉ Aby powstała skamieniałość muszą być specyficzne warunki, z jednej strony uniemożliwiające całkowity rozkład organizmu (warunki beztlenowe w zbiornikach ze słabą cyrkulacją wody), z drugiej strony izolacja od wpływu czynników zewnętrznych.

I tak przykładowo po lewej stronie przedstawiona została historia powstawania jednej ze skamieniałości:

1. martwa ryba *Priscacara Hops* opada na dno płytkiego i ciepłego zbiornika wodnego, np. morza;
2. bakterie częściowo rozkładają leżącą na dnie martwą rybę,
 - ☉ pozostałe szczątki zostają stosunkowo szybko przykryte warstwą drobnoziarnistych osadów morskich (ważne aby to nastąpiło dość szybko – świetne warunki panują np. w czasie sztormów);
3. osadzanie kolejnych warstw osadów sprzyja rozpoczęciu procesów chemicznych powodujących **fosylizację**, czyli **skamienienie**,
 - ☉ szkielet ryby pod wpływem ciśnienia ulega sprasowaniu;
4. po ustąpieniu morza odsłonięta powierzchnia Ziemi poddawana jest silnym procesom erozyjnym;
5. silne procesy erozyjne, niszcząc kolejne warstwy skał, odsłaniają w końcu skamieniałą wcześniej rybę.



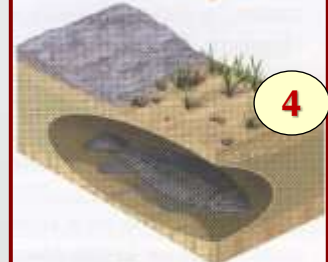
1



2



3



4

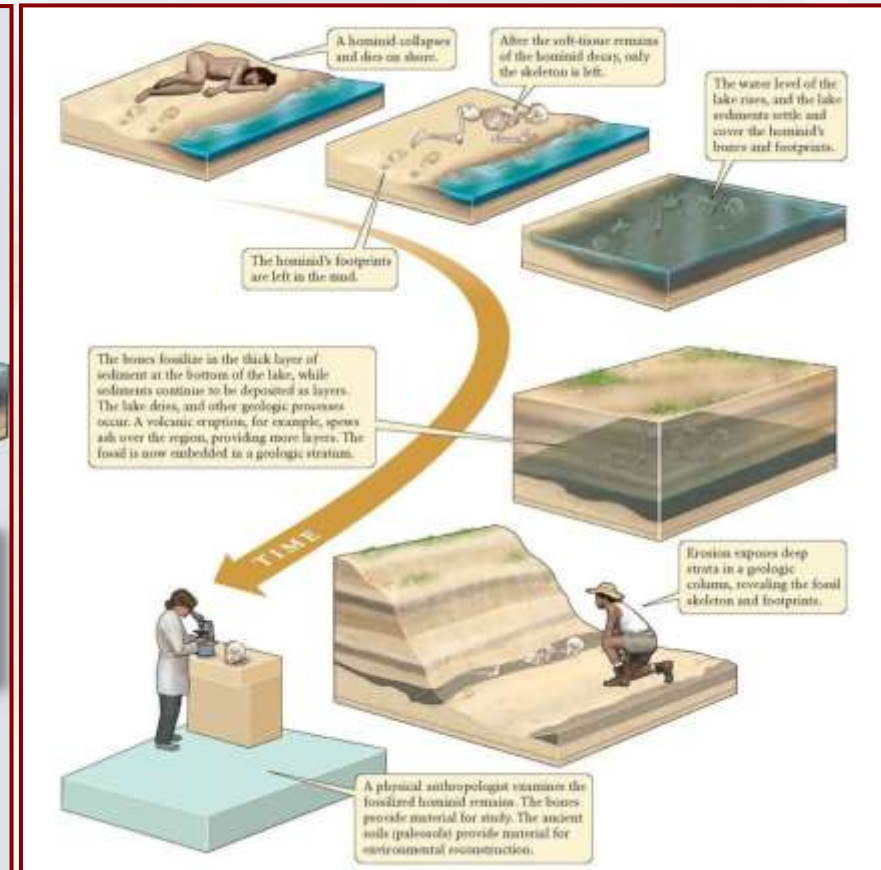
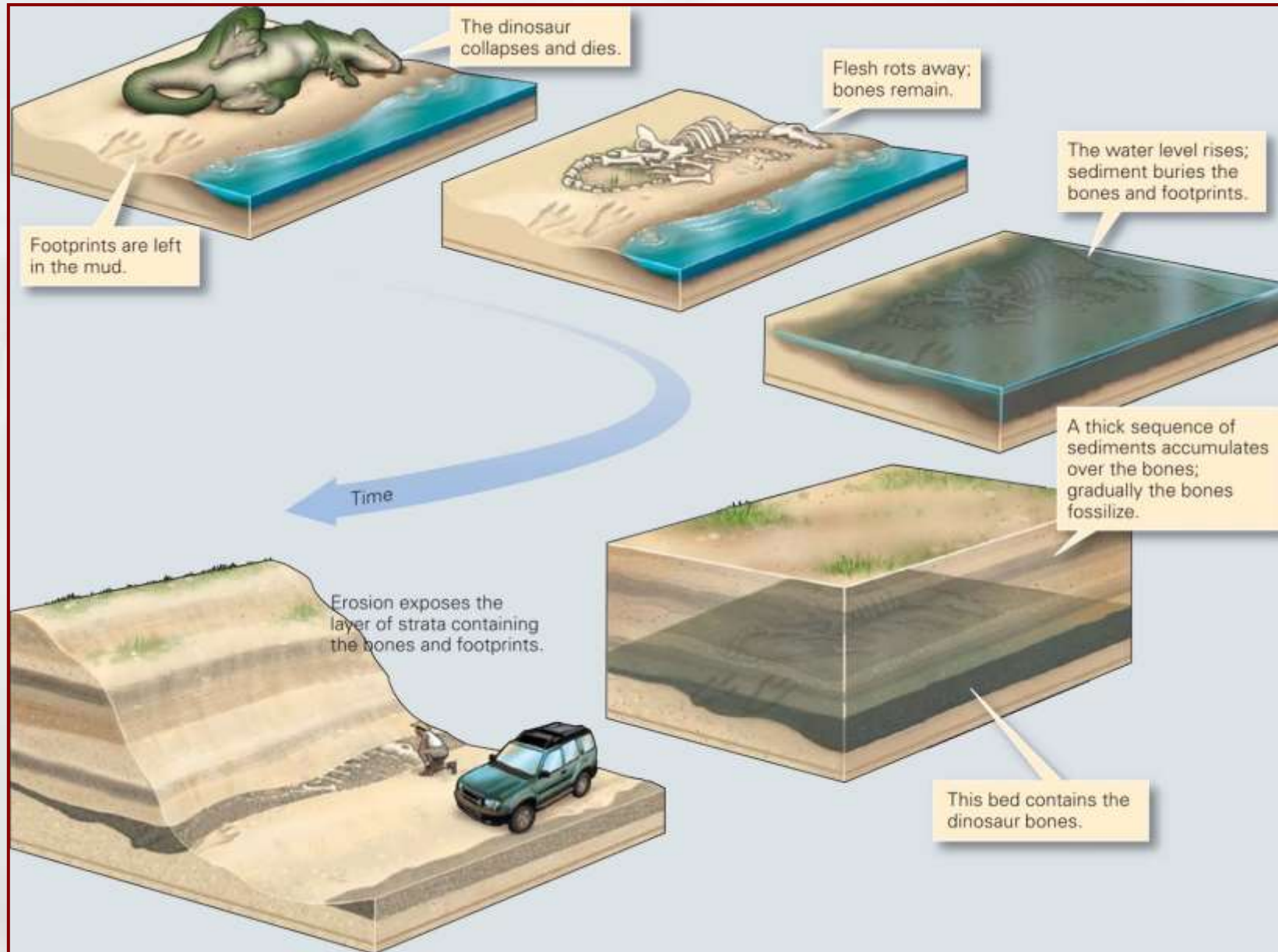


5



Jak powstają skamieniałości

🌐 Dzięki skamieniałościom łatwiej nam zrozumieć wiele wydarzeń z przeszłości naszej Ziemi.



C. Metoda tektoniczna (diastroficzna)

☉ **Metoda tektoniczna** – opiera się na analizie kolejnych warstw skalnych, w których wyszukuje i tłumaczy się niezgodności w ich ułożeniu.

☉ Dzięki temu jesteśmy w stanie ustalić, czy w przeszłości geologicznej na danym obszarze miały miejsce ruchy tektoniczne, jaka była ich intensywność, ile było cykli górotwórczych i jaka była kolejność poszczególnych wydarzeń.

☉ Najważniejszą rolę pełnią tu 2 zasady mówiące, że:

☉ *skała przecinana jest starsza od elementu przecinającego,*

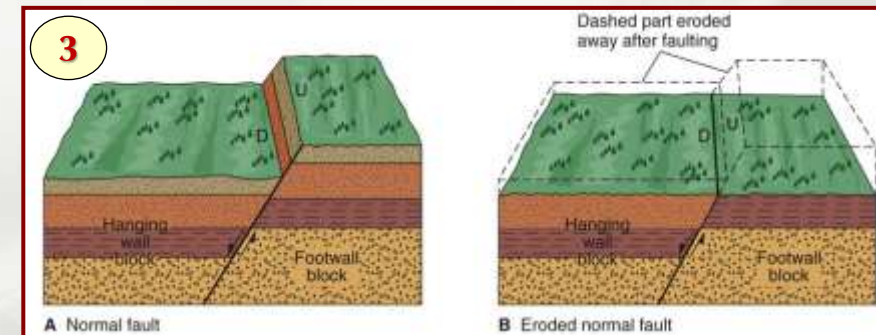
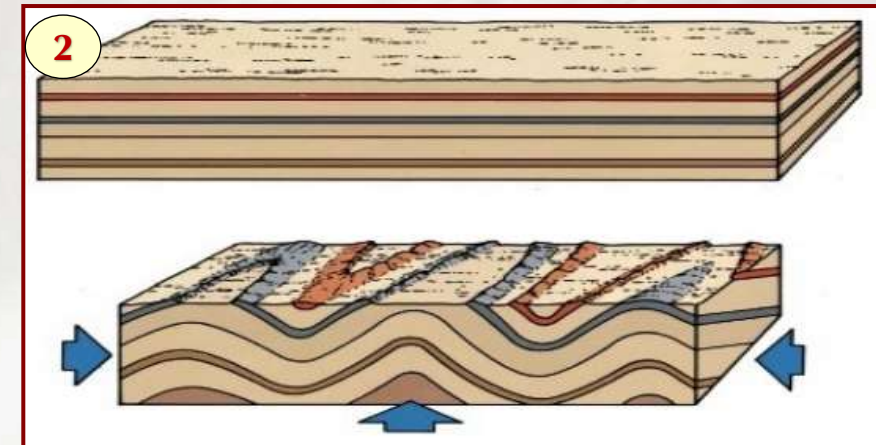
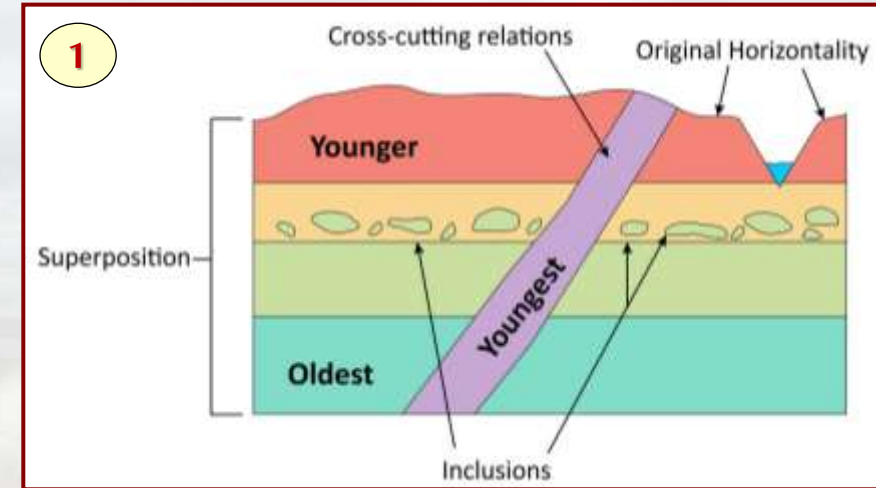
☉ dotyczy to w szczególności wciskających się pomiędzy warstwy intruzji magmowych (rysunek 1),

☉ *deformacja skał jest młodsza od najmłodszej skały, którą proces ten obejmuje,*

☉ dotyczy to w głównie warstw poddanych procesom górotwórczym (fałdowaniom):

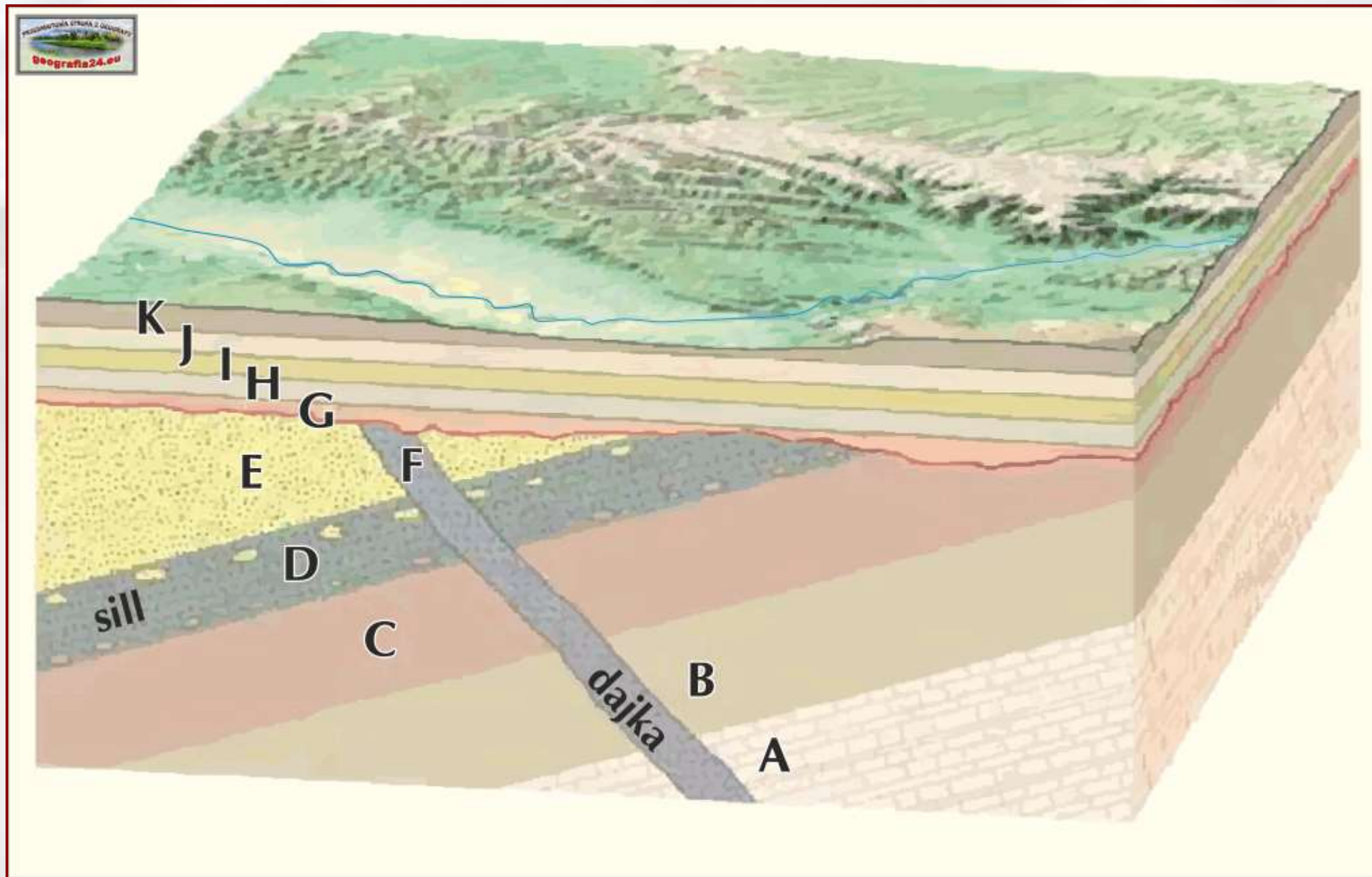
☉ jeżeli widzimy spłaszczenie (zrównanie) w obrębie sfałdowanych skał to oznacza, że najpierw było fałdowanie a potem doszło do erozji i w jej wyniku zrównania powierzchni (rysunek 2),

☉ jeżeli uskoku przecina jakieś warstwy, co oznacza że najpierw one powstały a potem dopiero nastąpiło powstanie uskoku, a na samym końcu przesunięcie skał wzdłuż uskoku (rysunek 3).



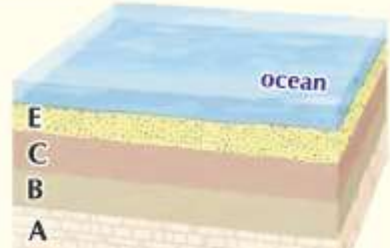
Przykład zastosowania metody tektonicznej (diastroficznej) – zadanie

- 🌐 **Dokonaj analizy wydarzeń dla przykładowego rysunku (zastosuj poznane do tej pory metody).**

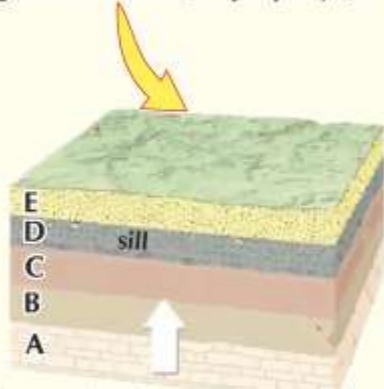


Przykład zastosowania metody tektonicznej (diastroficznej) – rozwiązanie

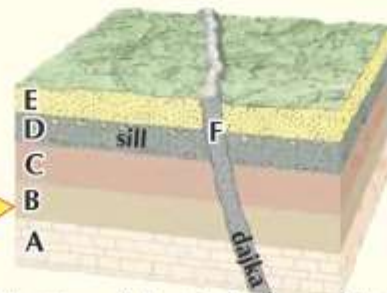
🌐 **Dokonaj analizy wydarzeń dla przykładowego rysunku (zastosuj poznane do tej pory metody).**



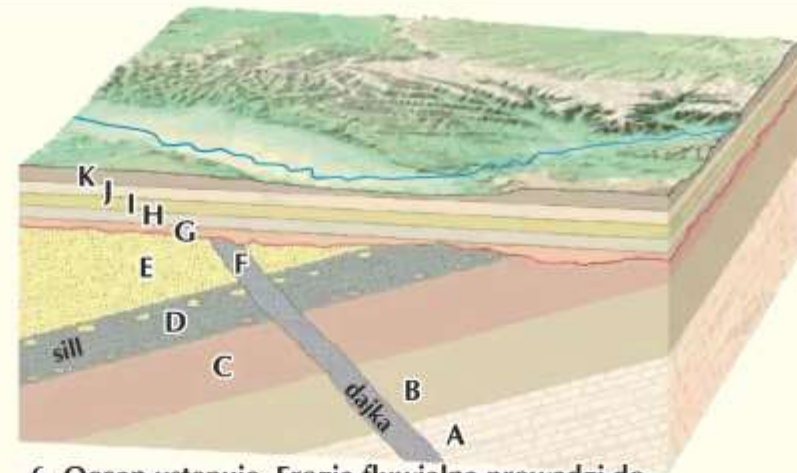
1. W środowisku wodnym powstają kolejno na sobie warstwy A, następnie B, C i E (zgodnie z zasadą superpozycji).



2. Podnoszenie obszaru (ustąpienie oceanu). W warunkach lądowych pomiędzy warstwę C i E wdziera się intruzja magmowa - zgodna (sill - żyła pokładowa) - powstaje warstwa D.

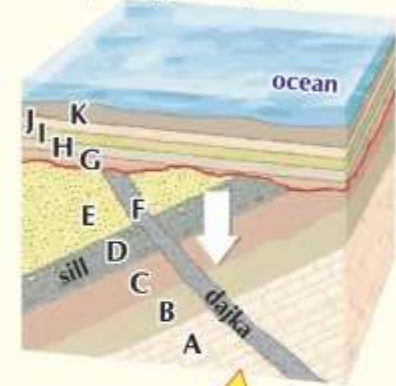


3. Warstwy A-E zostają "przecięte" intruzją niezgodną - dajką - tworzącą

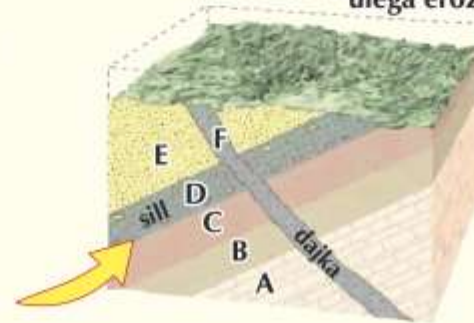


6. Ocean ustępuje. Erozja fluwialna prowadzi do szybkiego niszczenia warstwy K w miejscu, w którym obecnie występuje dolina rzeczna (rzeka transportuje erodowanym materiał skalny).

5. Wskutek ruchów obniżających znów pojawia się ocean. W środowisku wodnym osadzają się kolejno warstwy G, następnie H, I, J i K.

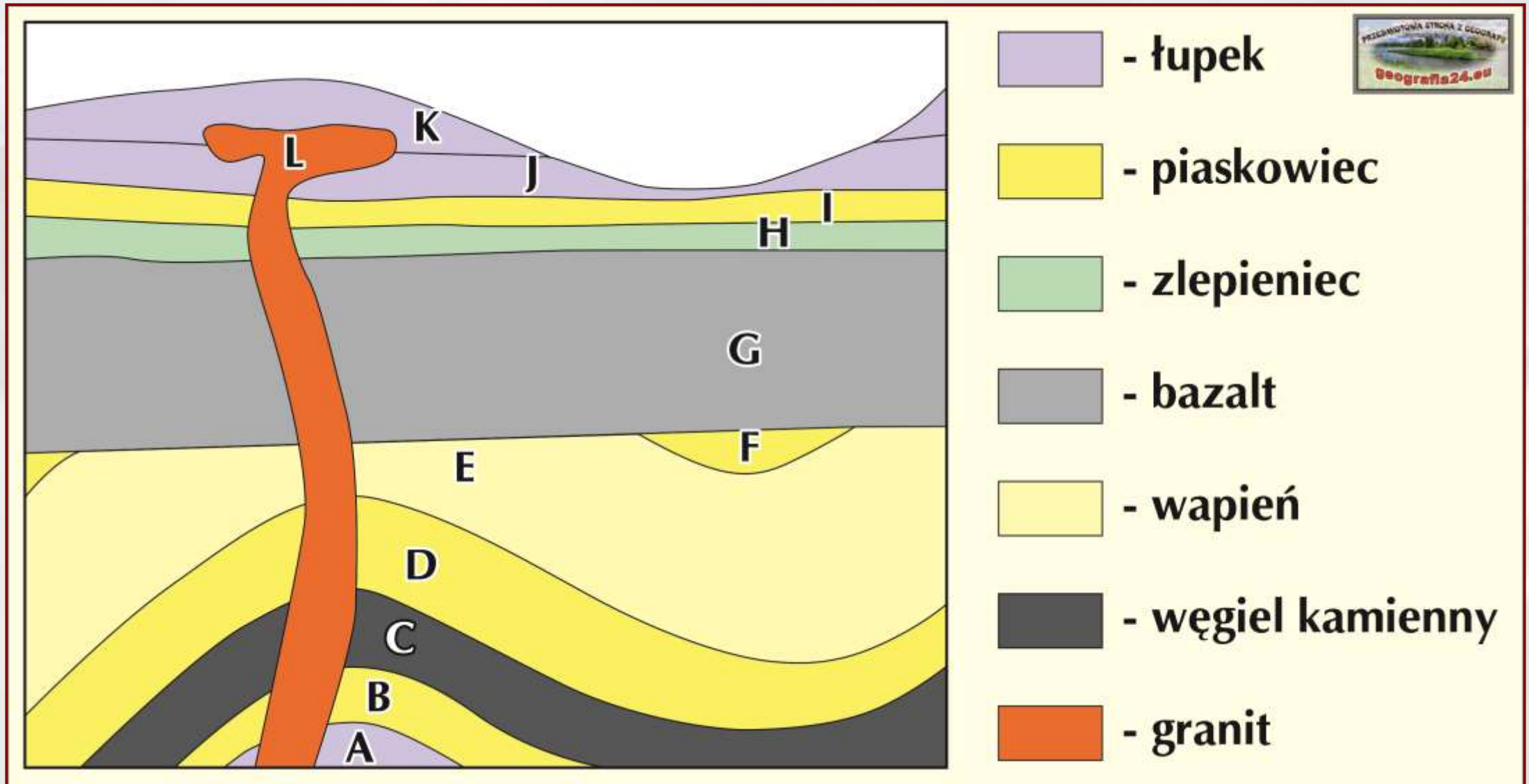


4. Obszar ulega nierównomiernemu podnoszeniu. Silniej wypiętrzona część szybko ulega erozji w warunkach lądowych. Powstaje zrównanie obszaru.

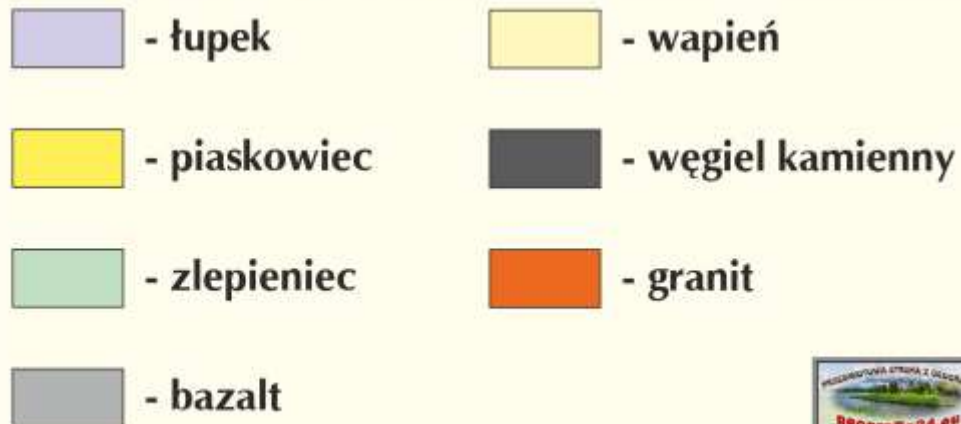
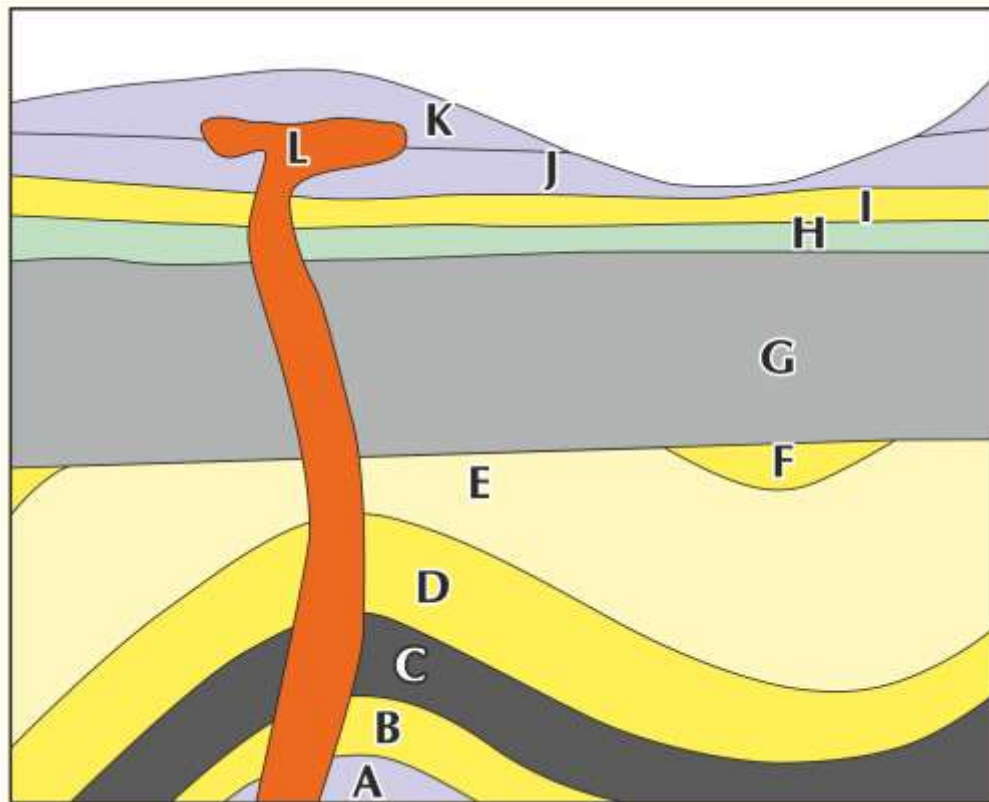


Przykład zastosowania metody tektonicznej (diastroficznej) – zadanie

☛ Dokonaj analizy wydarzeń dla przykładowego rysunku – przekroju geologicznego (zastosuj poznane do tej pory metody).



Przykład zastosowania metody tektonicznej (diastroficznej) – rozwiązanie



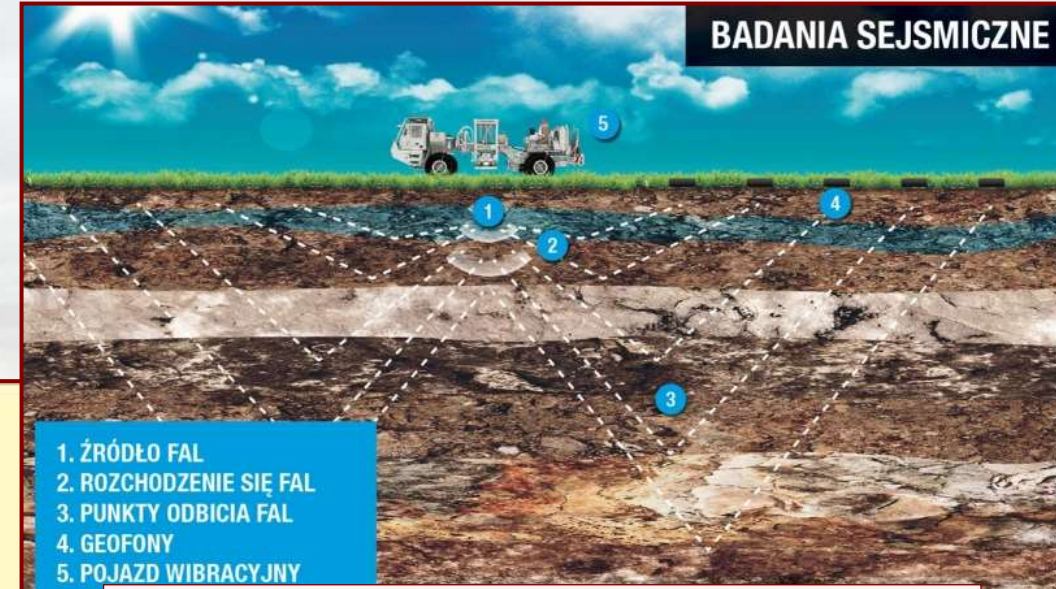
• Kolejność wydarzeń (przykładowy opis wykorzystujący w szczególności metodę tektoniczną oraz w mniejszym stopniu i inne):

1. Osadzanie w warunkach morskich łupków (A), na nich kolejno serii piaskowców (B), węgla kamiennego (w b. płytkich zbiornikach rozkład obumarłych szczątków roślin) (C), piaskowców (D), wapieni (ciepłe morze) (E) i piaskowców (F).
2. Ruchy górotwórcze – sfałdowanie obszaru (regresja morska – ustąpienie morza).
3. Zrównanie powierzchni wskutek erozji i wietrzenia (spłaszczenie wcześniej wypiętrzonego orogenu).
4. Wulkanizm – wylew lawy zasadowej i powstanie warstwy skał bazaltowych (trap wulkaniczny) (G).
5. Wkroczenie morza dość płytkiego w którym się osadziły zlepieńce (H), zaś później piaskowce (I) i łupki (J).
6. Wulkanizm – wylew lawy kwaśnej, która przecina wcześniej powstałe warstwy (powstanie granitów w obrębie przecinającej skały intruzji magmowej (L)).
7. Dalsza akumulacja łupków w środowisku morskim (K).
8. Ustąpienie morza – erozja (w tym erozja wodna – powstanie szerokiej formy dolinnej widocznej po prawej stronie na samym górze w profilu).

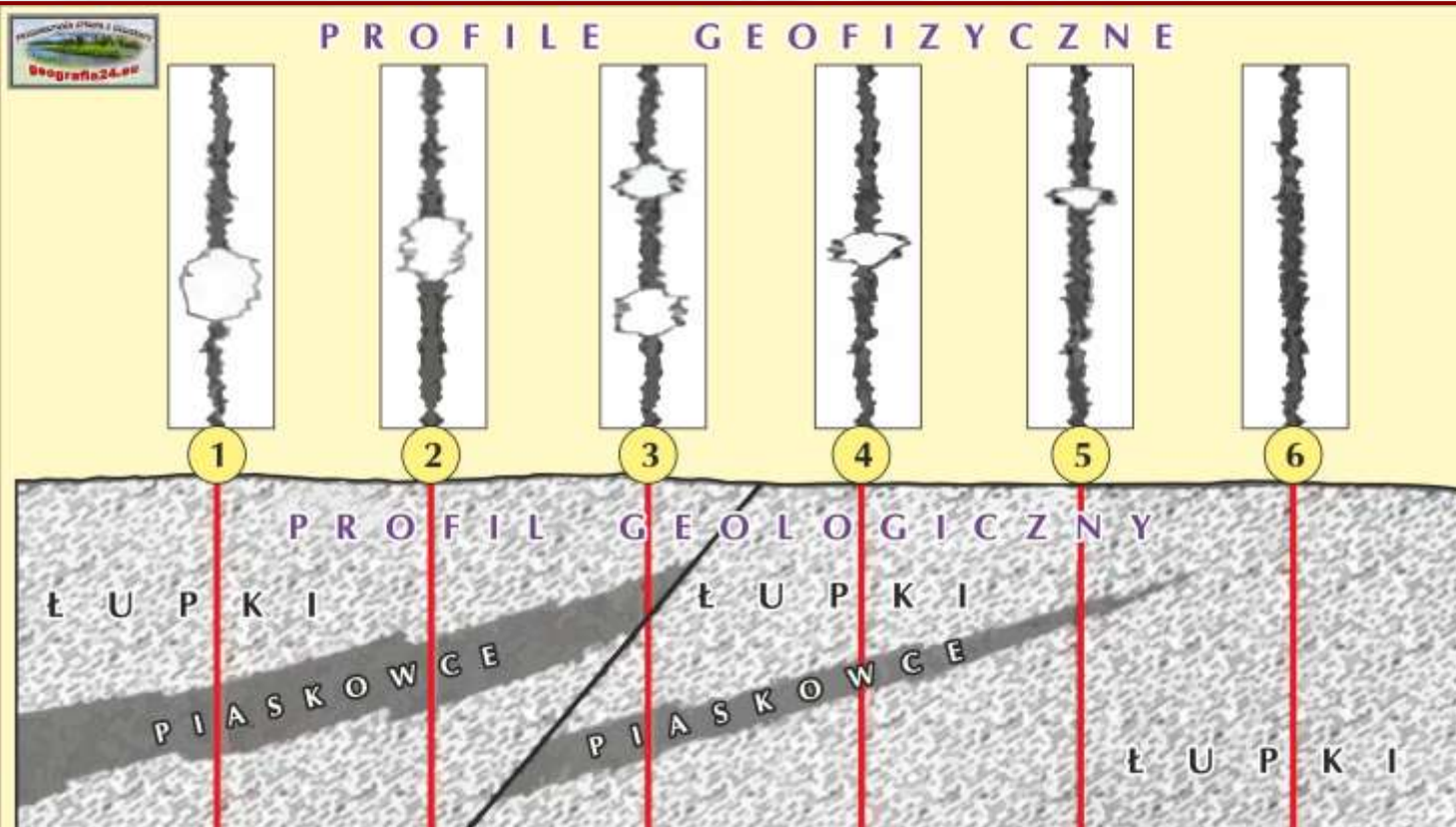
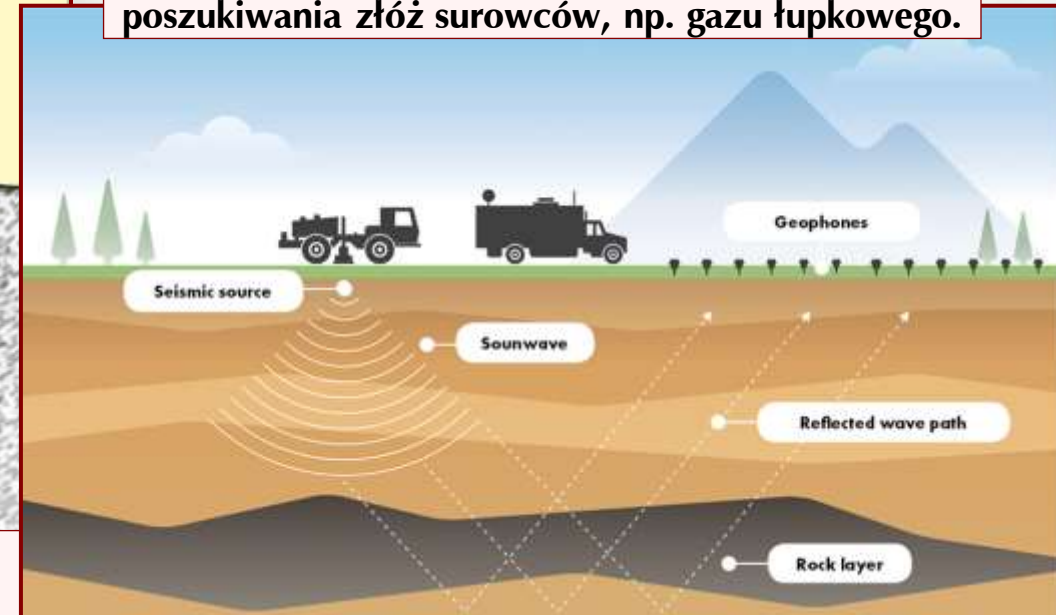
D. Metoda sejsmostratygraficzna

🌐 **Metoda sejsmostratygraficzna** – bazuje na metodach geofizycznych, na podstawie których analizowana jest prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych w skałach.

🌐 Analizując wykresy sejsmograficzne można określić budowę geologiczną badanego obszaru (można podać rodzaj skały) oraz wydzielić skały młodsze i starsze.



Badania sejsmiczne to metoda nieinwazyjnego rozpoznawania geologicznej budowy Ziemi i poszukiwania złóż surowców, np. gazu łupkowego.



Wiek względny i ułożenie warstw skalnych, określane na podstawie badań geofizycznych (sejsmicznych). U góry profile geofizyczne, u dołu profil geologiczny

E, F, G, H = pozostałe metody

🌐 W celu datowania skał i odtwarzania dziejów ziemi wykorzystujemy też:

🌐 **Metodę magnetostratygiczną:**

- 🌐 dostrzega prawidłowość mówiącą, że w większości skał magmowych znajdują się pewne ilości minerałów zawierających **żelazo**,
- 🌐 w momencie zastygnięcia magmy i krystalizacji skał magmowych minerały te przybierają **ułożenie zgodne z obecnym w danym momencie polem magnetycznym Ziemi**;

🌐 **Metodę palinologiczną (analizy pyłkowej):**

- 🌐 bazuje na pyłkach obecnych w osadach lub w specyficznych miejscach (np. w lodowcach), które nie ulegają rozkładowi i zachowują swoje indywidualne cechy,
- 🌐 jednocześnie, po ustaleniu składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych, można rozpoznać warunki klimatyczne, jakie panowały w środowisku;

🌐 **Metodę petrograficzną:**

- 🌐 pozwala ona na podstawie skał odtworzyć warunki, w jakich powstawały, np.:
 - 🌐 pokłady wapieni wskazują, że niegdyś na tym obszarze było morze,
 - 🌐 analiza cech piaskowców pozwala określić, czy powstały one w środowisku pustynnym, na wybrzeżach morskich, czy też w dolinach rzecznych;

🌐 **Metodę archeologiczną:**

- 🌐 pozwala ona na określenie wieku skał na podstawie znalezionych w nich wyrobów ludzkich (artefaktów).

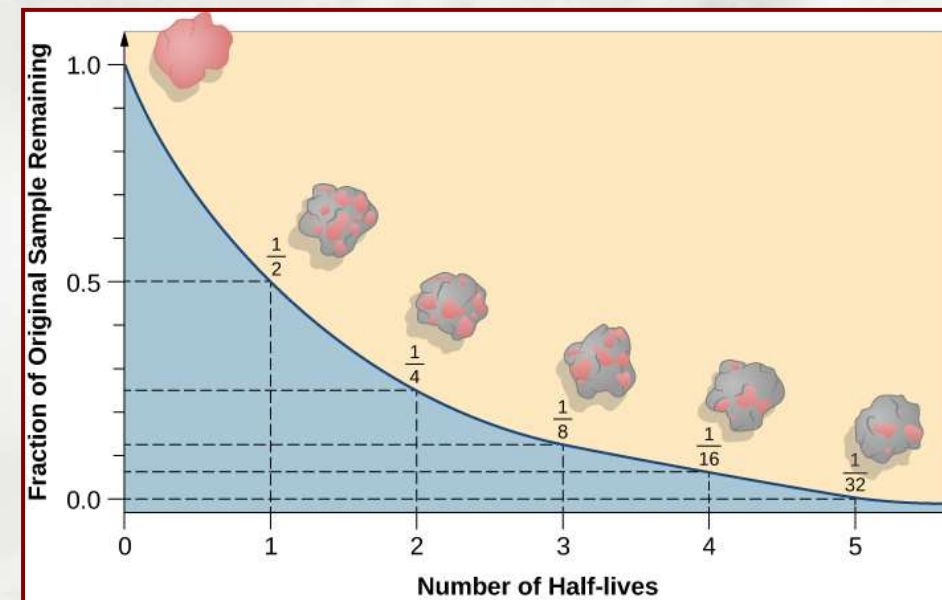
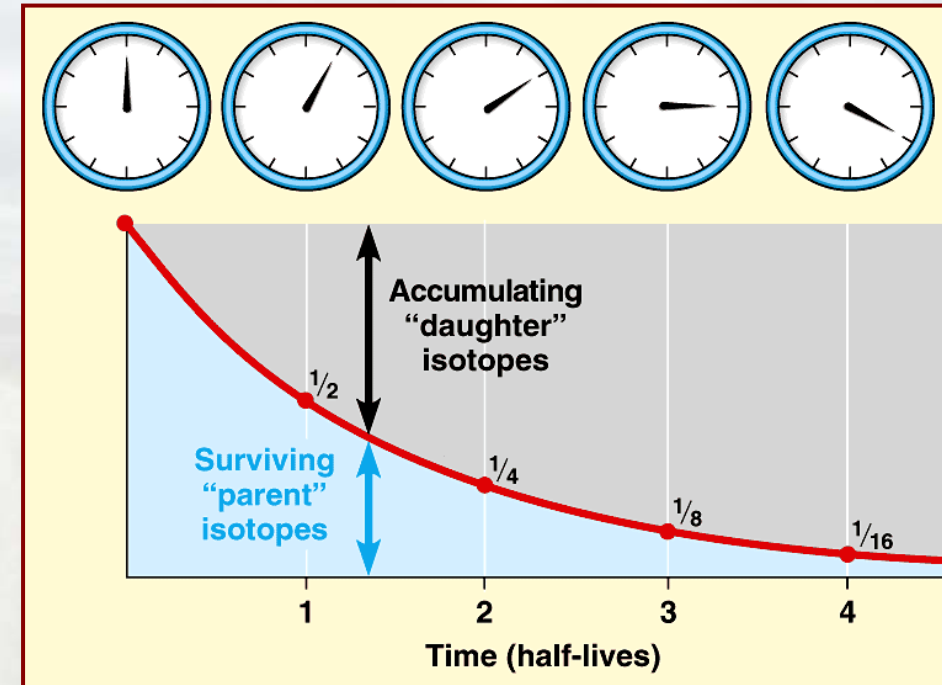




B. Wiek bezwzględny

A. Metoda izotopowa (radiometryczna)

- **Metoda izotopowa (radiometryczna)** – wykorzystywana jest najczęściej spośród wszystkich metod z zakresu wieku bezwzględnego.
- Bazuje ona na znajomości faktu, że wybrane izotopy promieniotwórcze niektórych pierwiastków (np. promieniotwórczy izotop węgla lub uranu), cechą się ściśle określonym czasem, po którym tracą one połowę swojej pierwotnej masy (tzw. **czas połowicznego rozpadu**), z której powstają zupełnie inne niepromieniotwórcze izotopy pierwiastków (tzw. **pierwiastki potomne**).
 - W metodzie tej musimy po prostu ustalić ile lat minęło od rozpoczęcia procesu rozpadu promieniotwórczego, co powinno się pokryć z momentem powstania skały.
 - W ramach tej metody wyróżnić możemy:
 - **metodę uranowo-ołowianą i rubidowo-strontową** – za pomocą których możemy datować jedynie bardzo stare skały (mające powyżej 10 mln lat),
 - **metodę potasowo-argonową** – użyteczną w datowaniu skał nieco młodszych niż poprzednie metody, ale i tak starszych niż 100 tysięcy lat,
 - **metodę radiowęglową (^{14}C)** – stosowaną przy określaniu wieku skał stosunkowo młodych (mających maksymalnie 50 tys. lat).



A1. Metoda izotopowa (radiometryczna) – uranowo-ołowiana

☉ **Metoda izotopowa – uranowo-ołowiana** stosowana przy datowaniu bardzo starych skał, zawierających izotop promieniotwórczego pierwiastka uran ^{238}U .

☉ I tak tzw. **czas połowicznego rozpadu uranu**, wynosi aż 4,5 mld lat.

☉ W tym czasie jednocześnie powstają także i inne, tzw. **pierwiastki potomne**.

☉ Czyli z 1 g uranu po upływie 4,5 mld lat pozostanie:

☉ 0,5 g uranu (wyjściowego pierwiastka promieniotwórczego),

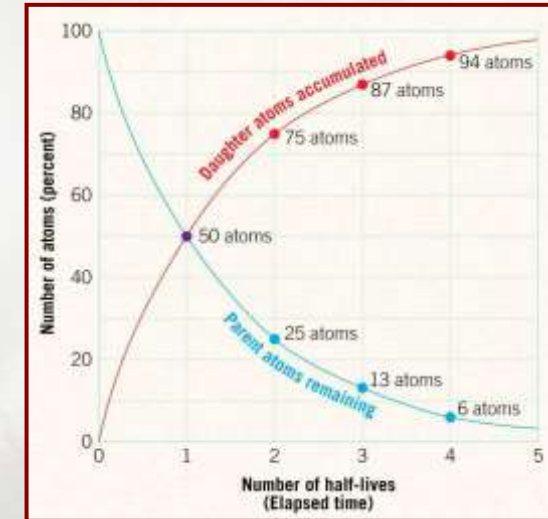
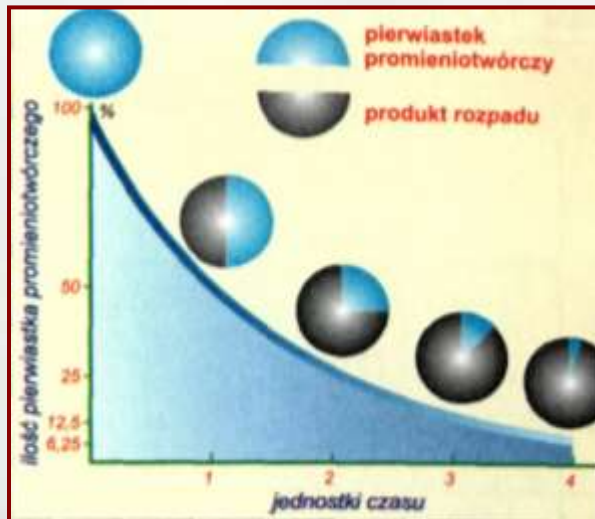
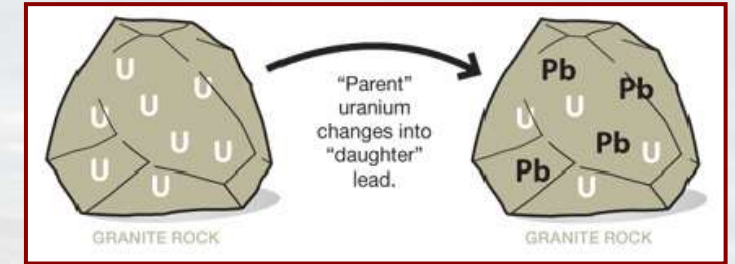
☉ 0,433 g ołowiu i 0,067 g helu (łącznie 0,5 g nowych pierwiastków potomnych).

☉ Jeżeli w danej skale określimy proporcje izotopu promieniotwórczego i pozostałych pierwiastków, to uwzględniając czas połowicznego rozpadu, możemy obliczyć wiek skały.

☉ I tak po upływie:

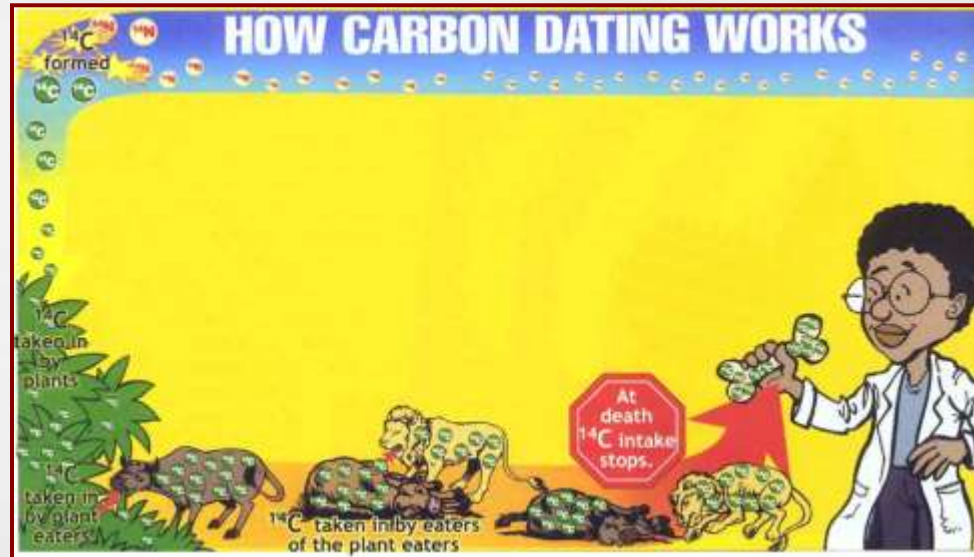
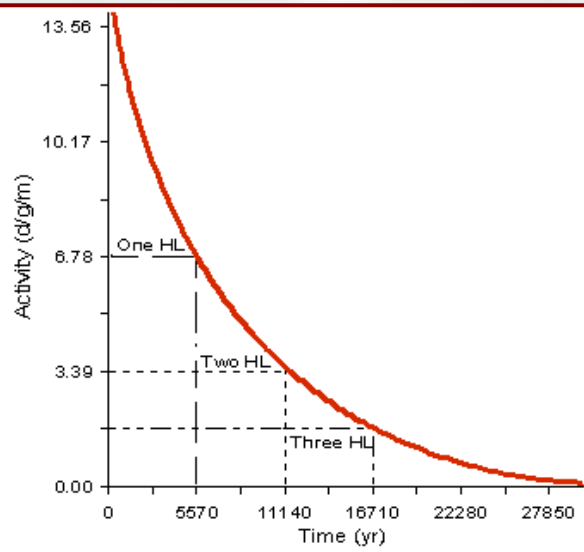
☉ 1 okresu połowicznego rozpadu = pozostaje 50% pierwotnej ilości izotopu;

☉ 2 okresów połowicznego rozpadu = pozostaje 25% pierwotnej ilości izotopu, itd.



A2. Metoda izotopowa (radiometryczna) – radiowęglowa

- ☛ **Metoda izotopowa – radiowęglowa** stosowana jest przy datowaniu stosunkowo młodych skał, ale tylko tych **zawierających szczątki organiczne** (drewno, kości) mających nie więcej niż 50 tys. lat,
 - ☛ najbardziej wiarygodne wyniki uzyskujemy dla skał nie starszych niż 25 tys. lat.
 - ☛ Stosowana obecnie głównie w archeologii do określenia np. wieku przedmiotów wykonanych z materiałów pochodzenia organicznego.
- ☛ W metodzie tej bierze się pod uwagę stosunek izotopu węgla ^{14}C do ^{12}C .
- ☛ Tu ważna jest znajomość prawidłowości mówiąca, iż w czasie życia organizmów stosunek ten jest stały, zaś po śmierci maleje udział izotopu węgla ^{14}C .
- ☛ Reasumując, im mniej skała zawiera węgla ^{14}C , tym jest ona starsza, zaś z pozostałego stosunku możemy precyzyjnie wyliczyć wiek skały, wiedząc że:
 - ☛ czas połowicznego rozpadu izotopu węgla ^{14}C wynosi około 5570 lat.



B. Metoda termoluminescencji

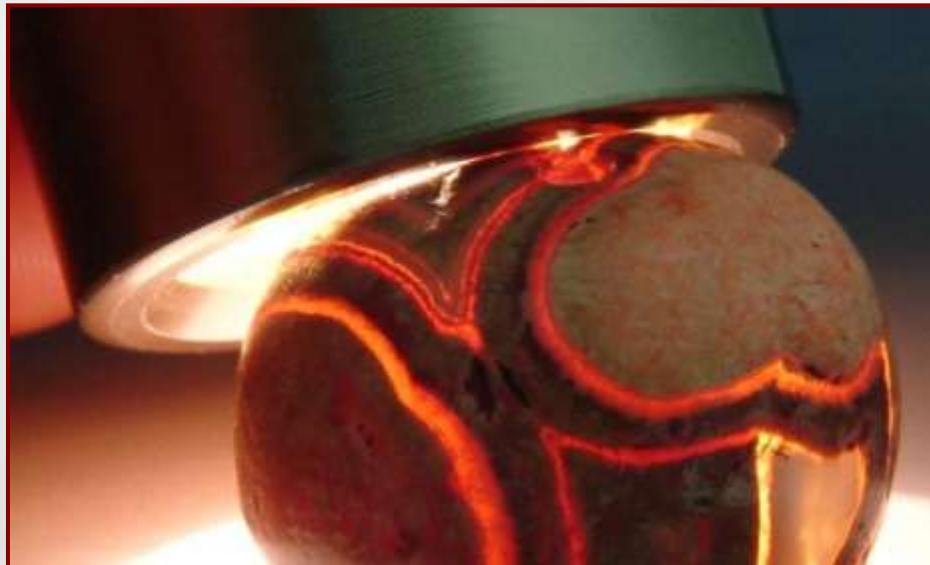
- ☛ **Metoda termoluminescencji** – wykorzystuje fakt, że niektóre **minerały w skale świecą po podgrzaniu** jej do wysokiej temperatury (najczęściej ok. 500°C).
- ☛ Starsze minerały świecą mocniej niż młodsze.
 - ☛ Intensywność świecenia pozwala określić wiek skał zawierających takie minerały.
 - ☛ Zakres takiego datowania to ok. 1 mln lat.
- ☛ Metoda ta jest bardzo skomplikowana, ponieważ musi uwzględnić szereg czynników mających wpływ na intensywność świecenia:
 - ☛ zgodnie z teorią **zmagazynowana w minerałach energia jest proporcjonalna do absorbowanych przez nie dawek promieniowania i zależy od czasu zalegania minerałów w danym środowisku oraz od aktywności promieniotwórczej tego środowiska.**



Fluoryt bez podgrzania



Termoluminescencja fluorytu (po lewej mocniejsze świecenie – większy wiek)



C. Metoda dendrochronologiczna

🌐 **Metoda dendrochronologiczna** – opiera się na analizie rocznych przyrostów pierścieni drzew (jeden słój jasny i jeden ciemny oznacza rok), występujących w obrębie skał (jako skamieniałości) lub obiektów przyrodniczych.

🌐 Metodę możemy zastosować jedynie dla obszarów na których występowały różne pory roku (sucha lub wilgotna; zima, wiosna, lato i jesień),

🌐 nie może być stosowana dla obszarów które leżały w zasięgu klimatu równikowego, bowiem drzewa rosną tam przez cały rok, nie wykształcając tym samym słoji;

🌐 nie możemy jej także zastosować na terenach pozbawionych drzew, np. w odmianach suchych klimatu zwrotnikowego (na pustyniach) oraz klimacie okołobiegunowym (w obrębie tundry i lądolodów).

🌐 Wiek wyznaczamy dla obiektów nie starszych niż 10 tys. lat.

🌐 Dodatkowo określić możemy także panujące warunki klimatyczne:

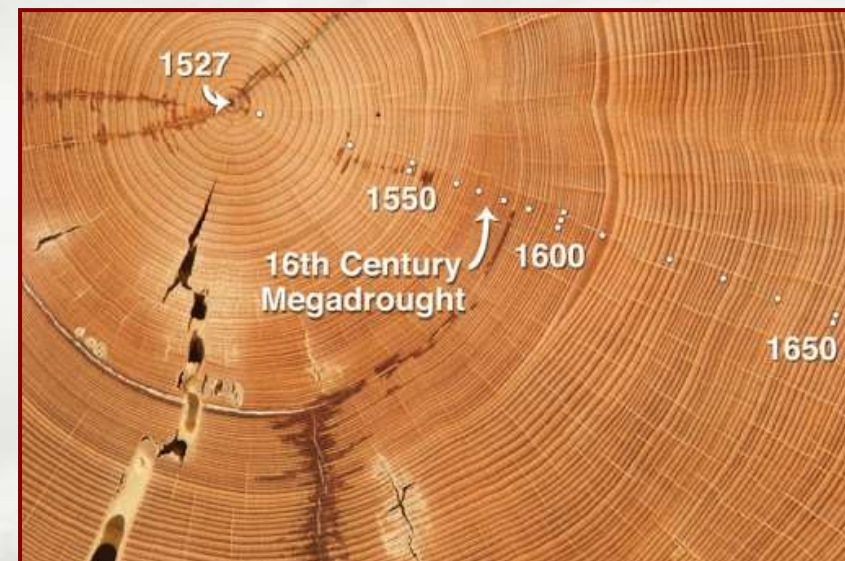
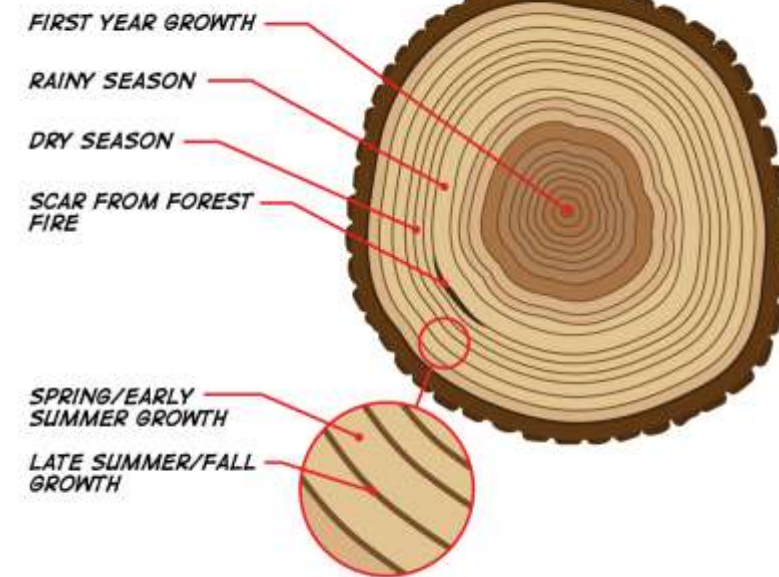
🌐 słoje grubsze wskazują na istnienie lepsze warunków,

🌐 np. z bardziej wilgotnym lub ciepłym klimatem,

🌐 słoje cienkie – na obecność mniej sprzyjających warunków,

🌐 np. na bardziej suchy lub chłodny klimat.

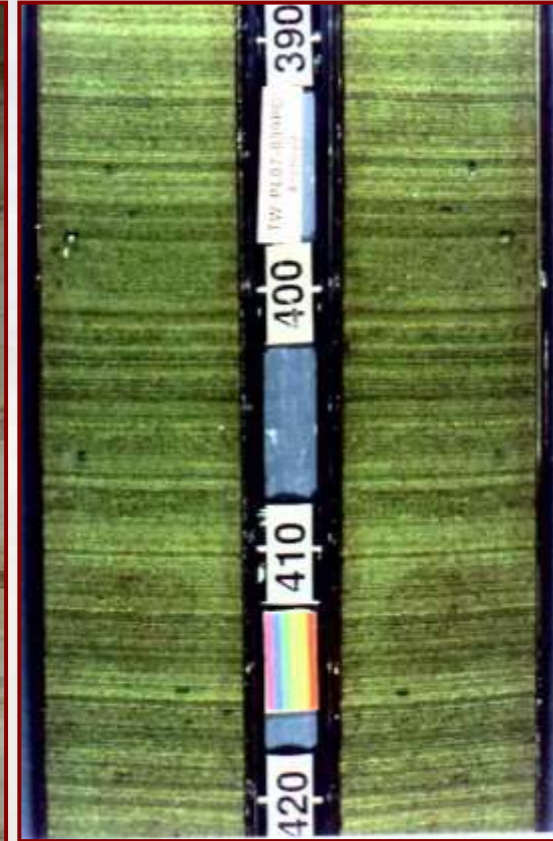
Metoda dendrologii posługuje się analizą słoików drzew



D. Metoda warwowa (metoda warwochronologii) (metoda De Geera)

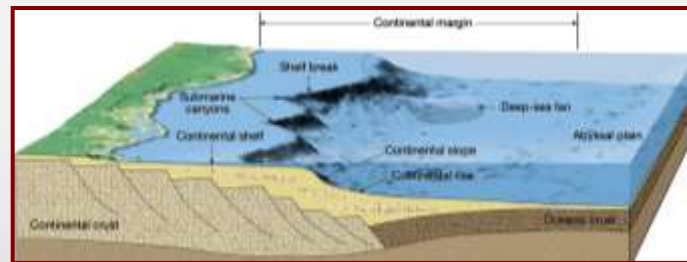
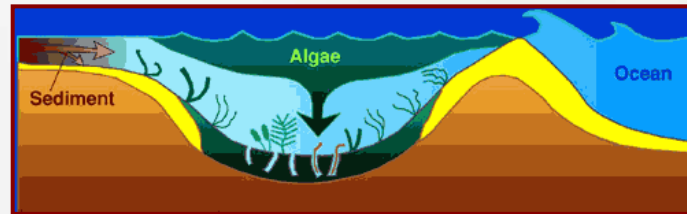
☉ **Metoda warwowa (metoda warwochronologii) (metoda De Geera)** – bazuje na **badaniu warstewek osadów (warw) w zbiornikach wodnych:**

- ☉ warstwa **jasna i grubsza** osadu,
 - ☉ odpowiada **akumulacji letniej**,
 - ☉ osady **mulasto-piaszczyste**;
- ☉ warstwa **ciemna i cieńsza** osadu,
 - ☉ odpowiada **akumulacji zimowej**,
 - ☉ osady **ilaste**.



E. Metoda sedymentacyjna

- ☉ **Metoda sedymentacyjna** – określa wiek skał powstających w przeszłości na podstawie znajomości współczesnego **tempa sedymentacji (osadzania)** skał,
 - ☉ np. tempo osadzania iłłów w Bałtyku wynosi 2–3 cm w ciągu 100 lat,
 - ☉ w morzach oddalonych od wybrzeża tempo to maleje do ułamka cm/100 lat.
- ☉ W zależności od warunków fizyczno-geograficznych warstwa różnych osadów o grubości 1 m powstaje w różnym czasie:
 - ☉ wapienie, dolomity, sole, skały krzemionkowe: 2 000 – 500 000 lat;
 - ☉ ility, margle: 800 – 6 000 lat;
 - ☉ piaskowce: 400 – 2 000 lat.
- ☉ Szacując wiek osadu, należy uwzględnić zmniejszającą się miąższość warstwy skalnej, która jest wynikiem narastającego ciężaru tego osadu.



F. Metoda lichenometryczna

- 🌐 **Metoda lichenometryczna** – pozwala datować wiek skał na podstawie stopnia jej pokrycia przez **porosty i glony** – **organizmy pionierskie**, które jako pierwsze zasiedlają skały (znając dokładny gatunek możemy stwierdzić ile lat ma skała – organizmy te zasiedlają skały w pewnej prawidłowości).
- 🌐 Zakres czasowy tej metody to kilka tysięcy lat.





Podział dziejów Ziemi na jednostki geochronologiczne

Tabela stratygraficzna a tabela chronologiczna

- 🌐 **Tabela chronologiczna** – przedstawia sam podział dziejów Ziemi na jednostki czasu.
- 🌐 **Tabela stratygraficzna** – przedstawia podział dziejów Ziemi na jednostki czasu: eony, ery, okresy, epoki, wieki, doby wraz z opisem charakterystycznych dla nich warstw (serii) skał oraz świata roślinnego i zwierzęcego.
 - 🌐 Charakterystyki dokonujemy od samego dołu tabeli, czyli od wydarzeń najstarszych.
- 🌐 **Eony** – jednostki czasowe w dziejach Ziemi uwzględniające obecność życia:
 - 🌐 **archaik** – jednostka bez życia,
 - 🌐 **proterozik** – jednostka z ukrytym życiem (brak skamieniałości),
 - 🌐 **fanerozoik** – faza jawnego życia (obecność życia potwierdzona skamieniałościami).
- 🌐 **Ery** – jednostki wyznaczone na podstawie okresów masowego wymierania roślin i zwierząt.
- 🌐 **Okresy** – jednostki wyróżnione na podstawie zmian zachodzących w biosferze i rozkładzie lądów i mórz.
- 🌐 **Epoki** – wyznaczone na podstawie ważniejszych ruchów górotwórczych.



Tabela stratygraficzna

| EON | ERA | OKRES | EPOKA | POCZĄTEK OKRESU (W MLN LAT) |
|-------------|--------------|---|------------|-----------------------------|
| fanerozoik | kenozoiczna | czwartorzęd | holocen | 0,0117 |
| | | | plejstocen | 2,59 |
| | | neogen | pliocen | 5,3 |
| | | | miocen | 23 |
| | | paleogen | oligocen | 34 |
| | | | eocen | 56 |
| | | | paleocen | 66 |
| | mezozoiczna | kreda | | 145 |
| | | jura | | 201 |
| | | trias | | 252 |
| | paleozoiczna | perm | | 299 |
| | | karbon | | 359 |
| | | dewon | | 419 |
| sylur | | 443 | | |
| ordowik | | 485 | | |
| kambryj | | 541 | | |
| proterozoik | prekambryj | ery (od najstarszej): paleoproterozoik, mezopaleoproterozoik, neopaleoproterozoik | | 2500 |
| archaik | | ery (od najstarszej): eoarchaik, paleoarchaik, mezoarchaik, neoarchaik | | 4600 |

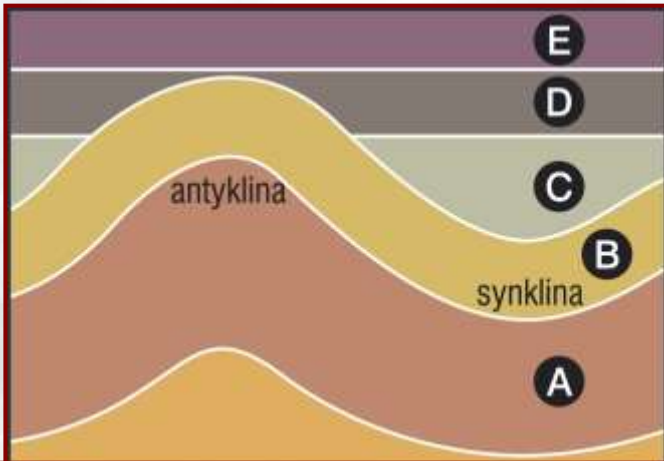


Analiza przykładowych profili geologicznych

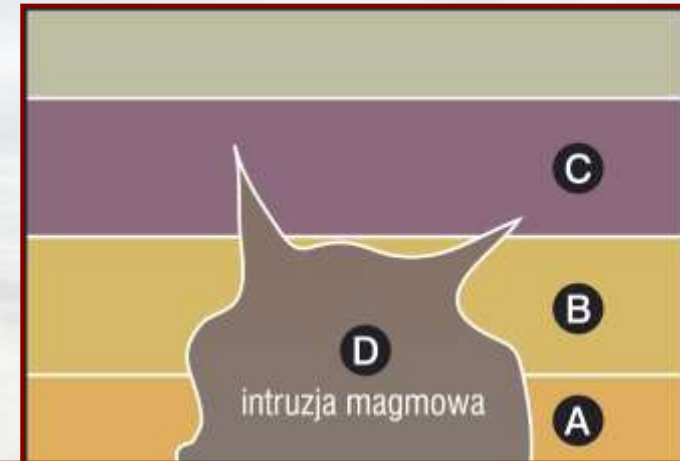
Czego możemy się dowiedzieć ze skał

- Ze skał możemy wywnioskować bardzo dużo informacji, m.in.:
 - występowanie **piaskowców** oraz **zlepieńców** świadczy o położeniu obszaru akumulacji w płytkim zbiorniku morskim, blisko lądu, z którego znoszone były okruchy skalne, ewentualnie w dolinie rzeki górskiej;
 - wapień**, **margle** i **opoki** wskazują na występowanie głębszego morza,
 - wyjątkiem są **wapień koralowe (rafowe)**, które tworzą się w strefach przybrzeżnych ciepłych mórz, w obrębie raf koralowych;
 - mułowce** i **iłowce** tworzą się w bardziej oddalonych od lądu i głębszych częściach mórz;
 - ilty** gromadzą się w jeziorach i zastoiskach wodnych w obszarach lądowych;
 - ewaporaty: **sól kamienna** i **potasowa**, **dolomity**, **gipsy**, **anhydryty** są świadectwem istnienia płytkiego (epikontynentalnego) i intensywnie parującego morza lub słonego jeziora (klimat gorący, często zwrotnikowy lub podzwrotnikowy);
 - piaski** i **żwiry** są zwykle naniesione przez wody rzeczne, morskie lub wody z topniejących lodowców,
 - drobne piaski** które nie zawierają większych żwirów, oznaczają procesy eoliczne (najprawdopodobniej zostały naniesione przez wiatr);
 - gliny morenowe (zwałowe)** są dowodem obecności na danym terenie zlodowacenia,
 - liczba kolejnych warstw pokładów glin zwałowych sugeruje liczbę zlodowaceń;
 - pokrywy lessowe** tworzą się z pyłu naniesionego przez wiatr, zaś ich powstawaniu sprzyjają suchy klimat i brak pokrywy roślinnej;
 - skały magmowe** świadczą o intensywnych zjawiskach wulkanicznych:
 - skały wulkaniczne**, wylewne, np. **bazalt** (wylew lawy zasadowej o strukturze skrytokrystalicznej),
 - skały plutoniczne**, głębinowe, np. **granit** (przecinanie warstw intruzjami lawy kwaśnej o strukturze jawnokrystalicznej);
 - skały metamorficzne** wskazują na głębokie pogrążenie skał w litosferze, obecność w pobliżu plutonizmu oraz dyslokacji (przemieszczanie się mas skalnych, np. w wyniku procesów górotwórczych).

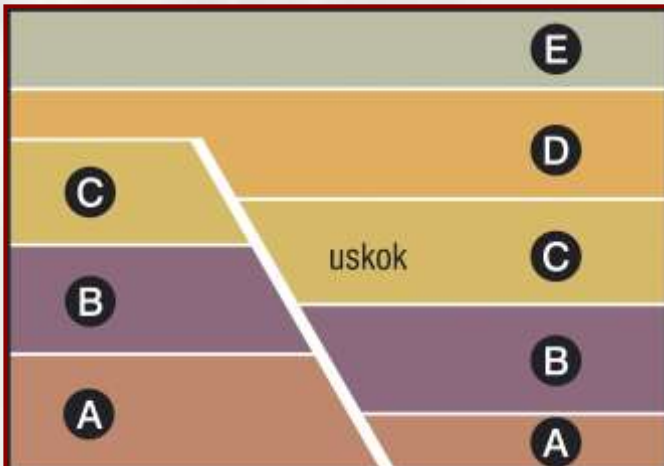
Analiza układu warstw skalnych



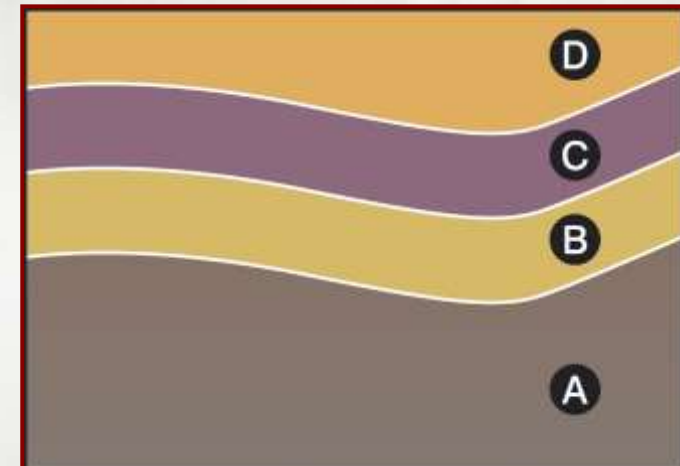
Struktura fałdowa – świadczy o obecności ruchów górotwórczych. Wiek ostatniej sfałdowanej warstwy skalnej sugeruje moment, w którym wystąpił ten proces (fałdowanie).



Intruzje magmowe oraz pokrywy lawowe – są przejawem silnego plutonizmu i wulkanizmu. Intruzje są młodsze niż skały, które przecinają.



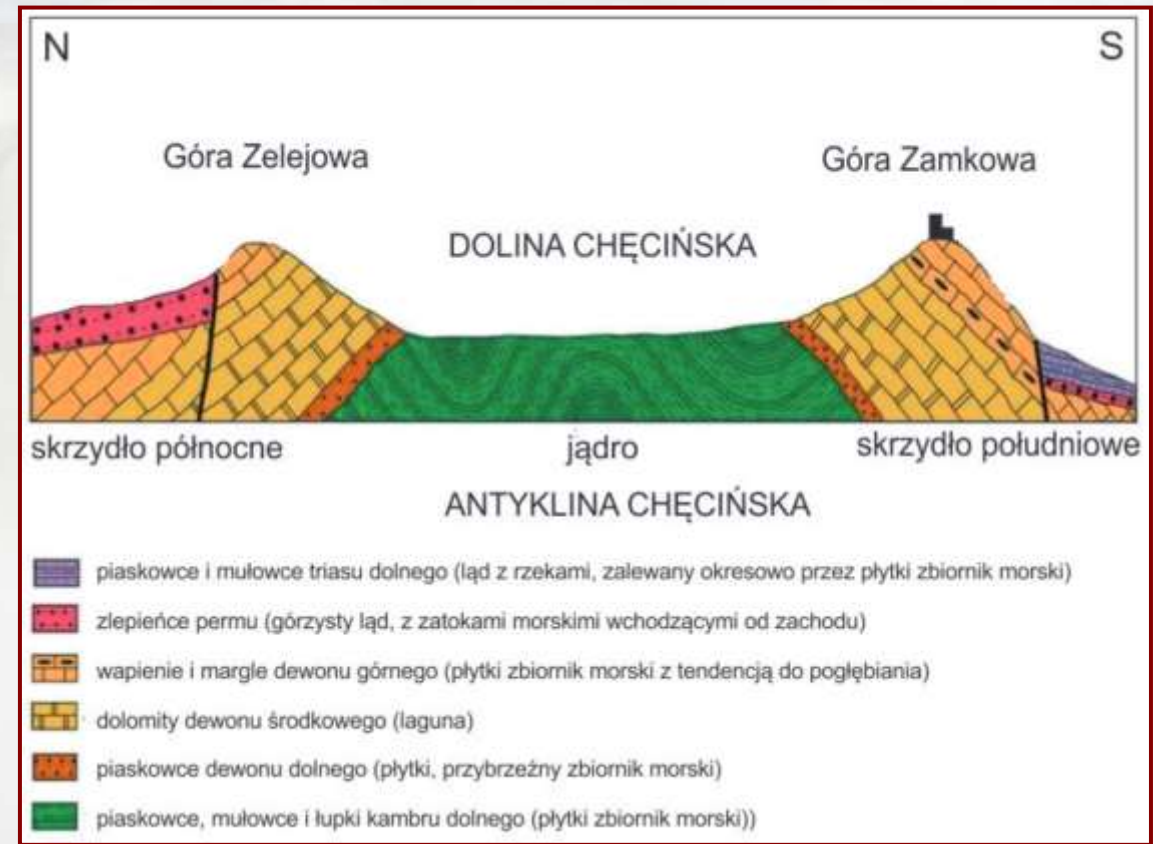
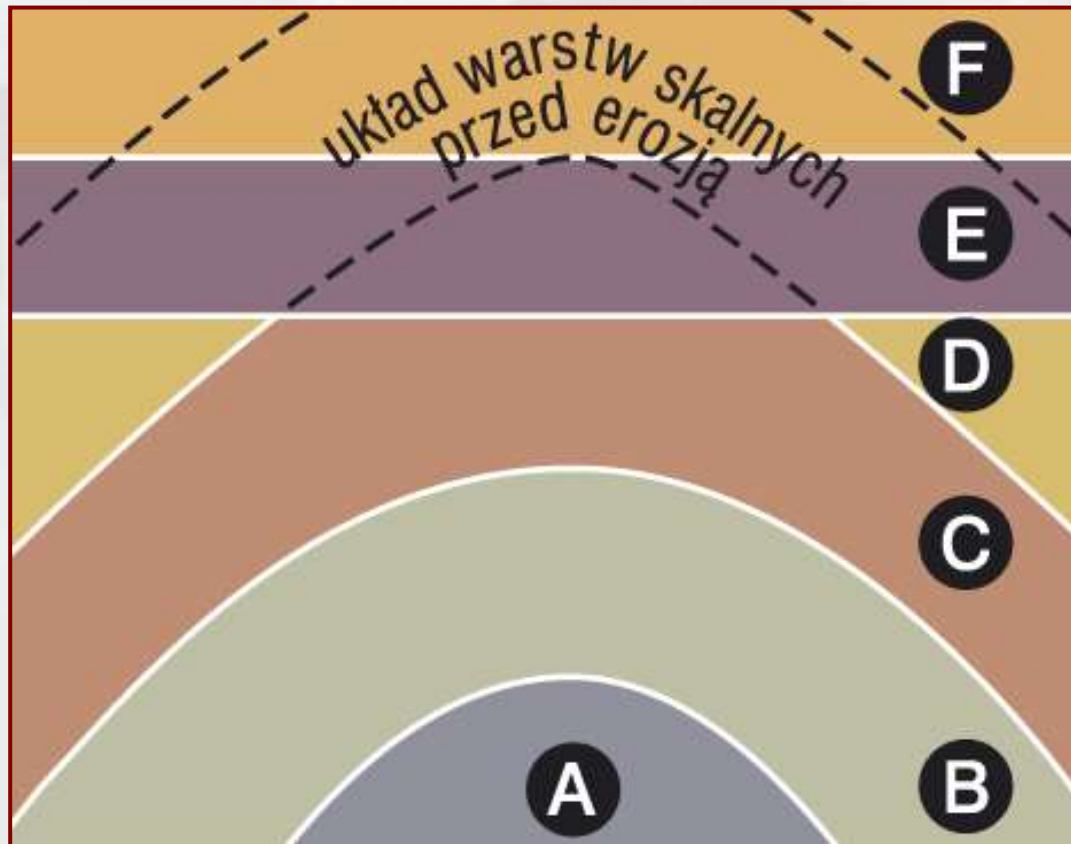
Uskok i struktury zrębowe – naruszają ciągłość warstw skalnych oraz świadczą o procesach tektonicznych. Uskok jest młodszy od najmłodszej warstwy skalnej, która została przecięta.



Obszary o budowie płytowej – występują w obrębie starych lub młodych platform. Na fundamencie platformy zalega pokrywa kolejno leżących na sobie warstw skał osadowych.

Luka stratygraficzna lub erozyjna

- 🌐 **Luka stratygraficzna lub erozyjna** – powstaje w wyniku zaistnienia czynnika powodującego “ścięcie” (tzw. zrównanie) fragmentu skał najbardziej wypiętrzonych zwykle wcześniej w wyniku procesów górotwórczych.
- 🌐 Niszczenie zachodzi w środowisku lądowym, w którym panuje intensywna erozja oraz wietrzenie.
- 🌐 Wskutek tego procesu może także dojść do powstania niezgodności w ułożeniu warstw skalnych.



Odśnieżenia lub odkrywki geologiczne

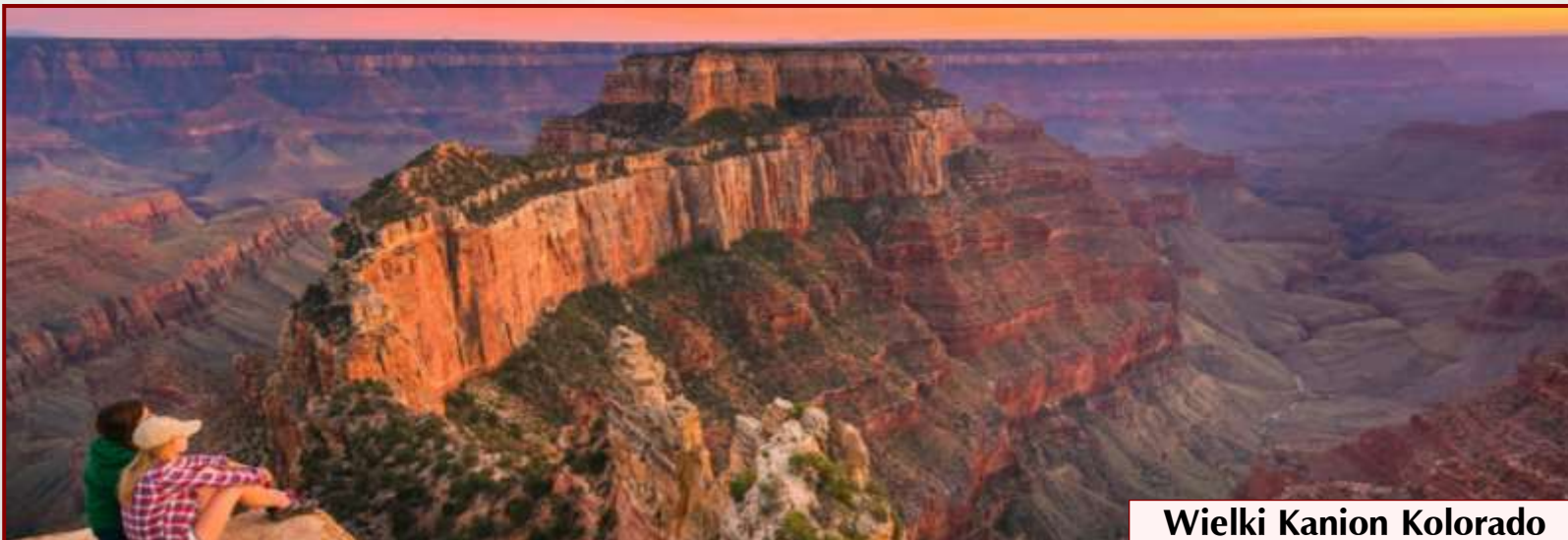
- ☉ Skąły obecne bezpośrednio na powierzchni naszej planety podlegały zwykle długotrwałym procesom wietrzeniowym (często intensywnym).
- ☉ W efekcie do dnia dzisiejszego uległy dużym przekształceniom:
 - ☉ na powierzchni powstała, utrudniająca ich analizę, gruba pokrywa zwietrzelinowa.
- ☉ To dlatego geolodzy starają się znaleźć miejsca, gdzie widoczne są na powierzchni jak najmniej zwietrzałe skąły, występujące m.in. w obrębie **odśnieżeń** lub **odkrywek geologicznych**.
- ☉ Odśnieżenia mogą powstawać w różny sposób:
 - ☉ **naturalny**, np. klify morskie i jeziorne, wcięcia rzek,
 - ☉ **sztuczny**, np. kopalnie, wykopy drogowe i kolejowe, ściany kanałów, wykopy pod fundamenty budynków.



Odśnieżenie geologiczne w miejscowości Ślichowice



Wielki Kanion Kolorado



Czynności wstępne – przygotowanie i dokumentacja obrazowa

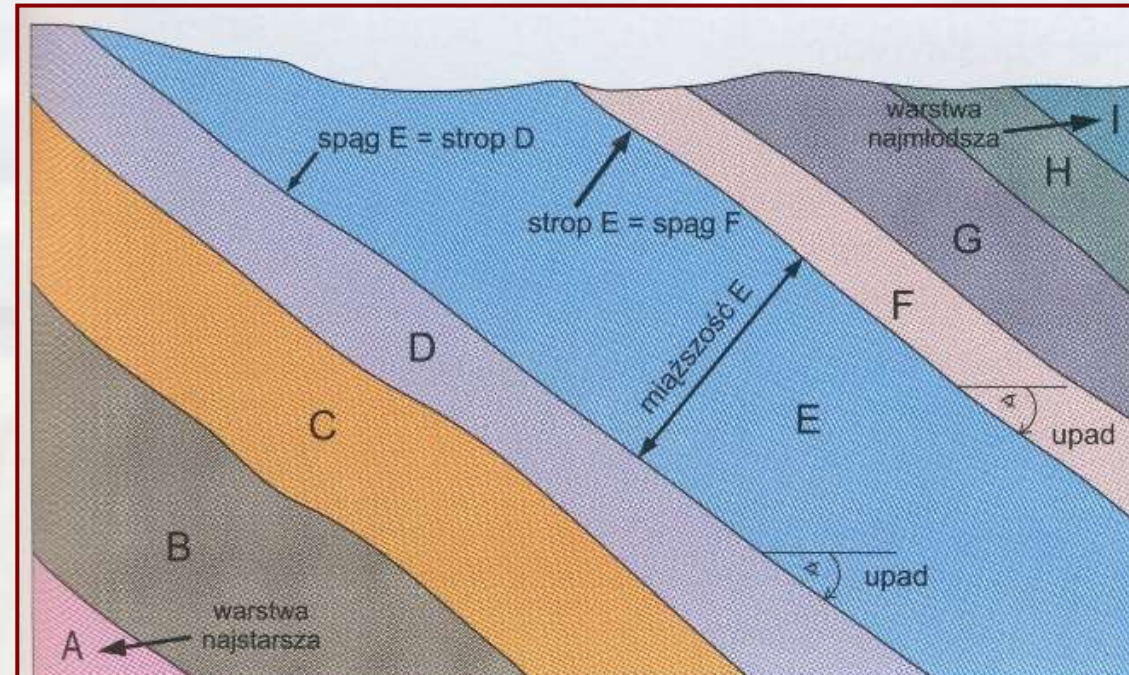
- 🕒 **Przed rozpoczęciem pobierania próbek i pomiarów należy:**
 - 🕒 w miarę możliwości o ile jest to możliwe oczyścić ściany odśnieżenia,
 - 🕒 sporządzić dokumentację fotograficzną i/lub rysunkową, zawierającą skalę.



Metoda na wykonanie skali – w tym celu można wykorzystać przedmiot (szpadel o znanej wysokości) lub jeżeli odśnieżenie jest większe nawet człowieka

Czynności właściwe – opis odstonięcia i pobranie próbek

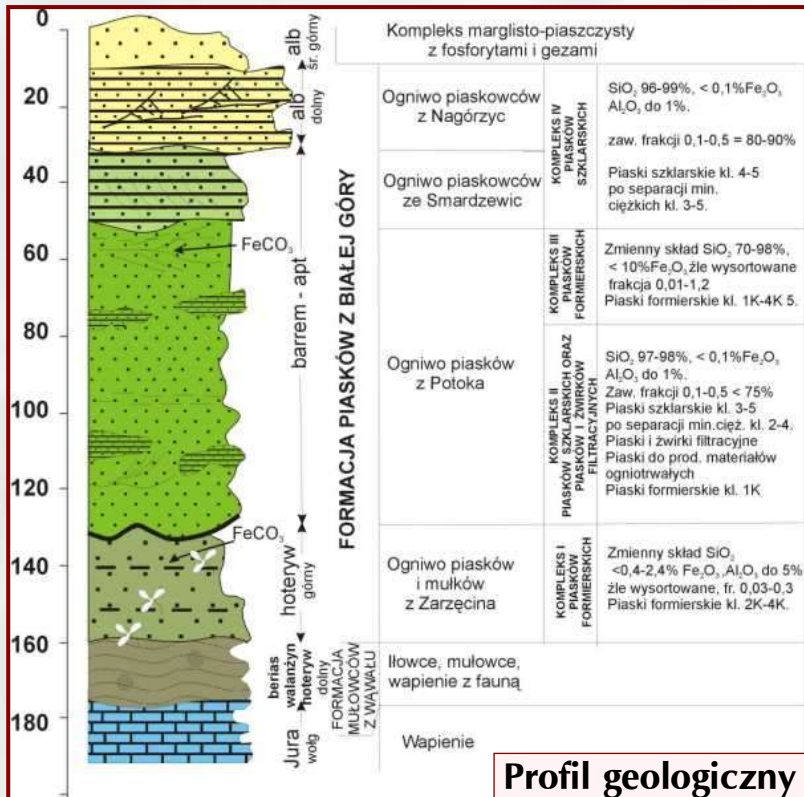
- Po wykonaniu czynności wstępnych, przechodzimy do wykonania czynności właściwych:
- w formie profilu lub przekroju geologicznego wykonujemy dokładny opis uwidocznionych warstw odkrywki (należy też dołączyć legendę), uwzględniając:
 - miąższości kolejnych warstw (w tym celu wykorzystujemy wcześniejszą skalę),
 - sposób zalegania warstw (czy zalegają poziomo, czy są nachylone – jeżeli tak to dokonujemy pomiaru kąta upadu warstwy, licząc od pozycji poziomej) i czy zostały zdeformowane,
 - o ile istnieją:
 - rodzaj występujących skamieniałości,
 - ślady obecności w skałach organizmów żywych (często pozostają po nich pustki),
 - ślady występowania wód podziemnych;
- pobieramy próbki z różnych warstw,
 - musimy je szczegółowo opisać i zaznaczyć na wykonywanym szkicu terenowym, abyśmy wiedzieli z którego miejsca one pochodzą, ponieważ dopiero w warunkach laboratoryjnych będziemy mogli je w późniejszym czasie dokładnie zbadać.



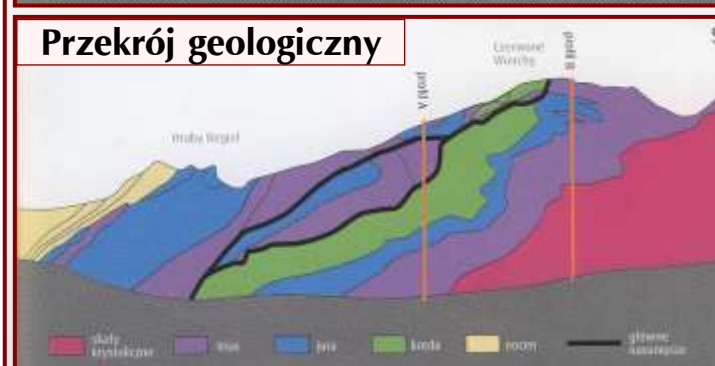
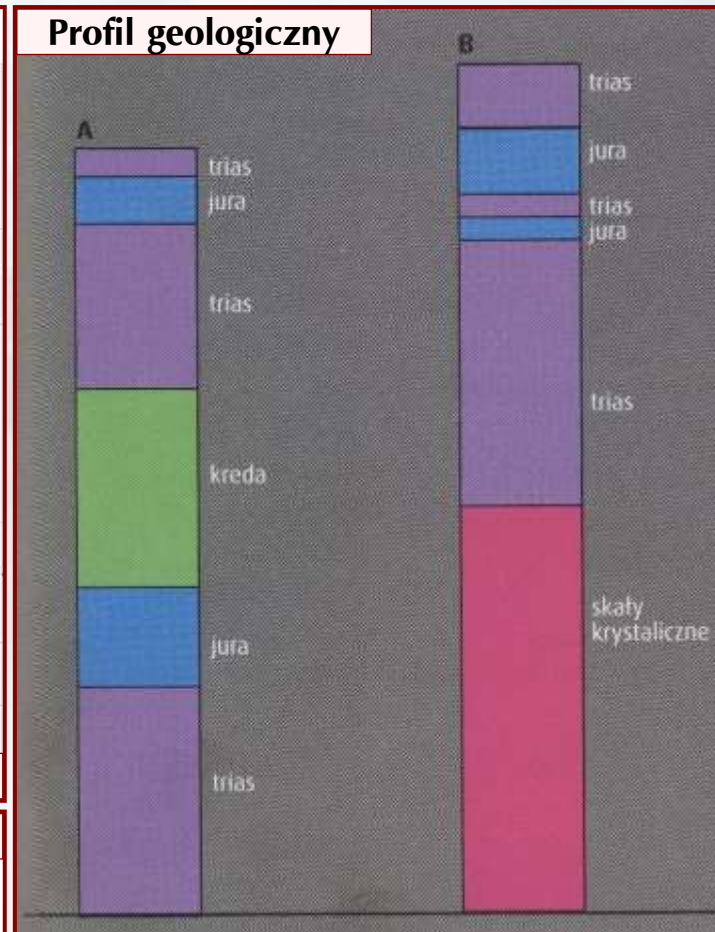
Dolna granica warstwy określana jest jako spąg, zaś górna jako strop. Grubość warstwy lub zespołu warstw nazywana jest miąższością.



Profil geologiczny a przekrój geologiczny



Profil geologiczny



Profil i przekrój geologiczny są graficznymi obrazami budowy geologicznej:

profil geologiczny (profil litologiczno-stratygraficzny) – przedstawia charakterystykę kolejnych warstw skalnych widocznych w odślonięciach lub otworach wiertniczych,

ukazuje on odporność skał na niszczenie:

skały odporniejsze zaznacza się przez poszerzenie odpowiedniej warstwy na rysunku w jedną stronę, co wraz z zaokrągleniem krawędzi nadaje mu bardziej realistyczny charakter;

przekrój geologiczny – obejmuje większy powierzchniowo obszar i jest sporządzany na podstawie wielu wierceń lub wykopów, czy obserwacji ułożenia warstw skalnych w uwidocznionych miejscach w postaci odślonięć (w głęboko wciętych rzekach),

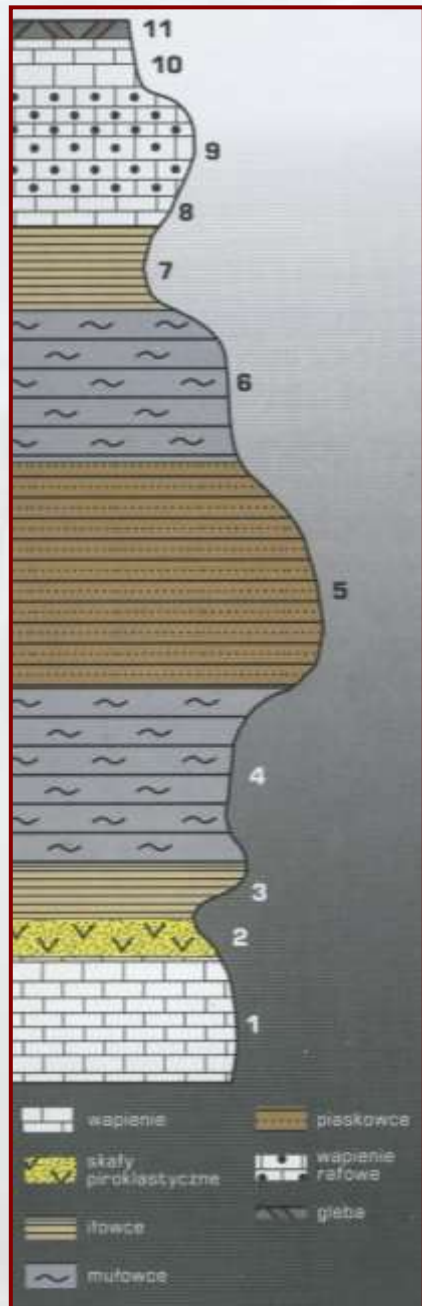
ukazuje on także różne stosunki przestrzenne pomiędzy warstwami,

górną granicę stanowi profil hipsometryczny.

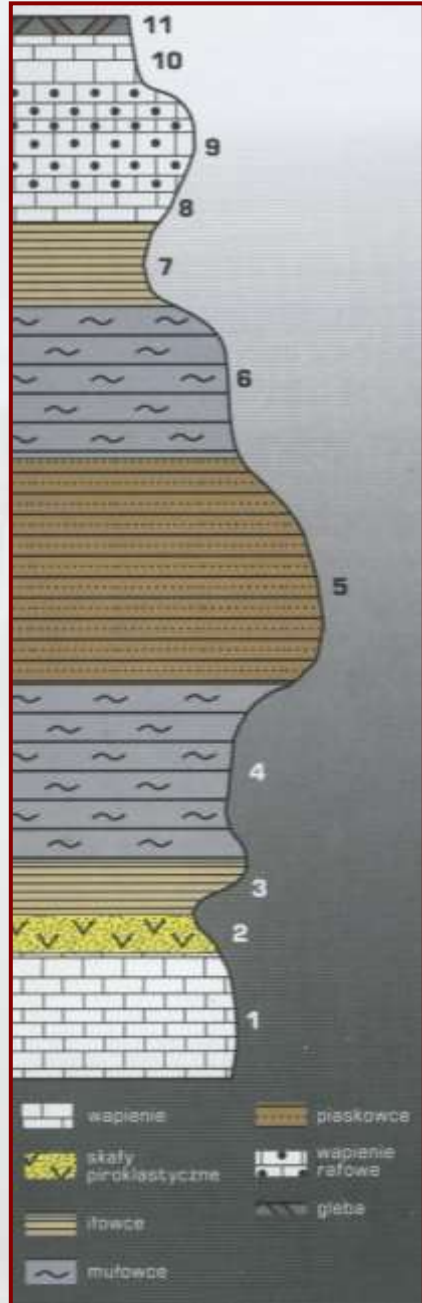
ZADANIE

Dokonaj analizy profilu geologicznego, znajdującego się po lewej stronie zgodnie z poniższymi wskazówkami:

- 🌐 zapoznaj się z legendą,
- 🌐 przeprowadź dokładną analizę kolejnych warstw zaczynając od leżących najniżej (są one najstarsze – opis musi być chronologiczny) – z analizy sporządź pisemną dokumentację:
 - 🌐 dla każdej przedstawionej w profilu warstwy skał określ warunki powstawania,
 - 🌐 na podstawie przedstawionych wysunięć warstw oceń ich odporność (podatność na niszczenie), pamiętając że im bardziej zostały one wysunięte tym bardziej są odporne.



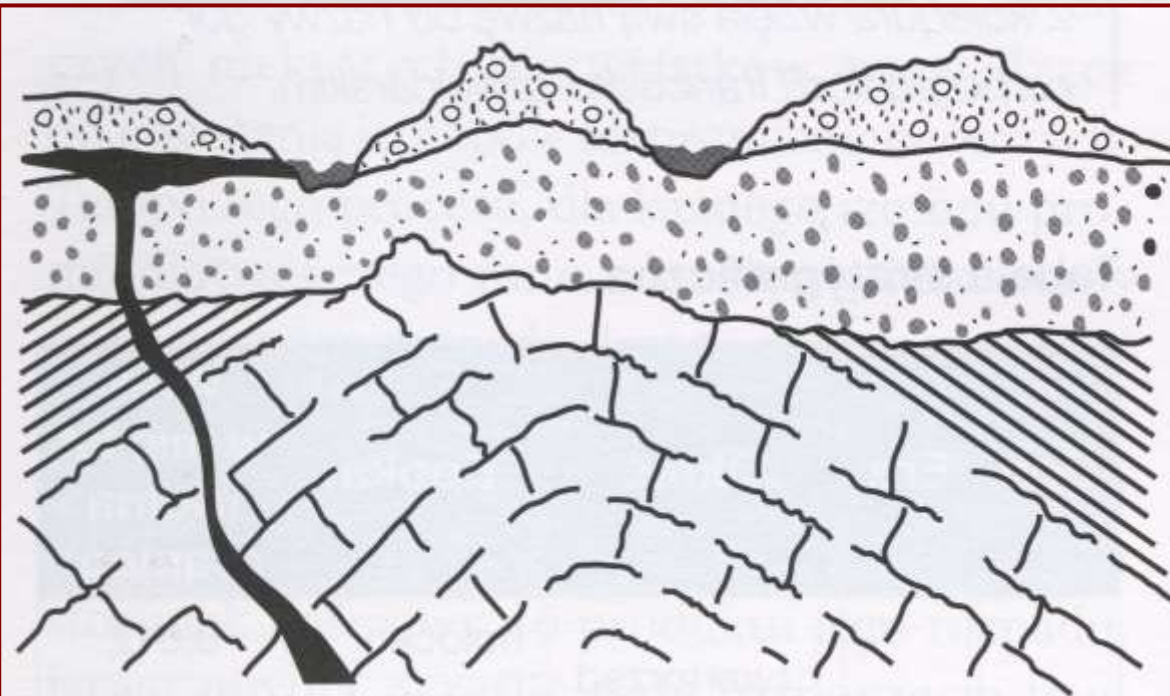
Przykład poprawnej analizy profilu geologicznego



1. Akumulacja wapieni w zbiorniku morskim;
2. Erupcja wulkanu w stosunkowo niedużej odległości,
 - ☉ powstałe wówczas skały piroklastyczne są mało odporne na erozję;
3. Akumulacja osadów w dość dużej odległości od wybrzeży w warunkach mało sprzyjających rozwojowi życia (np. zakwaszenie środowiska po erupcji wulkanu),
 - ☉ powstają stosunkowo mało odporne na erozję łowce;
4. Spływanie zbiornika – większa dostawa nieco grubszego materiału z pobliskiego lądu,
 - ☉ być może niedaleko znajdowało się ujście rzeki, dostarczającej zawiesiny mułowej;
5. Dalsze spływanie zbiornika;
 - ☉ duża dostawa piasku związana z obecnością ujścia rzeki lub intensywną erozją morską,
 - ☉ powstałe w wyniku diagenety piaskowce tworzą najodporniejszą warstwę w profilu;
6. Pogłębienie morza – zmniejszenie się zarówno wielkości, jak i ilości materiału;
7. Dalsze pogłębienie zbiornika morskiego,
 - ☉ materiał trafiający z odległego lądu występuje w formie bardzo drobnej ilastej zawiesiny, powstałe w tym okresie łowce są mało odporne i łatwo ulegają późniejszej erozji;
8. Nastąpiło zmniejszenie głębokości zbiornika – klimat się ocieplał,
 - ☉ poprawie uległy warunki życia fauny morskiej sprzyjają tworzeniu się wapieni;
9. Warunki życia w dalszym ciągu się poprawiały – klimat dalej się ocieplał,
 - ☉ na niewielkiej głębokości (do kilkudziesięciu metrów) nastąpił rozwój raf koralowych;
10. Warunki życia w morzu pogorszyły się – klimat się ochłodził lub za bardzo zwiększyło się zasolenie (np. skutek odcięcia zatoki od otwartego morza),
 - ☉ w takich warunkach rafy koralowe dalej nie mogły istnieć;
11. Ruchy wznoszące przyczyniły się w ostatnim etapie do wynurzenia obszaru i powstania na powierzchni pokrywy glebowej,
 - ☉ ponieważ podłożem są wapienie to należy spodziewać się, że będą to rędziny.

ZADANIE

Dokonaj interpretacji kolejnych wydarzeń geologicznych, przedstawionych na poniższym przekroju geologicznym.



1. Wapienie górnójurajskie



2. Margle i wapienie kredy



3. Osady morskie miocenu (piaski, iły, osady chemiczne)



4. Utwory plejstocenijskie (gлина zwałowa, żwiry, piaski, eratyki)

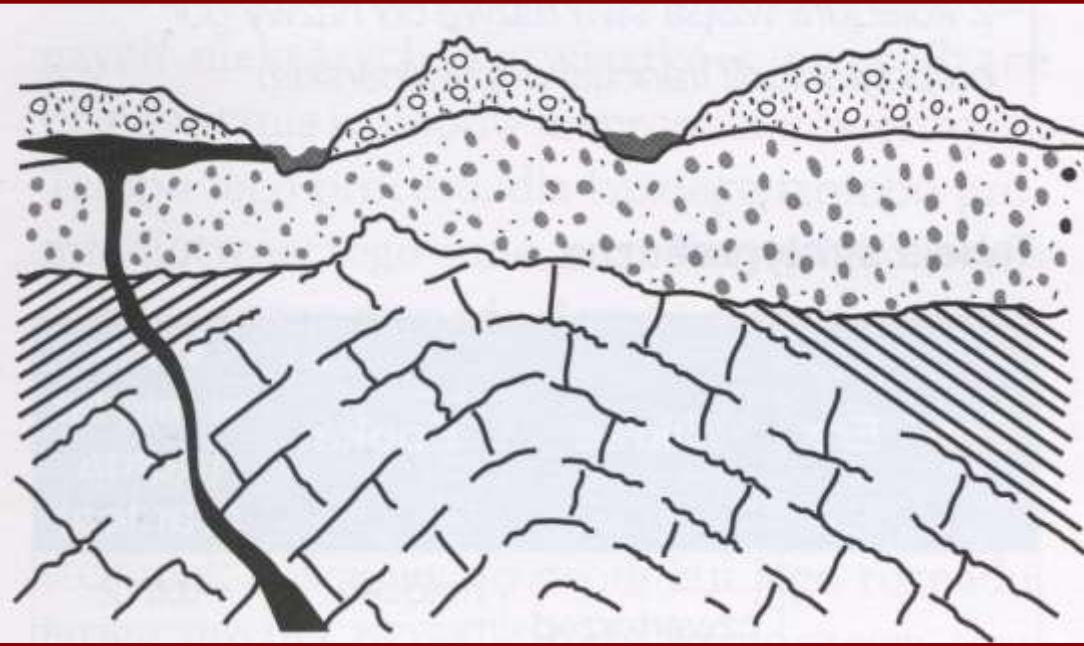


5. Skąły wulkaniczne (baząłty, melafiry)



6. Holocenijskie (współczesne) osady rzeczne (żwiry, piaski, muły)

Przykład poprawnej analizy przekroju geologicznego



1. Wapenie górnajurajskie



2. Margle i wapenie kredy



3. Osady morskie miocenu (piaski, ropy, osady chemiczne)



4. Utwory plejstocenijskie (głina zwałowa, żwir, piasek, erratyki)



5. Skaly wulkaniczne (bazalty, melafiry)



6. Holocenijskie (współczesne) osady rzeczne (żwir, piasek, muły)

1. Akumulacja górnajurajskich wapieni w czasie zalewów morza jurajskiego.
2. Akumulacja margli i wapieni w czasie transgresji morza kredowego (zalewów morza kredowego).
3. Fałdowy układ powstałych wcześniej warstw skalnych dowodzi, że na obszarze tym doszło do ruchów górotwórczych.
W tym czasie, czyli pod koniec kredy miały miejsce ruchy górotwórcze orogenezy alpejskiej.
4. Brak ciągłości warstwy margli i wapieni kredowych oraz leżących niżej wapieni górnajurajskich sugeruje, że teren ten został wyniesiony ponad poziom wód (regresja morska), gdzie w warunkach lądowych paleogenu rozpoczęły się procesy rzeźbotwórcze, m.in. intensywnej erozji i wietrzenia, przyczyniającego się do zrównania obszaru.
5. Akumulacja osadów morskich miocenu w wyniku transgresji morza miocenijskiego.
6. Występowanie skał wulkanicznych przecinających intruzją magmową warstwy skalne i rozlewających się po osadach miocenijskich dowodzi, że pod koniec miocenu na obszarze tym występowała działalność wulkaniczna.
7. Liczne utwory plejstocenijskie związane z działalnością lodowca kontynentalnego (gliny, żwir, piasek, erratyki) świadczą o tym, że na obszar ten wkroczył lądolód skandynawski.
8. Występowanie aluwiów w dolinach rzecznych świadczy, że po ustąpieniu zlodowacenia rzeźbę terenu kształtowały różnorodne procesy rzeźbotwórcze (głównie rzeźba fluwialna).

KONIEC



**Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)**

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**