



## **V. Procesy wewnętrzne kształtujące litosferę**

### **3. Plutonizm, wulkanizm i trzęsienia ziemi**





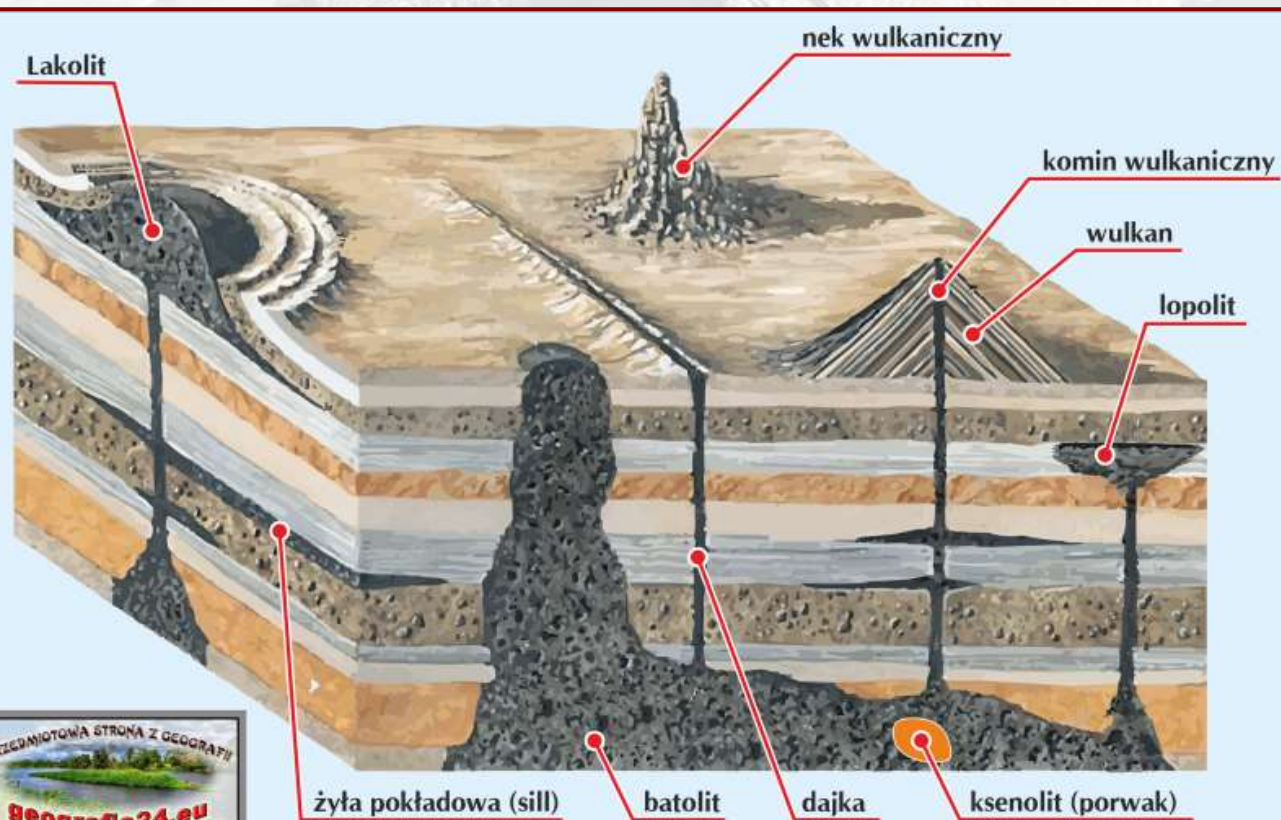
**Plutonizm jako proces endogeniczny**



# Plutonizm

🌐 **Plutonizm** (nazwa od Plutona - boga podziemi z mitologii greckiej) nazywamy zjawiska związane:

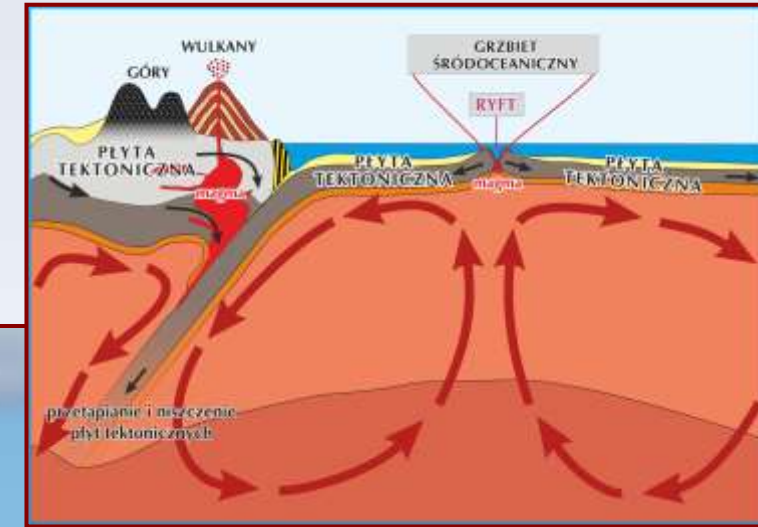
- z lokalnym upłynnieniem skał w głębi litosfery (powstawaniem ognisk magmowych),
  - wnikaniem, czyli intrudowaniem powstałej w ten sposób magmy w nadległe skały,
  - krystalizacją skał pod powierzchnią ziemi.
- Przyczyną powstawania ognisk magmowych jest zwykle lokalne podwyższenie temperatury lub zmiana ciśnienia.





# Plutonizm i efekty jego działania

- 🌐 Skąły plutoniczne, powstałe w wyniku powolnego zastygania magmy, czasem tworzą masywy górskie.
- 🌐 Zastygłe pod powierzchnią Ziemi skały, zbudowane najczęściej z granitu, w wyniku działalności górotwórczej zostają wypiętrzone.
- 🌐 W Polsce proces taki przesły Tatry Wysokie.





# Magma

🌐 **Magma** jest to płynny stop, w skład którego wchodzi m.in.:

- 🌐 **krzemionka** ( $\text{SiO}_2$ ),
- 🌐 **tlenki glinu, żelaza, magnezu, wapnia,**
- 🌐 **wiele innych związków chemicznych.**

🌐 Często magma zawiera wiele **składników lotnych**, m.in.:

- 🌐 **parę wodną i tlenki węgla.**

🌐 Temperatura magmy wynosi zwykle  $700\text{--}900^\circ\text{C}$  i rzadko przekracza  $1200^\circ\text{C}$ .

🌐 Magma krzepnie w pewnym przedziale temperatury uzależnionym od temperatury krystalizacji poszczególnych minerałów.

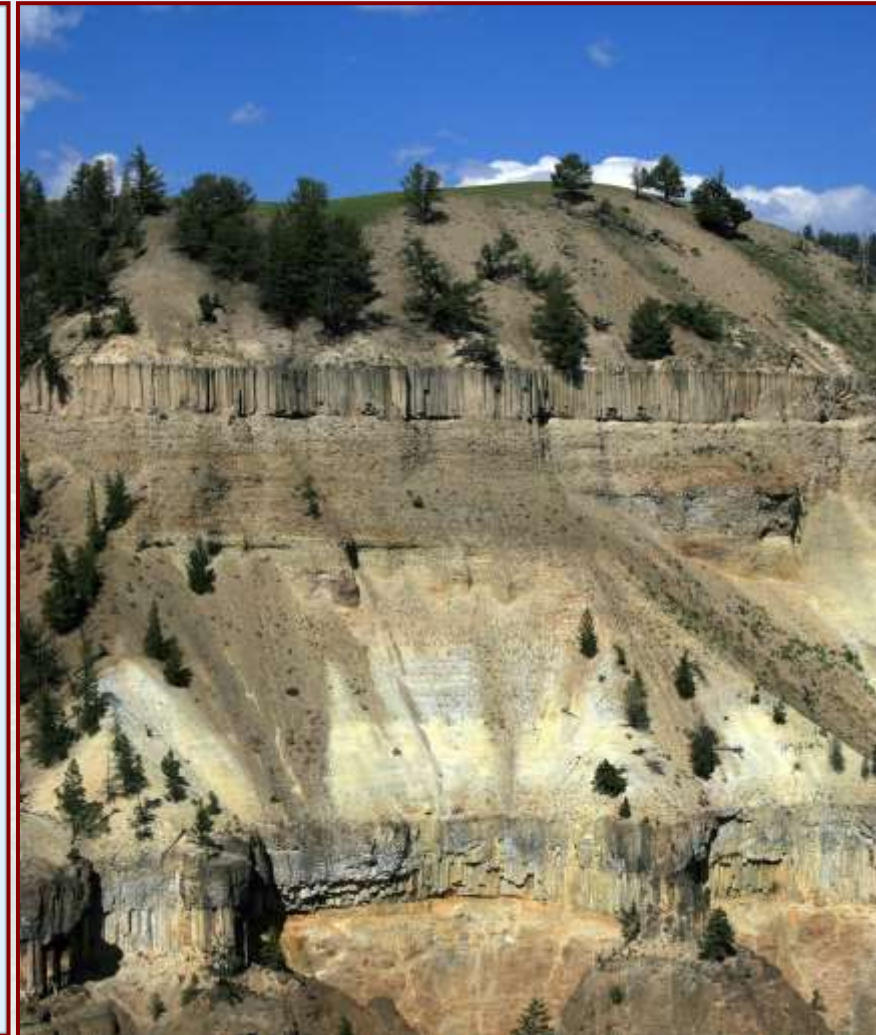
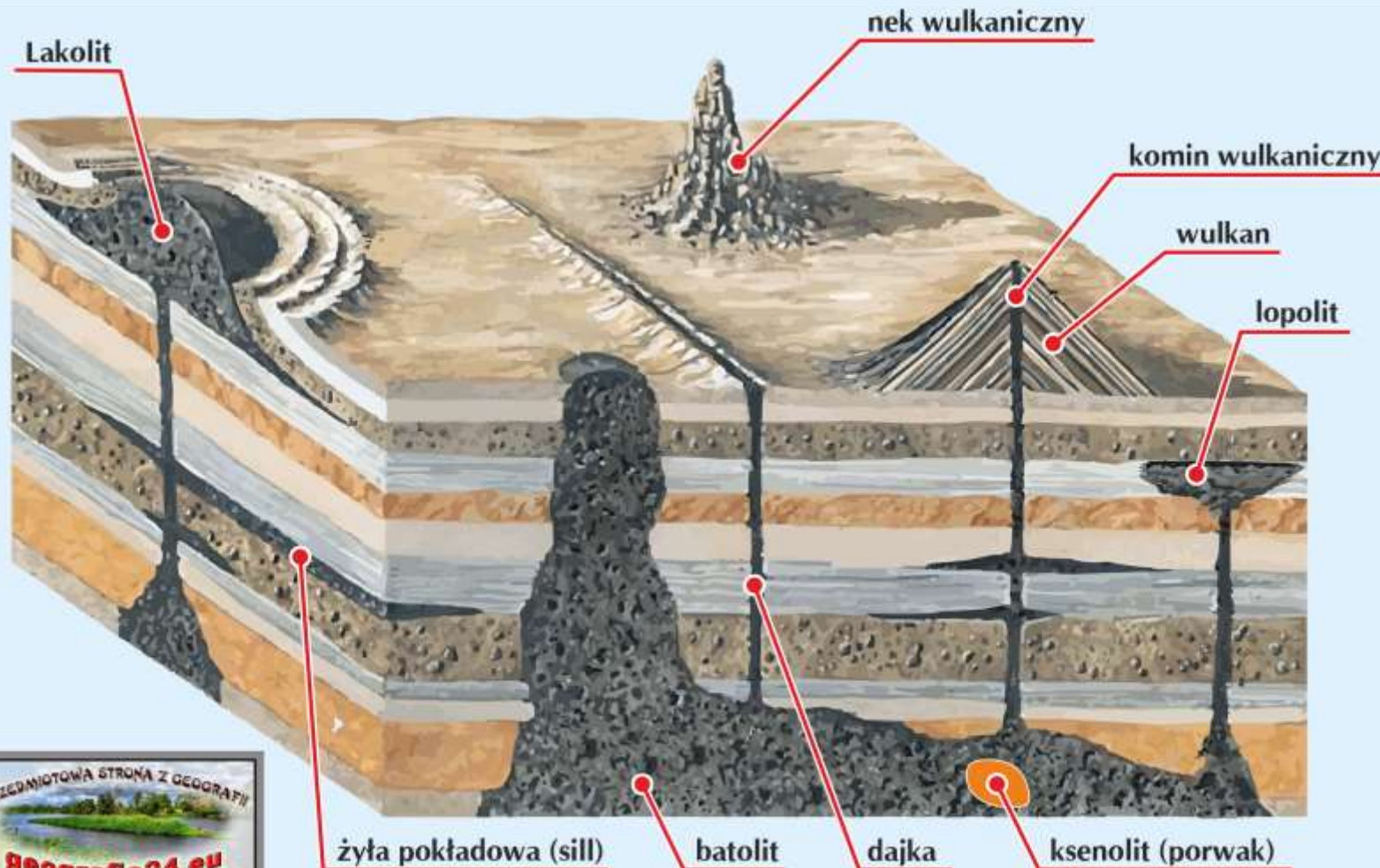
- 🌐 W skałach bogatych w krzemionkę krystalizację kończy zwykle kwarc.





# Intruzje i ich główne rodzaje

- ❶ Krzepnięcie magmy w otoczeniu istniejących już skał prowadzi do powstawania **intruzji**, czyli ciał skalnych występujących w obrębie skał starszych.
- ❷ **Intruzja** inaczej jest to wdarcie się magmy w obręb skorupy ziemskiej bez wydostania się na powierzchnię Ziemi.
- ❸ Ich budowa wewnętrzna informuje o tempie oddawania ciepła i tym samym – krystalizacji.





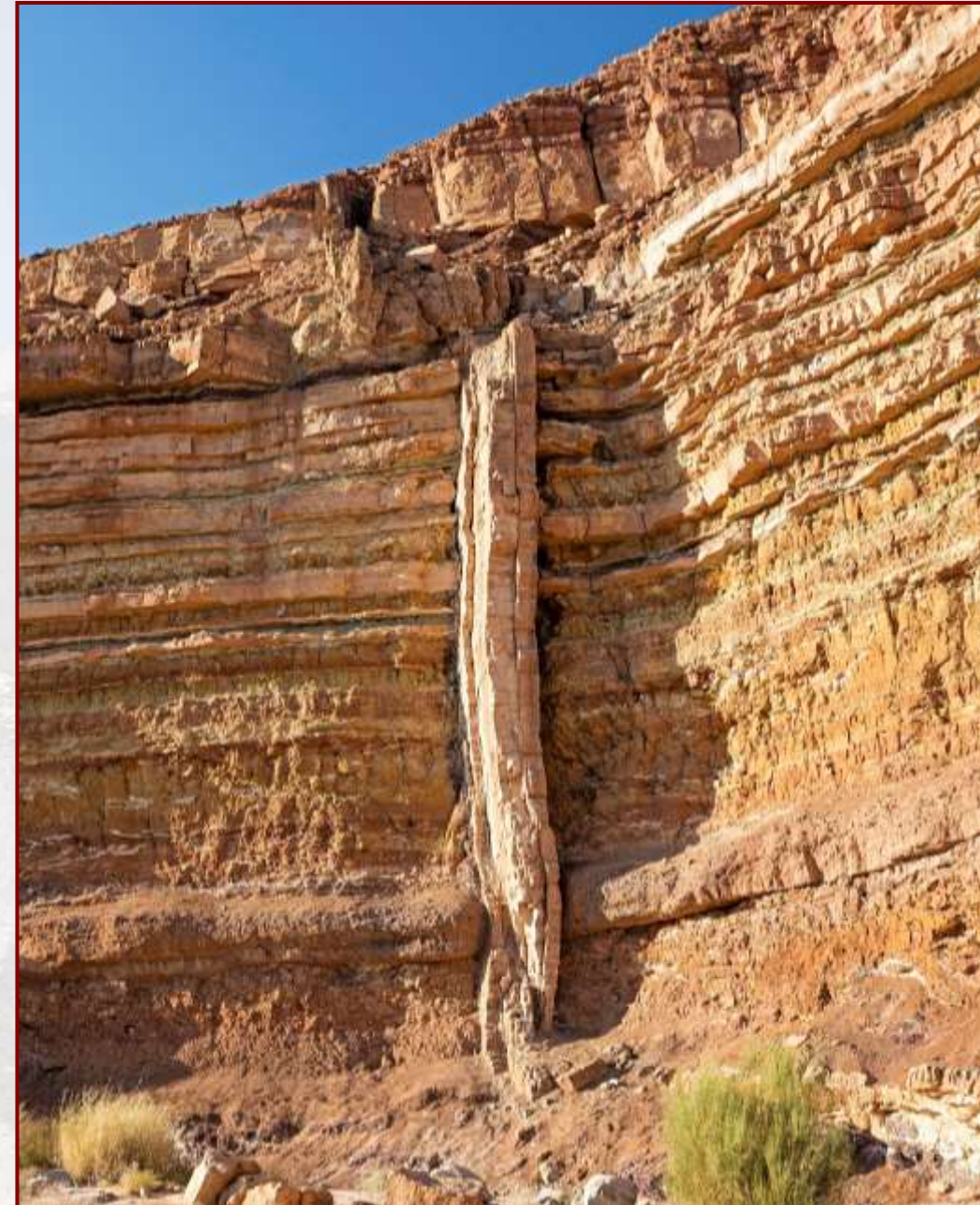
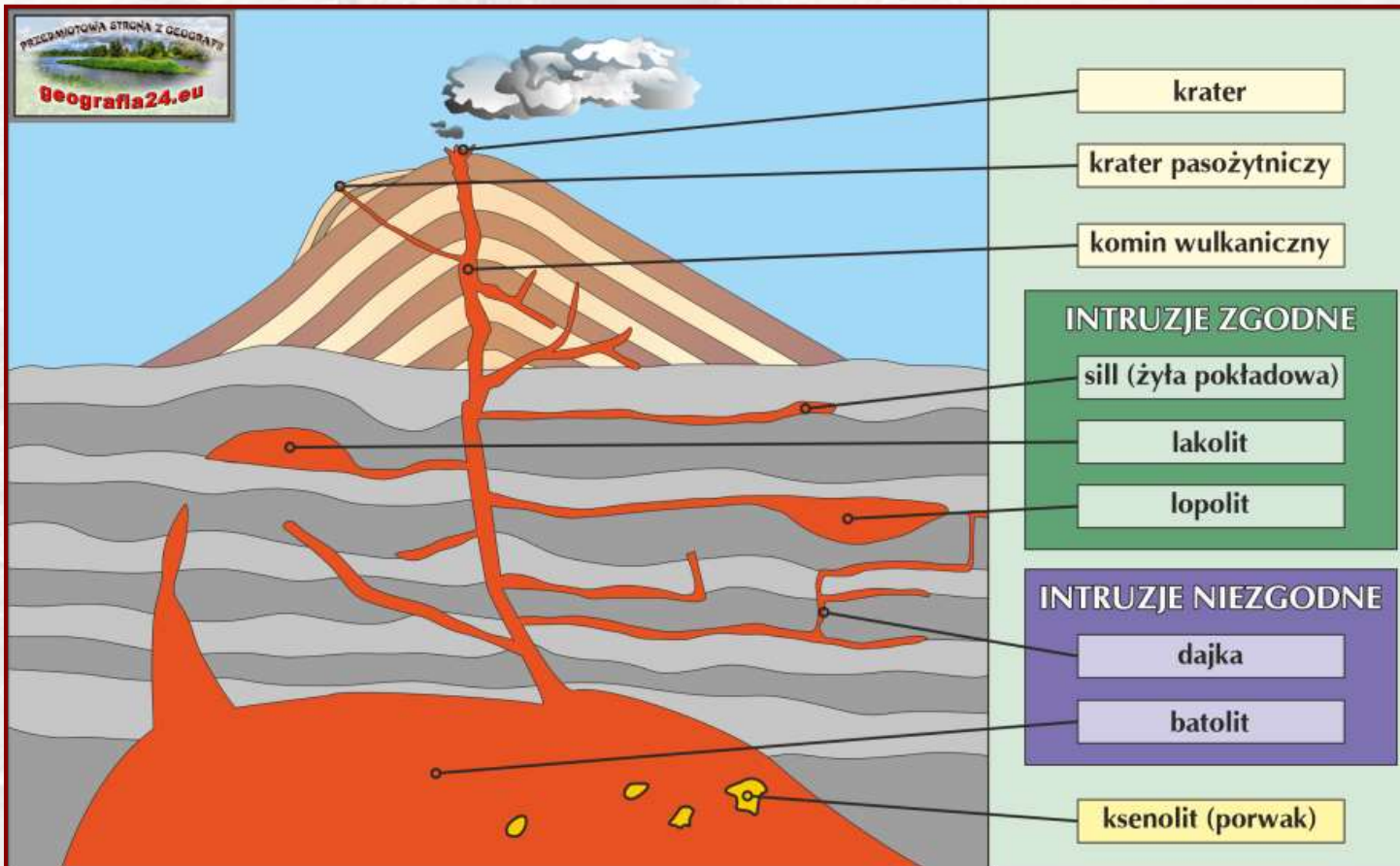
# Intruzje i ich główne rodzaje

## ☛ Intruzje tworzą struktury:

- ☛ **zgodne** z pierwotnym układem skał,
- ☛ **niezgodne** z pierwotnym układem skał.

## ☛ Skały sąsiadujące z intruzjami ulegają z reguły:

- ☛ **deformacjom** – zaburzeniom pierwotnego układu warstw,
- ☛ **przeobrażeniom** – spowodowanym wysoką temperaturą.





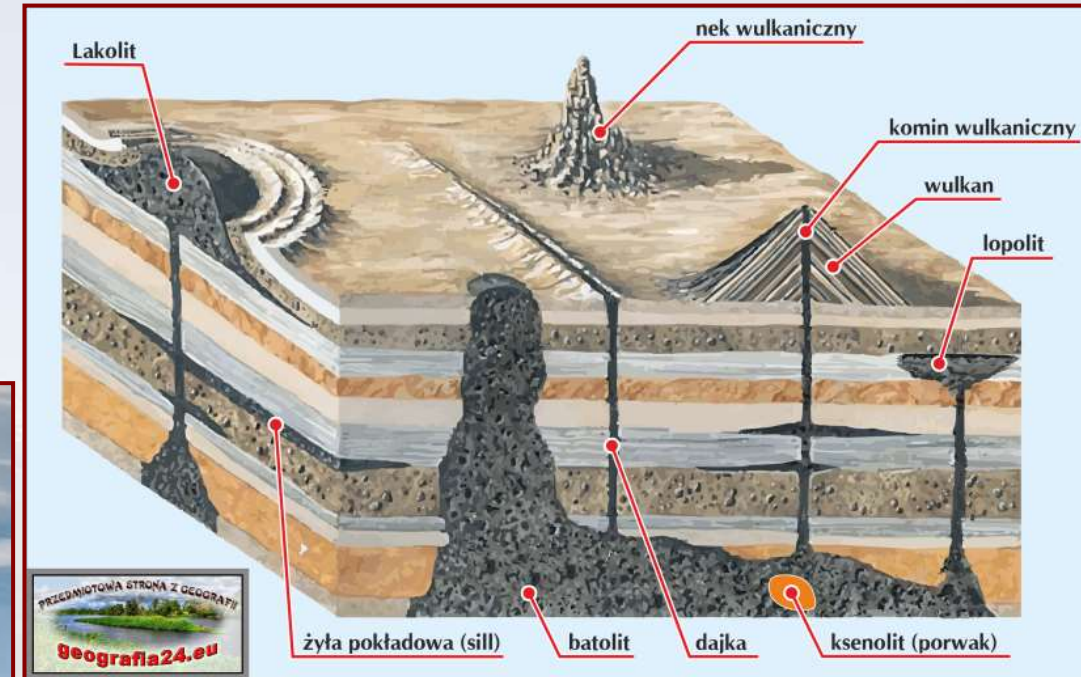
# Intruzje niezgodne: **batolity**

🌐 **Batolity** – olbrzymie intruzje o nieznanej powierzchni dolnej.

🌐 Na terenie Polski batolity powstawały podczas orogenezy waryscyjskiej (hercyńskiej) (masyw strzegomski, karkonoski, tatrzański).

🌐 W obrębie batolitów często występują także **kxenolity (porwaki)** – fragmenty skały wyrwane przez magmę ze skał otaczających.

Batolit



Batolity budujące obecne góry w obrębie Parku Narodowego Yosemite w USA



# Intruzje niezgodne: **dajki**

- 🌐 **Dajki** – intruzje występują w postaci żył przecinających otaczające skały.
- 🌐 Przebiegają one zazwyczaj prostopadle lub ukośnie do powierzchni Ziemi.



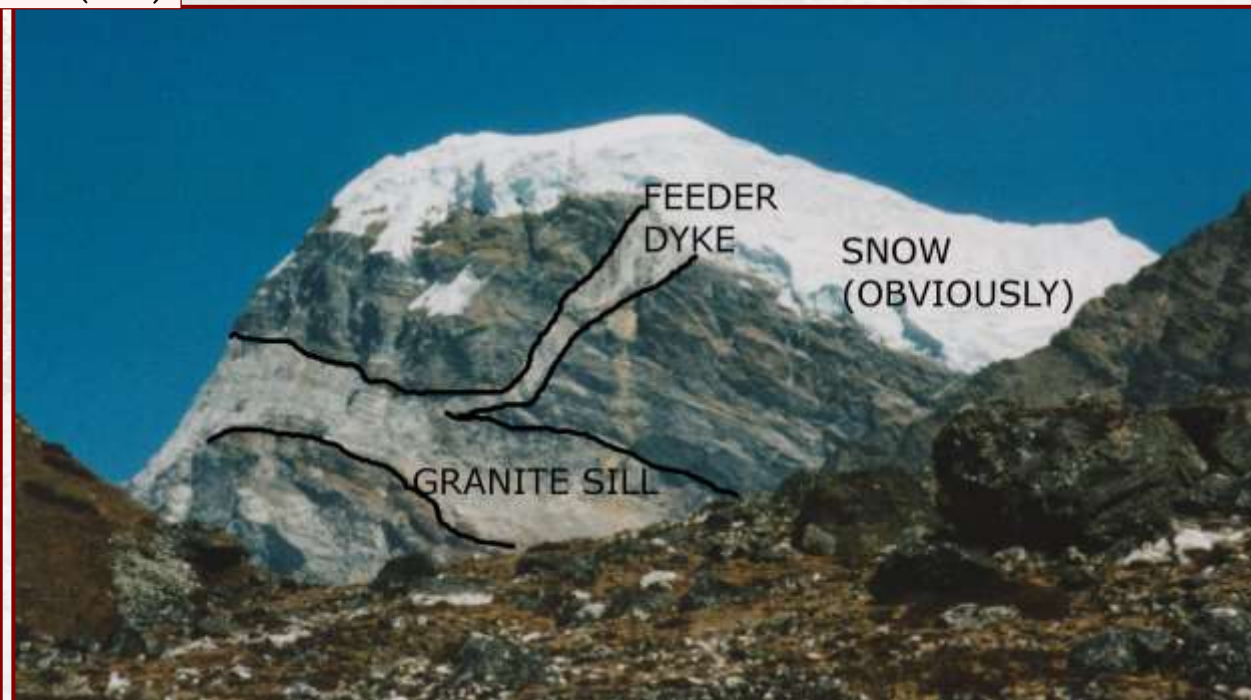


# Intruzje zgodne: żyły pokładowe (sille)

- 🌐 **Żyły pokładowe (sille)** – to intruzje, które wciskają się pomiędzy dwie warstwy skał.
- 🌐 Biegają one najczęściej równoległe do powierzchni terenu na długości nawet powyżej 100 km.
- 🌐 Posiadają one od kilku milimetrów do nawet kilkudziesięciu metrów grubości.



Żyły pokładowe (sille)





# Intruzje zgodne: **lakolity** (**lakkolity**)

- 🌐 **Lakolity** (**lakkolity**) – powstają bliżej powierzchni Ziemi - formy w kształcie bochenka lub grzyba, w których podstawa jest płaska, natomiast strop kopułowo wygięty.
- 🌐 Czasami, kiedy do intruzji dojdzie stosunkowo płytko, odkształcenie spowodowane przez lakolit ujawnia się na powierzchni Ziemi w postaci wzniesienia.







**Wulkanizm jako proces endogeniczny**



# Definicja wulkanizmu

- 🌐 **Wulkanizm** – oznacza ogół procesów i zjawisk związanych z wydobywaniem się magmy na powierzchnię Ziemi.
- 🌐 Taką magmę wylaną na powierzchnię Ziemi nazywamy **lawą**.
- 🌐 Wulkanizm powoduje powstanie wielu charakterystycznych form terenu, takich jak chociażby **stożki wulkanów**.
- 🌐 Jest też potężną siłą **niszczącą**.





# Wpływ zjawisk wulkanicznych na środowisko przyrodnicze i działalność człowieka

🌐 **Pozytywny wpływ wulkanizmu** na przyrodę i działalność człowieka, polega na tym, że:

- 🌐 na skałach i pyłach wulkanicznych tworzą się bardzo **urodzajne gleby**,
- 🌐 niektóre skały (np. granity – na nagrobki i bazalty – a dokładniej grys bazaltowy jest najlepszym wypełniaczem mas asfaltowych) są **wykorzystywane w budownictwie** oraz **stanowią ozdoby**,
- 🌐 w skałach magmowych **tworzą się liczne złoża**:
  - 🌐 rudy miedzi, cynku, ołowiu i uranu,
- 🌐 na terenach wulkanicznych obecne są **wody termalne** oraz **wody mineralne**,
- 🌐 wulkany są ważną **atrakcją turystyczną** (wpływ na rozwój turystyki).





# Wpływ zjawisk wulkanicznych na środowisko przyrodnicze i działalność człowieka

- ⌚ **Negatywny wpływ wulkanizmu** na przyrodę i działalność człowieka, polega na tym, że:
  - ⌚ jest to żywioł cechujący się niezwykle **dużą siłą niszczącą** (wybuchy wulkanów, mimo rozwoju nauki i techniki są często dla nas dalej zagadką nie do końca rozpoznaną), przyczyniającą się do:
    - ⌚ **niszczenia dorobku ludzkiego** (budynków, infrastruktury, pól uprawnych, lasów),
    - ⌚ **występowania rannych i ofiar śmiertelne** (wskutek uderzenia odłamkiem, zapylenia lub wskutek pośredni, np. pożaru wywołanego przez płynącą lawę i szybko rozprzestrzeniającego się przy silnym wietrze),
    - ⌚ **zmian w rzeźbie terenu** (powstają wulkany, mogą one eksplodować),
    - ⌚ **zmian w klimacie** (zapylenie przyczynia się od ograniczenia dostępu promieni słonecznych – w efekcie spadek temperatur),
    - ⌚ **tsunami** (szczególnie wskutek wybuchów wulkanów podmorskich),
    - ⌚ **paraliżu w gospodarce** (pyły wulkaniczne co jakiś czas dezorganizują ruch lotniczy);
  - ⌚ negatywnie oddziałują na życie człowieka poprzez **życie w stanie nieustannego zagrożenia**.

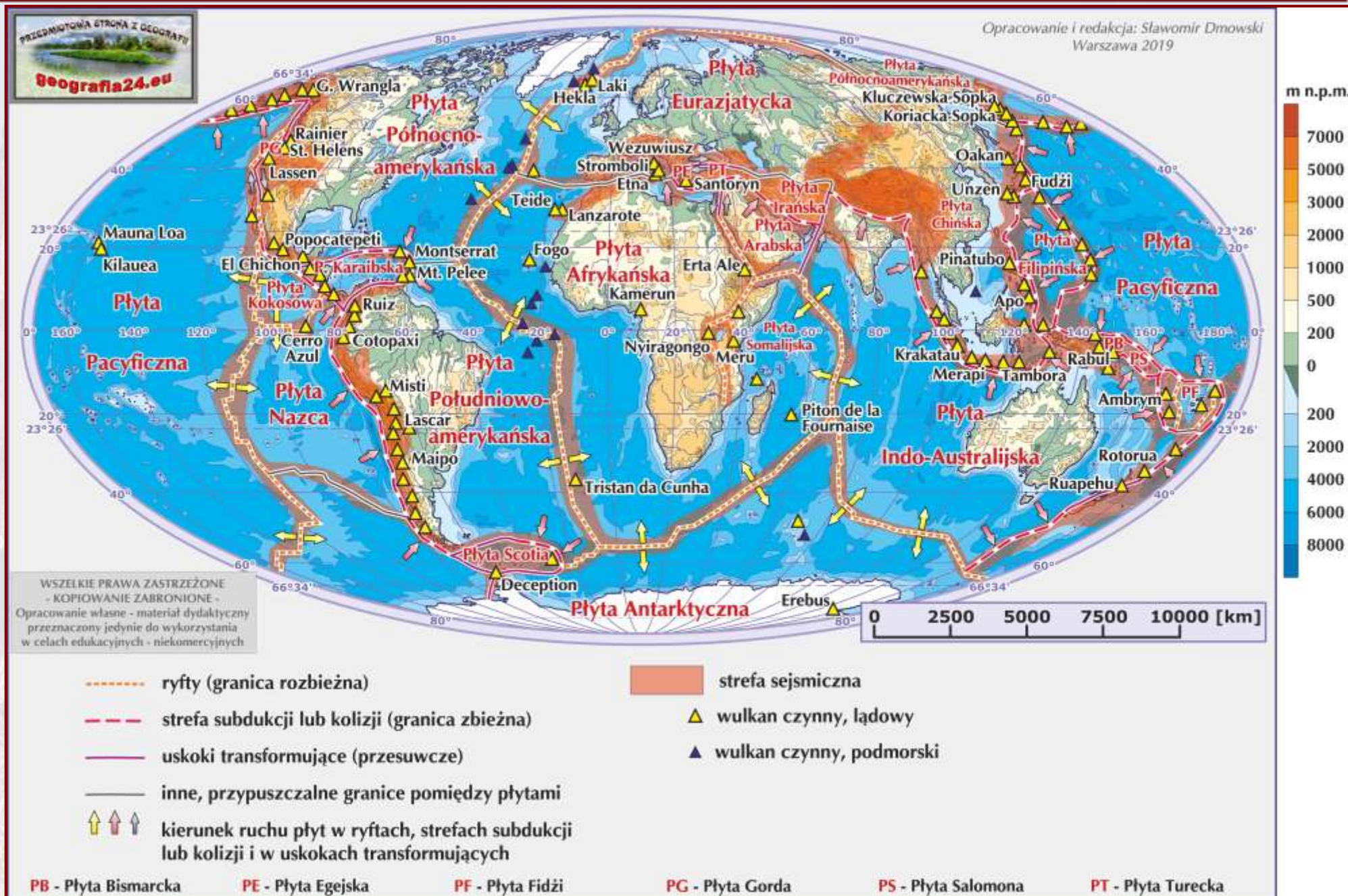




# Rozmieszczenie wulkanów na Ziemi

🌐 Na świecie na obszarach lądowych obecnie czynnych jest **ponad 600 wulkanów**.

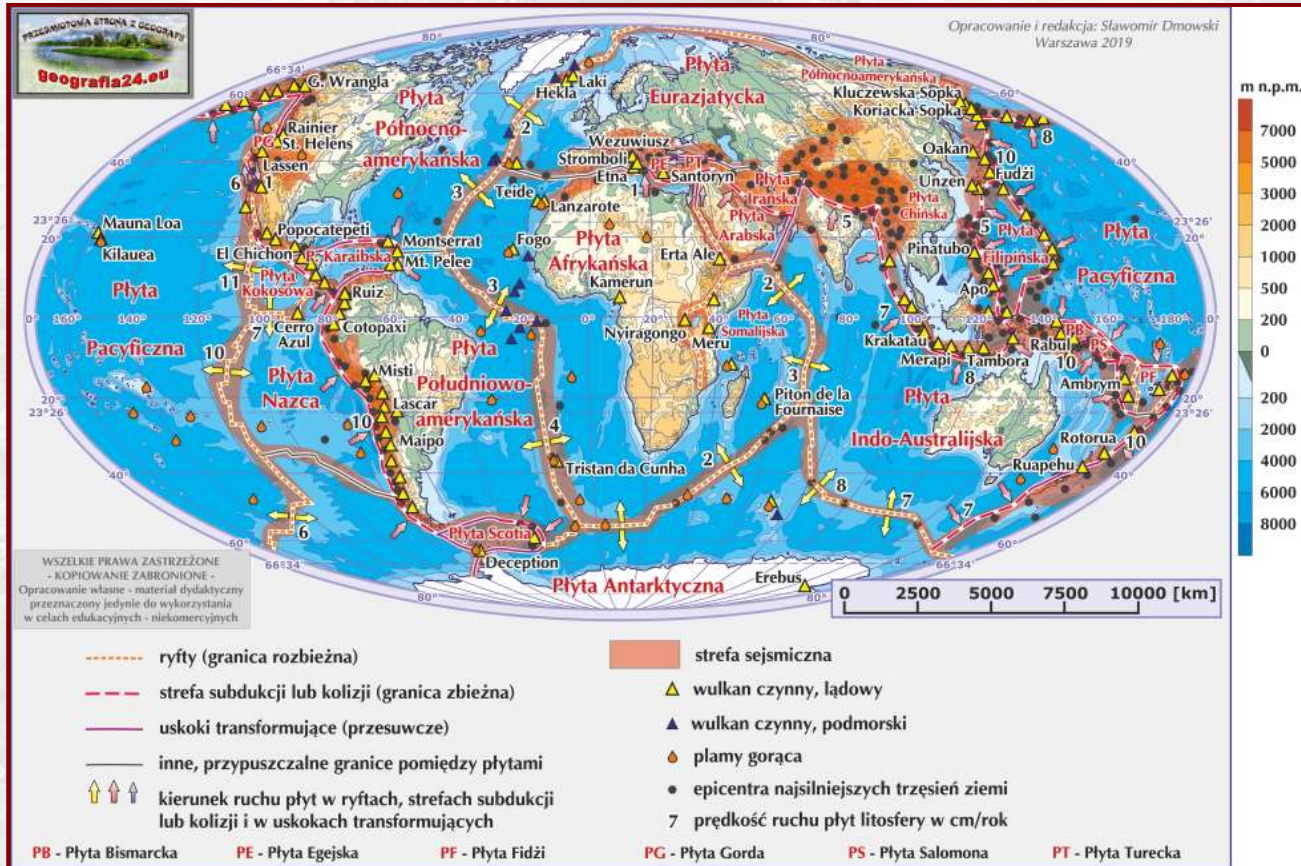
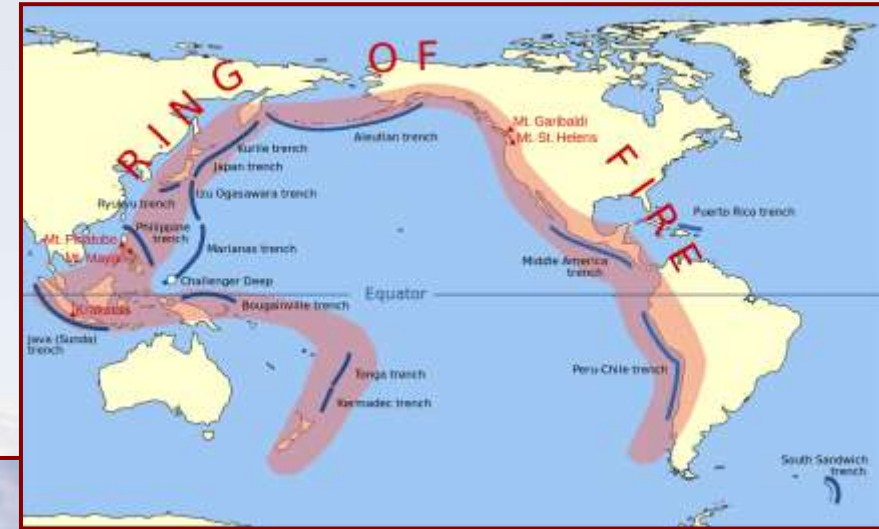
🌐 Największe nagromadzenie wulkanów występuje na **granicach płyt litosfery** (w strefach subdukcji, kolizji i ryftowych) oraz w obrębie tzw. **plam gorąca**.





# Pacyficzny Pierścień Ognia (Ognisty Pierścień Pacyfiku, Okołopacyficzny Pas Sejsmiczny)

- 🌐 **Pacyficzny Pierścień Ognia** – to strefa w której występuje najwięcej erupcji wulkanicznych (i trzęsień ziemi).
  - 🌐 Szacuje się, że znajduje się tu 90% czynnych wulkanów lądowych.
  - 🌐 Ciągnie się ona wzdłuż granic płyt litosfery przy zachodnich wybrzeżach brzegach obu Ameryk, wzdłuż łańcucha wysp Aleuty, wschodniego wybrzeża Azji i Oceanii.
  - 🌐 Tym samym otacza ona Ocean Spokojny.





# W jaki sposób wydostaje się lava z wulkanu. Typy erupcji

🌐 Wulkanizm bezpośrednio wiąże się z ruchami i budową litosfery.

🌐 Liczne i głębokie pęknięcia w skorupie ziemskiej umożliwiają dość swobodną migrację lawy z tzw. ognisk wulkanicznych w kierunku powierzchni Ziemi, i w rezultacie powstanie wulkanu.

🌐 **Lawa wydostaje się** na powierzchnię poprzez:

🌐 **wulkanizm centralny** – lava wydobywa się punktowo z komina wulkanicznego zakończonego kraterem,

🌐 **wulkanizm linijny (szczelinowy)** – lava wydobywa się przez podłużne szczeliny (występuje w strefach ryftowych).





## B. Erupcje centralne (wulkanizm centralny)

🌐 **Erupcje centralne** przebiegają punktowo.

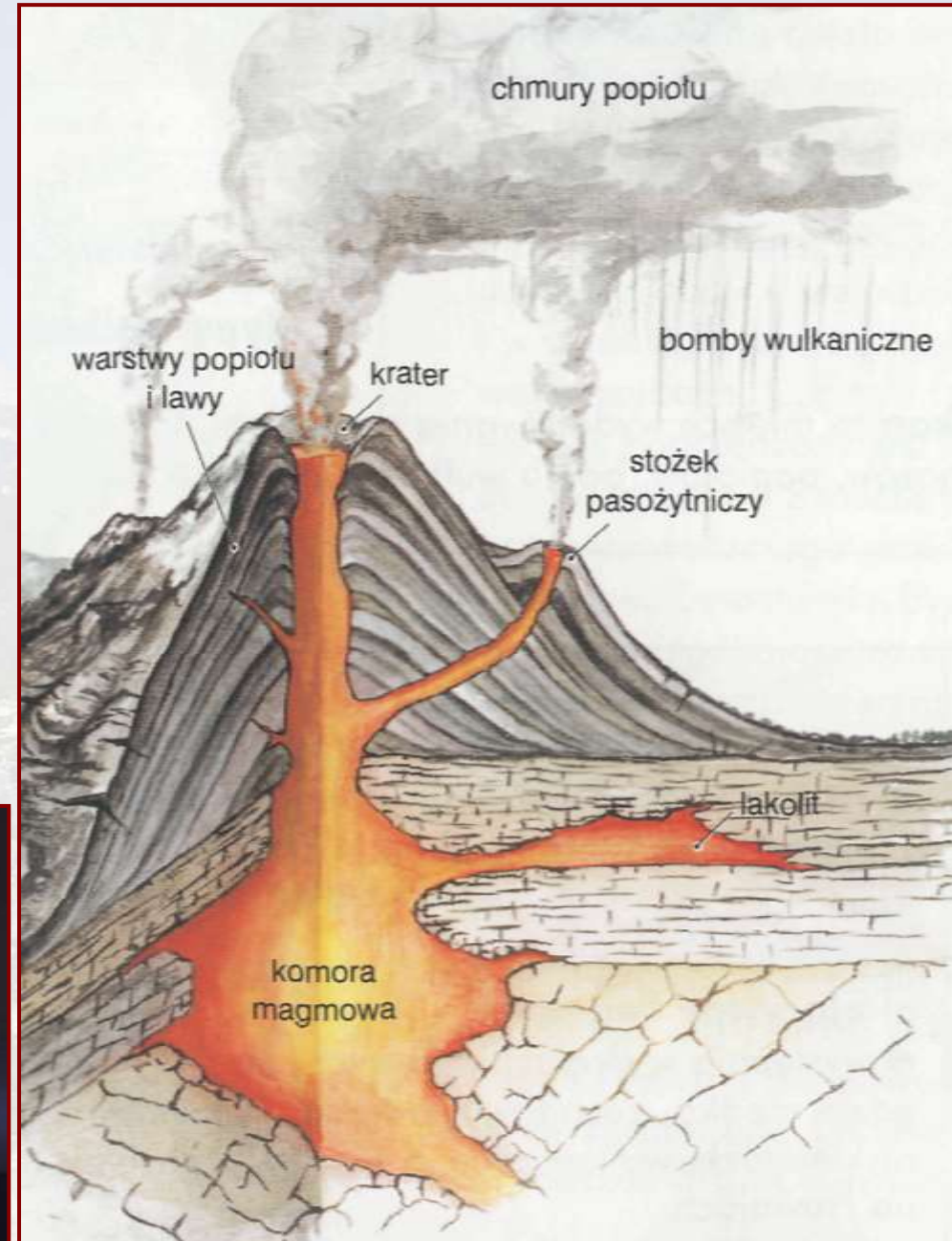
🌐 Materiał nagromadzony w **ognisku magmowym** wydostaje się na powierzchnię **kominem wulkanicznym** o różnej długości, zakończonym **kraterem**.

🌐 Wulkany centralne przyczyniają się do powstania:

🌐 **stożków wulkanicznych** – wzniesień utworzonych z wydobywanej na powierzchnię Ziemi law i innego materiału wulkanicznego (pyłu, piasku),

🌐 **stożków pasożytniczych** – mniejszych wzniesień, powstających na stokach głównego stożka wulkanicznego, także wskutek erupcji wulkanicznej;

🌐 czasem zdarza się, że siła ich erupcji może być większa od siły erupcji stożków głównych i po latach stożek pasożytniczy, może przekształcić się w stożek główny.





# Wulkany czynne

- 🌐 **Augustine** – czynny stratowulkan, leżący na wyspie Augustine w Zatoce Cooka na Alasce (blisko Anchorage).
- 🌐 Wysokość stożka wulkanicznego obecnie wynosi około 1260 m n.p.m.
- 🌐 Wulkan ten raz na kilkanaście lat “ożywa” i przechodzi wzrost aktywności.
- 🌐 Ostatnie erupcje były notowane w 1976, 1986, 1994 i 2006 roku.

Augustine – czynny wulkan (Alaska w USA)





# Najaktywniejszy wulkan w Europie

- 🌐 **Etna** – jest obecnie najaktywniejszy wulkanem w Europie.
- 🌐 Jest to także najwyższy z wulkanów w Europie (wysokość około 3340 m n.p.m.), zaliczany do stratowulkanów.
- 🌐 Posiada bardzo liczne kratery boczne (stożki pasożytnicze).
- 🌐 Wulkan ten powstał około 0,5 mln lat temu i począwszy od roku 2001 przechodzi on znaczny wzrost swojej aktywności (od chwili powstania szacuje się, że przeszedł on co najmniej 200 wybuchów).
- 🌐 Erupcje wystąpiły np.: styczniu 2011 r., grudniu 2015 r. i styczniu 2017 r., czerwcu 2019 r. i w grudniu 2020 r.



Etna – czynny wulkan (Włochy – Sycylia)



# Wulkany wygasłe

- 🌐 **Góra Ararat** – stosunkowo wysoki masyw wulkaniczny, od dłuższego czasu nieaktywny (wysokość bezwzględna: 5137 m n.p.m.), leżący na Wyżynie Armeńskiej w Turcji (blisko granicy z Armenią i Iranem).
- 🌐 Wysokość względna (liczona od podnóża góry) wynosi ponad 3000 m.
- 🌐 Obecnie Ararat, a w zasadzie dwie złączone góry (Mały i Wielki Ararat), są w górnej części pokryty lodowcem.

Góra Ararat – wygasły masyw wulkaniczny (Turcja)





# Rodzaje materiału wulkanicznego

🌐 Podczas aktywności wulkanicznej na powierzchnię ziemi wydobywają się cztery podstawowe **rodzaje materiału**:

- 🌐 **lawy,**
- 🌐 **gazy,**
- 🌐 **utwory piroklastyczne,**
- 🌐 **porwaki.**





# 1. Lawa

- ☛ **Lawa**, czyli stopiona krzemionka, minerały krzemianowe i tlenki metali.
  - ☛ Zawiera ona także gazy wulkaniczne.
- ☛ Ze względu na zróżnicowany **skład chemiczny** wyróżnia się kilka **rodzajów law**:
  - ☛ **lawą kwaśną** – zawiera dużo krzemionki ( $> 65\% \text{SiO}_2$ ),
    - ☛ jest lekka, lecz na tyle lepka, że tworzy czop w kominie wulkanicznym,
    - ☛ zazwyczaj płynie bardzo wolno i tworzy krótkie strumienie,
    - ☛ powstają stożki o wysokich brzegach;
  - ☛ **lawą zasadową** – zawiera natomiast dużo ciemnych, metalicznych minerałów i dość mało krzemionki ( $< 53\% \text{SiO}_2$ ),
    - ☛ jest więc cięższa od lawy kwaśnej, ale bardziej płynna i mniej lepka,
    - ☛ tego typu lawa wypływa łagodnie, bez gwałtownych erupcji,
    - ☛ może się rozlewać na bardzo dużych powierzchniach, w znacznej odległości od krateru;
  - ☛ **lawą obojętną** – posiada cechy pośrednie.



Eksplozja wulkaniczna – **lawą kwaśną**



Eksplozja wulkaniczna – **lawą zasadową**



## 2. Gazy

- ☛ **Gazy**, głównie para wodna, dwutlenek i tlenek węgla, chlor, wodór oraz związki siarki (dwutlenek siarki, siarkowodór).
- ☛ Emisję gazów bez udziału innego materiału określa się jako **ekshalacje wulkaniczne** i w zależności od temperatury wyróżnia się:
  - ☛ **fumarole** – obecne na obszarach czynnego wulkanizmu, wyziewy pary wodnej o temperaturze 200-800°C i gazów wulkanicznych m.in.:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  oraz  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$  i in.;
  - ☛ **solfatary** – wulkaniczne wyziewy w obrębie drzemiących wulkanów składające się z przegrzanej pary wodnej o temperaturze 100-200°C, zawierającej związki siarki;
  - ☛ **mofety** – ujścia chłodnych gazów wulkanicznych (poniżej 100°C), przeważnie dwutlenku węgla.



Fumarole



Solfatary



Mofety



### 3. Utwory piroklastyczne

🌐 **Utwory piroklastyczne**, czyli luźne okruchy skalne.

🌐 Ich nazewnictwo odzwierciedla wielkość **odłamków skalnych**:

- 🌐 **bomby** (owalne i kuliste) i **bloki wulkaniczne** (kanciaste) – długości przynajmniej 5 cm, są to duże strzępy lawy zastygłe w powietrzu i osiągające rozmiary ponad 1 metra;
- 🌐 **lapille** – tzw. małe kamyki, czyli fragmenty o długości od 2 mm do 5 cm, na ogół o pokroju kulistym, bryłki zastygłej lawy wyrzucanej w powietrze podczas erupcji wulkanu;
- 🌐 **piasek** (0,1-2 mm) i **pył wulkaniczny** (< 0,1 mm) – tworzący tzw. **popiół wulkaniczny**, który może być:
  - 🌐 **tufem** – jeżeli został osadzony na lądzie,
  - 🌐 **tufitem** – jeżeli został osadzony w środowisku wodnym (np. w morzu);
- 🌐 **pył wulkaniczny** może on być przenoszony na bardzo duże odległości;
- 🌐 **pumeks** – utwór bardzo silnie porowaty i lekki, powstający ze strzępów gorącej i pieniającej się lawy, zawierającej dużą ilość gazów.





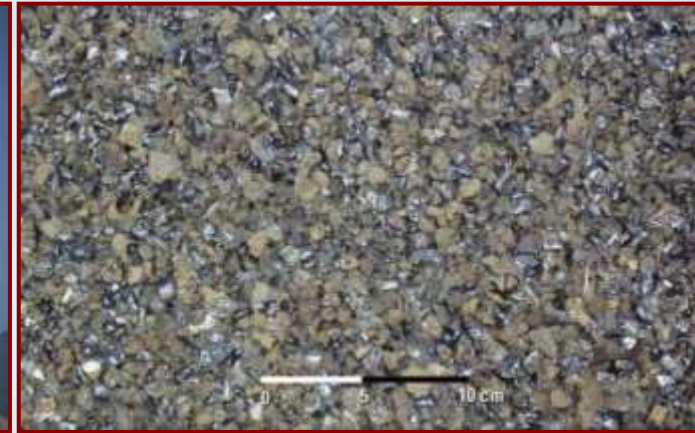
# Bomba wulkaniczna



**Bomba wulkaniczna** – długości przynajmniej 5 cm, są to duże strzepy lawy zastygłe w powietrzu i osiągające rozmiary ponad 1 metra.



# Lapille



**Lapille** – tzw. małe kamyki, czyli fragmenty o długości od 2 mm do 5 cm, na ogół o pokroju kulistym, bryłki zastygłej lawy wyrzucanej w powietrze podczas erupcji wulkanu.



# Piasek i pył wulkaniczny



## Czarna plaża wulkaniczna

Plaża zawiera **piasek wulkaniczny** (0,1-2 mm) i **pył wulkaniczny** (< 0,1 mm) – tworząc popiół wulkaniczny, który może być:  
**tufem** – jeżeli został osadzony na lądzie,  
**tufitem** – jeżeli został osadzony w środowisku wodnym (np. w morzu).



# Pumeks



**Pumeks** – utwór bardzo silnie porowaty i lekki, powstający ze strzępów gorącej i pniącej się lawy, zawierającej dużą ilość gazów, stąd obecność wielu pęcherzyków powietrza przyczyniających się do stosunkowo małej gęstości pumeksu, mniejszej niż np. samej wody (materiał w czasie pienia się stygnie i przemienia się w skałę).

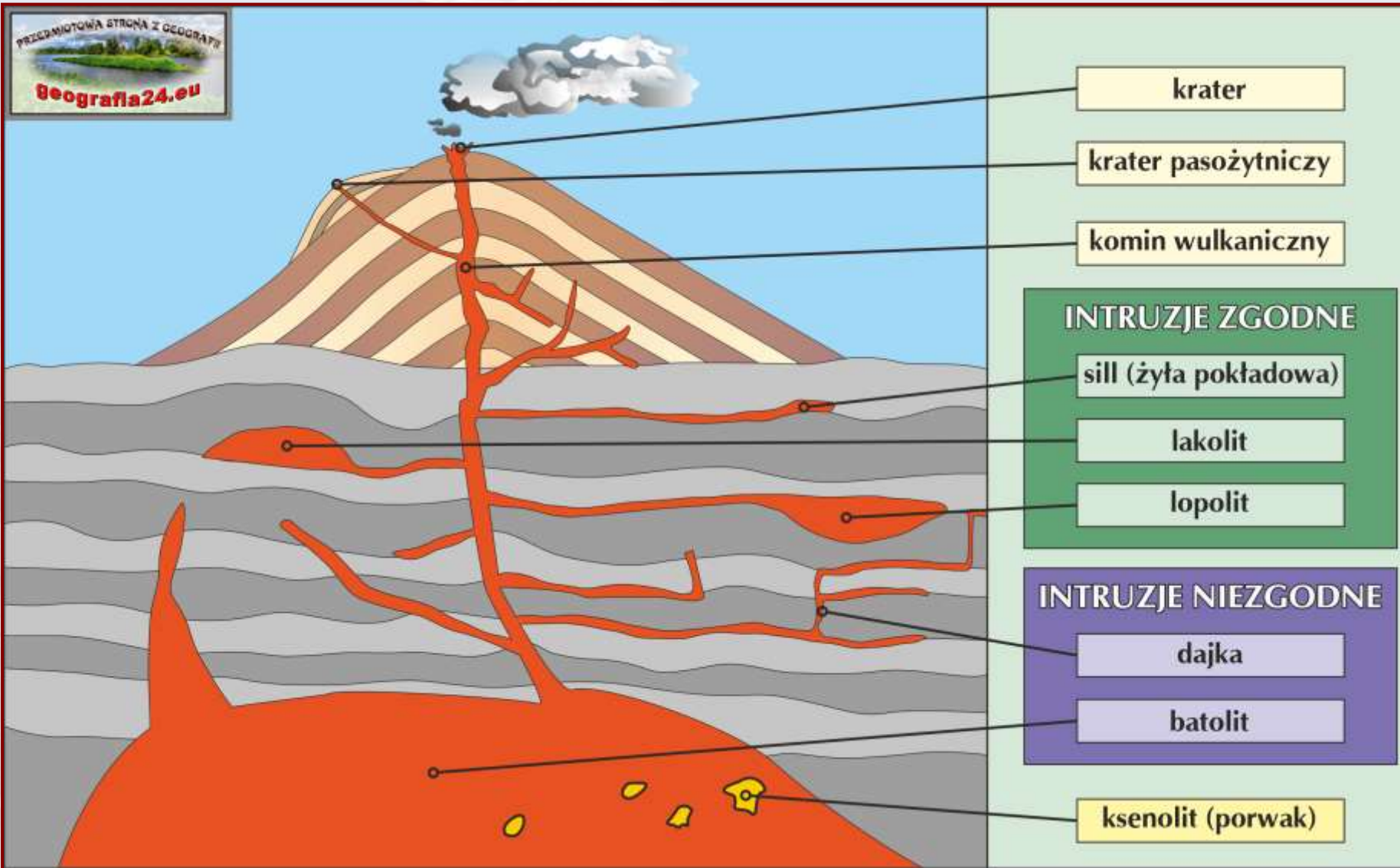


## 4. Porwaki (ksenolity)

- 🌐 **Porwaki (ksenolity)** są to oderwane fragmenty skał budujących ściany komina wulkanicznego:
- 🌐 odrywane przez przemieszczającą się ku powierzchni lawę i następnie wyrzucane z wulkanu.

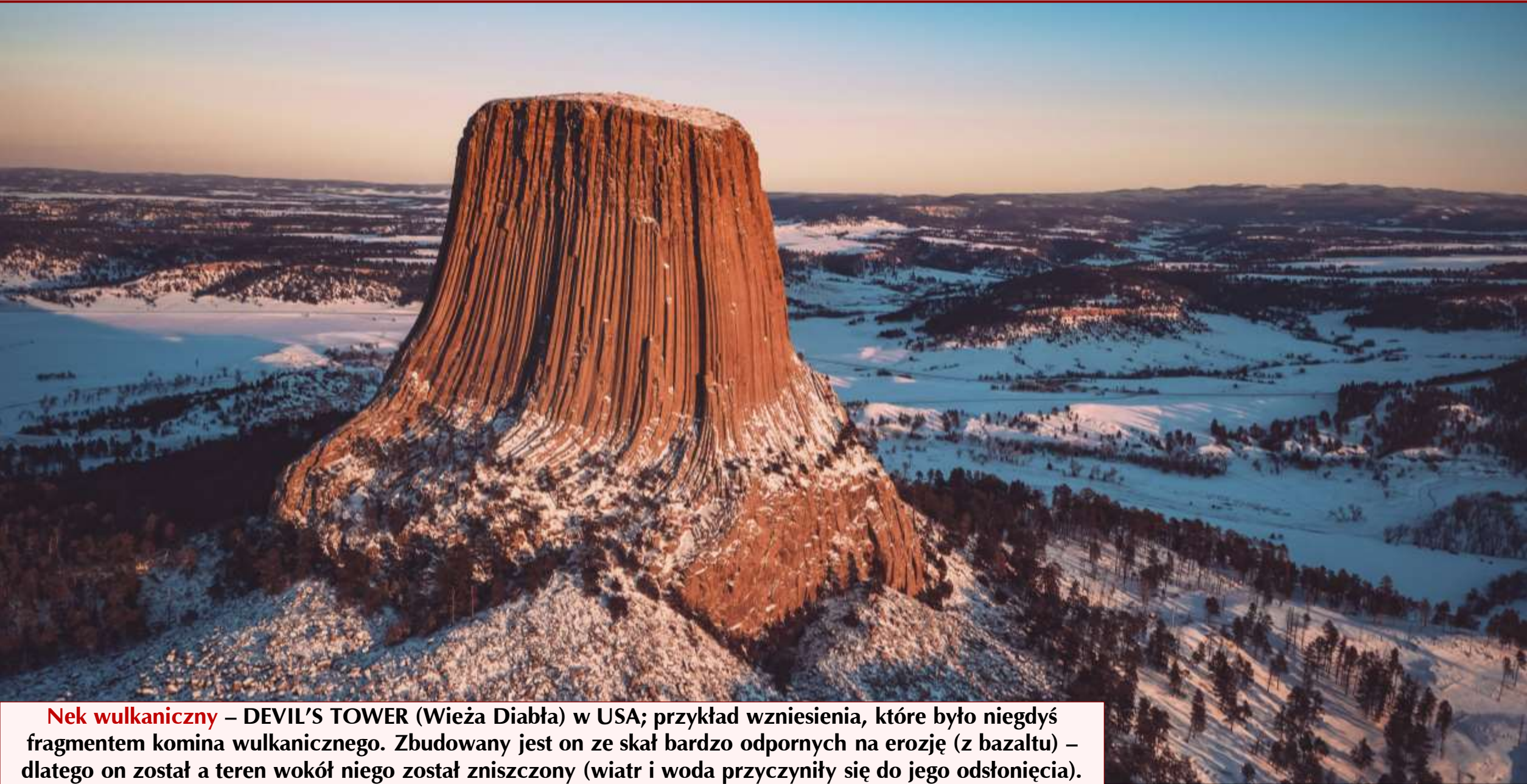


Porwak (ksenolit)





# Jak jeszcze może wyglądać materiał wulkaniczny ???



**Nek wulkaniczny** – DEVIL'S TOWER (Wieża Diabła) w USA; przykład wzniesienia, które było niegdyś fragmentem komina wulkanicznego. Zbudowany jest on ze skał bardzo odpornych na erozję (z bazaltu) – dlatego on został a teren wokół niego został zniszczony (wiatr i woda przyczyniły się do jego odsłonięcia).



# Podział wulkanów ze względu na rodzaj materiału dominującego w erupcji wulkanicznej

🌐 Na podstawie rodzaju materiału dominującego w erupcji wulkany dzieli się na:

🌐 **wulkany efuzywne (lawowe, hawajskie):**

🌐 wydobywa się z nich głównie lawa;

🌐 należą do nich ze względu na kształt wulkanu:

🌐 wulkany tarczowe,

🌐 wulkany linijne (szczelinowe);

🌐 **wulkany eksplozywne:**

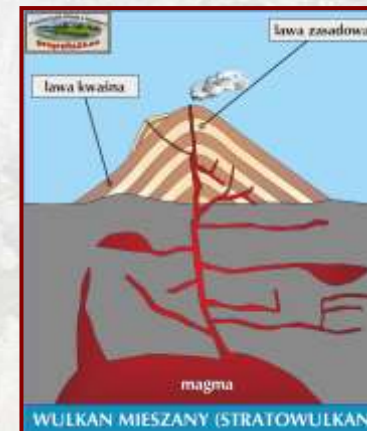
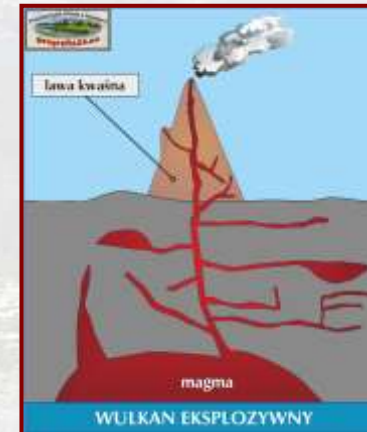
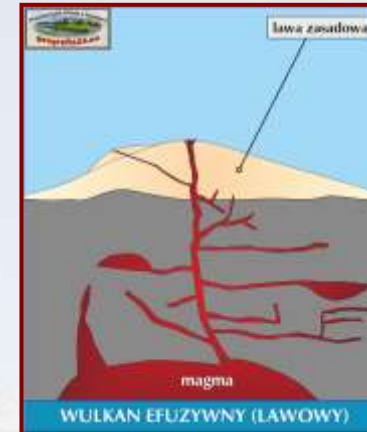
🌐 wyrzucają gazy, pyły i popioły wulkaniczne;

🌐 należą do nich ze względu na kształt wulkanu:

🌐 wulkany stożkowe;

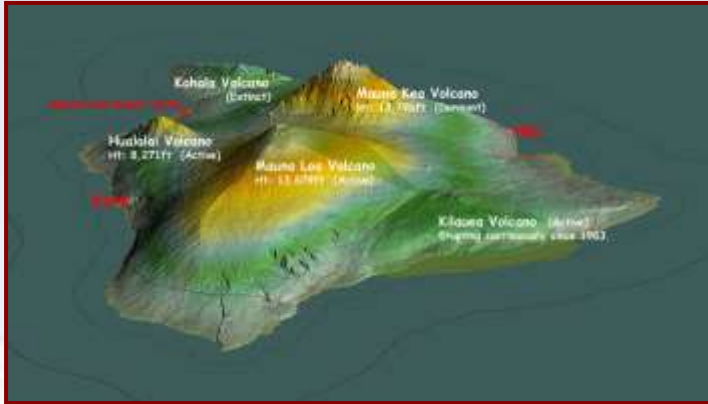
🌐 **stratowulkany (tzw. wulkany mieszane):**

🌐 u których gwałtowne erupcje przeplatane są spokojnymi wylewami lawy.





# Wulkany efuzywne (lawowe) (hawajskie) – wulkan tarczowy na plamie gorąca



**Mauna Loa** i leżąca obok **Mauna Kea** (Hawaje) – najwyższe na świecie wulkany tarczowe, wynurzające się z oceanu:

- na wysokość 4169 m n.p.m. (+ 4975 m ukrytych pod wodą) w przypadku Mauna Loa,
- na wysokość 4205 m n.p.m. (+ 5998 m ukrytych pod wodą w przypadku Mauna Kea – dlatego często zwana jest największą górą na świecie.

Z daleka wyglądają na niskie – ale są one bardzo rozległe ze względu na daleko rozprzyskające się potoki law zasadowych.

Wulkany te położone są nad plamą gorącą, w obrębie tzw. pióropusza ciepła.



# Wulkany efuzywne (lawowe) – wulkan linijny w strefie ryftowej

Hekla (Islandia)



Holuhraun (Islandia)



## 2. Wulkany eksplozywne

- 🌐 **Wulkany eksplozywne** – wyrzucają niemal tylko materiał piroklastyczny.
- 🌐 Na świecie jest ich stosunkowo niewiele. Ich stożki są stosunkowo strome.
- 🌐 Występują one najczęściej w **strefach subdukcji**.
- 🌐 Budująca je głównie kwaśna, gęsta lava, która często zatyka komin wulkaniczny, powodując gwałtowne wtórne erupcje:
  - 🌐 np. Kluczewska Sopka (Kamczatka, Rosja), Aqua (Gwatemala), Mayon (Filipiny), Mt. Pele (Martynika).
- 🌐 Z wulkanów tych po wielu latach ich nieaktywności pozostają tzw. **maary** – będące lejkowatymi zagłębieniami otoczonymi wałem tworzonym przez popioły wulkaniczne.



Kluczewska Sopka (Rosja)



Aqua (Gwatemala)



Maary w Górach Eifel (Niemcy)



# Stratowulkany (wulkany mieszane)

- 🌐 **Wezuwiusz** (Włochy) – stratowulkan o wysokości 1281 m n.p.m., leżący nad Zatoką Neapolitańską we Włoszech.
- 🌐 Od około 16 tys. lat przejawia on okresowo przejawy wzmożonej aktywności (ostatnio szczególnie w XVII-XIX wieku).
- 🌐 Obecny stożek wulkaniczny leży w obrębie kaldery powstałej w czasie wybuchu z 79 roku n.e. (skutkiem było słynne zniszczenie Pompei).
- 🌐 W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat nie odnotowano żadnego większego wybuchu (ostatni wybuch większy miał miejsce w 1944 roku).



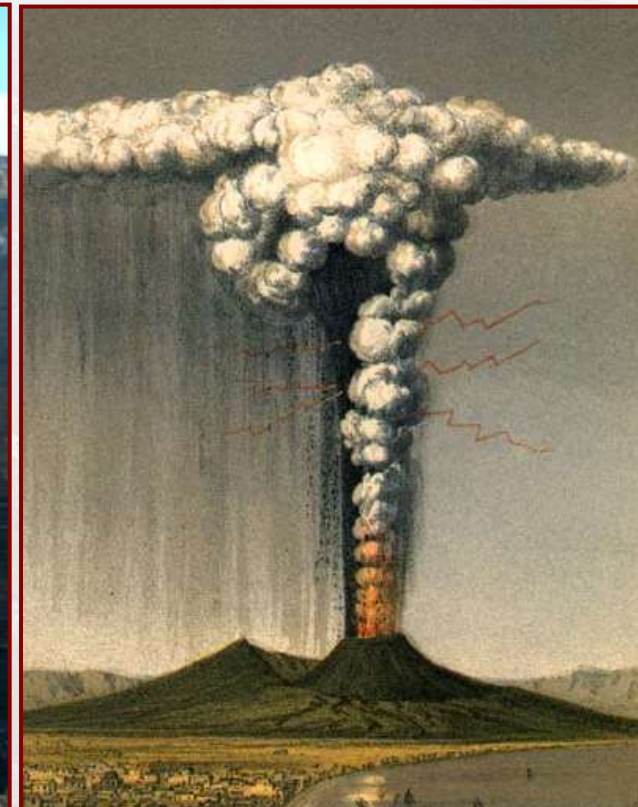
Widok na Wezuwiusza z Pompejów



Widok na Wezuwiusza



Wezuwiusz wewnątrz



Rekonstrukcja 14-kilometrowego słupa erupcji Wezuwiusza w 1822 r.





# Trzęsienia Ziemi



# Definicja trzęsień ziemi

- ☛ **Trzęsieniem ziemi** nazywamy gwałtowne (w ciągu ułamka sekundy do kilku sekund) uwolnienie znacznej ilości energii mechanicznej nagromadzonej w skałach skorupy ziemskiej lub górnego płaszczu.
- ☛ Towarzyszy mu wzajemne przemieszczenie mas skalnych.



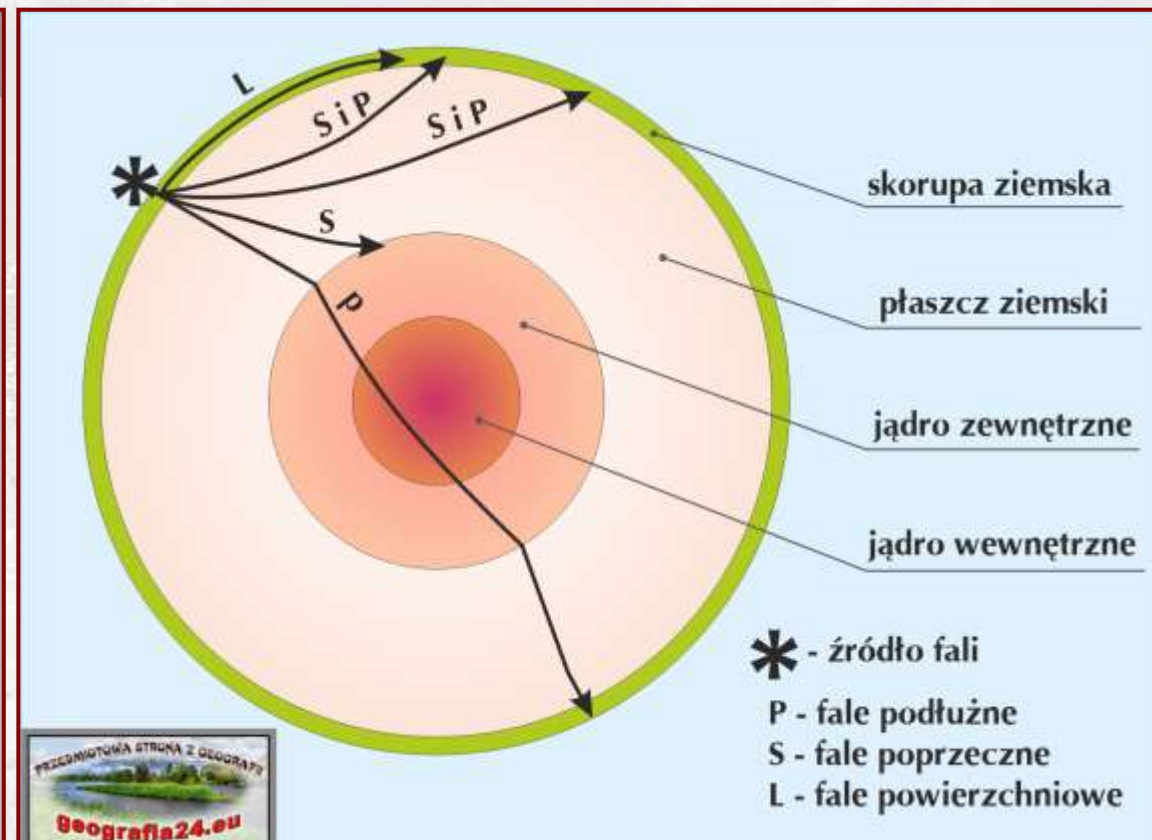
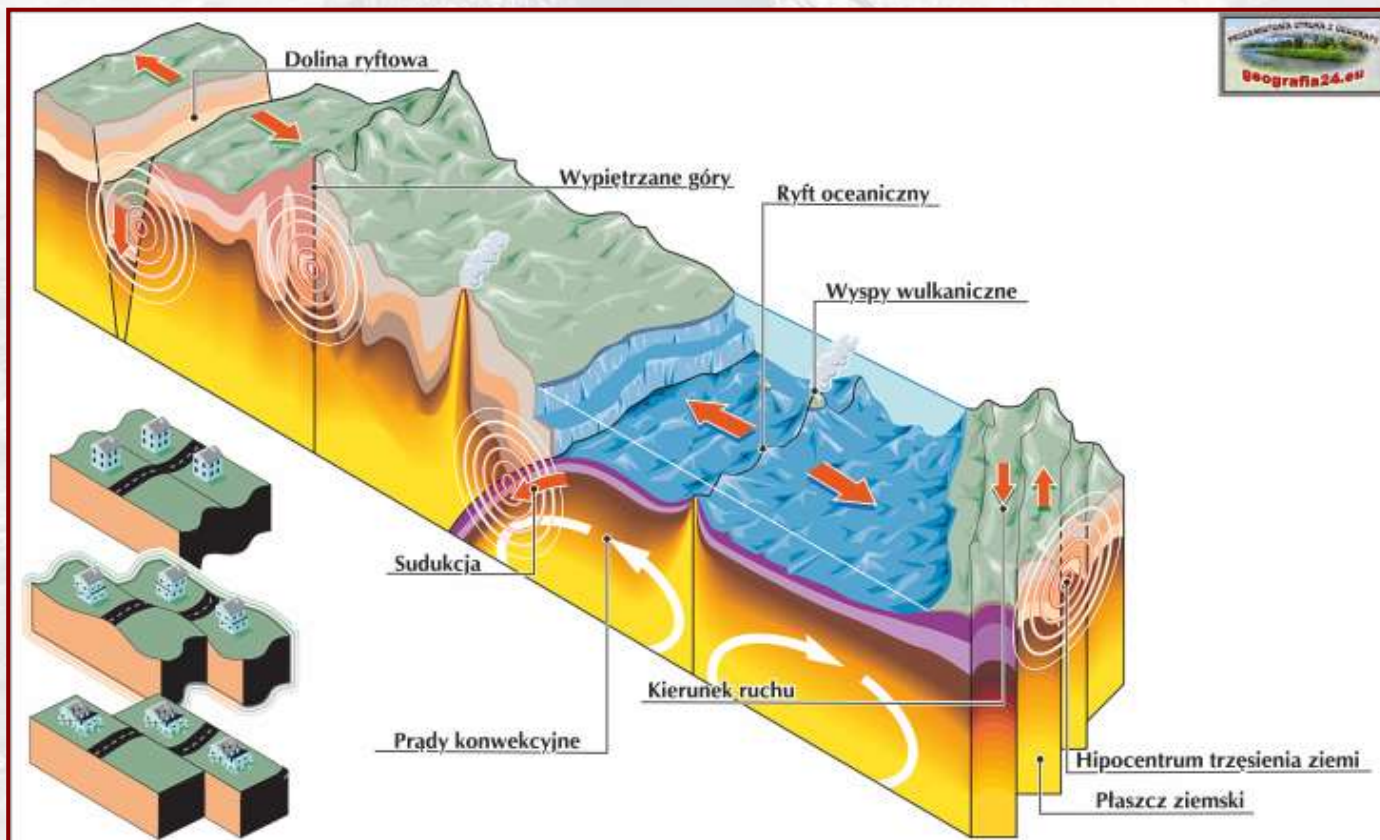
Ślub podczas trzęsienia Ziemi





# Rodzaje fal sejsmicznych

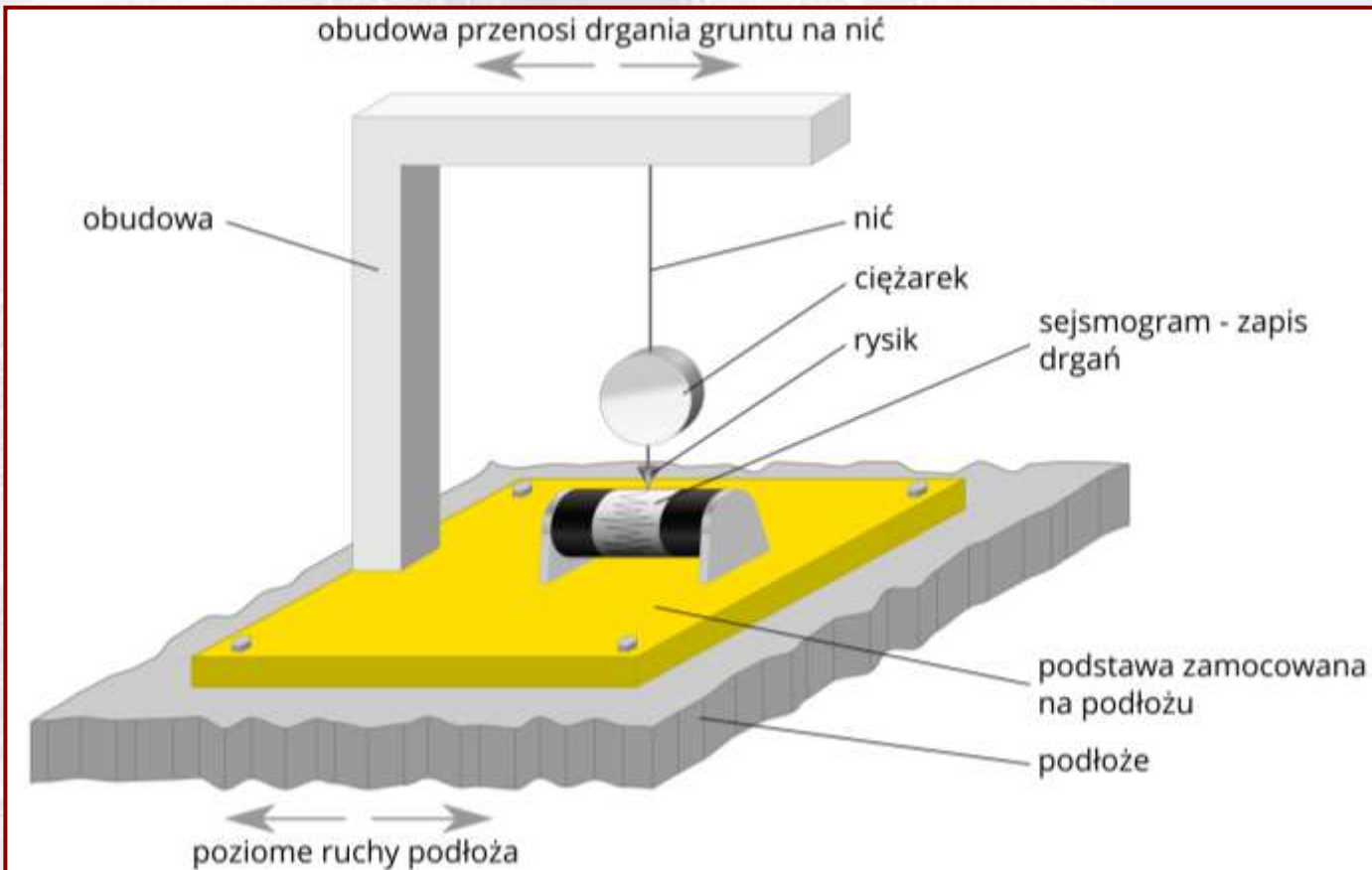
- 🌐 Ruch mas skalnych generuje drgania, rozchodzące się w postaci **fal sejsmicznych (fal sprężystych)**.
- 🌐 Fale docierające do powierzchni Ziemi odczuwane są jako nagłe wstrząsy o zróżnicowanej sile i częstotliwości.
- 🌐 Występują dwa (w zasadzie więcej) główne **rodzaje fal sejsmicznych**:
  - 🌐 **fale przestrzenne** – powstające w miejscu uwolnienia się energii w głębi Ziemi, rozchodzące się od ogniska trzęsienia ziemi we wszystkich kierunkach, w postaci **fal podłużnych (P)** lub **fal poprzecznych (S)**;
  - 🌐 **fale powierzchniowe (L)** – powstają gdy fale sejsmiczne docierają do powierzchni ziemi (fale te rozchodzą się na granicy ośrodków) i rozchodzą się w postaci: **fal Rayleigh'a** lub **fal Love'a**.



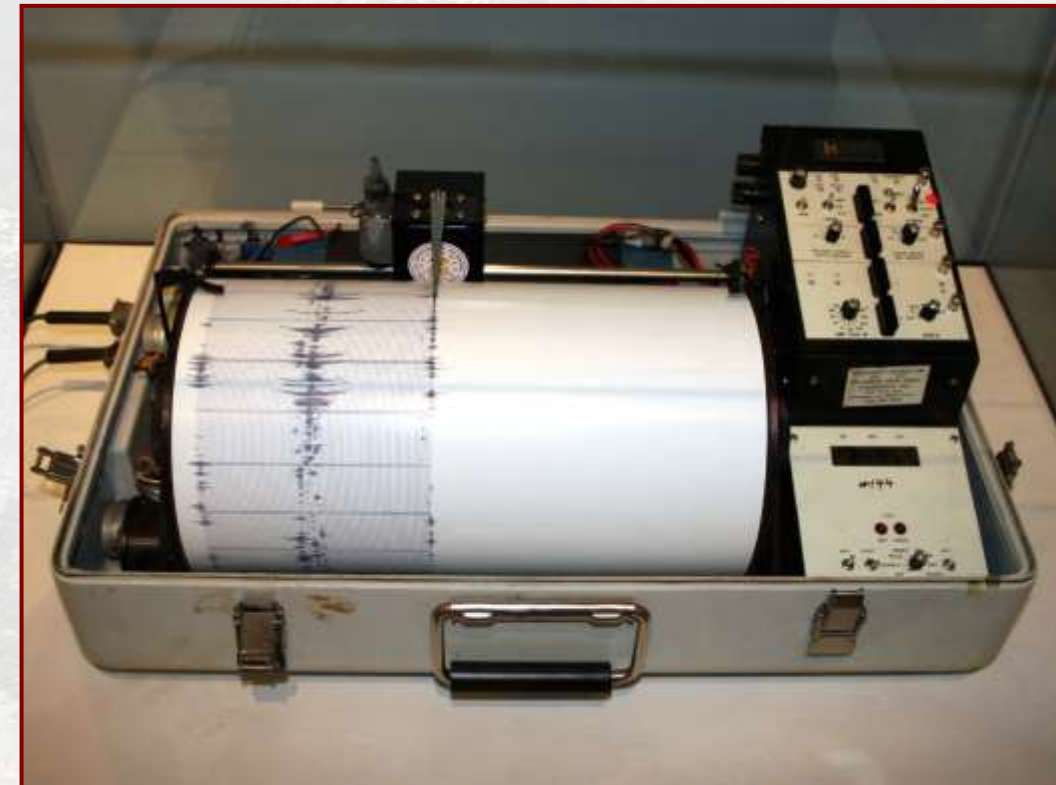


# Seismograf

- 🌐 Fale sejsmiczne rejestrowane są przez *sejsmografy*.
- 🌐 Współczesne urządzenia zbudowane są na zasadzie wahadła poziomego i pionowego, które rejestrują drgania w trzech płaszczyznach.
- 🌐 Pierwsze urządzenia tego typu wprowadzono już w starożytności w Chinach, ale były one w stanie zarejestrować jedynie fakt zaistnienia wstrząsu, a nic nie mówiły o jego sile ani o przebiegu.



Schemat sejsmografów rejestrujących drgania w płaszczyźnie poziomej i pionowej





# Sejsmogram

🌐 Otrzymany wykres z sejsmografu nosi nazwę **sejsmogramu**.

🌐 Analiza czasu, po którym dotarły poszczególne rodzaje fal sejsmicznych do kilku stacji sejsmicznych, pozwala bardzo precyzyjnie określić miejsce i czas zaistnienia trzęsienia ziemi, nawet jeśli miało miejsce z dala od siedzib ludzkich.

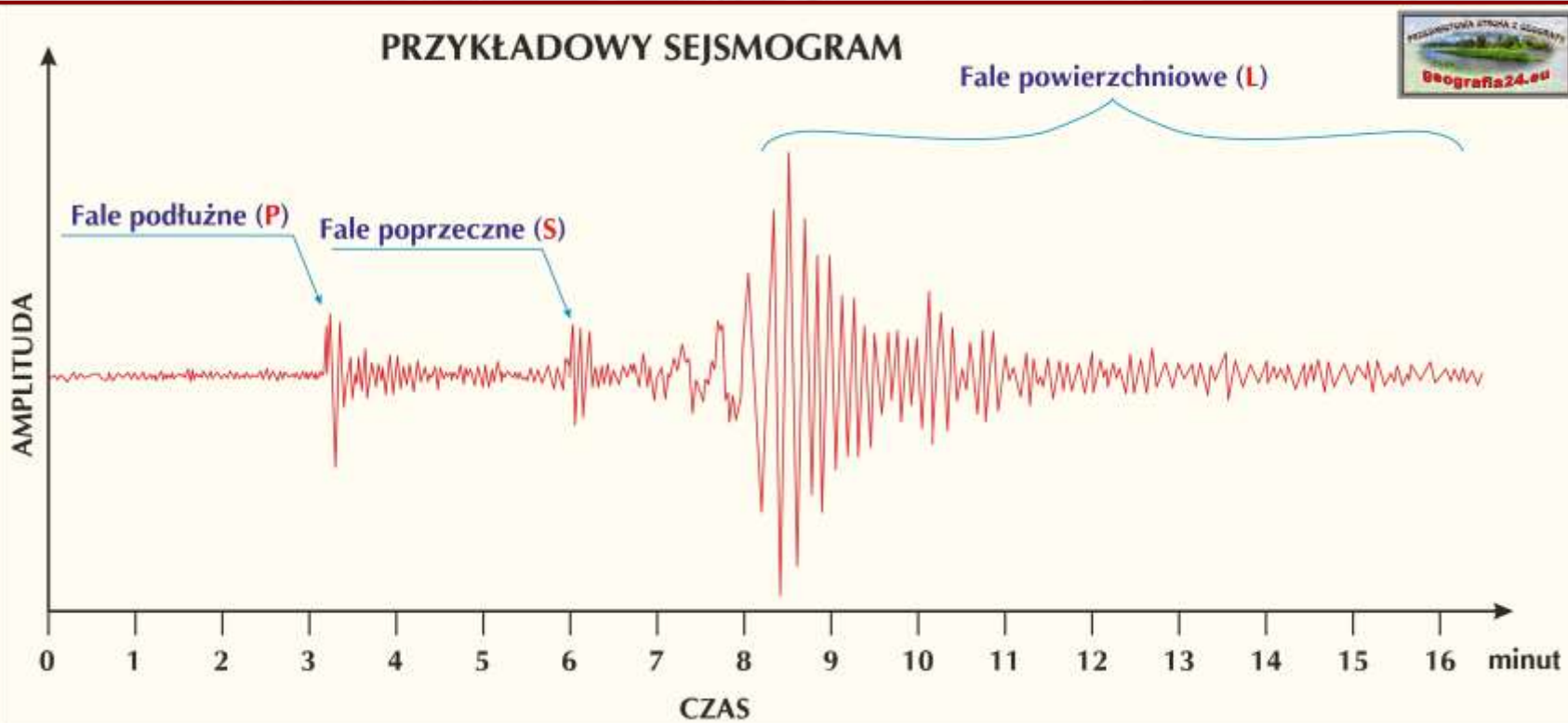
🌐 Można zwykle na nim wyróżnić **trzy serie wstrząsów**: **wstępne**, **główne (zasadnicze)**, **końcowe (wtórne)**.

🌐 Wstrząs zasadniczy jest najsilniejszy,

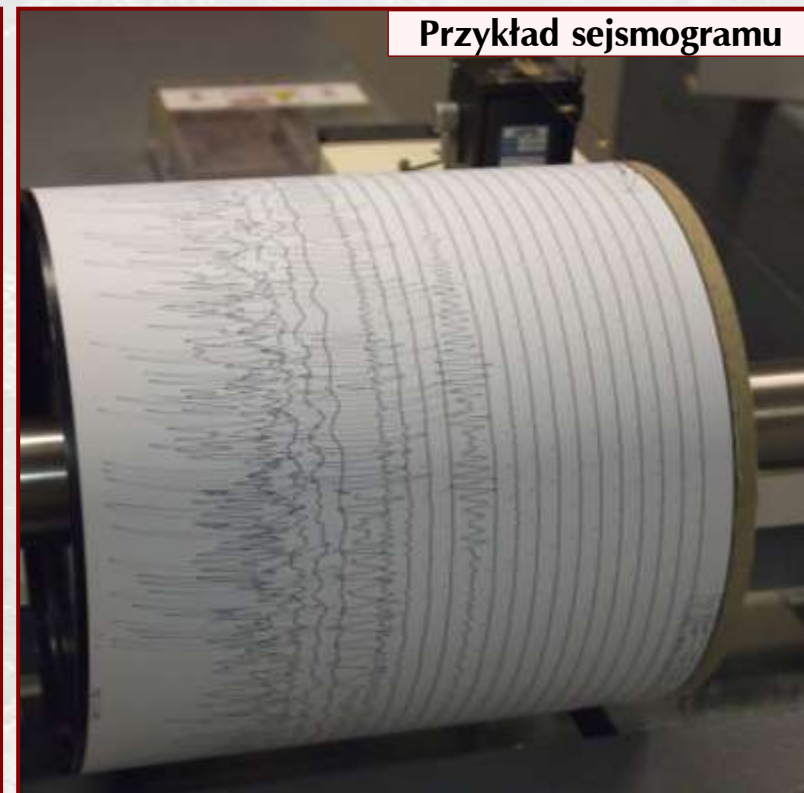
🌐 zwykle bywa on poprzedzony słabymi wstrząsami wstępnymi,

🌐 kończą go zazwyczaj wstrząsy wtórne, przy czym najsilniejszy wstrząs wtórny występuje jako pierwszy po głównym wstrząsie, a siła kolejnych wstrząsów zmniejsza się z upływem czasu.

PRZYKŁADOWY SEISMOGRAM



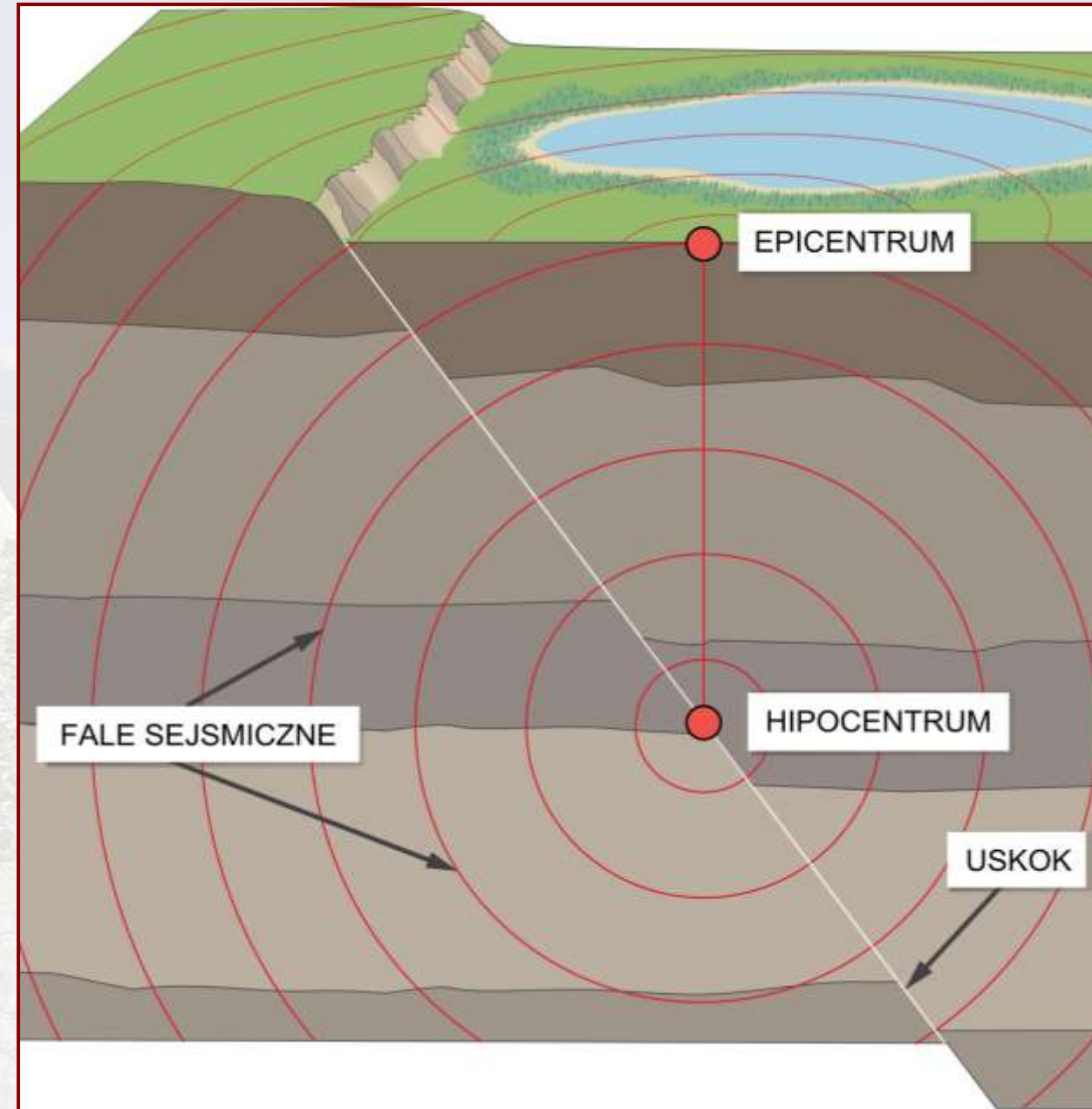
Przykład sejsmogramu





# Najważniejsze terminy związane z trzęsieniami Ziemi

- 🌐 Miejsce w głębi ziemi, w którym wyzwolona została energia odpowiedzialna za trzęsienie ziemi, określane jest jako **hipocentrum** (ognisko).
- 🌐 Fale sejsmiczne rozchodzą się od niego kółkami.
- 🌐 Hipocentrum może być położone w przypadku:
  - 🌐 **trzęsień płytkich** – na niewielkich głębokościach do 70 km (85% trzęsień ziemi),
    - 🌐 są one odczuwane na małym obszarze i cechują się dużą siłą (zwykle powodują duże lub średnie zniszczenia);
  - 🌐 **trzęsień średniogłębokich** – na głębokościach 70-300 km (12% trzęsień ziemi);
  - 🌐 **trzęsień głębokich** – na głębokościach: 300-700 km (3% trzęsień ziemi),
    - 🌐 są one odczuwane na dużym obszarze i cechują się niewielką siłą (zwykle powodują małe zniszczenia lub ich brak).
- 🌐 Bezpośrednio nad hipocentrum na powierzchni ziemi położone jest **epicentrum** (ośrodek) trzęsienia ziemi.





# Siła wstrząsów

🌐 Trzęsienia ziemi mierzymy:

🌐 skalą Mercallego intensywności:

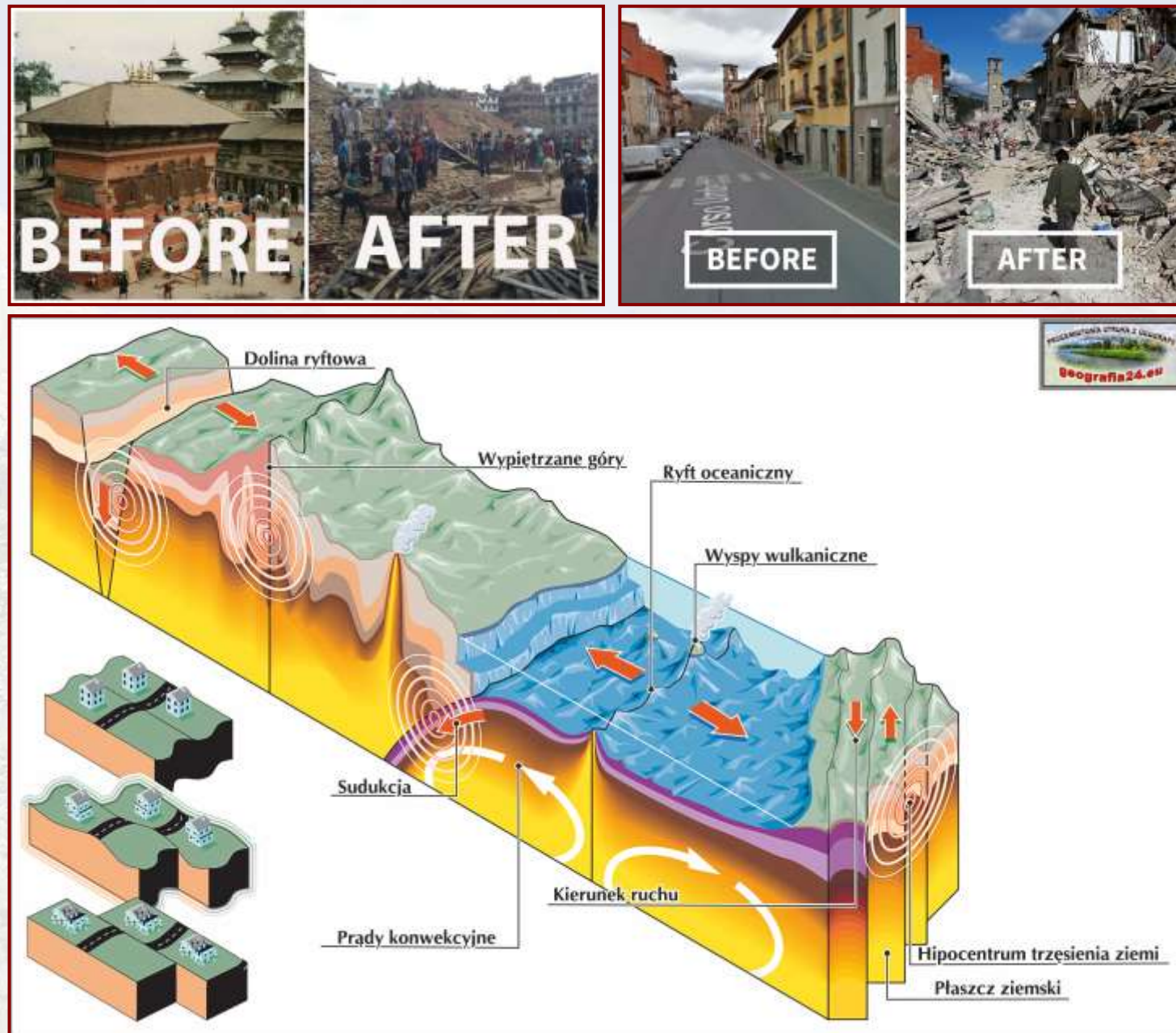
🌐 magnitudową skalą Richtera.





# Przyczyny występowania trzęsień ziemi na świecie

- 🌐 Nasza planeta składa się z różnych warstw, które charakteryzują się różnymi parametrami fizycznymi i chemicznymi.
  - 🌐 Wszystkie płyty podlegają ciągłym przesunięciom w poziomie (przesuwają się obok siebie lub uderzają w siebie) lub w pionie (nasuwają się, jedna na drugą), dryfując po astenosferze.
- 🌐 Przesuwanie się płyt prowadzi do wyzwolenia wcześniej zgromadzonej energii, odczuwanej jako trzęsienie ziemi.
- 🌐 Większość największych trzęsień ziemi występuje zwłaszcza **na styku płyt tektonicznych**.
- 🌐 Ale trzęsienia ziemi mogą też powstawać z innych powodów (o tym za chwilę).





# Typy trzęsień ziemi (wg genezy)

🌐 Trzęsienia ziemi można podzielić ze względu na genezę na cztery główne rodzaje:

## 🌐 **tektoniczne:**

- 🌐 najczęstsze i jednocześnie najgroźniejsze są tektoniczne trzęsienia ziemi,
  - 🌐 stanowią one aż około 90% wszystkich trzęsień zachodzących na kuli ziemskiej,
  - 🌐 związane są z gwałtownym rozładowaniem naprężeń powstających w czasie przemieszczania się mas skalnych w litosferze (w czasie ruchu płyt litosfery);

## 🌐 **wulkaniczne:**

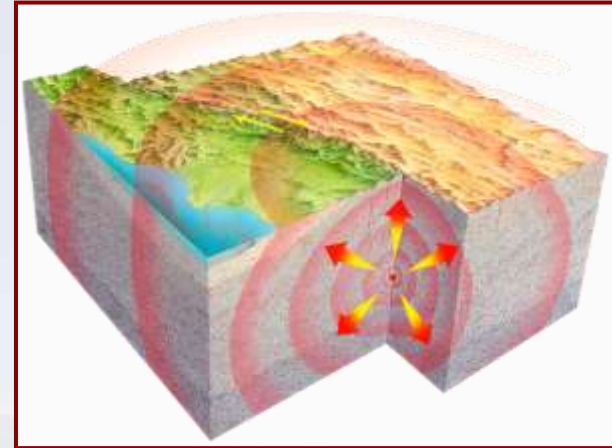
- 🌐 zdecydowanie słabsze od tektonicznych i mniej rozpowszechnione,
  - 🌐 stanowią tylko około 7% ogółu trzęsień,
- 🌐 związane są z:
  - 🌐 gwałtowną erupcją wulkanów eksplozywnych (np. superwulkanów),
  - 🌐 przemieszczaniem się magmy przez litosferę,
  - 🌐 zapadaniem się stropów opróżnionych komór magmowych;

## 🌐 **zapadowe:**

- 🌐 udział wstrząsów o tej genezie przekracza ledwie 2%, zaś ich skutki odczuwane są na powierzchni niewiele większej od samego zapadliska,
- 🌐 związane są z zapadaniem stropów jaskiń (występują na terenach krasowych);

## 🌐 **antropogeniczne:**

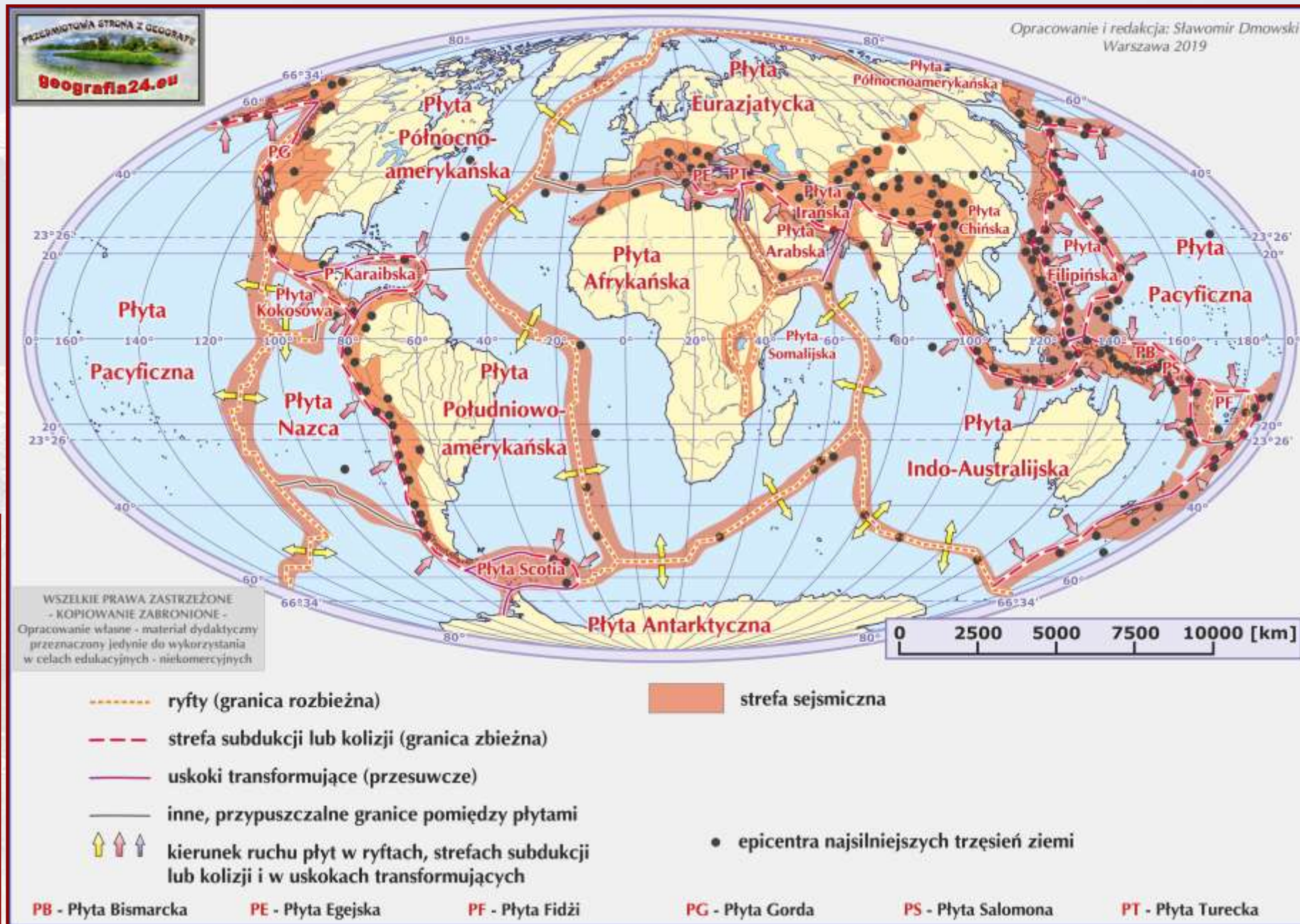
- 🌐 bywają niekiedy zaliczane także do zapadowych trzęsień ziemi,
- 🌐 związane są z zapadaniem się wyrobisk górniczych (tąpnięcia) lub celowym wyburzaniem budynków i działaniem terrorystycznym z wykorzystaniem bomb,
- 🌐 w Polsce stwierdzone je, m.in. w rejonie Bełchatowa, na Dolnym Śląsku i Górnym Śląsku.





# Rejony występowania trzęsień ziemi

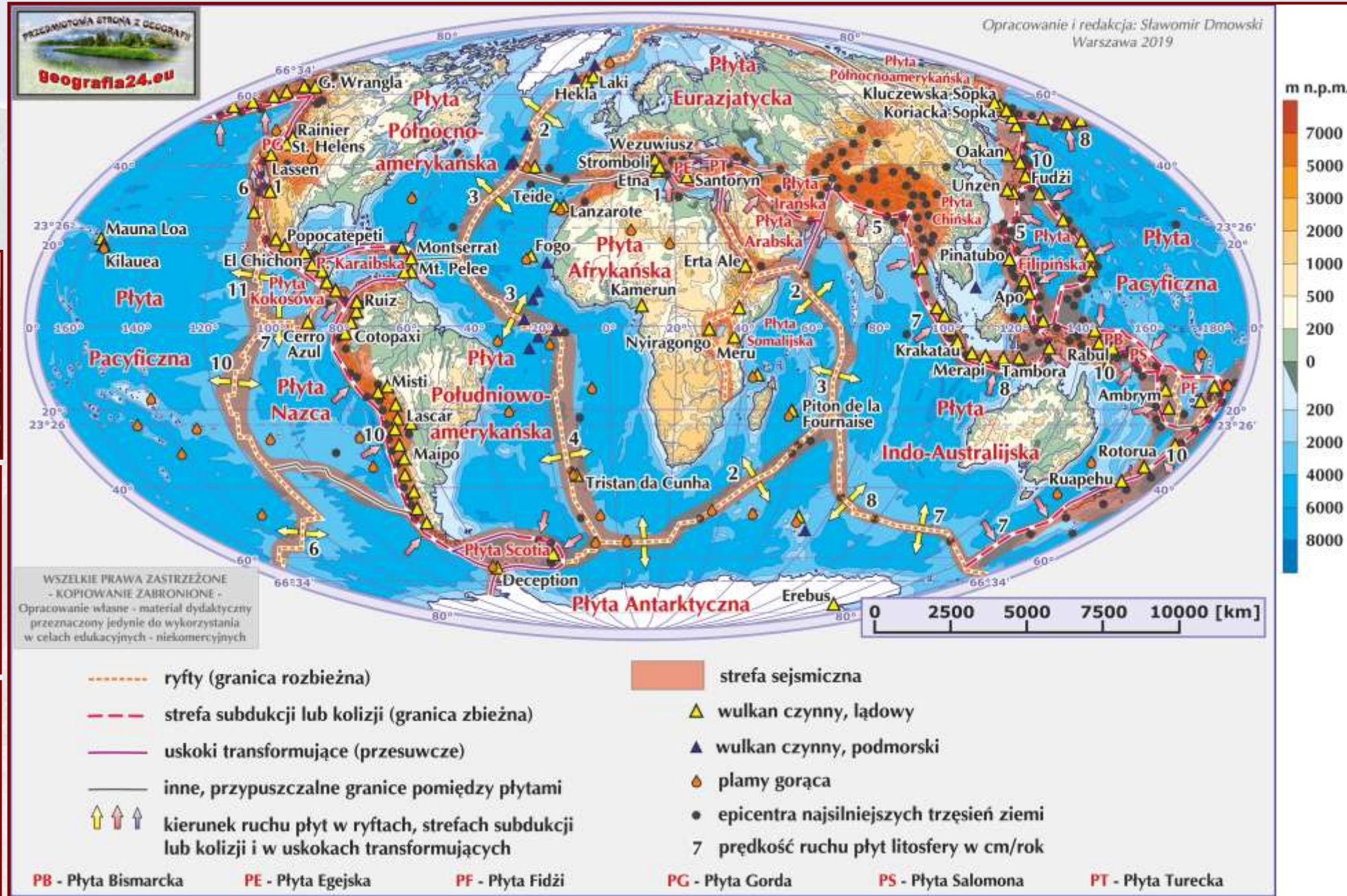
- Trzęsienia ziemi spotyka się niemal wszędzie na Ziemi.
- Jednak najsilniejsze spotyka się zwykle na granicach płyt litosferycznych, w szczególności w strefach kolizji i subdukcji (na granicach zbieżnych).
- W tych regionach występują zarówno trzęsienia tektoniczne, jak i wulkaniczne.





# Rejony występowania trzęsień ziemi (tektonicznych i wulkanicznych)

Większość dużych trzęsień ziemi pojawia się w pobliżu największych i dalej wypiętrzanych łańcuchów górskich.

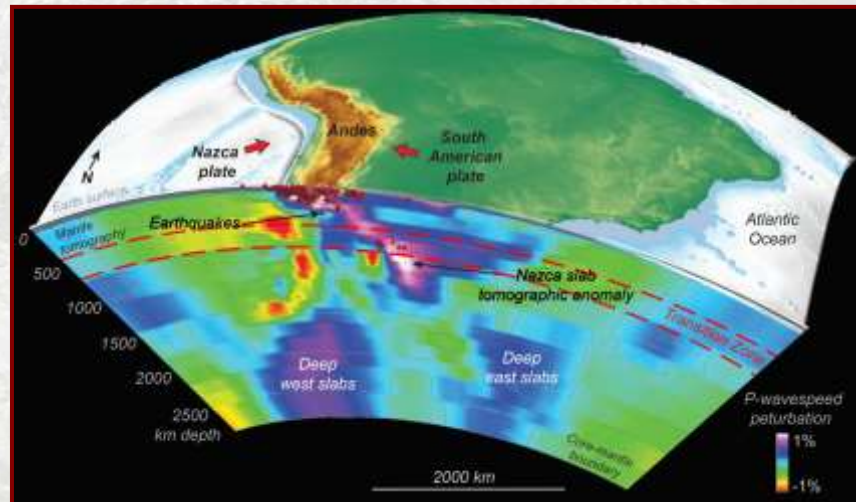
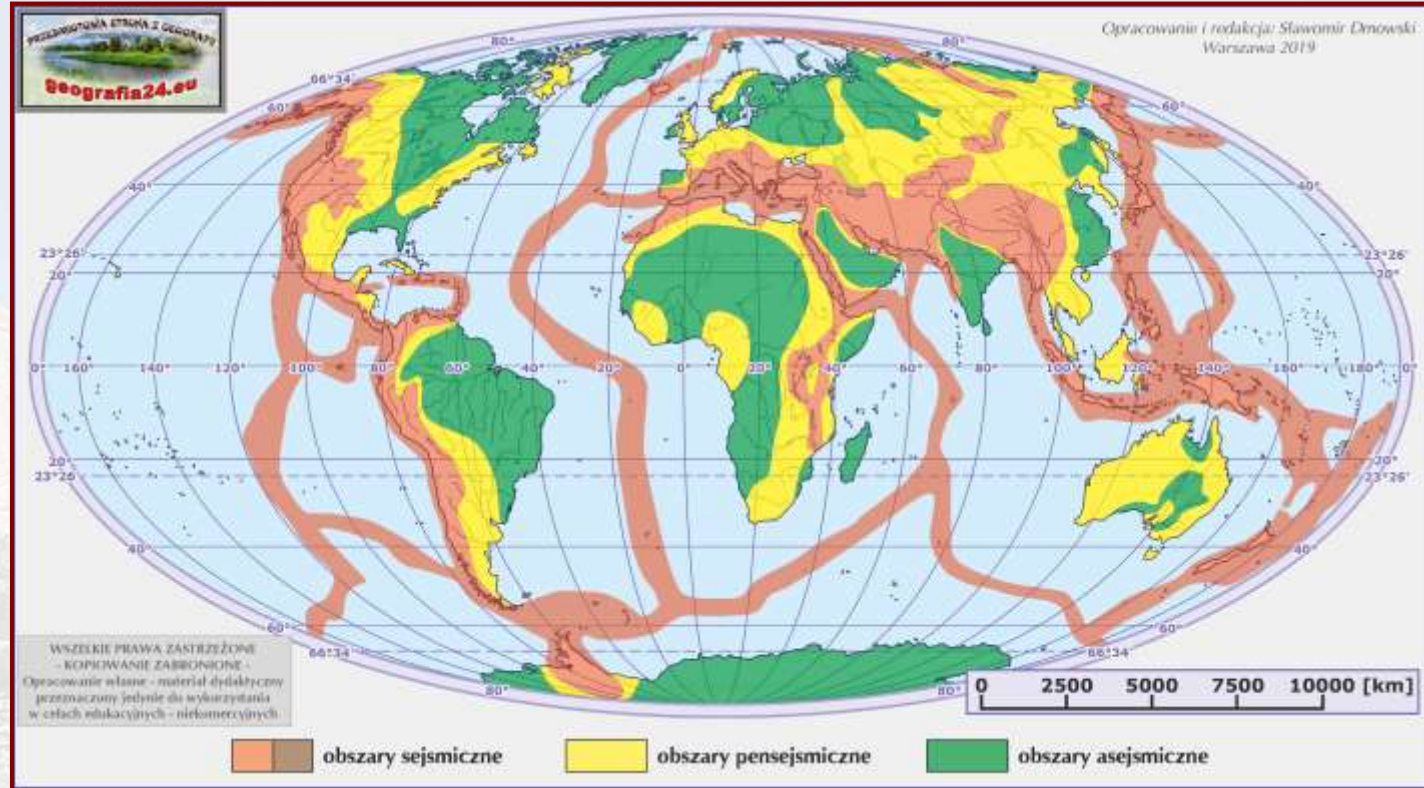




# Podział obszarów ze względu na sejsmike

🌐 Ze względu na **zagrożenie wstrząsami sejsmicznymi**, ich **częstotliwość i siłę** wyróżnia:

- 🌐 **obszary sejsmiczne** – z częstymi i silnymi trzęsieniami ziemi;
- 🌐 obejmują **młode pasma górskie**;
- 🌐 **obszary pensejsmiczne** – ze wstrząsami występującymi sporadycznie lub częstymi, ale słabymi;
- 🌐 należą do nich **strefy starych górotworów paleozoicznych**;
- 🌐 **obszary asejsmiczne** – wolne od trzęsień ziemi lub zdarzają się one na takich obszarach niezmiennie rzadko i cechuje je znikoma siła;
- 🌐 stanowią one najstabilniejsze fragmenty skorupy ziemskiej i obejmują **prekambryjskie kratony**, jak również **dno basenów oceanicznych**.





# Skutki trzęsienia ziemi

## Trzęsienia ziemi:

- ❶ pociągają za sobą **ofiary w ludziach i znaczne straty materialne**,
- ❷ **niszczą budynki, infrastrukturę** (drogi, linie kolejowe i energetyczne, rurociągi),
- ❸ powodują **zmiany rzeźby terenu**:
  - ❶ liczne **osuwiska i obrywy** oraz **głębokie szczeliny** w powierzchniowej części litosfery,
- ❹ **modyfikują położenie wód podziemnych**,
- ❺ **niekiedy wywołują obniżenie lub podniesienie terenu**, co w przypadku wybrzeży morskich może skutkować wynurzeniem dna morskiego lub zalaniem lądu.



Efekt po wystąpieniu trzęsienia ziemi w Nepalu w 2015 r. – osuwisko



Trzęsienie ziemi w San Francisco w 1906 roku, leżącego w pobliżu uskoku San Andreas (epicentrum było 3 km od miasta)



# KONIEC



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

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

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE**  
**- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**